

UNIVERSITAT RAMON LLULL

Facultad de Psicología, Ciències de l'Educació i de l'Esport
Blanquerna

MEDIDA DEL EQUILIBRIO ESTÁTICO EN CORREDORES DE
MARATON MEDIANTE BAROPODOMETRIA OPTOMETRICA

AGUSTÍN MONTAÑOLA VIDAL

Barcelona-2014

UNIVERSITAT RAMON LLULL

Facultad de Psicología, Ciències de l'Educació i de l'Esport
Blanquerna

Centro de Barcelona

Programa de doctorado:

Investigació en Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport, (2006-2007)

MEDIDA DEL EQUILIBRIO ESTATICO EN CORREDORES DE
MARATON MEDIANTE BAROPODOMETRIA OPTOMETRICA

Para optar al título de Doctor en Ciencias de la Actividad Física y Deporte

Tesis doctoral presentada por:

Agustín Montañola Vidal

Dirigida por:

Dra. Myriam Guerra i Balić
Dr. Josep Cabedo i Sanromà

Barcelona, mayo, 2014

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a todas las personas y entidades que han hecho posible la existencia de este trabajo y en particular

- A la profesora Dra. Myriam Guerra i Balić por los acertados consejos recibidos y por la confianza y fe que puso en este proyecto desde el primer día.
- Al profesor Dr. Josep Cabedo i Sanromà por su paciencia, interés y prudente guía sin la cual hubiera sido mucho más difícil recorrer este camino.
- Al profesor Don Martín Rueda Sánchez, Podólogo, con el que aprendí a observar y comprender el comportamiento del pie como parte fundamental de un todo mayor y que me transmitió parte de su gran pasión por el estudio de la biomecánica del pie.
- A los representantes de la Asociación Española de Podología Deportiva (AEPODE), colaboradores y más concretamente al profesor Don Ángel González de la Rubia por facilitar la recogida de datos.
- A los representantes del Colegio de Podólogos de Andalucía, presidente, colaboradores y más concretamente al Dr. José Algaba del Castillo por compartir su experiencia investigadora.
- A todos los colaboradores podólogos, estudiantes y profesores que han cedido su tiempo, su ilusión y su interés durante las largas sesiones de registro de los datos experimentales.
- A todos los participantes, corredores de maratón, de este estudio.
- A los miembros de mi familia por su paciencia y fe en el proyecto.

Con mi agradecimiento

ÍNDICE

1. INTRODUCCION	
1.1. Pregunta de investigación.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Contexto de la investigación.....	4
1.4. Alcance de este estudio.....	5
1.5. Razones de interés.....	6
2. PRIMERA PARTE: MARCO TEORICO	
2.1. DEFINICIONES.....	8
2.2. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA	
2.2.1. Evolución de las técnicas de medición de la presión plantar.....	14
2.2.2. Sistemas Manuales.....	16
2.2.3. Sistemas Ópticos.....	18
2.2.4. Sistemas Electrónicos.....	24
2.2.5. Sistemas Optométricos.....	27
2.2.6. Situación actual.....	35
3. SEGUNDA PARTE: PARTE EMPIRICA	
3.1. OBJETIVOS.....	46
3.1.1. Objetivo general.....	46
3.1.2. Objetivos específicos.....	46
3.1.3. Hipótesis de trabajo.....	47
3.2. VARIABLES.....	47
3.2.1. Situación del COP en bipedestación.....	48
3.2.2. Situación de los cuadrantes de presión en bipedestación.....	49
3.2.3. Equilibrio en bipedestación.....	50
3.2.4. Presiones plantares en bipedestación.....	50
3.2.5. Variables analizadas.....	50

3.2.5.1. Variables independientes.....	50
3.2.5.2. Variables dependientes.....	52
3.3. METODOLOGIA.....	60
3.3.1. Muestra.....	60
3.3.1.1. Criterios de inclusión.....	60
3.3.1.2. Consentimiento informado.....	61
3.3.1.3. Consideraciones sobre la muestra.....	61
3.3.2. Diseño.....	62
3.3.3. Instrumentos.....	63
3.3.4. Materiales e instalaciones.....	68
3.3.5. Confiabilidad, validez y objetividad.....	74
3.3.6. Procedimiento para la obtención de los datos.....	76
3.3.7. Procesado de los datos.....	78
3.3.8. Modelo estadístico.....	82
3.3.8.1. Modelo estadístico descriptivo.....	83
3.3.8.2. Modelo estadístico univariado.....	83
3.3.8.3. Modelo estadístico bivariado.....	84
3.3.8.4. Pruebas estadísticas.....	85
3.4. RESULTADOS.....	95
3.4.1. Descripción de las variables independientes.....	95
3.4.1.1. Descripción de la variable Género.....	95
3.4.1.2. Descripción de las variables biométricas Edad, Peso y Altura	95
3.4.2. Descripción de las variables dependientes.....	98
3.4.2.1. Descripción de la variable Rango de desplazamiento máximo	98
3.4.2.2. Descripción de la variable Velocidad media de desplazamiento	99
3.4.2.3. Descripción de la variable Presión media por cuadrante.....	101
3.4.2.4. Descripción de la variable Presión media de apoyo plantar...	103
3.4.2.5. Descripción de la variable Pie soporte dominante.....	104
3.4.2.6. Descripción de la variable Pie funcional dominante.....	106
3.4.3. Estimación de estadísticos poblacionales.....	109

3.4.3.1. Estimación de la media y de la varianza poblacional: Rango de desplazamiento máximo del COP.....	109
3.4.3.2. Estimación de la media y de la varianza poblacional: Velocidad media desplazamiento del COP.....	110
3.4.3.3. Estimación media: % Presión por cuadrantes de apoyo plantar	111
3.4.3.4. Estimación media: % Presión media por soporte plantar.....	112
3.4.3.5. Estimación de proporciones.....	113
3.4.3.5.1. Estimación proporción: Pie soporte dominante.....	113
3.4.3.5.2. Estimación proporción: Pie funcional dominante.....	114
3.4.4. Independencia y asociación entre variables cuantitativas.....	116
3.4.4.1. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov.....	116
3.4.4.2. Correlación Rangos de desplazamiento máximo del COP....	120
3.4.4.3. Correlación velocidad media del desplazamiento del COP...	124
3.4.4.4. Correlación presión media por cuadrantes y apoyo plantar..	129
3.4.5. Independencia y asociación entre variables cualitativas.....	134
3.4.5.1. Género / Pie funcional dominante.....	135
3.4.5.2. Género / Pie soporte dominante.....	141
3.4.5.3. Pie funcional dominante / Pie soporte dominante.....	147
3.4.6. Independencia y asociación entre v. categóricas y cuantitativas..	165
3.4.6.1. Género / Rangos de desplazamiento máximo del COP.....	166
3.4.6.2. Género / Velocidad media del desplazamiento del COP.....	168
3.4.6.3. Género / Presión media por cuadrantes.....	170
3.4.6.4. Género / Presión media soporte plantar.....	172
3.4.6.5. Pie funcional dominante / Rangos de desplaz. máximo del COP	173
3.4.6.6. Pie funcional dominante / Velocidad media del desplaz. del COP	175
3.4.6.7. Pie funcional dominante / Presión media por cuadrantes.....	177
3.4.6.8. Pie funcional dominante / Presión media soporte.....	180
3.4.6.9. Pie soporte dominante / Rangos de desplaz. máximo del COP	183
3.4.6.10. Pie soporte dominante / Velocidad media del desplaz. del COP	185
3.4.6.11. Pie soporte dominante / Presión media por cuadrantes.....	187
3.4.6.12. Pie soporte dominante / Presión media soporte plantar.....	191
3.4.7. Edad: criterio de categorización.....	194

3.4.7.1. Edad / Rangos de desplazamiento máximo del COP.....	195
3.4.7.2. Edad / Velocidad media del desplazamiento del COP.....	197
3.4.7.3. Edad / Presión media por cuadrantes.....	200
3.4.7.4. Edad / Presión media soporte plantar.....	204
3.4.8. Peso: criterio de categorización.....	206
3.4.8.1. Peso / Rangos de desplazamiento máximo del COP.....	207
3.4.8.2. Peso / Velocidad media del desplazamiento del COP.....	210
3.4.8.3. Peso / Presión media por cuadrantes.....	213
3.4.8.4. Peso / Presión media soporte plantar.....	215
3.4.9. Altura: criterio de categorización.....	217
3.4.9.1. Altura / Rangos de desplazamiento máximo del COP.....	218
3.4.9.2. Altura / Velocidad media del desplazamiento del COP.....	221
3.4.9.3. Altura / Presión media por cuadrantes.....	224
3.4.9.4. Altura / Presión media soporte plantar.....	227
4. DISCUSION.....	230
5. CONCLUSIONES.....	238
6. LIMITACIONES, CONSISTENCIAS Y LINEAS DE FUTURO.....	241
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	245
ANEXOS	
1- Criterio de consolidación de la muestra.....	255
2- Hoja de Consentimiento informado.....	258
3- Consentimiento informado Comité Ética.....	259
4- Hoja de Toma de datos.....	260
5- Justificación de la elección de los instrumentos de medición.....	261
6- Informe biomecánico que se entrega al corredor.....	265

7- Resultados de la prueba U de Mann de Whitney entre todos los grupos de Edad y el Rango de desplazamiento máximo del COP en la prueba de equilibrio estático en corredores de maratón.....	266
8- Resultados de la prueba U de Mann de Whitney entre todos los grupos de Edad y la Velocidad media de desplazamiento del COP en la prueba de equilibrio estático en corredores de maratón.....	268
9- Resultados de la prueba U de Mann de Whitney entre todos los grupos de Peso y el Rango de desplazamiento máximo del COP en la prueba de equilibrio estático en corredores de maratón.....	270
10- Resultados de la prueba U de Mann de Whitney entre todos los grupos de Peso y la Velocidad media de desplazamiento del COP en la prueba de equilibrio estático en corredores de maratón.....	272
11- Resultados de la prueba U de Mann de Whitney entre todos los grupos de Altura y el Rango de desplazamiento máximo del COP en la prueba de equilibrio estático en corredores de maratón.....	274
12- Resultados de la prueba U de Mann de Whitney entre todos los grupos de Altura y la Velocidad media de desplazamiento del COP en la prueba de equilibrio estático en corredores de maratón.....	276

ÍNDICE DE TABLAS

PRIMERA PARTE: MARCO TEORICO

Tabla 2.1- Sistemas de baropodografía en orden cronológico.....	14
Tabla 2.2- Sistemas de baropodografía.....	34

SEGUNDA PARTE: PARTE EMPIRICA

Tabla 3.1- Participantes que conforman los tres periodos de recogida de datos.....	60
Tabla 3.2- Frecuencias de registro plataforma.....	73
Tabla 3.3- Participantes que se han eliminado de la muestra inicial...	82
Tabla 3.4- Distribución por género de los participantes que conforman la muestra.....	95
Tabla 3.5- Estadísticos Edad (años), Peso (Kg.), Altura (cm) y IMC...	96
Tabla 3.6- Rangos del desplazamiento máximo del COP (mm).....	98
Tabla 3.7- Velocidad media de desplazamiento del COP (mm/s).....	100
Tabla 3.8- Porcentajes de Presión media por cuadrante de apoyo bipodal.....	102
Tabla 3.9- Porcentajes de Presión media por pie de apoyo bipodal....	103
Tabla 3.10- Frecuencias: Pie soporte dominante.....	105
Tabla 3.11- Frecuencias: Pie funcional dominante.....	107
Tabla 3.12- Intervalos de confianza para la media y varianza poblacional (mm) Rango Desplazamiento.....	109
Tabla 3.13- Intervalos de confianza para la media y varianza poblacional (mm) Velocidad media.....	110
Tabla 3.14- Intervalos de confianza para la media y varianza poblacional (mm) Presión cuadrantes.....	112
Tabla 3.15- Intervalos de confianza para la media y varianza poblacional (mm) Presión soporte.....	112
Tabla 3.16- Intervalos de confianza para la proporción poblacional Pie soporte dominante Izq.....	114

Tabla 3.17- Intervalos de confianza para la proporción poblacional Pie soporte dominante Der.....	114
Tabla 3.18- Intervalos de confianza para la proporción poblacional Pie soporte dominante Ambos.....	114
Tabla 3.19- Intervalos de confianza proporción poblacional Pie Funcional Dominante Izq.....	115
Tabla 3.20- Intervalos de confianza proporción poblacional Pie Funcional Dominante Der.....	115
Tabla 3.21- Intervalos de confianza proporción poblacional Pie Funcional Dominante Ambos.....	115
Tabla 3.22- Prueba de K-S para una muestra: Edad, Peso y Altura...	116
Tabla 3.23- Prueba de K-S para una muestra: Rango máximo desplazamiento COP.....	117
Tabla 3.24- Prueba de K-S para una muestra: Velocidad media desplazamiento COP.....	118
Tabla 3.25- Prueba de K-S para una muestra: % Presión media por cuadrante de apoyo.....	119
Tabla 3.26- Prueba de K-S para una muestra: % Presión media por pie.....	119
Tabla 3.27- Grado de asociación Rango de desplazamiento máximo del COP(Hombres).....	121
Tabla 3.28- Grado de asociación Rango de desplazamiento máximo del COP (Mujeres).....	122
Tabla 3.29- Grado de asociación Rango de desplazamiento máximo del COP (Global).....	123
Tabla 3.30- Grado de asociación Velocidad media desplazamiento del COP (Hombres).....	125
Tabla 3.31- Grado de asociación Velocidad media desplazamiento del COP (Mujeres).....	127
Tabla 3.32- Grado de asociación Velocidad media desplazamiento del COP (Global).....	128

Tabla 3.33- Grado de asociación Presión media por cuadrantes de apoyo plantar (Hombres).....	130
Tabla 3.34- Grado de asociación Presión media por cuadrantes de apoyo plantar (Mujeres).....	132
Tabla 3.35- Grado de asociación Presión media por cuadrantes de apoyo plantar (Global).....	133
Tabla 3.36- Tabla de contingencia Género / Pie funcional dominante pie izquierdo.....	137
Tabla 3.37- Tabla de contingencia Género / Pie funcional dominante pie derecho.....	138
Tabla 3.38- Tabla de contingencia Género / Pie funcional dominante ambos pies.....	140
Tabla 3.39- Tabla de contingencia Género / Pie soporte dominante pie izquierdo.....	142
Tabla 3.40- Tabla de contingencia Género / Pie soporte dominante pie derecho.....	144
Tabla 3.41- Tabla de contingencia Género / Pie soporte dominante ambos pies.....	146
Tabla 3.42- Tabla de contingencia Pie funcional pie izquierdo / Pie soporte dominante pie izquierdo.....	149
Tabla 3.43- Tabla de contingencia Pie funcional pie izquierdo / Pie soporte dominante pie derecho.....	151
Tabla 3.44- Tabla de contingencia Pie funcional pie izquierdo / Pie soporte dominante ambos pies.....	152
Tabla 3.45- Tabla de contingencia Pie funcional pie derecho / Pie soporte dominante pie izquierdo.....	154
Tabla 3.46- Tabla de contingencia Pie funcional pie derecho / Pie soporte dominante pie derecho.....	156
Tabla 3.47- Tabla de contingencia Pie funcional pie derecho / Pie soporte dominante ambos pies.....	157

Tabla 3.48- Tabla de contingencia Pie funcional ambos pies / Pie soporte dominante pie izquierdo.....	159
Tabla 3.49- Tabla de contingencia Pie funcional ambos pies / Pie soporte dominante pie derecho.....	161
Tabla 3.50-Tabla de contingencia Pie funcional ambos pies / Pie soporte dominante ambos pies.....	163
Tabla 3.51- Tabla Género / Rango máximo desplazamiento del COP	167
Tabla 3.52- Tabla Género / velocidad media desplazamiento del COP	169
Tabla 3.53- Tabla Género / Presión media cuadrantes de apoyo plantar	171
Tabla 3.54- Tabla Género / Presión media soporte de apoyo plantar.	173
Tabla 3.55- Tabla Pie funcional dominante / Rango máximo desplazamiento del COP.....	174
Tabla 3.56- Tabla Pie funcional dominante / velocidad media del desplazamiento del COP.....	176
Tabla 3.57- Tabla pie funcional dominante izquierdo / Presión media por cuadrantes de apoyo plantar.....	178
Tabla 3.58- Tabla pie funcional dominante derecho / Presión media por cuadrantes de apoyo plantar.....	178
Tabla 3.59- Tabla Pie funcional dominante ambos pies / Presión media por cuadrantes de apoyo plantar.....	179
Tabla 3.60- Tabla pie funcional dominante izquierdo / Presión media soporte por pie.....	180
Tabla 3.61- Tabla pie funcional dominante derecho / Presión media soporte por pie.....	180
Tabla 3.62- Tabla pie funcional dominante ambos pies / Presión media soporte por pie.....	182
Tabla 3.63- Tabla Pie soporte dominante / Rango máximo desplazamiento del COP.....	184
Tabla 3.64- Tabla Pie soporte dominante / velocidad media del desplazamiento del COP.....	186
Tabla 3.65- Tabla pie soporte dominante izquierdo / Presión media por cuadrantes de apoyo plantar.....	188

Tabla 3.66- Tabla pie soporte dominante derecho / Presión media por cuadrantes de apoyo plantar.....	190
Tabla 3.67- Tabla pie soporte dominante ambos / Presión media por cuadrantes de apoyo plantar.....	190
Tabla 3.68- Tabla pie soporte dominante izquierdo / Presión media soporte por pie.....	192
Tabla 3.69- Tabla pie soporte dominante derecho / Presión media soporte por pie.....	192
Tabla 3.70- Tabla pie soporte dominante ambos pies / Presión media soporte por pie.....	192
Tabla 3.71- Grupos de Edad.....	194
Tabla 3.72- Tabla Edad / Rango máximo desplazamiento del COP.....	196
Tabla 3.73- Tabla Edad / Velocidad media desplazamiento del COP...	198
Tabla 3.74- Tabla Edad / Presión media por cuadrantes.....	201
Tabla 3.75- Tabla Edad / Presión media soporte plantar.....	205
Tabla 3.76- Grupos de Peso.....	206
Tabla 3.77- Tabla Peso / Rango máximo desplazamiento del COP.....	208
Tabla 3.78- Tabla Peso / Velocidad media desplazamiento del COP...	211
Tabla 3.79- Tabla Peso / Presión media por cuadrantes.....	214
Tabla 3.80- Tabla Peso / Presión media soporte plantar.....	216
Tabla 3.81- Grupos de Altura.....	218
Tabla 3.82- Tabla Altura / Rango máximo desplazamiento del COP....	219
Tabla 3.83- Tabla Altura / Velocidad media desplazamiento del COP..	222
Tabla 3.84- Tabla Altura / Presión media por cuadrantes.....	225
Tabla 3.85- Tabla Altura / Presión media soporte plantar.....	228
Tabla A.1- Participantes que han finalizado la prueba del Maratón de Madrid (España).....	255
Tabla A.2- Participantes que conforman los tres periodos de recogida de datos.....	256
Tabla A.3- Edad / Rango máximo desplazamiento – ML-PI / AP-PI / ML-COP.....	266

Tabla A.4- Edad / Rango máximo desplazamiento – AP-COP / ML-PD / AP-PD.....	267
Tabla A.5- Edad / Velocidad media desplazamiento. – ML-PI / AP-PI / ML-COP.....	268
Tabla A.6- Edad / Velocidad media desplazamiento – AP-COP / ML-PD / AP-PD.....	269
Tabla A.7- Peso / Rango máximo desplazamiento – ML-PI / AP-PI / ML-COP.....	270
Tabla A.8- Peso / Rango máximo desplazamiento – AP-COP / ML-PD / AP-PD.....	271
Tabla A.9- Peso / Velocidad media desplazamiento. – ML-PI / AP-PI / ML-COP.....	272
Tabla A.10- Peso / Velocidad media desplazamiento – AP-COP / ML-PD / AP-PD.....	273
Tabla A.11- Altura / Rango máximo desplazamiento – ML-PI / AP-PI / ML-COP.....	274
Tabla A.12- Altura / Rango máximo desplazamiento – AP-COP / ML-PD / AP-PD.....	275
Tabla A.13- Altura / Velocidad media desplazamiento. – ML-PI / AP-PI / ML-COP.....	276
Tabla A.14- Altura / Velocidad media desplazamiento – AP-COP / ML-PD / AP-PD.....	277

ÍNDICE DE FIGURAS

PRIMERA PARTE: MARCO TEORICO

Fig. 2.1- Superficie de contacto.....	9
Fig. 2.2- Superficie de apoyo.....	9
Fig. 2.3- Base de sustentación (podografía optométrica).....	9
Fig. 2.4- Pedigrafía de tinta.....	10
Fig. 2.5- Podografía óptica.....	10
Fig. 2.6- Plataforma de presiones electrónica rígida.....	12
Fig. 2.7- Matriz contigua de sensores P. electrónica rígida.....	13
Fig. 2.8- Plataforma de presiones optométrica estática.....	13
Fig. 2.9- Pedigrafía obtenida con revelador fotográfico.....	16
Fig. 2.10- Podoscopio de cristal.....	19
Fig. 2.11- Baropodógrafo óptico.....	22
Fig. 2.12- Vídeo baropodógrafo.....	23
Fig. 2.13- Plataforma electrónica.....	25
Fig. 2.14- Juego de plantillas instrumentadas.....	26
Fig. 2.15- Plataforma de fuerzas.....	27
Fig. 2.16- Plataforma estabilométrica.....	27
Fig. 2.17- Vídeo podografía.....	29
Fig. 2.18- Podografía digital.....	29
Fig. 2.19- Podografía digital: Pie descalzo / Pie calzado.....	30
Fig. 2.20- Estudio plantar dinámico mediante el Sistema Podocomputer	31
Fig. 2.21- Plataforma optométrica POLNE- Podocomputer.....	32
Fig. 2.22- Medida relativa de las superficies de apoyo y presión.....	32
Fig. 2.23- PressureStat (izquierda) Emed-ST (derecha).....	40

SEGUNDA PARTE: PARTE EMPIRICA

Fig. 3.1- Ejes de desplazamiento del COP.....	48
Fig. 3.2- Mapa plantar optométrico CbsScanGraf. Cuadrantes, ejes y posiciones del COP.....	49
Fig. 3.3- Zona anterior del pie izquierdo.....	55

Fig. 3.4- Zona anterior del pie derecho.....	55
Fig. 3.5- Zona posterior del pie izquierdo.....	55
Fig. 3.6- Zona posterior del pie derecho.....	56
Fig. 3.7- Zona del pie izquierdo.....	57
Fig. 3.8- Zona del pie derecho.....	57
Fig. 3.9- Pie soporte dominante. Izquierdo, Derecho, Ambos por igual...	58
Fig. 3.10- Pie funcional dominante izquierdo – derecho.....	59
Fig. 3.11- Punto negro del horizonte visual.....	66
Fig. 3.12- Líneas de posición de los pies sobre la plataforma.....	67
Fig. 3.13- Fijaciones Tapiz de la Plataforma optométrica.....	70
Fig. 3.14- Testigos de posición de la Plataforma CbsScanGraf.....	71
Fig. 3.15- Peldaño de acceso a la Plataforma optométrica CbsScanGraf.....	71
Fig. 3.16- Esquema del stand y disposición de equipos.....	72
Fig. 3.17- Protocolo de toma de datos de campo.....	77
Fig. 3.18- Modelos estadísticos: análisis de la muestra.....	82
Fig. 3.19- Histograma de frecuencias: Edad (Hombres - Mujeres).....	96
Fig. 3.20- Histograma de frecuencias: Peso (Hombres - Mujeres).....	97
Fig. 3.21- Histograma de frecuencias: Altura (Hombres - Mujeres).....	97
Fig. 3.22- Esquema de las variables de presión media por cuadrante en apoyo bipodal.....	101
Fig. 3.23- Esquema de las variables de presión media según eje A-P en apoyo bipodal.....	103
Fig. 3.24- Frecuencias absolutas de pie soporte dominante.....	105
Fig. 3.25- Frecuencias relativas por género de pie soporte dominante...	106
Fig. 3.26- Frecuencias absolutas de pie funcional dominante.....	108
Fig. 3.27- Frecuencias relativas por género pie funcional dominante....	108
Fig. 3.28- Porcentajes relativos por género / pie funcional dominante izquierdo.....	137
Fig. 3.29- Porcentajes relativos por género / pie funcional dominante derecho.....	139

Fig. 3.30- Porcentajes relativos por género / pie funcional dominante ambos pies.....	141
Fig. 3.31- Porcentajes relativos por género / pie soporte dominante izquierdo.....	143
Fig. 3.32- Porcentajes relativos por género / pie soporte dominante derecho.....	145
Fig. 3.33- Porcentajes relativos por género / pie soporte dominante ambos pies.....	146
Fig. 3.34- Porcentajes relativos pie funcional dominante izquierdo / pie soporte dominante izquierdo.....	149
Fig. 3.35- Porcentajes relativos pie funcional dominante izquierdo / pie soporte dominante derecho.....	151
Fig. 3.36- Porcentajes relativos pie funcional dominante izquierdo / pie soporte dominante ambos pies.....	153
Fig. 3.37- Porcentajes relativos pie funcional dominante derecho / pie soporte dominante izquierdo.....	154
Fig. 3.38- Porcentajes relativos pie funcional dominante derecho / pie soporte dominante derecho.....	156
Fig. 3.39- Porcentajes relativos pie funcional dominante derecho / pie soporte dominante ambos pies.....	158
Fig. 3.40- Porcentajes relativos pie funcional dominante ambos pies / pie soporte dominante izquierdo.....	159
Fig. 3.41- Porcentajes relativos pie funcional dominante ambos pies / pie soporte dominante derecho.....	161
Fig. 3.42- Porcentajes relativos pie funcional dominante ambos pies / pie soporte dominante ambos pies.....	163
Fig. 3.43- Grupos de Edad.....	194
Fig. 3.44- Grupos de Edad_5 / Rango desplazamiento medio-lateral del COP.....	196
Fig. 3.45- Grupos de Edad_5 / Rango desplazamiento antero-posterior del COP.....	197

Fig. 3.46- Grupos de Edad_5 / Velocidad media desplazamiento medio-lateral del COP.....	199
Fig. 3.47- Grupos de Edad_5 / Velocidad media desplazamiento antero-posterior del COP.....	199
Fig. 3.48- Grupos de Edad_5 / Presión media por cuadrantes zona anterior PI y PD.....	202
Fig. 3.49- Grupos de Edad_5 / Presión media por cuadrantes zona posterior PI y PD.....	203
Fig. 3.50- Grupos de Edad_5 / Presión media soporte PI y PD.....	205
Fig. 3.51- Grupos de Peso.....	207
Fig. 3.52- Grupos de Peso_5 / Rango desplazamiento medio-lateral del COP.....	208
Fig. 3.53- Grupos de Peso_5 / Rango desplazamiento antero-posterior del COP.....	209
Fig. 3.54- Grupos de Peso_5 / Velocidad media desplazamiento medio-lateral del COP.....	212
Fig. 3.55- Grupos de Peso_5 / Velocidad media desplazamiento antero-posterior del COP.....	212
Fig. 3.56- Grupos de Peso_5 / Presión media por cuadrantes zona anterior PI y PD.....	214
Fig. 3.57- Grupos de Peso_5 / Presión media por cuadrantes zona posterior PI y PD.....	214
Fig. 3.58- Grupos de Peso_5 / Presión media soporte PI y PD.....	217
Fig. 3.59- Grupos de Altura.....	218
Fig. 3.60- Grupos de Altura_5 / Rango desplazamiento medio-lateral del COP.....	220
Fig. 3.61- Grupos de Altura_5 / Rango desplazamiento antero-posterior del COP.....	220
Fig. 3.62- Grupos de Altura_5 / Velocidad media desplazamiento medio-lateral del COP.....	223

Fig. 3.63- Grupos de Altura_5 / Velocidad media desplazamiento antero-posterior del COP.....	224
Fig. 3.64- Grupos de Altura_5 / Presión media por cuadrantes zona anterior PI y PD.....	226
Fig. 3.65- Grupos de Altura_5 / Presión media por cuadrantes zona posterior PI y PD.....	227
Fig. 3.66- Grupos de Altura_5 / Presión media soporte PI y PD.....	228

GLOSARIO

A-P:	Antero-posterior (eje)
CG:	Centro de Gravedad del cuerpo.
COG:	Centro de Gravedad (Center Of Gravity).
COM:	Centro de Masa (Center Of Mass).
COP:	Centro de Presiones. (Center of Pressures).
ELEC:	Plataforma electrónica.
F:	Fuerza.
M-L:	Medio-lateral (eje)
TLD:	Equilibrio en posición de dinámica bipodal (Two Leg Dinamic).
TLE:	Equilibrio en posición de estática bipodal (Two Leg Estatic).
OE1:	Objetivo específico 1.
OE2:	Objetivo específico 2.
OE3:	Objetivo específico 3.
OE4:	Objetivo específico 4.
OE5:	Objetivo específico 5.
OE6:	Objetivo específico 6.
OE7:	Objetivo específico 7.
OE8:	Objetivo específico 8.
OE9:	Objetivo específico 9.
OG1:	Objetivo general 1.
OLE:	Equilibrio en posición de estática unipodal (One Leg Estatic).
OLD:	Equilibrio en posición de dinámica unipodal (One Leg Dinamic).
OPTO:	Plataforma optométrica.
P:	Presión.
PDE:	Pie derecho.
PD:	Pie derecho.
PIZ:	Pie izquierdo.
PI:	Pie izquierdo.
POLE:	Plataforma optométrica de luz estable.
POLNE:	Plataforma optométrica de luz no estable.
S:	Superficie.

RESUMEN

Planteamiento: El estudio de las presiones plantares y del comportamiento del centro de presiones (COP), del cuerpo y de ambos pies, permite valorar a través de los desplazamientos del mismo en los ejes medio-lateral y antero-posterior el equilibrio. La medida del COP con un sistema optométrico de alta resolución debería aportar, con mayor precisión, nuevas informaciones que ayuden al especialista sanitario o deportivo a comprender el comportamiento del equilibrio en el corredor de maratón.

Objetivo: Se pretende valorar el comportamiento del equilibrio midiendo el rango máximo de desplazamiento y la velocidad media del COP del cuerpo y de ambos pies, en el eje medio-lateral y antero-posterior, y valorar las presiones plantares, por cuadrante de cada pie, valorando la dominancia lateral por presión mediante una plataforma optométrica de alta resolución.

Muestra: Se realiza un estudio descriptivo, transversal con una muestra de 663 sujetos sanos (587 hombres y 76 mujeres) que participan activamente en carreras de largo recorrido (Maratón).

Método: Se mide el desplazamiento del COP del cuerpo y de ambos pies, mediante una lectura de 10 segundos, en posición de pie, en bipedestación, con los ojos abiertos, en estado de reposo aparente y con los pies descalzos mediante una plataforma de presiones Optométrica CbsScanGraf.

Resultados: El desplazamiento, rango y velocidad, del COP del cuerpo en el eje antero-posterior es mayor que en el eje medio-lateral. Las mujeres presentan más estabilidad que los hombres. La mayoría de la muestra presenta mayor presión con el pie derecho. Se estima con un I.C. del 95% la media poblacional del desplazamiento del COP $\mu_{\text{medio-lateral}} = [1,99; 2,41]$, $\mu_{\text{antero-posterior}} = [2,69; 3,07]$. Se encuentran diferencias por género y peso en la Velocidad medio-lateral del COP ($p < 0,05$). La dominancia soporte de un pie no está relacionada con su dominancia funcional. El pie soporte dominante influye en la velocidad del COP en el eje medio-lateral y antero-posterior ($p < 0,05$).

PALABRAS CLAVE

Presión plantar. Baropodometría Óptica. Baropodometría Optométrica. Centro de Presiones. COP. Corredor de maratón. Rango de desplazamiento máximo. Velocidad media.

RESUMEN

Plantejament: L'estudi de les pressions plantars i del comportament del centre de pressions (COP), del cos i dels peus, permet valorar a través dels desplaçaments del mateix en els eixos mig-lateral i antero-posterior l'equilibri. La mesura del COP amb un sistema optomètric d'alta resolució hauria d'aportar, amb major precisió, noves informacions que poden ajudar a l'especialista sanitari o esportiu a entendre el comportament de l'equilibri en el corredor de marató.

Objectiu: Es vol valorar el comportament de l'equilibri mesurant el rang màxim de desplaçament i la velocitat mitjana del COP del cos i dels peus, en els eixos mig-lateral y antero-posterior, i valorar las pressions plantars, per quadrant de cada peu, valorant la dominància lateral per pressió mitjançant una plataforma optomètrica d'alta resolució.

Mostra: Es du a terme un estudi descriptiu, transversal amb una mostra de 663 subjectes sans (587 homes i 76 dones) que participen activament en curses de llarg recorregut (Marató).

Mètode: Es mesura el desplaçament del COP del cos i dels peus, amb una lectura de 10 segons, en posició de peu, amb bipedestació, amb els ulls oberts, en estat de repòs aparent i amb els peus descalços mitjançant una plataforma de pressions Optomètrica CbsScanGraf.

Resultats: El desplaçament, rang i velocitat, del COP del cos en l'eix antero-posterior és més gran que en el eix mig-lateral. Es dones presenten més estabilitat que els homes. La majoria de la mostra presenta major pressió amb el peu dret. S'estima amb un I.C. del 95% la mitja poblacional del desplaçament del COP $\mu_{\text{mig-lateral}} = [1,99; 2,41]$, $\mu_{\text{antero-posterior}} = [2,69; 3,07]$. Es troben diferències per gènere i pes en la Velocitat mig-lateral del COP ($p < 0,05$). La dominància suport d'un peu no està relacionada amb la seva dominància funcional. El peu suport dominant influeix en la velocitat del COP en l'eix mig-lateral i antero-posterior ($p < 0,05$).

PARAULES CLAU

Pressió plantar. Baropodometria Òptica. Baropodometria Optomètrica. Centre de Pressions. COP. Corredor de marató. Rang de desplaçament màxim. Velocitat mitja.

SUMMARY

Approach: The study of plantar pressures and the behavior of the center of pressure (COP) of the body and both feet, it can assess through the same displacement in the medial-lateral and anterior-posterior axis balance. The measurement of the COP with an optometric system should provide high-resolution, more accurately, new information to help the health or sport specialist to understand the behavior of equilibrium in the marathon runner.

Purpose: We evaluate the performance of the balance by measuring the maximum travel range and average speed of the COP of the body and both feet, in the medial-lateral and anterior-posterior axis, and assess plantar pressures, per quadrant of each foot, lateral dominance by appreciating the pressure by a high-resolution platform optometric.

Sample: A descriptive, cross-sectional study with a sample of 663 healthy subjects (587 men and 76 women) who are actively involved in long-distance races (Marathon) is performed.

Method: COP displacement body and both feet is measured, through a reading of 10 seconds in the standing position, in standing, with eyes open, in a state of apparent rest and barefoot through a CbsScanGraf optometric platform pressures.

Results: The displacement and velocity range, the COP of the body in the anterior-posterior axis is greater than in the medial-lateral axis. Women show more stability than men. The majority of the sample has increased pressure on the right foot. It is estimated with I.C. 95% of the population mean displacement COP $\mu_{\text{medial-lateral}} = [1.99; 2.41]$, $\mu_{\text{anterior-posterior}} = [2.69; 3.07]$. Weight and gender differences in the medial-lateral COP velocity ($p < 0.05$) were found. The dominance of a foot support is not related to their functional dominance. The dominant foot support influences the speed of the COP in the anterior-posterior and medial-lateral axis ($p < 0.05$).

KEY WORDS

Plantar pressure. Optical Baropodometry. Optometric Baropodometry. Pressures Center. COP. Marathon runner. Maximum distance range. Average speed.

1. INTRODUCCIÓN

Los individuos de la especie humana han conseguido, como estadio evolutivo, la *postura erecta* mediante el apoyo de ambos pies sobre el suelo a la vez (bipedestación) para sostenerse a través de un *estado de equilibrio estático-dinámico controlado*; y el *desplazamiento* mediante el apoyo sincrónico y cadente de un pie tras otro de forma alterna (marcha) a través de un *estado de desequilibrio dinámico controlado*.

En ambas situaciones la masa corporal del sujeto es sustentada por los pies en último término, ya que son la interfaz del cuerpo con el suelo que mediante una combinación de la fricción de la planta del pie con el firme del suelo, directamente o través del calzado, y una combinación de desequilibrios controlados permiten el estado del desplazamiento para la marcha o bien del estado de reposo aparente para la posición de equilibrio en bipedestación.

Las presiones que soportan los pies y el comportamiento del Centro de Presiones del Cuerpo (COP) son informaciones que se consideran relevantes para valorar el estado de salud del sujeto. Ambas están íntimamente ligadas al estado del mantenimiento de la postura del cuerpo y de su desplazamiento.

La insuficiencia de métodos de valoración de presión plantar o la ausencia de precisión en las lecturas del comportamiento del centro de presiones del cuerpo han sido durante mucho tiempo causa de diagnósticos clínicos tardíos de problemas biomecánicos en la población humana.

Actualmente existen diferentes técnicas y equipos que son capaces de valorar las presiones plantares por un lado y otras técnicas o equipos distintos que están capacitados para valorar la posición del centro de presiones del cuerpo.

Disponer de una técnica o equipo de medición que integre de una sola vez la medición de ambas características (presión plantar y posición del centro de presiones del cuerpo) debería aportar mayor información sobre el estado del equilibrio en el sujeto o paciente.

La posibilidad de efectuar un test, sencillo y rápido, mediante estas técnicas permitiría sin duda informar con más objetividad al clínico, para la valoración biomecánica del sujeto, de forma tal que se obtenga un diagnóstico precoz de las posibles patologías asociadas a los apoyos plantares o a las disfunciones del control del equilibrio.

Si bien toda la población en general puede verse beneficiada mediante este test de equilibrio, sin duda para aquellos individuos que someten su cuerpo a un trabajo superior a la media a causa de prácticas deportivas, amateurs o profesionales, les sería de gran ayuda valorar el comportamiento del equilibrio para prevenir lesiones que puedan incapacitar dicha práctica deportiva.

Dentro del ámbito deportivo, los corredores de largas distancias pueden ser especialmente sensibles a patologías que puedan tener origen en diferencias entre la pisada de un pie con respecto al otro, a causa de la sobrecarga de trabajo a las que se somete la planta del pie.

1.1. Pregunta de investigación

¿Cuál es el comportamiento del equilibrio, valorado a través del desplazamiento del Centro de Presiones del Cuerpo (COP), en practicantes de carreras de larga distancia?

1.2. Justificación

Un déficit en el control del equilibrio puede facilitar las caídas. En Europa la prevención de las caídas y de las lesiones asociadas a éstas se ha convertido en uno de los objetivos principales de las políticas sanitarias en todos los países. Una caída puede ser el primer síntoma de una enfermedad que todavía no se ha detectado. Las caídas repetitivas suelen anunciar a menudo un deterioro de las capacidades funcionales de las personas sobre todo en edades avanzadas. Aproximadamente el 30% de las personas mayores de 65 años de edad tienen anualmente una caída, y pasados los 75 años de edad la

cifra aumenta. Las personas que presentan caídas frecuentes (más de 3 caídas al año) suelen presentar un pronóstico malo, de manera que casi la tercera parte de éstas es hospitalizada, ingresada en una residencia o fallece (1) en el transcurso de un año.

Estudios específicos sobre el equilibrio realizado por Cabedo (2) han permitido clarificar algunos aspectos de cómo se comporta dicha variable a lo largo del ciclo vital.

Actualmente existen muchas pruebas para intentar valorar el equilibrio de forma específica o global, en diferentes etapas de la vida, actividad deportiva, laboral o social. Lo que indica la profunda preocupación que existe actualmente por este tema (2).

Disponer de nuevos estudios sobre el equilibrio, realizados en poblaciones de sujetos practicantes de deporte, con herramientas más precisas debería aportar una mayor comprensión de su funcionamiento e importancia.

Las personas practicantes de deporte soportan un estrés biomecánico superior al de la población normal sedentaria o perteneciente a la tercera edad. El estudio del comportamiento del equilibrio entre la población deportiva aportará, seguramente, una mayor comprensión de los mecanismos del mismo y su posible relación con las lesiones.

Los deportistas que practican carreras de larga distancia, maratones y medias maratones, son los que más aprovechan el desequilibrio controlado (correr) de su propio cuerpo. Estudiar como se comporta el centro de gravedad del cuerpo en proceso de reposo (bipedestación) con una herramienta de medición de alta precisión, como puede ser una plataforma optométrica, podría aportar una información relevante para comprender como se comporta el control del equilibrio en las poblaciones deportivas, y por extensión a los practicantes de deporte amateurs que cada vez son más numerosos en nuestra sociedad.

Los corredores de maratón se caracterizan por tener unas extremidades proporcionalmente más desarrolladas, a causa del continuo esfuerzo al que se las somete, en comparación con los sujetos que llevan una vida más sedentaria. Por otro lado el hecho de correr facilita un control intuitivo sobre el desequilibrio permanente que conlleva la carrera. Ambas características deben contribuir probablemente en la habilidad de mantener un buen equilibrio a lo largo de toda la vida del deportista, siendo sus efectos beneficiosos inclusive al llegar hasta una edad avanzada.

El estudio en posición estática de los apoyos plantares, de la distribución porcentual de la presión entre los metatarsos y talones, del comportamiento del COP en ambos ejes (medio-lateral y antero-posterior) facilita la comprensión de cómo se comportará el equilibrio durante la carrera. Si se conoce como se sostiene (en fase de bipedestación y posición estática) una estructura puede inferirse como ésta se caerá cuando pierda el equilibrio (en fase unipodal y en posición dinámica) al inducir al cuerpo al mero acto de correr.

1.3. Contexto de la investigación

Dado que el estudio del equilibrio biomecánico del cuerpo humano se ha abordado desde diferentes perspectivas y disciplinas intentaremos seguir un criterio que permita acotar esta investigación. Se podrían señalar dos tendencias o situaciones según la clase de herramientas de que disponga el investigador:

- Medio natural: las mediciones que se efectúan son evaluadas directamente por el investigador con sus sentidos (vista, oído y tacto) registrando los resultados manualmente en un soporte físico (historia clínica, registro documental) y no suelen obtenerse registros de apoyos, superficies, perímetros de la huella plantar, así como registros numéricos o gráficos independientes del observador sobre el comportamiento del COP.

- Medio tecnológico: las mediciones que se efectúan son evaluadas previamente al investigador mediante sistemas de registro (manuales o tecnológico) que permite obtener registros de apoyos, superficies, perímetros de la huella plantar, así como registros numéricos o gráficos independientes del observador sobre el comportamiento del COP del Cuerpo que puede ser opcionalmente reproducibles en el laboratorio.

Ambos tendencias han aportado investigaciones consistentes y válidas al estudio del equilibrio humano.

Dado que la intención de este proyecto es medir el comportamiento del centro de gravedad del cuerpo en posición de pie, en bipedestación aparentemente estática, y la relación que tiene con las presiones que soporta el pie nuestro estudio seguirá la tendencia del medio tecnológico.

1.4. Alcance de este estudio

Existen, no obstante, muchas publicaciones que tratan el tema del equilibrio en general o en particular, pero si bien todas son interesantes hemos acotado unos límites en antigüedad y contenidos para valorar los que creemos que inciden específicamente en tema central de este trabajo (comportamiento del COP y su relación con las presiones plantares).

Este trabajo de investigación se realiza sobre practicantes de carreras de largo recorrido. Se valora el equilibrio mediante el estudio del desplazamiento del COP y se usa baropodometría optométrica que ha sido previamente validada, en corredores de maratón*.

* El autor presentó el trabajo de Investigación MEDIDA DEL EQUILIBRIO EN CORREDORES DE MARATON MEDIANTE BAROPODOMETRIA OPTOMETRICA Y ELECTRONICA para la obtención de un DEA y que fue defendido en la Universidad Ramón Llull – FPCEE – Blanquerna, en abril-2010

1.5. Razones de interés

La prevención, usando estas técnicas integradoras del estudio de las presiones plantares y del Centro de Presiones del Cuerpo, sería sin duda mucho más efectiva y sencilla de aplicar en las poblaciones sanas de riesgo (niños y adolescentes, ancianos, deportistas y con actividades laborales que comprometan el equilibrio), en poblaciones de riesgo por enfermedad (pie reumatoide, pie diabético), por lesión genética o por accidente.

Dada la mayor resolución que permite actualmente la baropodometría optométrica frente a la baropodometría electrónica se intuye que, la primera, detectará en un mismo sujeto desplazamientos de COP que, antes de usar esta técnica, podían pasar desapercibidos. La constatación de la existencia de dichos microdesplazamientos pueden que

- Permitan valorar de forma objetiva el estado biomecánico de los deportistas de carreras de largo recorrido, en concreto corredores de maratón y media maratón.
- Estén relacionados con la frecuencia de lesiones en el sujeto.
- Permitan observar estados biomecánicos posturales que puedan prevenir en otras poblaciones (escolares, trabajadores, tercera edad) lesiones que disminuyen la calidad de vida y la capacidad laboral de los sujetos.
- Permitan validar con mayor precisión los tratamientos basados en ortesis plantares y aumentar su eficacia funcional reduciéndose las lesiones futuras.
- Permitan validar con mayor objetividad y precisión la influencia del tipo de zapatilla deportiva (para uso profesional, amateur o lúdico) en el comportamiento del equilibrio.

El estudio del equilibrio, su medición precisa, y el estudio del apoyo plantar, de forma conjunta, debería abrir un campo de posibilidades inmenso en la mejora de la calidad de vida de las personas, tanto sanas como enfermas, desde el punto de vista de la prevención tanto si desarrollan actividad deportiva o no.

2. PRIMERA PARTE: MARCO TEORICO

2.1. DEFINICIONES

Con el fin de objetivar con mayor precisión los conceptos a estudiar, la toma de datos, análisis de los resultados y su discusión se presenta a continuación un apartado de definiciones con el que se desea permita acotar el significado que tienen dichos conceptos para esta investigación.

Centro de Masa (Center Of Mass - COM): Es el punto geométrico de un cuerpo rígido en la cual se puede considerar concentrada toda su masa; corresponde a la posición promedio de todas las partículas de masa que forman el cuerpo rígido.

Centro de Gravedad (Center Of Gravity - COG): es el punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas de gravedad que actúan sobre las distintas masas de un cuerpo.

Centro de Presión (Center Of Pressures - COP): es el punto de aplicación sobre el plano de sustentación de la proyección normal cuyo origen está situado en el centro de Masa.

Huella Plantar en carga: Es la figura resultante en un plano concreto de sustentación, en la que se distingue un perímetro externo y unas superficies que pueden presentar un gradiente de presión, que se corresponde con un pie cuando éste soporta parte o todo el peso del cuerpo.

Superficie de contacto del pie: Superficie de la huella plantar (*Figura 2.1*) que contacta con el suelo independientemente del nivel de presión que pueda soportar en el instante de la medición.

Superficie de apoyo del pie: Superficie de la huella plantar (*Figura 2.2*) que contacta con el suelo y que presenta un nivel de presión significativa y relevante en el instante de su medición.

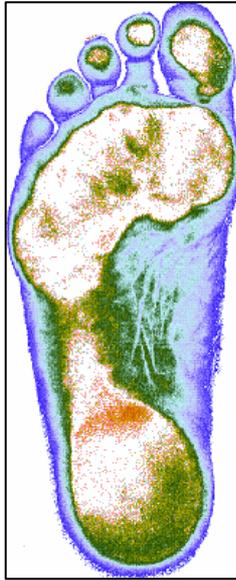


Figura 2.1- Superficie de contacto

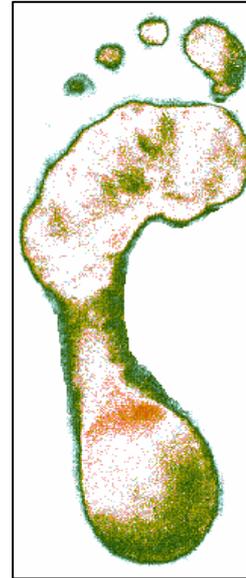


Figura 2.2- Superficie de apoyo

Base de sustentación: Superficie delimitada por el polígono (Figura 2.3) que forman las cuatro rectas que pasan por los puntos más exteriores situados en el perímetro formado por las superficies de apoyo de ambos pies. Normalmente se aplica en posición de bipedestación.

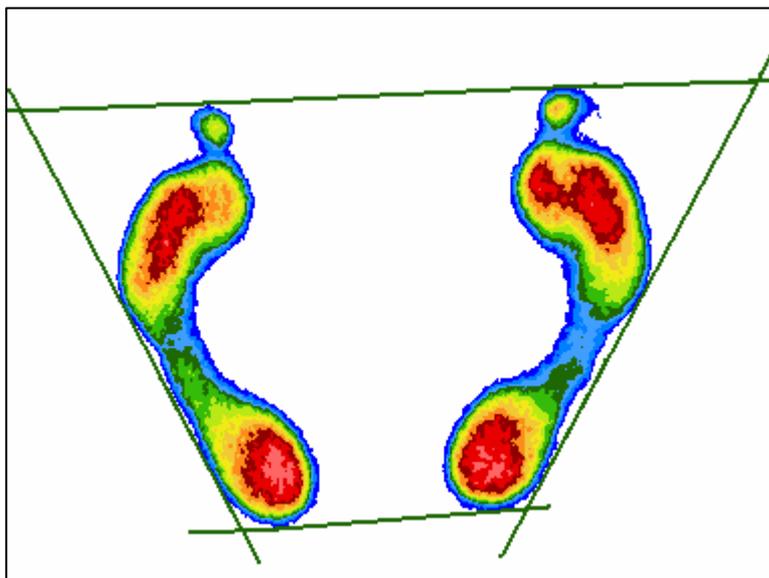


Figura 2.3- Base de sustentación (podografía optométrica)

Posiciones para la medida de la presión plantar:

- *Apoyo con 1 componente* (unipodal): ocurre cuando se apoya sólo un pie a la vez.
- *Apoyo con 2 componentes* (bipodal): ocurre cuando se apoyan sólo los dos pies a la vez.
- *Apoyo con 3 o más componentes*: ocurre en cualquier otra posición distinta a las dos anteriores (reclinado, sentado, echado, ...).

Baropodometría: Conjunto de técnicas que tiene como objetivo valorar el reparto de la carga plantar mediante la medida objetiva de la presión que soporta la planta del pie. El término *baropodografía* suele usarse como sinónimo.

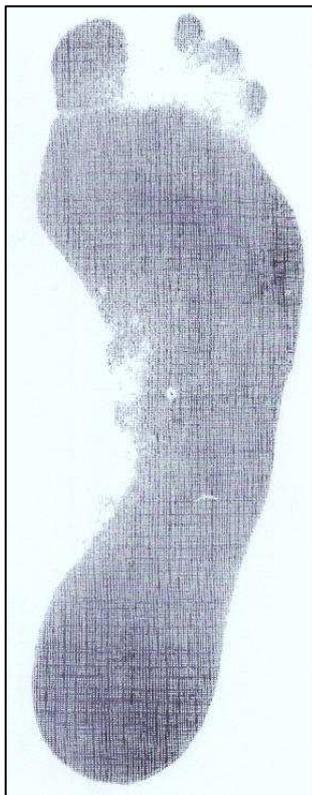


Figura 2.4- Pedigrafía de tinta

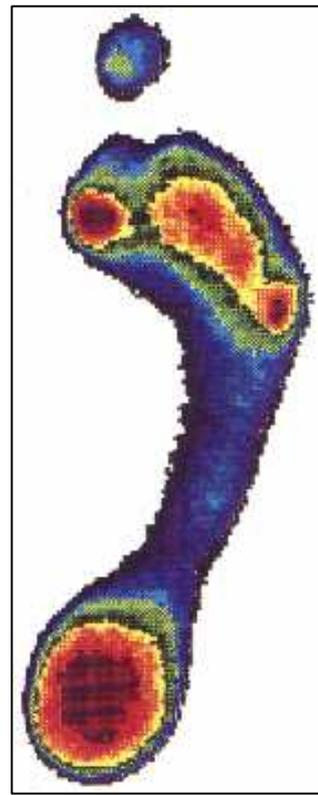


Figura 2.5- Podografía óptica

Estabilometría: Conjunto de técnicas que tiene como objetivo valorar el comportamiento del equilibrio mediante la medida objetiva del desplazamiento del centro de presiones del cuerpo (COP).

Pedigrafía: Registro gráfico de la planta del pie (*Figura 2.4*) obtenida normalmente por medios físicos o químicos, sin que se precise tecnología informática o electrónica. Las pedigrafías suelen facilitar datos cualitativos.

Podografía: Registro gráfico de la planta del pie (*Figura 2.5*) obtenida normalmente por medios que precisen técnicas de baropodografía no manual. Pueden facilitar datos cualitativos, semicuantitativos o cuantitativos.

Equilibrio en posición de estática unipodal (One Leg Estatic - OLE): ocurre cuando el sujeto se sostiene sobre un solo pie e intenta mantener la posición de equilibrio evitando la caída.

Equilibrio en posición de estática bipodal (Two Leg Estatic - TLE): ocurre cuando el sujeto se sostiene sobre los dos pies a la vez en posición de bipedestación e intenta mantener la posición de equilibrio evitando la caída.

Equilibrio en posición de dinámica unipodal (One Leg Dinamic - OLD): ocurre cuando el sujeto se sostiene sobre un solo pie y mantiene una situación de desequilibrio evitando la caída. Suele producirse durante el proceso de marcha.

Equilibrio en posición de dinámica bipodal (Two Leg Dinamic - TLD): ocurre cuando el sujeto se sostiene sobre los dos pies a la vez y mantiene una situación de desequilibrio evitando la caída. Suele producirse durante el proceso de marcha.

Sensor de presión: Dispositivo que es capaz de medir la variación de la fuerza, nula o no, que soporta en un intervalo de tiempo concreto. Los sensores pueden ser de diferentes tipos: mecánicos, neumáticos, piezorresistivos, piezoconductivos, piezoeléctricos u ópticos. Conocida la fuerza (F) que soporta

el sensor y la superficie (S) discriminante del mismo nos permite calcular la presión (P) que soporta,

$$P = \frac{F}{S}$$

Según el Sistema Internacional de medidas, **F** se mide en newtons, **S** en metros cuadrados y **P** en pascales ($Pa = 1N \cdot m^{-2}$).

No obstante el pascal es una unidad muy pequeña para la vida corriente, una persona que esté de pie, puede hacer una presión sobre el suelo de unos 15.000 Pa. Para evitar esa cantidad de ceros se recomienda utilizar la unidad kilo pascal (1 *kPa* equivale a 1.000 pascales).

Plataforma de presiones: Dispositivo o aparato (*Figura 2.6*) que incluye más de un sensor en una superficie determinada, pudiendo presentar una disposición en cuanto a número de sensores y ubicación de los mismos arbitraria u homogénea, normalmente en forma de matriz de 2 dimensiones (*Figura 2.7*) o tablero de ajedrez.



Figura 2.6- Plataforma de presiones electrónica rígida

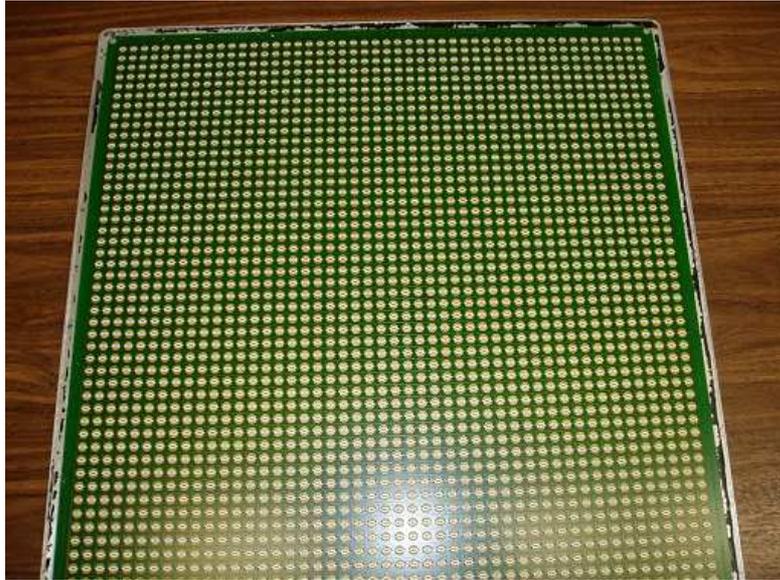


Figura 2.7- Matriz contigua de sensores, plataforma electrónica rígida

Las plataformas optométricas (*Figura 2.8*) son siempre de superficie rígida, pero tienen mayor altura que las electrónicas. Característica que les impide ser transportables fácilmente.



Figura 2.8- Plataforma de presiones optométrica estática

2.2. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA

2.2.1. Evolución de las técnicas de medición de la presión plantar

La inquietud de los investigadores para poder medir con objetividad el comportamiento del equilibrio del cuerpo humano y/o las presiones que soportan los pies, bien en posición estática (bipedestación) o bien en movimiento dinámico (marcha o carrera), poder conocer cuales son los valores de normalidad y los valores patológicos ha conducido a la aparición de varias líneas de desarrollo técnico y exploratorio que están en constante evolución.

Cada una de éstas técnicas, usando los recursos tecnológicos de su época, han ido aportando mejoras paulatinamente hasta llegar a nuestros días. Se plantea (*Tabla 2.1*) una clasificación, con ánimo de clarificar la multitud de técnicas y equipos existentes, en grupos diferenciados entre sí, según la base tecnológica y fuente de energía que alimenta a los transductores de presión que se usen para valorar la presión en la base del pie (presión plantar), y/o discriminar los valores cuantitativos de la misma. El orden planteado en dicha propuesta de clasificación es de tipo cronológico: de técnica más antigua a técnica más reciente.

Tabla 2.1- Sistemas de baropodografía en orden cronológico.

Sistema	Energía	Cualitativo	SemiCuantitativo	Cuantitativo
Manual	Química	Si	No	No
Óptico	Lumínica	Si	Si	No
Electrónico	Eléctrica	Si	Si	Si
Optométrico	Lumínica	Si	Si	Si

Los criterios usados en el campo *energía* se refieren a la manera, o al mecanismo, que permite la captación primaria de las señales que estimulan a los sensores de captación de las imágenes de registro de la huella del pie, como paso previo para el cálculo del centro de gravedad:

- Energía química: Es la energía contenida en los enlaces moleculares de los compuestos que intervienen en las reacciones químicas que permiten el registro de la huella plantar.
- Energía lumínica: Es la energía (fotones) proveniente de un generador de luz que permite excitar los sensores que modulan, filtran, reflejan y refractan los rayos de luminosos para conformar una imagen de las presiones del pie en un instante concreto en un sistema óptico u optométrico.
- Energía eléctrica: Es la energía (electrones) proveniente de un generador eléctrico que permite el desplazamiento de una corriente eléctrica a través de los sensores de un sistema de medición electrónico permitiendo generar una matriz de datos que extrapolan una imagen de las presiones del pie en un instante concreto.

Los criterios de medición usados mediante el concepto de cualitativo, semicuantitativo y cuantitativo, se refieren a la fiabilidad de la cuantificación numérica de la magnitud presión, la cual se toma como origen y base para la confección de un mapa plantar a través de cálculos gráficos e informáticos:

- Cualitativo: Permite apreciar contornos, perímetros y zonas groseras de mayor o menor presión plantar. Ejemplo: Pedigrafía de tinta.
- Semicuantitativo: Permite apreciar contornos, perímetros y zonas precisas de mayor o menor presión plantar, pero no puede discriminar cuanta más presión existe en una zona del pie con respecto a otra. Ejemplo: Podografía óptica.
- Cuantitativo: Permite apreciar contornos, perímetros y zonas precisas de mayor o menor presión plantar, pero sí discrimina cuanta más presión existe en una zona del pie con respecto a otra. Ejemplo: Baropodografía electrónica o Baropodografía optométrica.

Las plataformas electrónicas o baropodógrafos electrónicos aparecieron cronológicamente después de los baropodógrafos ópticos y antes de los baropodógrafos optométricos. La tecnología de los circuitos integrados (microchips), los avances en informática y telecomunicaciones han permitido crear instrumentos de variadas formas y funciones para la medición de la fuerza y de la presión plantar.

2.2.2. Sistemas Manuales

Es aquel sistema, mecanismo físico o proceso químico, que en ausencia de energía eléctrica permita obtener una imagen de la huella plantar en la que se puedan valorar al menos alguno de los datos siguientes: perímetro y/o superficie de apoyo significativo de la huella; perímetro y/o superficie de contacto de la huella; superficies de presiones plantares, puntos de mayor o menor presión representados mediante colorimetría (normalmente mediante un gradiente de tonos de un mismo color).

Las técnicas manuales más relevantes han sido las siguientes:

En 1925 Forstall (3) presentó un sistema que medía las presiones en estática mediante el uso de tinta (*Figura 2.9*) que se aplicaba en la planta del pie.



Figura 2.9- Pedigrafía obtenida con revelador fotográfico

En 1935 Morton (4,5) describió un método de obtención de la huella mediante una combinación de una goma, con sección regular triangular, superpuesta a una tela entintada (como un tampón) o una hoja de papel carbón (como un calco) que a su vez marcaba la presión sobre una hoja de papel una vez era pisada.

En 1977, Verleysen, (6) cita diferentes técnicas que se venían realizando hasta la fecha para obtener registros de la huella del pie: aplicar colorantes sobre la base del pie y realizar su impresión sobre una hoja de papel; Pincelar la planta del pie con taninos, aplicarlos sobre papel y revelar dicha impresión con una solución de percloruro de hierro al 1%; Pintar la planta del pie con tinta roja para imprimirla luego sobre papel.

Pintar con óxido de manganeso la planta del pie y aplicar sobre papel (coloración negra sobre fondo blanco); usar óxidos de hierro que dan una coloración rojiza sobre papel; espolvorear con polvos de talco para marcar la huella sobre papel de color negro han sido otras técnicas usadas para la obtención de un registro plantar (7).

Las Fotopodo-adherencias de Torres y Fotopodoscópica de Farreras han sido una forma más de intentar obtener un registro de la huella plantar, ambos citados por Oller (7).

Otras técnicas usadas, según Moreno de la Fuente (8) han sido el Podoestatigrama de Roig Puerta, el Fotopodograma de Pablo Vilató, el Radiofotopodograma de Antonio Viladot.

En 1980 Grieve y D'Angelo (9) y más tarde en 1984 Grieve y Rashdi (10) mejoran la técnica de Morton, de impresión de la huella sobre papel, para construir un nuevo podobarógrafo que consistía en una hoja de papel de aluminio dúctil situada entre una plancha de goma, con crestas piramidales en la parte inferior, y una plancha de foam de alta densidad de 5 mm de grosor en la parte superior. Permitía un cierto nivel de calibración.

Actualmente se siguen realizando pedigrafías de tinta (imagen que se obtiene al presionar con el pie un látex o goma flexible que presiona sobre un papel blanco y que a su vez está sobre un tampón de tinta) como registro-control de la huella plantar en carga.

Todos estos sistemas han sido muy útiles e ingeniosos para obtener un registro documentado de la huella plantar y del reparto de las presiones que ésta soporta. No obstante la mayoría de éstas técnicas no se obtienen en un instante de tiempo reducido (milisegundos), si no todo lo contrario, para obtener la huella se precisa que el paciente colabore poniendo el pie en una zona concreta del suelo, se le pide que efectúe un acción de carga (soportar su propio peso) y que retire el pie levantándolo del suelo normalmente en dirección vertical.

Todo este protocolo no consigue evitar que las diferentes estructuras del pie hueso-ligamentosas efectúen un proceso de balanceo que crea falsas zonas de hiperpresión en el registro gráfico que se obtiene. Por muy bien que se realice dicha técnica siempre nos quedará la duda de sí realmente es fiable la lectura que se obtiene o si bien es una lectura objetivamente repetible en el tiempo.

2.2.3. Sistemas Ópticos

Es aquel sistema mecanismo o técnica que usando un transductor de presión/luz permita obtener una imagen de la huella plantar en la que se puedan valorar algunos datos como perímetro y/o superficie de apoyo significativo de la huella; perímetro y/o superficie de contacto de la huella; superficies de presiones plantares, puntos de mayor o menor presión representados desde un punto de vista cromático o colorimétrico (aunque sea un gradiente de tonos de un mismo color).

Algunos de estos sistemas pueden opcionalmente disponer de un sistema de vídeo, o fotografía, para facilitar la lectura y archivo de la huella y/o un sistema informático para su posterior análisis colorimétrico. Poseen buena resolución en cuanto a puntos de imagen pero sus lecturas pueden ser variables para un

mismo sujeto a lo largo del tiempo a causa de su propio diseño de fabricación y según las condiciones ambientales en las que trabajen. Los podemos denominar Baropodómetros Ópticos.

Actualmente estos sistemas se usan para valoración clínica pero pueden presentar márgenes de error del orden del 5-10% (3).

El principal instrumento óptico que se usó para valorar de forma cómoda y limpia la forma de la huella plantar y sus zonas de sobrecarga fue el Podoscopio de Cristal. Éste consistía en un mueble que tenía la parte superior transparente, inicialmente de vidrio, y que disponía de un espejo en la parte inferior para que el clínico pudiera ver el reflejo de la huella con comodidad. El espejo puede estar en posición horizontal o bien en un plano inclinado.



Figura 2.10- Podoscopio de cristal

Los siguientes modelos (*Figura 2.10*) empezaron a incorporar iluminación de diferentes tipos y en distintas posiciones con respecto al plano transparente de sustentación.

Su funcionamiento consistía en que al soportar el pie el peso del cuerpo diferentes partes de la planta del pie quedaban comprimidas contra el vidrio. Según la estructura óseo-ligamentosa, grado de tejido adiposo, nivel muscular y grado de vascularización de la planta del pie, ésta cambiaba de color (por

falta de riego sanguíneo). Las diferencias de color se asociaron a zonas que soportaban diferentes presiones.

Desde el punto de vista tecnológico estos primeros sistemas no poseían elementos de captación, almacenamiento de datos y/o procesado numérico de los mismos entre el origen de la lectura y la valoración ocular del investigador.

A partir del fundamento del podoscopio óptico o banco de marcha (pasillo por el cual el paciente suele andar y que incorpora al menos una plataforma de presiones) se empezaron a experimentar con diferentes variaciones técnicas intentando conseguir sistemas y herramientas cada vez más precisas.

Las técnicas ópticas más relevantes han sido las siguientes:

En 1934 Elftman, citado por San Gil, (5) mediante técnicas ópticas realizó un estudio del paso en dinámica. Dispuso de una alfombrilla de goma con la parte superior lisa y la parte inferior con una disposición en forma de pequeñas pirámides que estaba encima de un cristal. Al pisarla se podía inferir la presión ejercida por el pie por el grado de deformación de la goma.

En 1976 Scranton (11) usó un podoscopio óptico al que incorporó una cámara de fotos. Realizaba diversas fotografías en sucesivos instantes y posteriormente se reconstruía el mapa de presiones del pie.

En 1976 Arcan (12) presentó otro intento de medir las presiones que consistía en una alfombra compuesta por esferas de igual tamaño, que al ser aplastadas por el peso del pie, se deformaban, y se orientaban según la distribución de las presiones del pie. Al ser filmadas mediante una cámara de vídeo se disponía de un registro para ser estudiado con posterioridad.

En los sistemas anteriores existía un proceso de captación y de almacenamiento, pero no de procesado numérico.

Con la llegada de la microinformática de consumo, empresarial y profesional, hacia el año 1981 y la disminución de los costes económicos apareció la posibilidad de usar ordenadores personales basados en tecnología de Intel y de Motorola, (el PC de IBM®, el Amiga de Commodore® y el Macintosh de Apple®), que al conectarse con los sistemas de captura y almacenamiento de imagen brindó la posibilidad de efectuar cálculos matemáticos más complejos y más largos en menor tiempo.

La microinformática potenció las prestaciones de las plataformas ópticas y el uso de las mismas, en el sector médico deportivo, contribuyó a crear el concepto de baropodógrafo óptico (optical pedobarograph) como herramienta y la disciplina de la baropodografía óptica (optical pedobarography) para el estudio de la huella plantar y de la biomecánica de la marcha.

No obstante el término baropodógrafo incluye todo dispositivo manual o mecánico que permite el registro de al menos una imagen plantar en carga. También se usa el término pedobarógrafo o podobarógrafo como traducción literal del término inglés pedobarograph. Este criterio no siempre clarifica el tipo de herramienta que se usa con precisión, por ello en este estudio seguimos la clasificación propuesta en la tabla 2.1. Se usarán como sinónimos los términos baropódometro y baropodógrafo conjuntamente con los términos baropodometría y baropodografía.

A estos sistemas de medición se les puede englobar como Sistemas de Baropodografía Óptica, frente al Sistema de Baropodografía Optométrica que se usa en este trabajo.

Los baropodógrafos ópticos (*Figura 2.11*) consisten en esencia en un podoscopio de cristal que puede poseer, encima del cristal una alfombrilla de material flexible y, opcionalmente en la base de sus cuatro patas, unos sensores electrónicos de fuerza que permiten medir la presión que soporta el equipo cuando el paciente se sitúa en la parte superior del cristal.

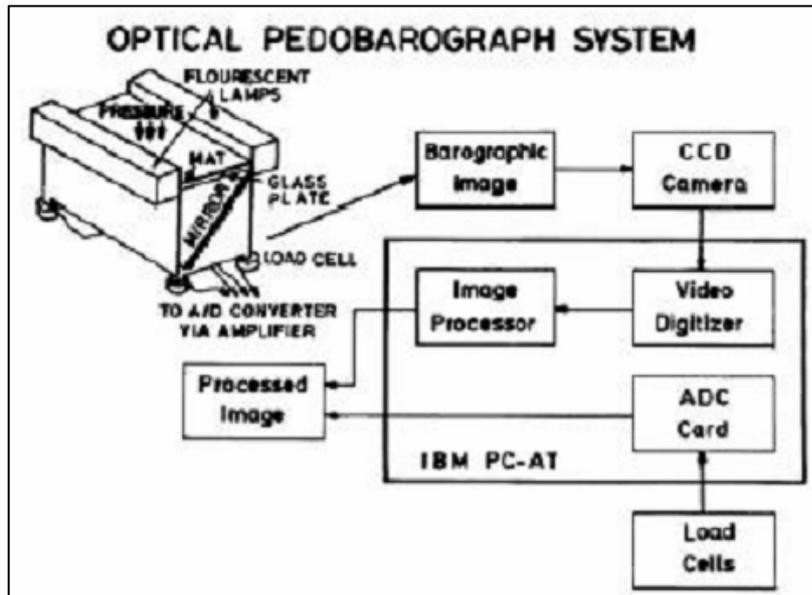


Figura 2.11- Baropodógrafo óptico (fuente: Chodera)

Este principio fue usado por Chodera (13), Betts (14), Manley (15), y Franks (16), para obtener las presiones plantares estando en posición de pie o bien andando.

La imagen de la huella plantar, según Mahesh (17), se captura directamente con una cámara de vídeo y se combina con las lecturas de las presiones de los sensores. Manley (15) en 1979 describe un baropodógrafo óptico que captura las presiones del pie a través de una plataforma transparente mediante una cámara de vídeo, mientras que Franks (18) en 1987 presenta un sistema para medir la presión bajo el pie mediante un sistema que usa los principios de la baropodografía óptica.

Forstein (19) en 1995 describe un nuevo baropodógrafo óptico en una patente de invención en Estados Unidos de América (Figura 2.12) con el nombre de Vídeo Baropodógrafo (Video pedobarograph system).

Narimani y Irajizad (20) en el año 2000 describen el diseño y la construcción artesanal de un baropodógrafo óptico, de bajo coste según sus autores, en el que pueden regular la intensidad de luz para intentar correlacionarla con el rango de presiones del pie.

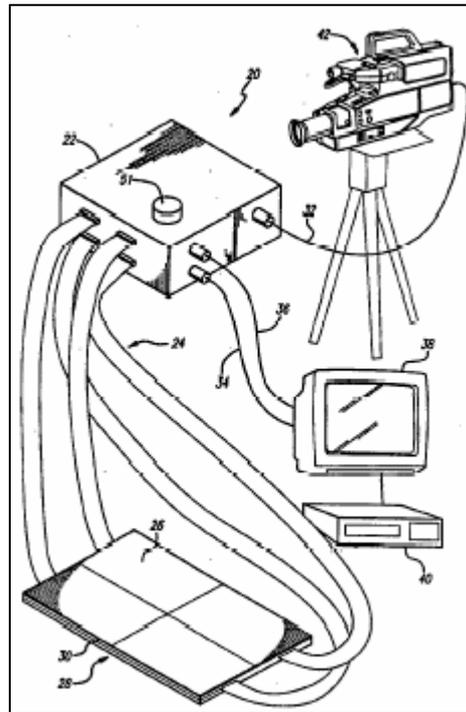


Figura 2.12- Vídeo baropodógrafo (fuente: Forstein)

Díaz y Torres (21) en el año 2006 analizan la estructura y componentes actuales de un baropodógrafo óptico, teniendo en cuenta las últimas tecnologías, y se encuentran, entre otras, con las mismas limitaciones de repetibilidad que los modelos anteriores presentaban a causa de la contaminación de la luz ambiente. Veves (22) describe el uso del baropodógrafo óptico en un estudio con paciente diabéticos y su relación con las zonas de hiperpresión plantar.

Desde el punto de vista clínico la baropodometría óptica se usa regularmente en algunos hospitales principalmente como método semicuantitativo (3). Los estudios clínicos mediante baropodografía óptica van extendiéndose como una herramienta de uso clínicamente válida en diferentes sectores: Hughes (23) en 1990 efectúa un estudio dinámico de las presiones de la huella plantar en una muestra de 14 pacientes con Parkinson y la compara con los resultados obtenidos de otra muestra de 160 voluntarios sanos; Veves (24) en 1992 usa el baropodógrafo óptico para estudiar en una muestra de 18 pacientes, con pie

reumatoide, las presiones plantares y su relación con distintos tipos de material y densidad en el calzado; Young (25) en 1995 efectúa un estudio comparativo con tres grupos de sujetos con presencia de pie diabético, pie reumatoide y pie sano mediante baropodografía óptica.

2.2.4. Sistemas Electrónicos

Es aquel sistema, mecanismo o técnica que usando un transductor de presión/electricidad permita obtener una imagen de la huella plantar en la que se puedan valorar algunos datos como perímetro y/o superficie de apoyo significativo de la huella; perímetro y/o superficie de contacto de la huella; superficies de presiones plantares, puntos de mayor o menor presión representados desde un punto de vista cromático o colorimétrico; porcentaje de presión de parte o toda la huella plantar, medida de las coordenadas del Centro de Presiones del Cuerpo, coordenadas de los Centros de Presión parciales; desplazamiento, velocidad y aceleración del Centro de Presiones; y fuerzas en uno o más ejes. Presentan una baja densidad de sensores por cm^2 .

Explícitamente debe poder cuantificar las siguientes variables: porcentaje de presión de parte o toda la huella plantar, medida de las coordenadas del Centro de Presiones del Cuerpo, coordenadas de los Centros de Presión parciales. Y opcionalmente, desplazamiento, velocidad y aceleración del Centro de Presiones; y medida de fuerzas en uno o más ejes (antero-posterior, lateral-medial o vertical). Suelen presentar una baja densidad de sensores por centímetro cuadrado (entre 1 y 9 sensores por cm^2).

En los inicios de estos sistemas debemos citar a Étienne Jules Marey (1830-1904), médico e investigador francés, que destacó por sus investigaciones en el estudio fotográfico del movimiento e inició los estudios de la marcha humana registrando los apoyos y la duración del tiempo de contacto del pie con el suelo mediante métodos neumáticos. Diseñó un zapato en 1873 que incorporaba una cámara de aire dinamométrica unida a un cilindro que podía registrar las presiones ejercidas sobre el suelo durante la marcha (26).

En 1885 Demeny (27), citado por San Gil Sorbet, describió y construyó una plataforma de tipo dinamométrico. Amar (3,27) en 1916 diseñó una pista dinamométrica parecida a la de Demeny y en 1949 Schwartz (28) usó sensores piezoeléctricos que colocó en la planta del pie y registraba mediante un sistema oscilográfico.

Rabischong (3, 27) diseñaron en 1966 un método para medir las presiones plantares a través de colocar captadores de presión en la suela de un zapato y en 1971 Martorell (3, 27) presentó un baropodómetro que tenía cilindros hidráulicos para medir las variaciones de presión en plataforma rígida. Más tarde Cavanagh y Henning (3), en 1982, presentaron una plantilla con 499 sensores piezoeléctricos de 5 mm².

A partir de la década de 1980-1990 empezaron a comercializarse diferentes sistemas de baropodografía electrónica:

- Plataformas electrónicas: basadas en sensores (*Figura 2.13*) de diferentes tipos, (Pel-38 con 1024 sensores con una densidad de 1/cm²; Emed-SF con 2736 sensores con una densidad de 4/cm²; Podynamic System que permite varios pasos consecutivos; PDS 93



Figura. 2.13- Plataforma electrónica

con 4 sensores por cm^2 ; Buratto con 2496 sensores con una densidad de $1/\text{cm}^2$; Loran EPS con 2304 sensores con una densidad de $1/\text{cm}^2$; FootScan con 4096 sensores con una densidad de $2/\text{cm}^2$). Pueden medir las presiones del pie en la mayoría de puntos.

- Plantillas instrumentadas: basadas en sensores (*Figura 2.14*) de diferentes tipos, (Micro-Emed con 85/170/256 sensores por pie; Emed-Pedar con 256 sensores por pie; F-Scan con 960 sensores por pie; Parotec con 16 o 24 sensores por pie; GaitScan con 8 sensores por pie; PDM 240 con 6 sensores por pie; FootScan insole system, Plantillas instrumentalizadas FPS). Pueden medir las presiones del pie en la mayoría de puntos.



Figura 2.14- Juego de plantillas instrumentadas.

- Plataformas de fuerza: basadas en 1-8 sensores (*Figura 2.15*) que permiten medir fuerzas en los tres ejes del movimiento (anteroposterior, mediolateral, vertical). Existen varios modelos en el mercado pero no son capaces de medir las presiones del pie en todos sus puntos.



Figura 2.15- Plataforma de fuerzas (fuente: Kistler)

- Plataformas estabilométricas: Suelen tener de 3 a 4 sensores (*Figura 2.16*) y se usan para valorar el desplazamiento del centro de presiones del cuerpo (COP). Su uso está muy extendido en estudios de posturología. Existen varios modelos en el mercado pero no suelen ser capaces de medir las presiones del pie en todos sus puntos.

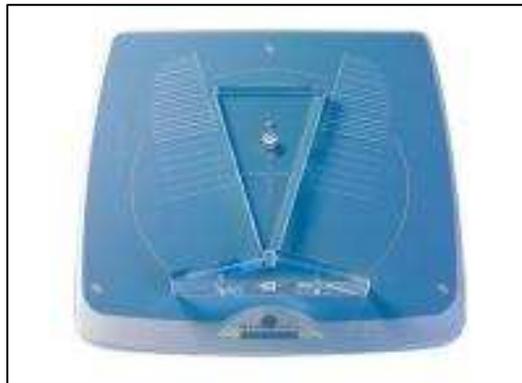


Figura 2.16- Plataforma estabilométrica (fuente: Midicapturs)

2.2.5. Sistemas Optométricos

Es aquel sistema mecanismo o técnica que usando un transductor de presión/luz permita obtener una imagen de la huella plantar en la que se

puedan valorar algunos datos como perímetro y/o superficie de apoyo significativo de la huella; perímetro y/o superficie de contacto de la huella; superficies de presiones plantares, puntos de mayor o menor presión representados desde un punto de vista cromático o colorimétrico.

Además debe poder cuantificar las siguientes variables: porcentaje de presión de parte o toda la huella plantar, medida de las coordenadas del Centro de Presiones del Cuerpo, coordenadas de los Centros de Presión parciales. Y opcionalmente, desplazamiento, velocidad y aceleración del Centro de Presiones; y medida de fuerzas en uno o más ejes (anteroposterior, mediolateral o vertical). Deben presentar una elevada densidad de sensores por centímetro cuadrado (Más de 25 sensores por cm^2).

Las plataformas optométricas o baropodógrafos optométricos son el siguiente paso evolutivo/tecnológico de los baropodógrafos ópticos. Incorporan mejoras tecnológicas que permiten controlar diferentes variables que han permitido avanzar en el proceso de cuantificación de las presiones plantares así como del cálculo de la posición del Centro de Presiones del Cuerpo y del Centro de Presiones de ambos pies en carga.

Aspectos como mejorar y estabilizar la fuente de luz que alimenta el transductor de presión; aislar el lector de imagen de los sensores respecto al ruido lumínico ambiente; compensar los excesos de distorsión óptica presente en los sistemas de vídeo filmación; estabilizar la conversión analógico digital de la señal que se obtiene desde los sensores de las plataformas optométricas hasta las memorias de trabajo dentro del sistema informático receptor, han sido cruciales para obtener una herramienta más potente, precisa y fiable para el estudio de la huella plantar.

La baropodografía óptica permite una buena aproximación cualitativa de las zonas de presión en la planta del pie, tanto en posición estática como en el estudio dinámico de la marcha. Se puede observar en las imágenes que se obtienen mediante estos sistemas de baropodografía óptica que existen zonas diferenciadas de mayor o menor presión, pero son incapaces de indicar cuanta

presión puede existir en una zona concreta (la zona del metatarso o la zona del talón) referente al total del apoyo plantar con precisión. Aunque sus resultados se calibran manualmente o se comparan con escalas de color patrón, que deberían ser facilitadas por el fabricante del equipo óptico, el margen de incertidumbre de las medidas que se obtienen sigue siendo elevado. La luz ambiente es también particularmente distorsionante en la repetibilidad de los resultados que se obtienen.

La baropodografía optométrica (que se basa en los principios de la baropodografía óptica con correcciones de diseño, nuevos algoritmos informáticos y mejoras estructurales de los equipos) posibilita una señal constante de los sensores ópticos que a su vez facilita la repetibilidad de las lecturas independientemente de las condiciones ambientales en las que esté funcionando la plataforma optométrica (siempre dentro de las especificaciones recomendadas por el fabricante).

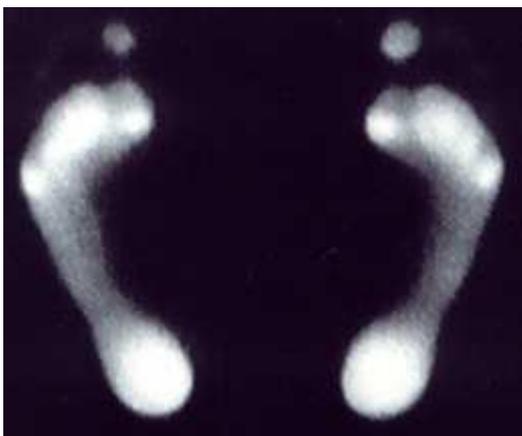


Figura 2.17- Vídeo podografía

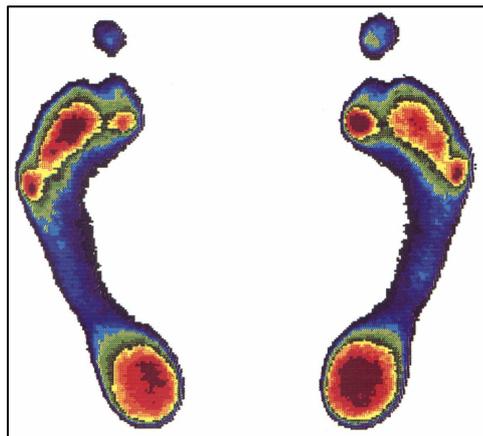


Figura 2.18- Podografía digital

Históricamente la baropodografía optométrica comenzó en 1987 con la plataforma optométrica de luz no estable (POLNE), descrita por Rueda (29) en una patente de invención española, que cumplían el criterio de la repetibilidad en las lecturas en distintas condiciones ambientales. Ésta nueva plataforma tenía una buena resolución de imagen (Figura 2.17) y el mapa plantar de presiones o Podografía (Figura 2.18) que se obtiene es completamente fiable como valoración clínica cualitativa. En cuanto a la cuantificación sólo pueden medir superficies de apoyo y zonas de presión.

La primera referencia explícita al uso de una plataforma optométrica informatizada aplicada a la medición clínica plantar se realiza en España, en el año 1986, en un estudio sobre la biomecánica de la parte anterior del pie por Rueda (30).

Posteriormente es descrita por Rueda (31) en 1987 como parte de un sistema de confección del molde en carga, con la corrección incorporada en el mismo, mediante un sistema de cámara neumática y presentada como herramienta de uso clínico habitual en el sector de la podología (32) (33) en España. El nombre comercial de dicho sistema era Sistema Podocomputer©.

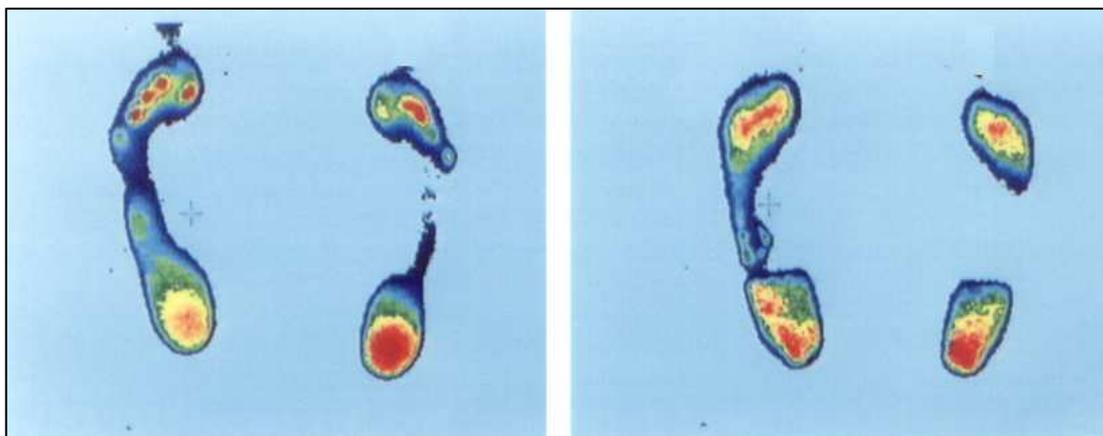


Fig. 2.19- Podografía digital. Izquierda: Pie descalzo. Derecha: Pie calzado.

Este sistema de valoración plantar permitía valorar las presiones del pie estando descalzo y también con los zapatos u ortesis plantares (*Figura 2.19*).

El primer estudio con ésta técnica (Sistema Podocomputer) lo efectuaron Rueda y colaboradores en 1992 en una muestra de corredores de maratón (*Figura 2.20*) de 100 Km. en la ciudad de Palamós (Girona – España).

Este sistema fue usado por Florenciano y colaboradores (34) en el estudio de las presiones plantares en muestras de corredores de maratón. Dichos estudios se limitaban a efectuar valoraciones clínicas de las presiones

plantares y sobre que cabezas metatarsales se detectaba una zona de mayor presión.



Figura 2.20- Estudio plantar dinámico mediante el Sistema Podocomputer.

Estas primeras plataformas optométricas sólo pueden efectuar estudios cualitativos de presión. La tecnología de software que empleaba en ese momento no permitía la cuantificación y por lo tanto el cálculo de la posición del centro de presiones con precisión.

Aún siendo solamente una herramienta de medición cualitativa irrumpe en el mundo sanitario como una técnica puntera en el diagnóstico clínico a través de la imagen en el estudio de las presiones plantares, su diagnóstico, orientación en la confección de ortesis plantares, en su grado de eficacia y seguimiento temporal del paciente y del tratamiento.

En 1990 Balius (35) realiza un estudio para la detección de disimetrías de presión en el ámbito clínico deportivo con una plataforma optométrica (*Figura .2.21*).



Figura 2.21- Plataforma optométrica POLNE- Podocomputer.

En 1995 González (36) efectúa un estudio mediante plataforma optométrica sobre la distribución de los distintos tipos de pie existentes en la población deportiva de alta competición.

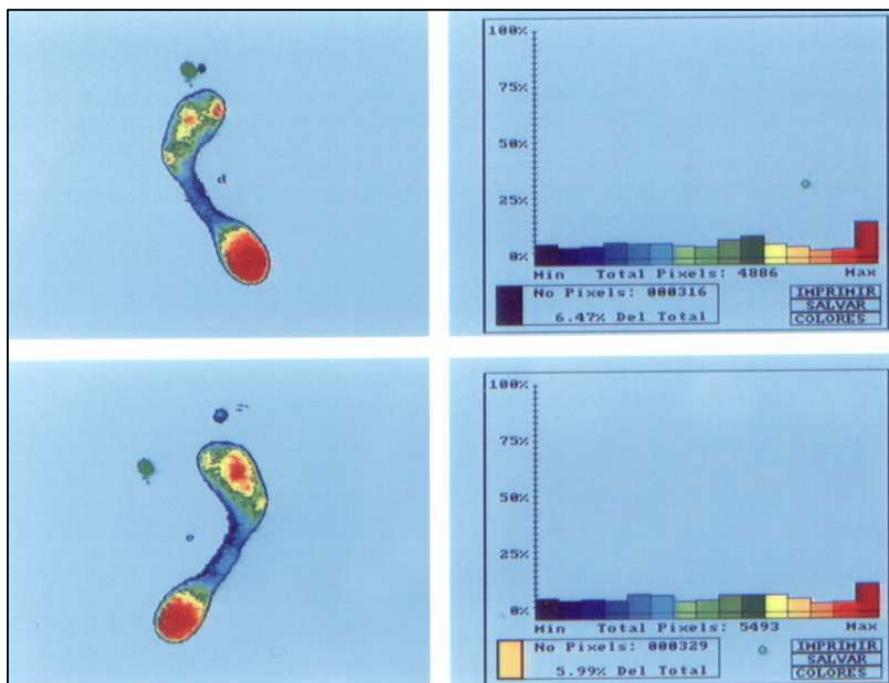


Figura 2.22- Medida relativa de las superficies de apoyo y presión.

Diferentes aportaciones tecnológicas realizadas mejoraron las prestaciones de resolución de las plataformas optométricas que aún siguen en estado de valoración cualitativa (37).

Las plataformas optométricas con tecnología POLNE son capaces de medir superficies de apoyo relacionadas con el gradiente de presión. Esta característica permitía comparar en el ámbito clínico zonas similares de ambos pies (*Figura 2.22*).

El estudio de casos clínicos mediante esta nueva técnica de baropodometría optométrica con plataformas POLNE va expandiéndose a diferentes disciplinas deportivas como el baloncesto con Cebollada (38) en 1988, el pie del saltador de alta competición con González (39) en 1998, o el pie con el grado de especialización deportiva por González (40) en 1999.

En el año 2004, Montañola (41) describen mejoras en la fiabilidad optométrica cualitativa de las *plataformas optométricas de luz no estable (POLNE)*.

En este mismo año aparecen en el mercado español los primeros modelos de *plataformas optométricas de luz estable (POLE)* que presentan capacidades de medición de la presión plantar en forma cualitativa (mapa colorimétrico de presiones o podografía), capacidad de medición de la presión cuantitativamente por zonas del pie (metatarso y talón, pie derecho o pie izquierdo) y cálculo en tiempo real de la posición exacta del Centro de Presiones del cuerpo como proyección normal del Centro de Masa del cuerpo.

Estas capacidades de medición que aportan las nuevas plataformas optométricas, conjuntamente con la gran resolución de sus sensores ópticos (60 sensores por cm²), marcan el inicio de la baropodometría optométrica en el campo clínico de la podología y de la medicina del deporte.

A partir del año 2005 la baropodometría optométrica empieza a ser usada de forma habitual por centros de Medicina del Deporte (red formada por ocho Centros de Medicina del Deporte de la Junta de Andalucía en España) y Centros de Alto Rendimiento Deportivo (Consejo Superior de Deportes de Madrid en España; CAR de Sant Cugat en España).

Tabla 2.2- Sistemas de baropodografía.

Sistema	Técnicas / Equipos
Manual	Tinta directa sobre la piel Tampón de tinta Papel de calco Pintura con taninos Óxido de manganeso Polvo de talco Podoestatigrama Fotopodograma Papel de aluminio Pedigrafía
Óptico	Podoscopio cristal Podoscopio de Eiftman Podoscopio de Scranton Podoscopio de Arcan Baropodógrafo de Mahesh Baropodógrafo de Manley Baropodógrafo de Franks Baropodógrafo de Forstein Baropodógrafo de Narimani
Electrónico	Zapato de Marey Plataforma de Demeny Pasillo de Armar Oscilógrafo de Schwartz Captadores de Rabischong Baropodómetro hidráulico Plantilla de Cavanagh Plataforma electrónica Plantillas instrumentadas Plataforma de fuerzas Plataforma estabilométrica
Optométrico	Sistema Podoneumático de Rueda Sistema Podocomputer Sistema CbsScanGraf

Durante este periodo de tiempo muchos centros de podología deportiva empiezan a disponer de esta tecnología optométrica en centros clínicos privados. Algunas universidades españolas empiezan a integrar en sus Laboratorios de Biomecánica, Sistemas de Exploración Plantar basados en

plataformas optométricas POLE. El nombre comercial de este sistema es *CbsScanGraf* siendo de fabricación y patente española.

2.2.6. Situación actual

Aunque con anterioridad se han usado diferentes sistemas para el estudio de la huella plantar en carga (*Tabla 2.2*), el uso de baropodógrafos, electrónicos u ópticos, ha sido usado en muchos estudios clínicos desde alrededor del año 1980. Primero como valoración global de la huella, más tarde para el estudio de las presiones plantares y posteriormente para el estudio del comportamiento del centro de presiones del cuerpo.

Existe un interés creciente en el estudio y valoración del comportamiento biomecánico del pie y de las presiones que se soportan, entre otros, en pies sanos (practicantes de deporte o no), diabéticos, reumatoides, intervenidos quirúrgicamente o tratados mediante ortesis plantares que modifican la superficie de sustentación del pie y como consecuencia la distribución de las presiones.

La importancia que se le da a las presiones plantares crea la necesidad de disponer herramientas cada vez más fiables y de uso más sencillo. En la bibliografía se encuentran cada vez más estudios en los que se miden distintas variables relacionadas con el pie mediante una, o más de una, técnica a la vez para dilucidar cual de ellas es la más adecuada.

No obstante el uso de baropodógrafos optométricos para el estudio de las presiones plantares y el estudio del comportamiento del centro de presiones del cuerpo no está todavía extendido y se ha encontrado escasa bibliografía al respecto. El uso en solitario de esta técnica nos adentraría en un estudio de tipo experimental según Hernández (42) por lo que, en éste trabajo, se tendrán en cuenta estudios realizados con baropodógrafos electrónicos (plataforma electrónica) efectuándose únicamente un estudio de tipo descriptivo (42).

Teniendo en cuenta que la baropodografía optométrica tiene un alto nivel tecnológico se ha intentado seleccionar la bibliografía más reciente esperando que las técnicas y equipos de baropodografía electrónica usados en dichos trabajos fueran lo más avanzados posible.

Más concretamente, estudios comparativos sobre los apoyos plantares en posición estática, en bipedestación, en reposo aparente, con muestras de corredores maratonianos, usando equipos comparativos de baropodometría electrónica (plataforma electrónica, plantillas instrumentadas y plataformas de fuerza) contra equipos de baropodometría optométrica (plataforma POLE) no han sido localizados en la bibliografía. Por ello señalamos como elementos de referencia recientes los que siguen a continuación.

Pozo (43), en el año 2003, realiza un estudio sobre los apoyos plantares y el comportamiento del centro de presiones del cuerpo que presenta un grupo de bailarines de danza española (27 mujeres y 5 hombres, entre 15-26 años). El estudio se realiza con un equipo de plantillas instrumentadas Parotec que disponen de 24 sensores en cada pie distribuidos en zonas concretas del mismo, iguales para cada pie. Encuentran valores semejantes, en posición de bipedestación, de presión en cada uno de los pies. El mismo comportamiento se encuentra comparando las zonas del metatarso de ambos pies entre sí y también en la zona de los talones. En cuanto al comportamiento del COP se aprecia el doble de desplazamiento en el eje antero-posterior sobre el eje medio-lateral, en relación al porcentaje de presión en estática encuentra que su muestra presenta mayor presión con el pie izquierdo.

Escamilla (44) y colaboradores, en el año 2003 realiza un estudio sobre el comportamiento del centro de gravedad mediante baropodometría electrónica (BPM 120) en una población de 60 niños (30 niños y 30 niñas) en edad escolar (entre 4 y 14 años). Las lecturas que realizan son de 5 segundos solamente. Encuentran diferencias entre sexos entre la correlación que presenta la altura y las distancias que existen con el Centro de presiones del pie izquierdo y el Centro de presiones del cuerpo; y la altura y las distancias que existen con el

Centro de presiones del pie derecho y el Centro de presiones del cuerpo. Los niños presentan correlación y las niñas no.

González (45), en el año 2004, efectúa un estudio sobre una muestra de 42 adultos (20 sujetos sanos y 22 afectados del síndrome de dolor lumbar crónico) mediante una plataforma posturográfica (Artificio) donde toma tres lecturas consecutivas de 30 segundos cada una. La primera fase el paciente debe controlar la posición de su centro de presiones visionado en una pantalla frente a él. La segunda fase se realiza con los ojos abiertos mirando al frente y la tercera fase se le solicita que cierre los ojos. Concluye que en cuanto al comportamiento del centro de presión corporal se aprecia un mayor desplazamiento en el eje antero-posterior sobre el eje medio-lateral.

Birtane (46) y colaboradores, realiza un estudio en el 2004 para valorar si existen diferencias en la distribución plantar relacionadas con la obesidad en posición estática. Con una muestra de 50 sujetos (18 mujeres y 7 hombres no obesos; 20 mujeres y 5 hombres obesos) miden el porcentaje de presión existente en el metatarso y el talón de cada pie, sin diferenciar izquierdo y derecho, mediante una plataforma electrónica Mini-Emed (con 3 sensores/cm² y con una frecuencia de captura de 16 frames/s). Los resultados apuntan a que ambos grupos presentan más apoyo en la zona del metatarso que no en la zona del talón. El grupo de sujetos obesos presentan mayor presión en la zona anterior del pie con respecto al grupo que no son obesos.

Mihalik (47), en el año 2005, analiza la relación que existe entre las medidas de una plataforma de fuerzas Kistler 9286A y la medida del centro de masa mediante un sistema de vídeo filmación en tres dimensiones Peak Motus 3D. Con una muestra de 14 sujetos (8 hombres y 6 mujeres sanos y mayores de edad) analiza las coordenadas del COP con ambos sistemas en posición de bipedestación y sobre un suelo liso. El estudio concluye que si bien la naturaleza bidimensional de la plataforma de fuerzas no es capaz de situar con precisión las coordenadas del centro de masa, sí que encuentra que los desplazamientos del COP del cuerpo se corresponden con idénticos desplazamientos del centro de masa en los ejes antero-posterior y medio-

lateral. Encuentra un mayor desplazamiento del COP en el eje medio-lateral que en el eje antero-posterior.

Margerum (48), en el año 2005, realiza un estudio que relaciona el centro de masa del cuerpo con el centro de gravedad y con los resbalones o traspies severos en una muestra formada por dos grupos de sujetos (16 jóvenes sanos, 9 mujeres y 7 hombres; 11 ancianos sanos, 7 mujeres y 4 hombres). Las lecturas se efectúan en dinámica con una doble plataforma de fuerzas Bertec 4060 y se filma el desplazamiento corporal en dinámica mediante el sistema Vicon que integra 8 cámaras de vídeo. Los resultados del autor sugieren que las dos estrategias posibles para evitar la caída después de un resbalón son controlar el movimiento del centro de presiones, o bien salir del proceso de deslizamiento para continuar la marcha.

Pedalini (49) estudia en tres grupos de sujetos adultos, en el año 2005, (58 sanos, 60 enfermos asintomáticos y 60 enfermos declarados) la relación que existe con los trastornos vestibulares y el equilibrio. Efectúa una medida posturográfica mediante el sistema Equitest de Neurocom. Los resultados indican que el equipo de posturografía es sensible para detectar mayores oscilaciones corporales del COP relacionadas con el proceso de envejecimiento.

Rai y colaboradores (50) realizan un estudio, en el año 2006, de las presiones plantares en posición de bipedestación mediante un podobarógrafo óptico, construido por ellos mismos, a una muestra de 66 sujetos (46 hombre y 20 mujeres) entre 11 y 59 años de edad. Encuentran que el 17% de los sujetos presentan la misma presión en ambos pies, el 7% muestra mayor presión en el pie izquierdo y el 76% restante presenta mayor presión en el pie derecho. Asocian las diferencias de presión encontradas a los hábitos individuales de la postura de cada sujeto.

Doyle RJ (51) y colaboradores plantean, en el año 2007 y a partir de una muestra de 15 sujetos, la necesidad de que el número de experimentos realizados para cada sujeto en la valoración de Centro de Presiones del cuerpo

debe ser del orden de 5 repeticiones por sujeto y de una duración por test de al menos 60 segundos usando plataformas de fuerza para reducir la variabilidad de los resultados.

Santos (52) y colaboradores recomiendan, en el año 2007, que usando plataformas de fuerzas para el estudio del Centro de Presiones del Cuerpo, efectuar al menos 7 estudios en un mismo día y por sujeto, o bien efectuar estudios en días distintos y trabajar con la media de los resultados de los rangos de desplazamiento y velocidad media del COP en el eje medio-lateral y antero-posterior. Los resultados muestran que el rango de desplazamiento y la velocidad media en el eje medio-lateral es mayor que en el eje antero-posterior. No obstante los autores reconocen que la muestra con la que trabajaban era muy reducida: sólo 12 sujetos.

Gerbino (53) y colaboradores realizan un estudio, en el año 2007, comparativo del comportamiento del Centro de Presiones del Cuerpo entre un grupo 32 de bailarinas y un grupo de 32 jugadoras de fútbol mediante una plataforma de fuerzas Matscan y en posición unipodal. Analizan la longitud del recorrido del COP y la velocidad de balanceo. Los resultados apuntan a que el grupo de bailarinas presentan un mejor control del equilibrio sobre el grupo de jugadoras de fútbol.

Serrano (54), en el año 2007, sobre una muestra de 7 mujeres adultas, mediante una plataforma electrónica efectúa 3 lecturas en bipedestación (descalzo, con zapatillas corrientes y con zapatilla que incorporan cámara de aire en la parte del talón). Estudia el comportamiento del Centro de Presiones del Cuerpo. Los resultados que obtiene muestran que las zapatillas con cámara de aire generan mayor inestabilidad que el hecho de ir descalzo y que la oscilación medio-lateral y antero-posterior aumenta notablemente.

Boza (55) y colaboradores realizan un estudio, en el año 2007, sobre el equilibrio de una muestra de 37 pacientes que presentaban hemiplejía secundaria por accidente vascular cerebral con más de 6 meses de evolución. Fueron estudiado con una plataforma electrónica (Twin 99 Midi-Capteurs) y se

valoró la superficie de apoyo plantar de ambos pies y simetría en la distribución del peso corporal. Los resultados apuntan que el lado sano, en estática, soporta más carga que el afectado por la lesión y que el lado afectado presenta menor superficie de apoyo que el lado sano.

Firth (56) y colaboradores compara, en el año 2007, los resultados de las presiones plantares en estática (*Figura 2.23*), obtenidas a partir de una muestra de 10 pacientes (8 mujeres y 2 hombres) enfermos de artritis reumatoide, mediante el uso de podobarografía manual (pedigrafía de carbón – PressureStat) confrontándolo con un sistema de podobarografía electrónica (Novel Emed-ST que posee una matriz de 2736 sensores capacitativos). Su estudio concluye que los valores de las presiones obtenidas con la podobarografía manual son pobres comparados con los que facilita la plataforma electrónica, particularmente en los sujetos que de poco peso.

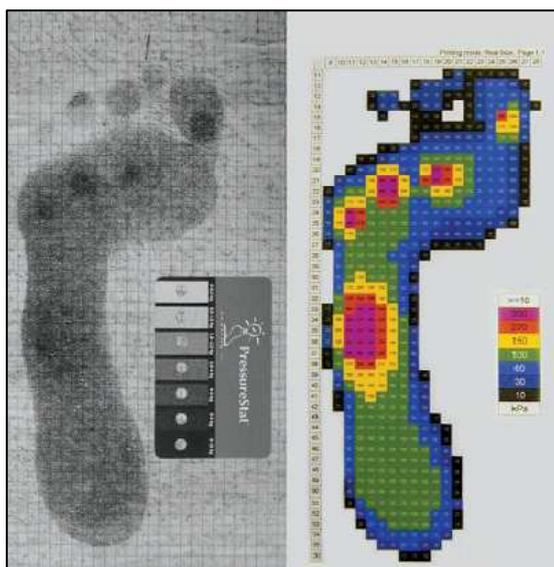


Figura 2.23- PressureStat (izquierda) Emed-ST (derecha) (fuente: Firth)

Nagel (57) y colaboradores analizan las presiones plantares en dinámica, el año 2008, antes y después de una carrera de maratón a una muestra de 200 corredores (entre 21 y 64 años de edad) mediante un equipo de plantillas instrumentadas. Los resultados muestran que existen diferencias apreciables en el reparto de las presiones en el pie después de efectuar la carrera. Presentan un aumento de las presiones en la zona del metatarso y se reduce la presión en la zona de los dedos del pie.

Fort (58) y colaboradores realizan un estudio, en el año 2008, mediante una plataforma optométrica CbsScanGraf a una muestra de 20 sujetos (10 mujeres y 10 hombres) físicamente activos y sanos entre 18 y 35 años de edad. Se mide el desplazamiento estabilométrico en estática unipodal con los ojos abiertos, ojos cerrados y salto unipodal. Repiten la prueba tres veces para cada sujeto y encuentran que existe una correlación entre buena y excelente en todas las variables de la mejor amplitud media del desplazamiento del centro de presiones del cuerpo en el eje antero-posterior y eje medio-lateral.

Salavati (59) y colaboradores estudian, en el año 2009, mediante plataformas de fuerzas el comportamiento del Centro de Presiones del Cuerpo en una muestra de 33 sujetos, mediante test-retest, con desórdenes músculo esqueléticos e inestabilidad en el tobillo. Las variables que mide son la desviación estándar de la amplitud del COP y su velocidad en el eje antero-posterior y el eje medio-lateral. Las medidas las toma en tres situaciones diferenciadas: sobre una base firme con ojos abiertos, sobre una base firme con ojos cerrados y sobre una base inestable (sobre una plancha de foam) con los ojos cerrados. Los resultados que obtiene apuntan a que la desviación estándar de velocidad media es un excelente dato para valorar el comportamiento del COP en ambos ejes.

Seigle (60) y colaboradores analizan, en el año 2009, el comportamiento del Centro de Presiones del Cuerpo en una muestra de sujetos sanos formada por dos grupos (11 jóvenes y 12 ancianos) mediante una plataforma de fuerzas Medicauteurs. Miden con ojos abiertos y cerrados la longitud total del desplazamiento del COP en bipedestación durante 51 segundos. Los resultados muestran diferencias significativas entre las distancias recorridas por el COP entre los dos grupos de la muestra, presentado mayor estabilidad con los ojos abiertos.

Nomura (61) y colaboradores realizan, en el año 2009, un estudio comparativo sobre una muestra de 6 sujetos sanos mediante un test en bipedestación que repiten 10 veces con una duración de 70 segundos cada una, en una

plataforma electrónica (I-Scan - Teskan) con un tamaño de superficie por sensor de 4,1 mm² situada sobre una plataforma de fuerzas (OR6-5-1000 AMTI). Las variables que se miden son la desviación estándar del desplazamiento medio-lateral y antero-posterior del COP, el 95% del área que describe el COP y la velocidad media del mismo. Los resultados indican que los desplazamientos del COP en el eje medio-lateral y eje antero-posterior, obtenidos a partir de la plataforma electrónica, son ligeramente más pequeños que los obtenidos mediante la plataforma de fuerzas. Las superficies de balanceo también aparecen con valores más pequeños para la plataforma electrónica.

Nagano (62) y colaboradores realizan, en el año 2010, un estudio sobre una nueva medida del equilibrio (plantea analizar el coseno del ángulo formado por los vectores de desplazamiento del COP en el eje medio-lateral y eje antero-posterior) mediante una plataforma de fuerzas Kistler, modelo 9286A, sobre una muestra de 8 hombres, en bipedestación, durante 40 segundos y con una frecuencia de captura de 100 Hz. En primer lugar calcula el valor medio de la posición del COP del cuerpo mediante una lectura de 60 segundos. Posteriormente efectúa lecturas de 40 segundos para distintas situaciones (ojos abiertos y ojos cerrados). Para poder comparar objetivamente las lecturas marca la posición de los pies sobre la plataforma de fuerzas dibujando la silueta de los pies sobre una hoja de papel situada a su vez sobre la superficie horizontal de la plataforma de fuerzas. Encuentra que el desplazamiento del COP del cuerpo, calculado mediante el valor del coseno del ángulo de desplazamiento, es menor con los ojos abiertos frente al desplazamiento con ojos cerrados.

Fort (63) y colaboradores realizan, en el año 2009, un estudio sobre el desplazamiento del COP en una muestra de 20 sujetos sanos (10 hombres y 10 mujeres), practicantes de deporte, mediante una plataforma estática optométrica (CbsScanGraf). La lectura se realiza en fase unipodal y se relaciona con la pierna dominante del sujeto. Los resultados del estudio muestran que el desplazamiento del COP del cuerpo es menor con los ojos abiertos en comparación con los ojos cerrados en el eje medio-lateral y en el

eje antero-posterior. Sólo encuentran diferencias significativas en el desplazamiento del COP del cuerpo en el eje antero-posterior del cuerpo en entre ambas piernas en el grupo de los hombres.

Montañola (64), en el año 2010, en una muestra de 40 corredores varones practicantes de carreras de largo recorrido (Maratón) efectúa una medida, usando baropodometría optométrica y baropodometría electrónica, del equilibrio mediante el estudio del desplazamiento del COP. Se demuestra que si bien ambas técnicas miden lo mismo, se concluye que la baropodometría optométrica es mucho más precisa que la baropodometría electrónica.

Brenton-Rule (65) y colaboradores, en el año 2011, sobre una muestra de 21 sujetos mayores de 65 años (15 mujeres y 6 hombres) efectúa una medición del equilibrio mediante una plataforma electrónica MatScan con los pies descalzos y con zapatos deportivos. Encuentran que el balanceo en el eje antero-posterior es mayor con el uso del calzado, pero no encuentran diferencias en el eje medio-lateral.

Willems (66) y colaboradores, en el año 2012, realiza un estudio con una muestra de 52 corredores de media maratón (36 hombres y 16 mujeres) mediante una plataforma electrónica (FootScan), efectuando una lectura de las presiones plantares en dinámica antes y después de la carrera. Los resultados apuntan a que después de la carrera las presiones del metatarso se sitúan más en la parte central y disminuye la carga en las zonas laterales.

La revisión bibliográfica realizada hasta este momento muestra que el estudio del equilibrio mediante la medición del recorrido de la trayectoria del COP del cuerpo es un criterio usado de forma habitual. No obstante pocos trabajos separan la distancia recorrida por el COP en los desplazamientos máximos del mismo en los ejes medio-lateral y antero-posterior (44, 45, 47, 59, 61).

En la bibliografía tampoco se han encontrado muchos trabajos que analicen la velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo en ambos ejes (43, 52, 59).

El uso de porcentajes de presión diferenciando las zonas de apoyo del pie en zona anterior (metatarso) y zona posterior (talón) tampoco es habitual (43, 46, 66).

Hay pocos trabajos que valoren el equilibrio en estática en corredores de maratón previos a la carrera (57, 64, 66), los encontrados hasta la fecha hacen más hincapié en como se reparten las presiones puntuales en la planta del pie, pero sin cuantificar porcentualmente la presión en las cuatro zonas que se plantean en nuestro estudio.

Trabajos que relacionen la dominancia funcional o la dominancia soporte por presión de los pies, o piernas, con el equilibrio (desplazamientos y velocidad del COP) en muestras de deportistas corredores de largas distancias, ni en otras disciplinas deportivas, tampoco se localizado hasta el momento del cierre esta búsqueda bibliográfica.

El rango máximo del desplazamiento del COP del cuerpo, en el eje medio-lateral y antero-posterior, nos aporta un criterio para valorar la inestabilidad máxima puntual en un periodo de tiempo concreto. Un individuo puede presentar una buena estabilidad media pero tener episodios de desequilibrios puntuales que podrían quedar enmascarados si se usara el valor promedio solamente. Basta un solo desequilibrio extremo importante para iniciar un proceso de caída.

La velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo, en el eje medio-lateral y antero-posterior, aporta información del grado de control que presenta el sujeto en el mantenimiento del equilibrio. Para rangos máximos de desplazamiento del COP similares, una velocidad media pequeña mostrará un buen control del equilibrio, en cambio una velocidad media elevada nos indicaría un grado de inestabilidad mayor.

Si se esquematiza, aún a riesgo de ser simplista, el apoyo de un sujeto en bipedestación podemos observar que en la mayoría de los casos presenta

cuatro zonas diferenciadas de apoyo: dos metatarsos y dos talones. Lo cual nos lleva a imaginar que la estructura del cuerpo se sostiene con cuatro zonas puntuales como si se tratara de una mesa de cuatro patas con carga asimétrica. La cuantificación de los porcentajes de presión de dichas zonas de apoyo significativo del pie con el suelo muestra si existen desequilibrios en un sujeto concreto para un instante dado. Nos permiten deducir de una manera sencilla hacia donde “caería” el centro de masas del cuerpo.

3. SEGUNDA PARTE: PARTE EMPIRICA

3.1. OBJETIVOS

3.1.1. Objetivo general

Se planteó como objetivo general:

OG- Realizar un análisis descriptivo mediante un estudio transversal a través de una prueba de equilibrio en bipedestación y valorar el comportamiento del mismo en posición de pie, en situación de reposo aparente, en un grupo de deportistas especializados en carreras de larga distancia mediante baropodometría optométrica

3.1.2. Objetivos específicos

Se plantearon como objetivos específicos:

OE1- Valorar el comportamiento del equilibrio mediante la constatación de la amplitud de desplazamiento máximo del COP del cuerpo y de ambos pies al aplicar la prueba mediante baropodometría optométrica.

OE2- Valorar el comportamiento del equilibrio mediante la constatación de la velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo y de ambos pies al aplicar la prueba mediante baropodometría optométrica.

OE3- Valorar el comportamiento del equilibrio mediante la constatación de los porcentajes de presión por cuadrante de apoyo plantar al aplicar la prueba mediante baropodometría optométrica.

OE4- Valorar el comportamiento del equilibrio mediante la constatación de los porcentajes de presión soporte de apoyo plantar en cada pie al aplicar la prueba mediante baropodometría optométrica.

OE5- Valorar la relación entre el desplazamiento máximo del COP del cuerpo y la dominancia soporte lateral, por presión, de las extremidades inferiores.

OE6- Valorar la relación entre la velocidad media del desplazamiento máximo del COP del cuerpo y la dominancia soporte lateral, por presión, de las extremidades inferiores.

OE7- Valorar la relación entre el desplazamiento máximo del COP del cuerpo con la dominancia funcional lateral de las extremidades inferiores.

OE8- Valorar la relación entre la velocidad media del desplazamiento máximo del COP del cuerpo con la dominancia funcional lateral de las extremidades inferiores.

OE9- Constatar si existen diferencias de rendimiento en la prueba de equilibrio entre hombres y mujeres.

3.1.3. Hipótesis de trabajo

Se tomaron como punto de partida las siguientes hipótesis de trabajo:

H₁: El desequilibrio en el eje antero-posterior es mayor que en el eje medio-lateral.

H₂: Las diferencias de presión entre ambos pies influyen en el equilibrio del cuerpo.

H₃: La dominancia funcional lateral entre ambos pies influye en el equilibrio del cuerpo.

3.2. VARIABLES

Se planteó especial interés en valorar el comportamiento del equilibrio en bipedestación, el reparto y disposición de las presiones plantares dentro del pie

y la importancia que puede significar la pierna dominante gravitacional (pierna soporte dominante por presión) del sujeto en el desplazamiento del COP.

3.2.1. Situación del COP en bipedestación

Los ejes del movimiento del centro de presiones (COP) del cuerpo que se analizaron en este estudio (*Figura 3.1*) son el eje izquierda-derecha, laterolateral o eje X (en adelante M-L o medio-lateral) y el eje anteroposterior, dorsoventral o eje Y (en adelante A-P o antero-posterior).

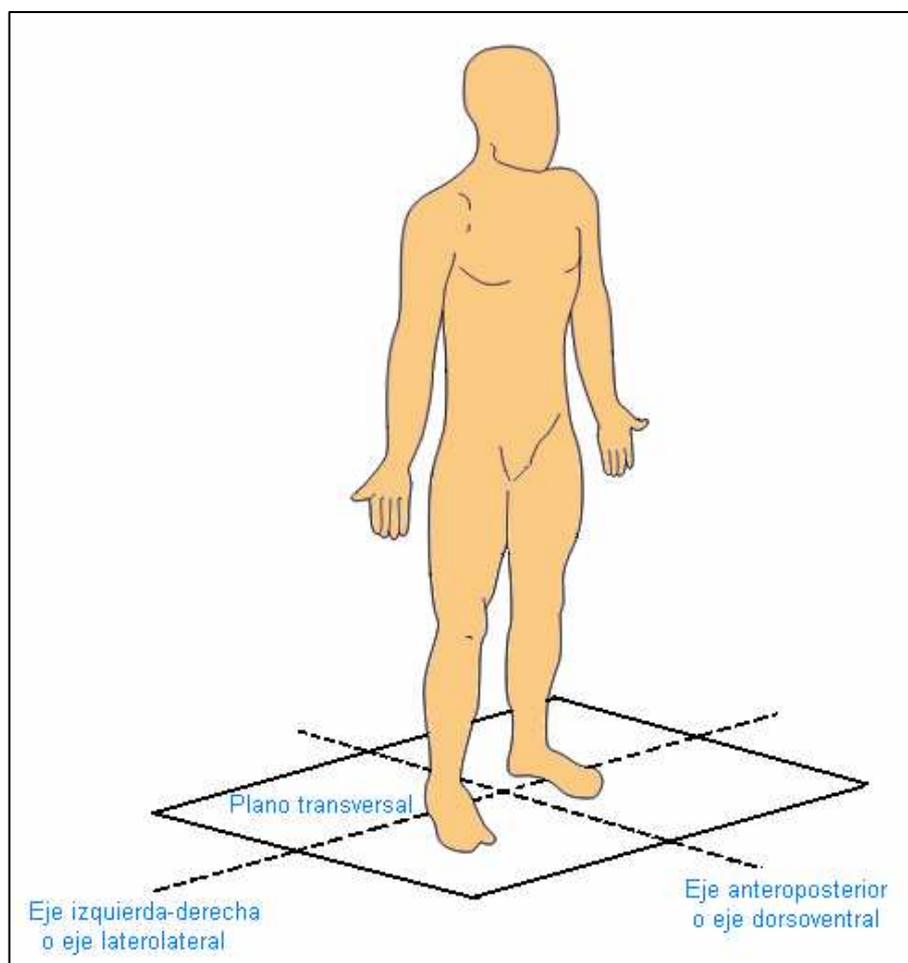


Figura 3.1- Ejes de desplazamiento del COP.

La plataforma de medición optométrica CbsScanGraf que se usó en este estudio estaba situada en el plano transversal y permitía calcular las coordenadas de la posición (*Figura 3.2*) del Centro de Presiones del pie

izquierdo, del Centro de Presiones del pie derecho y del Centro de Presiones del cuerpo, tanto en el eje medio-lateral como en el eje antero-posterior.

3.2.2. Situación de los cuadrantes de presión en bipedestación

Las coordenadas en el plano transversal de la posición del COP del cuerpo (Figura 3.2) delimita la presencia de unos ejes de coordenadas X (horizontal) e Y (vertical) que dividen la superficie de contacto de las huellas del sujeto a estudio, en cuatro cuadrantes de superficie y de presión.

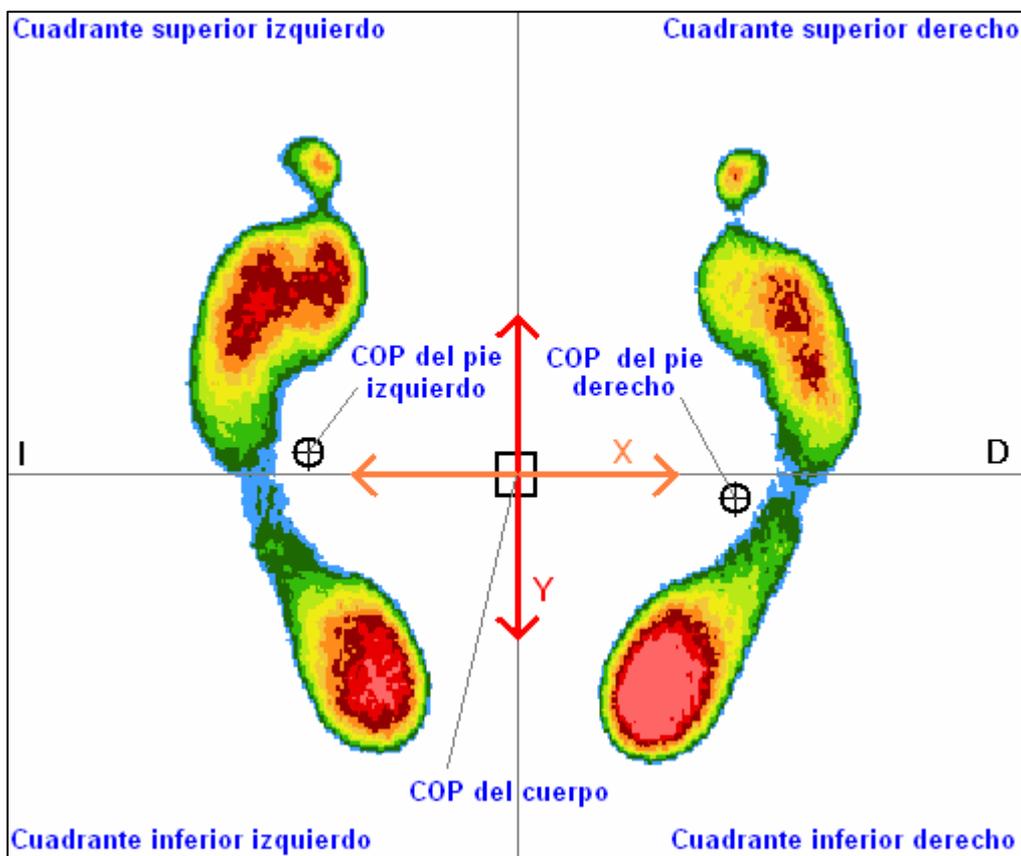


Figura 3.2- Mapa plantar optométrico CbsScanGraf. Cuadrantes, ejes y posiciones del COP

A estas zonas de medición o cuadrantes se les asignaron los nombres siguientes (manteniendo siempre la huella con los dedos en la parte superior de la imagen y la planta del pie izquierdo en la visual izquierda de la imagen):

- Cuadrante superior izquierdo
- Cuadrante superior derecho

- Cuadrante inferior izquierdo
- Cuadrante inferior derecho

La posibilidad de cuantificar la presión, mediante una plataforma de presiones optométrica CbsScanGraf, en cada una de estas superficies o cuadrantes y la medición de los microdesplazamientos de los diferentes COP permitió definir y medir las variables de este estudio de forma objetiva.

3.2.3. Equilibrio en bipedestación

Definición conceptual: Habilidad para mantener el COP dentro del polígono de sustentación sin modificar el mismo y evitando la caída.

Definición operacional: Se evaluó a través de una prueba de equilibrio bipodal mediante baropodometría optométrica CbsScanGraf.

3.2.4. Presiones plantares en bipedestación

Definición conceptual: Capacidad que posee la planta del pie para soportar el peso del cuerpo en posición de reposo aparente estando de pie.

Definición operacional: Se evaluó a través de una prueba de lectura de las presiones plantares estando de pie, en reposo aparente, mediante baropodometría optométrica CbsScanGraf.

3.2.5. Variables analizadas

En este estudio se definieron dos grupos de variables diferentes. Las variables biométricas se consideraron como variables independientes y todas las demás como variables dependientes.

3.2.5.1. Variables independientes

Las Variables biométricas concretas de este estudio fueron las siguientes

- Género
- Edad cronológica
- Peso
- Altura

a. Variable Género

Definición: Género del sujeto a estudio.

Rango de valores:

1: Hombre

2: Mujer

Variable nominal discreta.

Identificador: *Género*

b. Variable Edad Cronológica

Definición: Edad en años cumplidos.

Rango de valores:

- entre 0 y N, siendo N un valor natural positivo.

Variable cuantitativa discreta.

Identificador: *Edad*

c. Variable Peso

Definición: Masa corporal del sujeto en Kg.

Rango de valores:

- entre 0,00 y N, siendo N un valor real positivo.

Variable cuantitativa continua.

Identificador: *Peso*

d. Variable Altura

Definición: Altura del sujeto en cm.

Rango de valores:

- entre 0,00 y N, siendo N un valor real positivo.

Variable cuantitativa continua.

Identificador: *Altura*

3.2.5.2. Variables dependientes

Las variables dependientes biomecánicas concretas en este estudio fueron las siguientes:

- Rango de desplazamiento máximo del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo, en el eje antero-posterior.
- Rango de desplazamiento máximo del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo, en el eje medio-lateral.
- Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo, en el eje antero-posterior.
- Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo, en el eje medio-lateral.
- Porcentaje de presión media por cuadrante de apoyo plantar.
- Porcentaje de presión media para cada pie en apoyo bipodal.
- Pie soporte dominante según porcentaje de presión media.

- Pie funcional dominante según habilidad del sujeto.

a. Variable Rango del desplazamiento máximo del COP

Definición: Distancia máxima que recorre el COP a lo largo del tiempo.

Rango de valores:

- entre 0,00 y N, siendo N un valor real positivo.

Variable cuantitativa continua.

Se articuló en seis subvariables con los siguientes identificadores:

- *Rango_M-L_Pi*: Rango de desplazamiento máximo del COP del Pie Izquierdo en el eje X o eje medio-lateral.
- *Rango_A-P_Pi*: Rango de desplazamiento máximo del COP del Pie Izquierdo en el eje Y o eje antero-posterior.
- *Rango_M-L_PD*: Rango de desplazamiento máximo del COP del Pie Derecho en el eje X o eje medio-lateral.
- *Rango_A-P_PD*: Rango de desplazamiento máximo del COP del Pie Derecho en el eje Y o eje antero-posterior.
- *Rango_M-L_COP*: Rango de desplazamiento máximo del COP del Cuerpo en el eje X o eje medio-lateral.
- *Rango_A-P_COP*: Rango de desplazamiento máximo del COP del Cuerpo en el eje Y o eje antero-posterior.

Todas se midieron en milímetros.

b. Variable Velocidad media del desplazamiento del COP

Definición: Distancia recorrida por el COP dividida por el tiempo empleado en recorrerla.

Rango de valores: entre 0,0000 y N, siendo N un valor real positivo.

Variable cuantitativa continua.

Se articuló en seis subvariables con los siguientes identificadores:

- *Velocidad_M_M-L_Pi*: Velocidad media del COP del Pie Izquierdo en el eje X o eje medio-lateral.
- *Velocidad_M_A-P_Pi*: Velocidad media del COP del Pie Izquierdo en el eje Y o eje antero-posterior.

- *Velocidad_M_M-L_PD*: Velocidad media del COP del Pie Derecho en el eje X o eje medio-lateral.
- *Velocidad_M_A-P_PD*: Velocidad media del COP del Pie Derecho en el eje Y o eje antero-posterior.

- *Velocidad_M_M-L_COP*: Velocidad media del COP del Cuerpo en el eje X o eje medio-lateral.
- *Velocidad_M_A-P_COP*: Velocidad media del COP del Cuerpo en el eje Y o eje antero-posterior.

Todas se midieron en milímetros / segundo.

c. Variable Presión media por cuadrante de soporte plantar

Definición: Porcentaje de presión promedio que soporta cada una de las cuatro zonas de apoyo del pie, delimitadas según la posición del COP como centro de ejes cartesianos en el mapa plantar de presiones, en un intervalo de tiempo.

Rango de valores: entre 0,00 y N, siendo N un valor real positivo.

Variable cuantitativa continua.

Se articuló en cuatro subvariables con los siguientes identificadores:

- *Presión_M_ZoAn_Pi*: Porcentaje de presión media de la zona anterior del pie izquierdo (*Figura 3.3*).

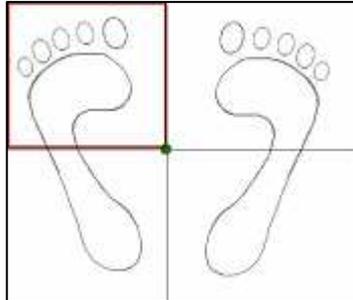


Figura 3.3- Zona anterior del pie izquierdo.

- *Presión_M_ZoAn_PD*: Porcentaje de presión media de la zona anterior del pie derecho (*Figura 3.4*).

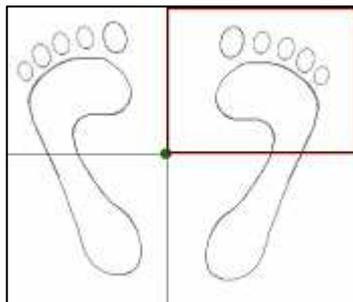


Figura 3.4- Zona anterior del pie derecho.

- *Presión_M_ZoPo_Pi*: Porcentaje de presión media de la zona posterior del pie izquierdo (*Figura 3.5*).

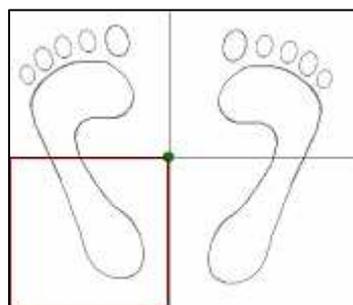


Figura 3.5- Zona posterior del pie izquierdo.

- *Presión_M_ZoPo_PD*: Porcentaje de presión media de la zona posterior del pie derecho (*Figura 3.6*).

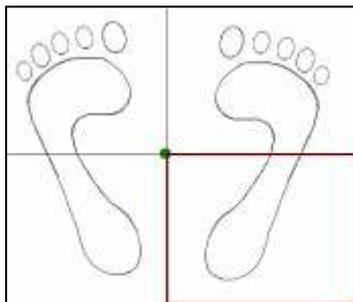


Figura 3.6- Zona posterior del pie derecho.

Todas se midieron en porcentajes relativos de presión sobre el total de la presión ejercida por la masa del cuerpo del sujeto. Donde se cumple que

$$(Presión_M_ZoAn_PI + Presión_M_ZoAn_PD + Presión_M_ZoPo_PI + Presión_M_ZoPo_PD) = 100,00$$

d. Variable Presión Media soporte plantar

Definición: Porcentaje de presión promedio que soporta una extremidad concreta en un intervalo de tiempo.

Rango de valores: entre 0,00 y N, siendo N un valor real positivo.

Variable cuantitativa continua.

Se articuló en dos subvariables con los siguientes identificadores:

- *Presión_M_PI*: Porcentaje de presión media soportada por la pierna izquierda (*Figura 3.7*).

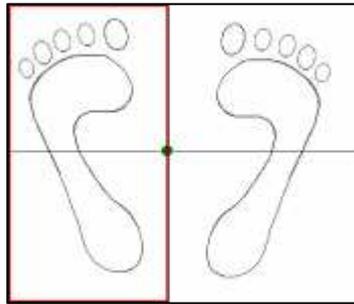


Figura 3.7- Zona del pie izquierdo.

- *Presión_M_PD*: Porcentaje de presión media soportada por la pierna derecha (Figura 3.8).

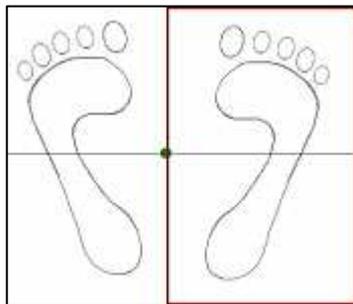


Figura 3.8- Zona del pie derecho.

Todas se midieron en porcentajes relativos de presión sobre el total de la presión ejercida por la masa del cuerpo del sujeto. Donde se cumple que

$$(Presión_M_PI + Presión_PD) = 100,00$$

e. Variable Pie Soporte Dominante

Definición: Extremidad que soporta la mayor parte del peso del cuerpo del sujeto en posición de bipedestación (Figura 3.9).

En este estudio y en función de la herramienta de medición usada, una plataforma optométrica CbsScangraf, los valores de presión que se obtuvieron presentan una precisión de dos decimales. El equilibrio del

cuerpo en bipedestación presenta un desplazamiento del COP en el eje medio-lateral mensurable.

Considerar un equilibrio en bipedestación con un 50,00% de apoyo en cada extremidad como un soporte dominante bilateral sería inexacto por la probable imprecisión del segundo decimal del instrumento de medición usado.

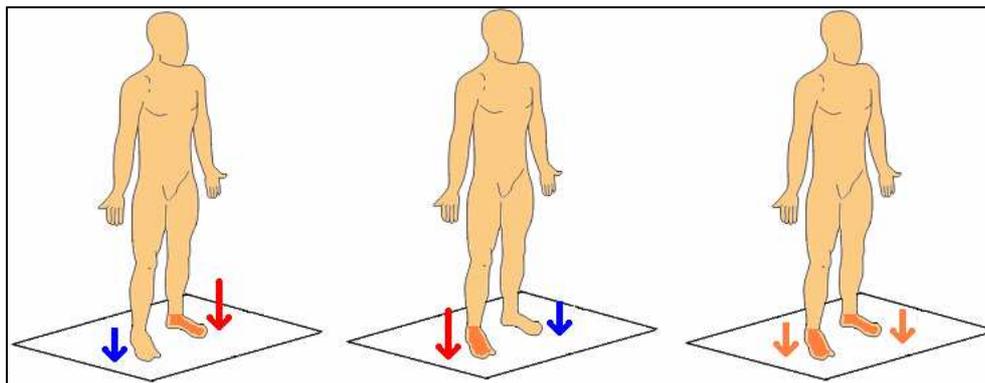


Figura 3.9- Pie soporte dominante. Izquierdo, Derecho, Ambos por igual.

Por ello se consideraron diferencias significativas de desplazamiento de carga para valores superiores al 1% entre ambos pies para las variables *Presión_M_PI*, *Presión_M_PD*. Valores que oscilen entre 49,50% y 50,50% se consideran como un balanceo dentro de un patrón de referencia que se corresponderá, en este estudio, con un apoyo sin diferencias de dominancia por presión entre ambas extremidades.

Para un sujeto de 80 Kg. de masa corporal representaría sostener 0,4 Kg. (0,50%) de más en una pierna de lo que le correspondería, por lo que la diferencia de carga máxima sería de al menos 0,8 Kg. (1,00%) más en una pierna que en la otra.

Rango de valores:

- 1: Mayor carga en Pierna Izquierda
donde se cumple que $(\text{Presión_M_PI} - \text{Presión_M_PD} > 1,00)$
- 2: Mayor carga en Pierna Derecha
donde se cumple que $(\text{Presión_M_PD} - \text{Presión_M_PI} > 1,00)$

3: Similar carga en ambas a la vez

donde se cumple que $(\text{Presión_M_PI} - \text{Presión_M_PD} \leq |1,00|)$

Variable nominal discreta.

Identificador: *Pie_Soporte_Dominante*

f. Variable Pie Funcional Dominante

Definición: Extremidad que da al sujeto una sensación de seguridad a la hora de realizar un ejercicio de precisión (como golpear una pelota con el pie).

Rango de valores:

1: Pierna Izquierda

2: Pierna Derecha

3: Ambas a la vez

Variable nominal discreta.

Identificador: *Pie_Funcional_Dominante*

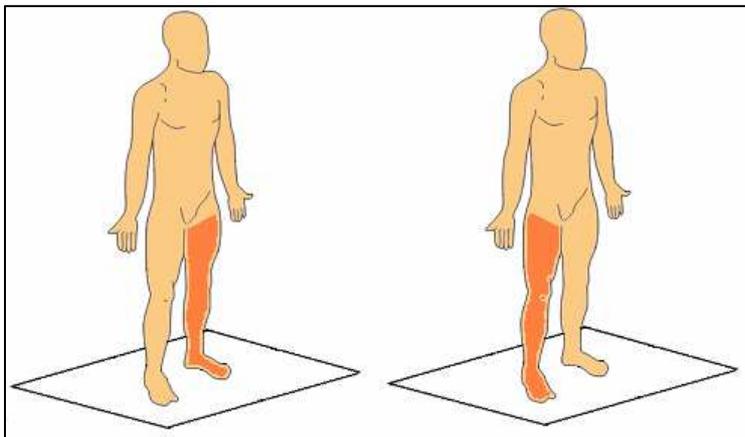


Figura 3.10- Pie funcional dominante izquierdo - derecho.

3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. Muestra

El estudio se realizó sobre una muestra extraída de la población formada por el colectivo de personas, mayores de edad entre 18 y 75 años, que participaron en carreras de maratón de las ciudades de Sevilla-2008, Sevilla-2009 y Madrid-2009 (España). El tamaño de la muestra resultante fue de 663 sujetos sanos de ambos sexos.

Las tres pruebas de maratón (*Tabla 3.1*) en las que se recogieron datos para este estudio (*Anexo 1*) se identifican de la siguiente forma:

- M1-M9: Maratón Popular de Madrid 2009
- M2-S8: Maratón Ciudad de Sevilla 2008
- M3-S9: Maratón Ciudad de Sevilla 2009

Tabla 3.1- Participantes que conforman los tres periodos de recogida de datos.

Género	SUBMUESTRA						MUESTRA TOTAL			
	M1-M9		M2-S8		M3-S9		N	% de la fila	Media Edad	Media IMC
	N	% de la fila	N	% de la fila	N	% de la fila				
Hombre	269	45,83	113	19,25	205	34,92	587	100,00	39,65	24,00
Mujer	52	68,42	7	9,21	17	22,37	76	100,00	38,87	22,10
Total	321	48,42	120	18,10	222	33,48	663	100,00	39,56	23,78

3.3.1.1. Criterios de inclusión

Para formar parte de la muestra los sujetos debían que cumplir *todos los criterios* siguientes:

- Estar inscritos reglamentariamente como participantes en la carrera.
- Poseer una edad mayor o igual a 18 años, y menor o igual 75 años.
- No estar incapacitado en el momento del test por lesión, accidente o enfermedad.

- Haber realizado al menos 2 carreras de larga distancia (media maratón: 21.097 m.; maratón: 42.195 m.) previas durante los 2 años anteriores a la carrera.
- Haber comprendido y firmado el Consentimiento Informado sobre el objeto de la prueba de la investigación (*Anexo 2*).
- Tener interés en realizar las pruebas de investigación.

Quedó excluido de la muestra cualquier sujeto que estuviera en alguna situación que no estuviese comprendida en los criterios de inclusión señalados anteriormente.

3.3.1.2. Consentimiento informado

A todos los participantes de la muestra se les informó del objetivo de las pruebas a realizar y firmaron libremente el consentimiento informado, específico para este estudio, aprobado por el Comité de Ética para la Investigación de la Universidad Ramón Llull – FPCEE – Blanquerna (*Anexo 3*).

3.3.1.3. Consideraciones sobre la muestra

En el sistema de selección de la muestra no existió manipulación intencional ni asignación a azar. El tipo de muestra fue no probabilística (42).

Los sujetos ya eran corredores de maratón declarados y el investigador no influyó ni en el número de kilómetros recorridos, ni en las horas de entrenamiento, ni en las motivaciones personales de los participantes ni en los materiales usados para llevar a cabo la práctica de la actividad deportiva.

Los datos recogidos se cruzaron entre sí para verificar que no existían sujetos que se hubiesen seleccionado por error en más de un grupo de estudio. Todos los sujetos estaban representados una sola vez y no existía ninguna relación de dependencia entre ellos que pudieran afectar a las variables de este estudio.

Por lo tanto, en este estudio los sujetos ya pertenecían a un grupo o nivel determinado para las variables *Género*, *Edad cronológica*, *Peso* y *Altura* por propia selección.

3.3.2. Diseño

Por las características del estudio a realizar, así como la muestra puntual que se usó, el estudio fue no experimental, de tipo descriptivo y de orientación transversal (42).

a. Observador

Durante todas las fases de este estudio el investigador estuvo presente, tanto en la instalación y montaje de los equipos de medición, como en la fase de registro, filtrado, procesado de los datos recogidos y durante todo el proceso estadístico realizado posteriormente.

b. Motivación de los sujetos

Cabe señalar que la motivación presentada por los sujetos fue muy alta. Todos tenían mucho interés en conocer como era su tipo de pisada y la disposición de las presiones plantares, así como donde estaba situado su centro de gravedad.

Las pruebas realizadas eran de tipo voluntario y no se obligó a nadie a realizarlas.

c. Contexto de evaluación.

Se procuró mantener durante todos los días que duró la recogida de datos las mismas condiciones experimentales para los sujetos. El investigador supervisó el tamaño de los espacios donde se realizaban las pruebas, las distancias visuales del sujeto hasta las paredes del espacio habilitado para la realización de las mismas, las condiciones y

niveles de iluminación y sonido, así como la ubicación exacta de los equipos de medición y registro.

Se usó el mismo equipo optométrico para realizar todas las mediciones y se usó el mismo sistema informático de control.

Las pruebas realizadas fueron las mismas en todas las submuestras y el orden de las pruebas fue el mismo en todas las sesiones de registro.

El orden de aplicación de las pruebas y las instrucciones facilitadas a los sujetos fue siempre el mismo procurando mantener un protocolo estricto en su aplicación.

3.3.3. Instrumentos

Se utilizaron dos instrumentos de medición: Una hoja de datos que en sus apartados A y B conformaban un cuestionario cerrado y una plataforma de presiones optométrica, para el registro de las presiones plantares a lo largo del tiempo, anotándose los resultados del registro de las presiones en el apartado C de la hoja de datos.

a. Cuestionario de datos personales

El cuestionario (apartado A) incluía datos que permitieran identificar el registro del equilibrio del sujeto y permitieran mantener el mayor grado de anonimato (*Anexo 4*).

Se anotaban los siguientes datos:

Edición del Maratón

Se anotaba en que evento se realizaba el registro de los datos, pudiendo tomar los siguientes valores

- M9: Maratón Popular de Madrid 2009

- S8: Maratón Ciudad de Sevilla 2008
- S9: Maratón Ciudad de Sevilla 2009

Número de dorsal

Se anotaba el número de dorsal que la organización de cada carrera de largo recorrido asignaba en el proceso de inscripción.

Iniciales del nombre y apellidos

Se anotaban en letras mayúsculas las tres iniciales correspondientes al nombre, primer apellido y segundo apellido para identificar el registro y mantener el anonimato. Por ejemplo: **AMV** para Agustín **Montañola Vidal**.

Tres últimos dígitos del DNI o pasaporte

Se anotaban los 3 últimos dígitos del documento nacional de identidad español (DNI) o las 3 últimas cifras del número de pasaporte en caso de extranjeros para identificar el registro y mantener el anonimato.

Género

Se anotaba **H** para hombre y **M** para mujer.

Fecha de nacimiento

Se anotaba la fecha en formato DD-MM-AAAA.

Peso

Se preguntaba y se anotaba el peso en Kg.

Altura

Se preguntaba y se anotaba la altura del cuerpo descalzo en centímetros.

Dominancia lateral del pie

Se anotaba el resultado de las preguntas que se realizaban para conocer cual era el pie/pierna dominante funcionalmente en el momento de realizar la prueba del equilibrio, siendo las preguntas formuladas del tipo

- ¿Cuál es su pierna más precisa o hábil?
- Si tuviera que golpear un balón de fútbol o una lata de refresco vacía por la calle, ¿Con qué pierna tendría más precisión?

Pudiendo tomar los siguientes valores

- Dominancia pie izquierdo
- Dominancia pie derecho
- Dominancia ambos pies por igual

Seguidamente el sujeto anotaba el mismo (apartado B) las repuestas a unas preguntas concretas que intentaban describir su grado de experiencia como corredor de largas distancias (*Anexo 4*).

En este mismo cuestionario se anotaban más tarde (apartado C) los resultados y las posibles incidencias que pudieran surgir durante el procesado posterior de los datos del equilibrio.

b. Prueba de equilibrio mediante baropodometría optométrica

Descripción

Para la realización de las pruebas de equilibrio se montó una unidad del Sistema de exploración plantar y biomecánico de la marcha CbsScanGraf. La unidad estaba formada por una plataforma de presiones optométrica y un sistema informático de control conectado a la misma (*Anexo 5*).

La prueba consistía en situarse encima de la plataforma de presiones mantener el equilibrio de pie, en bipedestación, y procurando no moverse ni caerse durante al menos 10 segundos.

Condiciones de realización

La prueba se realizaba de pie con apoyo de ambos pies a la vez, descalzo, con los brazos extendidos y pegados a los laterales del cuerpo. Con los dos ojos abiertos y la vista orientada hacia un punto fijo en el infinito de su horizonte visual.

Instrucciones

El investigador indicaba al corredor, que se sentara en una silla, se quitara los zapatos y calcetines para dejar los pies descalzos. Seguidamente se le indicaba que subiera a la plataforma de presiones mediante un peldaño colocado a tal efecto. Una vez que estaba sobre la plataforma optométrica, se le daban las pautas siguientes:

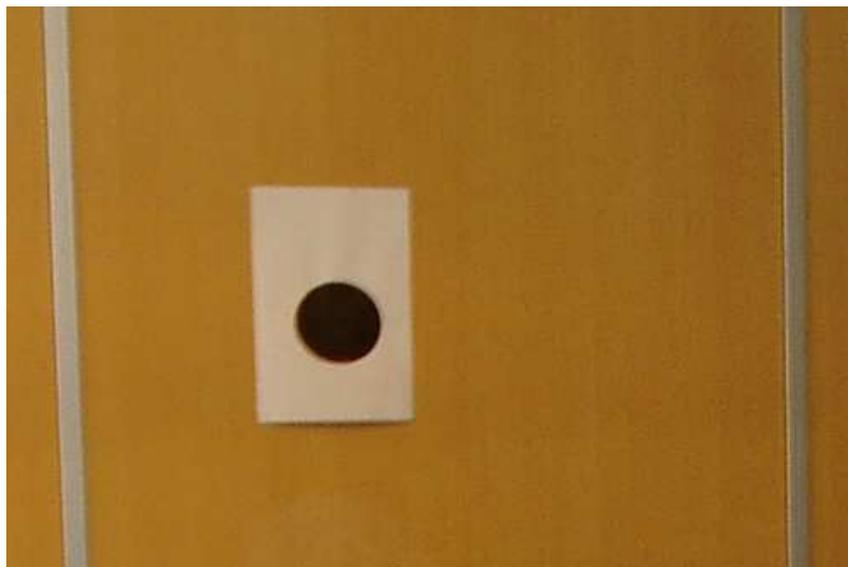


Fig. 3.11- Punto negro del horizonte visual

“Sitúese aproximadamente en el centro de la plataforma, mirando a una figura circular de color negro, situada a 2 m de distancia en el horizonte visual. Sitúe los brazos a los lados en posición relajada” (*Figura 3.11*).

La plataforma de presiones estaba forrada con un tapiz de goma de 1 milímetro de grosor que tiene propiedades antideslizantes, isotermas y que es fácilmente desinfectable. Sobre la misma se trazaron unas líneas perpendiculares que facilitaban al sujeto la correcta ubicación sobre la zona sensora útil de la plataforma de presiones (*Figura 3.12*).

Se dejaban transcurrir entre 5-10 segundos para que el sujeto se acomodara a su nueva situación y se procedía a capturar un registro de presiones durante 10 segundos a una frecuencia de 25 Hz. El proceso de captura estaba automatizado informáticamente para garantizar que todas las lecturas siguieran el mismo protocolo y fuesen independientes del investigador.

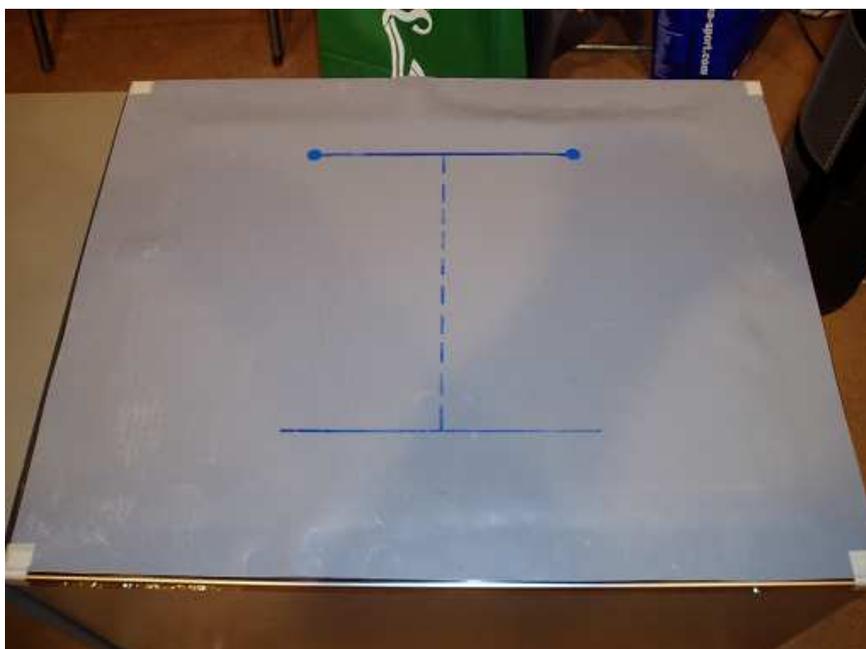


Fig. 3.12- Líneas de posición de los pies sobre la plataforma

Registro y captura de los datos

El registro de dicha captura se guardaba en una carpeta concreta del disco duro del propio ordenador usando el Número de Dorsal como elemento diferenciador.

Una vez guardado dicho registro se daba por finalizada esta parte de la prueba. El sujeto bajaba de la plataforma de presiones y se calzaba.

Mientras estaba sentado en la silla vistiéndose se procedía a la limpieza y desinfección del tapiz, que cubría la plataforma de presiones, para evitar cualquier efecto negativo sobre el próximo sujeto (transmisión de enfermedades, o sensación desagradable de colocar los pies descalzos en una superficie que no estuviera limpia) que pudiera alterar el comportamiento del equilibrio durante el registro de la prueba.

Al finalizar la recogida de datos, el sistema deja unos archivos informáticos que posteriormente en el laboratorio deben procesarse para extraer los valores de las variables de estudio. La posibilidad de disponer de los archivos informáticos permite reproducir los estudios *a posteriori* sin la necesidad de volver a tener al sujeto en el laboratorio.

3.3.4. Materiales e instalaciones

El material que se utilizó en este estudio estaba disponible en el mercado económico del momento y éste puede ser accesible por otros investigadores.

a. Hoja de toma de datos.

Los datos y los resultados de la prueba del equilibrio se anotaban con un bolígrafo en una hoja DIN A4 individualizada para cada sujeto. Éstas se ordenaban por número de dorsal y prueba de maratón.

La hoja de toma de datos (*Anexo 4*) incluye tres bloques diferenciados de información, separados claramente y con instrucciones claras para su cumplimentación.

Bloque A: Contiene datos que identifican los registros de los corredores y que permitirán posteriormente cruzarse con los datos obtenidos de la plataforma. Se solicitan también datos biométricos y sociológicos.

Bloque B: Se solicitan datos sobre la lateralidad de diversas partes del cuerpo. En este apartado se hace especial hincapié en la dominancia funcional biológica de las extremidades inferiores.

Bloque C: Contienen los resultados de la prueba del equilibrio. Se rellenan en el laboratorio a partir de las capturas de datos que se realizan con el sistema de baropodometría optométrica CbsScanGraf.

b. Plataforma de presiones optométrica CbsScanGraf

Para realizar esta prueba se usó una plataforma optométrica de alta precisión CbsScanGraf, modelo M70, conectada a un sistema informático basado en tecnología Intel y Sistema Operativo Windows XP(c). El software de captura y análisis plantar utilizado se denomina CbsScanGraf versión 2.05.23. La densidad espacial que presentaba esta plataforma es de 60 sensores/cm²

Tapiz isotermo

La plataforma de presiones estaba forrada con un tapiz de goma gris claro, con un grosor de 1 milímetro, fijado con cintas en los cuatro extremos de la plataforma para evitar desplazamientos de las marcas de orientación y posicionamiento de los pies del corredor (*Figura 3.13*).

La presencia de éste tapiz permitía, mediante unas marcas rotuladas previamente, el posicionamiento diligente del sujeto sobre la zona útil sensora de la plataforma. Facilitaba la limpieza de la superficie de contacto de la plataforma con los pies descalzos y evitaba posibles resbalones de los pies.



Figura 3.13- Fijaciones Tapiz de la Plataforma optométrica

Testigos de posición plataforma

Todos los días de registro de datos el propio investigador verificaba el equilibrado de la plataforma (si estaba correctamente nivelada gravitacionalmente en el eje medio-lateral y en el eje antero-posterior) mediante un nivel homologado de aluminio. El firme del suelo donde se instalaba la plataforma estaba forrado con una moqueta y no siempre presentaba un firme horizontal. Para todas las sesiones de datos se usó el mismo nivel y el mismo protocolo de nivelado.

Se colocaban el primer día de cada una de las sesiones de trabajo unos testigos, mediante una cinta de papel adhesivo de color blanco en las cuatro esquinas inferiores de la plataforma, fijados en el suelo en forma de ángulo de recto. Estos testigos tenían una función de control visual

sobre posibles desplazamientos laterales de la plataforma sobre el suelo a causa de su uso continuado (*Figura 3.14*).



Figura 3.14- Testigos de posición de la Plataforma CbsScanGraf

Peldaño de acceso

Para facilitar el acceso a la parte superior de la plataforma se instalaba, al lado de la misma, un peldaño de acero con la superficie superior de goma gris con el mismo color y textura que el tapiz gris de la plataforma. El color, tacto y consistencia de dicha goma ayudaba a crear una sensación de seguridad y grado de confortabilidad que intentaba minimizar posibles registros de datos erróneos por una mala posición del sujeto sobre la plataforma (*Figura 3.15*).



Figura 3.15- Peldaño de acceso a la Plataforma optométrica CbsScanGraf

Entorno en el que se registran los datos

El espacio dedicado a la realización de las pruebas consistía en un Stand estándar de feria (*Figura 3.16*), de superficie 3 m x 3 m y con paredes de madera de 3 m de altura, abierto por el techo y por una de sus paredes laterales. La iluminación del interior del mismo se realizaba mediante focos de media potencia que iluminaban al sujeto siempre por la espalda, de forma que se minimizaran los efectos visuales que pudieran crear focos puntuales de luz sobre los ojos y que por esta causa se viera afectado el equilibrio del corredor.

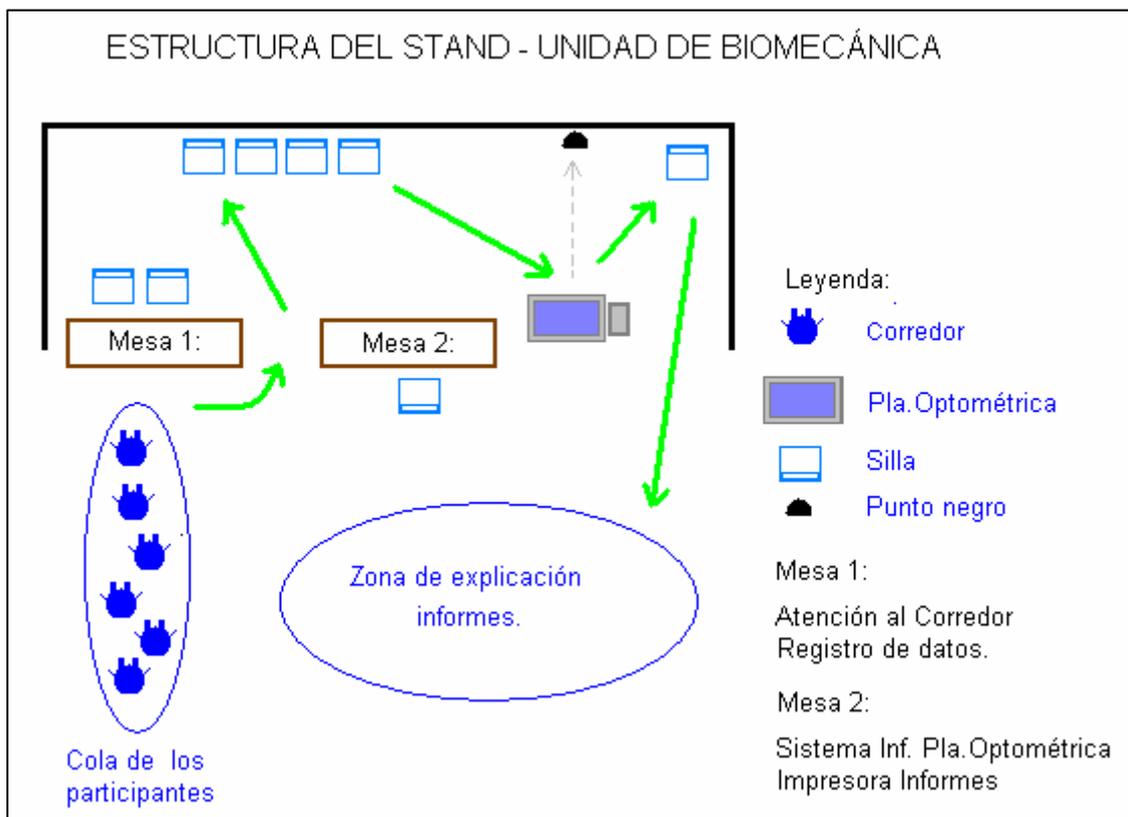


Figura 3.16- Esquema del stand y disposición de equipos

Si bien en cada uno de los tres eventos (pruebas de maratón) el stand disponible no era igual en todos ellos, sí se procuró que la disposición de las mesas, sillas, ubicación y orientación de la plataforma de presiones, y que las distancias visuales desde la plataforma hasta el

horizonte visual más próximo fueran lo más exactas posibles en todas las sesiones de recogida de datos.

c. Programas informáticos

Para efectuar el diseño de la hoja de toma de registro de datos se usó un programa de hoja de cálculo Excel 2003 de Microsoft.

Para ordenar los datos del cuestionario se usó el programa Access 2003 de Microsoft.

La plataforma optométrica CbsScanGraf, modelo M70, estaba conectada a un sistema informático basado en tecnología Intel de 32 bits y con el Sistema Operativo Windows XP SP3.

Para procesar los archivos de registro del equilibrio que se obtuvieron con la plataforma de presiones se usó el programa CbsScanGraf versión LAB 3.10 de Computational Bio-Systems, S.L., desarrollado en entorno de Visual Basic 6.0 de Microsoft.

Posteriormente para el análisis estadístico se usó el programa IBM SPSS Statistics 20.

La edición de este documento se realizó con el procesador de textos Word 2003 de Microsoft.

Tabla 3.2- Frecuencias de registro plataforma

N_Frames	Frecuencia	Porcentaje
241	1	0,15
243	2	0,30
246	194	29,26
247	460	69,38
248	6	0,90
Total	663	100,00

El software CbsScanGraf permite la captura de un archivo de vídeo, en formato digital .AVI (*Audio Video Interleave* o *Audio Vídeo Intercalado*), que contiene los diferentes fotogramas o *frames* de la presión plantar de ambos pies a lo largo del tiempo. La frecuencia de captura fue de 25 Hz, lo que equivale a 25 fotogramas por segundo. Resultando una media de fotogramas por estudio de 246,70 frames y una desviación típica de 0,558 (*Tabla 3.2*).

3.3.5. Confiabilidad, validez y objetividad

El instrumento de medición usado para las pruebas de baropodometría en este experimento fue verificado previamente por el servicio técnico oficial del fabricante para garantizar un correcto funcionamiento en cuanto a confiabilidad, validez y objetividad. Este sistema llevaba más de 7 años en el mercado económico y se le supone un correcto funcionamiento.

El sistema de baropodometría usado no precisaba de un calibrado previo antes de iniciar los estudios. Por lo que se asumió que la sensibilidad para detectar puntos de presión y el cálculo de las coordenadas del COP desde la plataforma fue la misma durante los días en que se realizaron las pruebas.

La plataforma optométrica tiene su superficie sensora a 50 cm. sobre el nivel del suelo. La variable altura sobre el nivel del suelo fue la misma para todas las lecturas, por lo que se asumió que si dicha diferencia de altura podía afectar a las lecturas del equilibrio, ésta afectaría de manera similar en las lecturas de todos los sujetos de la muestra. No obstante no se detectó ningún sujeto que tuviera un balanceo aparente pronunciado por razones de vértigo o similar durante la realización de las pruebas.

El instrumento de medición baropodométrico pasó por un proceso adicional de valoración de su validez y objetividad.

Validez

De criterio a través de las valoraciones y medidas efectuadas por investigadores clínicos que han usado dichos dispositivos. Estos sistemas se usan en la práctica clínica cotidiana en diferentes centros clínicos de podología y en centros de medicina del deporte y no se ha informado de ningún problema con los mismos hasta la fecha.

De evidencia relacionada con el constructo, ya que las variables que se midieron son las que realmente se deseaban medir y usar en las hipótesis de trabajo. Los desplazamientos antero-posterior y medio-lateral del COP que se observaron fueron los esperados cuando se provocaban desplazamientos controlados por el investigador en ambos ejes de apoyo.

Objetividad

El investigador no pudo manipular los datos de captura porque se cedió dicha función al mecanismo optométrico. En todos los casos el investigador se limitó a pulsar una tecla y el software informático efectuó el trabajo, siempre igual, de captura y almacenamiento de los registros.

El protocolo de medición fue estricto y siguió siempre los mismos criterios.

Las herramientas de medición que usan sistemas informáticos basados en un sistema operativo de ventanas pueden tener retardos en las lecturas de los dispositivos externos a causa de que dicho sistema operativo no trabaja en tiempo real, sino por eventos o sucesos. De hecho pocos sistemas operativos lo hacen.

Para evitar que el sistema informático que controlaba el equipo de medición no se viera afectado por ésta limitación, se instaló un SAI (Sistema de alimentación eléctrica ininterrumpida o batería de suministro de energía eléctrica estabilizada) y sólo estaba en funcionamiento el software de captura

en el equipo para evitar que se modificaran las frecuencias de captura intentando de esta forma homogeneizar las condiciones de registro de los datos informáticos. Así mismo sólo estaba en ejecución el software de captura en la memoria RAM (Random Access Memory o Memoria de Acceso Directo) del equipo informático para minimizar retardos en las frecuencias de captura, de tal manera que todas las lecturas de datos se realizaran en las mismas condiciones informáticas ambientales.

No obstante posteriormente en el laboratorio, se verificaron las frecuencias de los archivos capturados y se eliminaron de la muestra aquellos que podían presentar variaciones significativas a causa de un posible comportamiento imprevisible del sistema operativo informático.

3.3.6. Procedimiento para la obtención de los datos

Los sujetos que se acercaban al espacio dedicado a la valoración biomecánica de la huella, habilitado por la organización del evento para dicho fin, eran informados de la posibilidad de participar en el estudio que se les ofrecía.

A los corredores que deseaban participar en el estudio se les informaba de los objetivos, clase y duración de las pruebas y de los posibles resultados del mismo. En la figura 3.17 puede observarse un esquema de las diferentes fases del procedimiento seguido en el registro de los datos.

Aprovechando la concentración de deportistas en dicho evento, durante esos momentos previos a la carrera, se tomaron datos biométricos, biomecánicos y sociológicos que permitieron delimitar la muestra según se especifica en los criterios de inclusión y exclusión de la misma.

Los participantes que deseaban realizar la prueba biomecánica rellenaban el bloque A del cuestionario (*Anexo 4*). Seguidamente el investigador les preguntaba sobre las cuestiones descritas en el bloque B del cuestionario, se procedía a la captura de los datos sobre el equilibrio del sujeto desde la plataforma de presiones, dejando el bloque C en blanco en un primer momento,

ya que este se tendría que rellenar en el laboratorio, por el investigador, durante la fase posterior de procesado de las mediciones realizadas mediante la plataforma de presiones optométrica CbsScanGraf.

Al finalizar la prueba se le entregaba un informe biomecánico (*Anexo 6*) de valoración plantar que incluía un mapa plantar cualitativo colorimétrico de las presiones de ambos pies en bipedestación, una cuantificación de las presiones plantares subdividida en cuatro zonas (dos pertenecen al metatarso o zona anterior del pie y las otras dos pertenecen a los talones o zona posterior del pie), la descripción de la posición del COP del cuerpo y la descripción de las posiciones del COP de ambos pies.

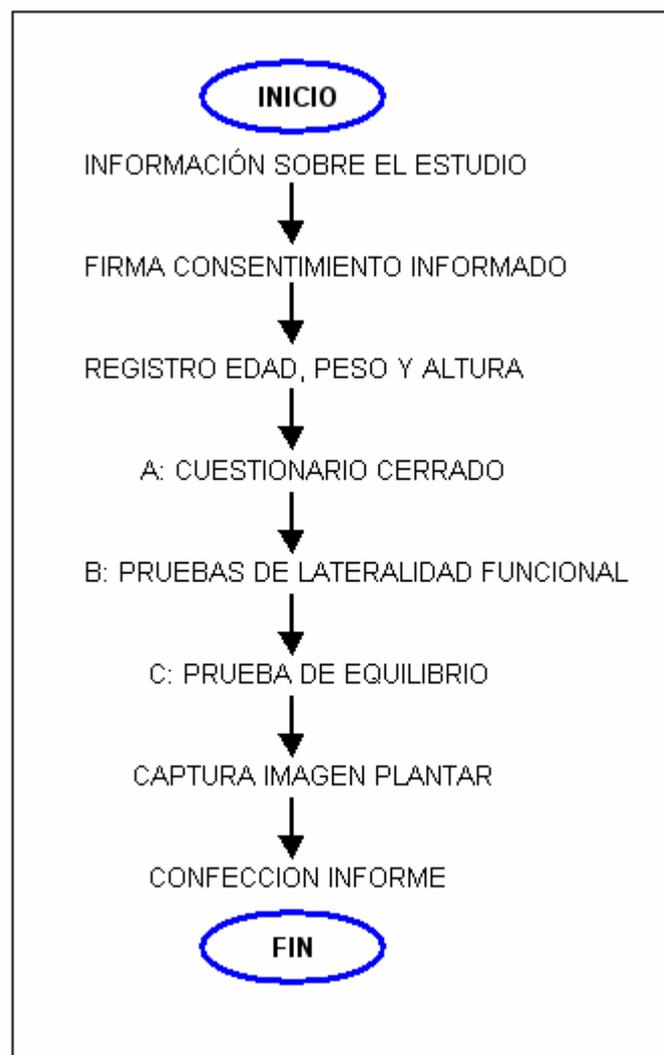


Figura 3.17- Protocolo de toma de datos de campo.

La entrega del informe (*Anexo 6*) se efectuaba a partir de las lecturas obtenidas mediante la plataforma optométrica. Dicho informe era comentado de forma individual y privada para cada corredor donde se le expresaba lo que biomecánicamente el investigador apreciaba en el mismo. Información que era muy apreciada por los propios sujetos. En este punto se daba por finalizada la relación con el participante del estudio.

Todas las pruebas se realizaban el mismo día para cada sujeto. El tiempo dedicado a cada corredor para realizar el circuito completo era de aproximadamente de unos 20 minutos.

3.3.7. Procesado de los datos

Para cada sujeto de la muestra se obtuvo

- un cuestionario cerrado (bloques A y B del *Anexo 4*).
- un archivo de campo en formato de vídeo .AVI.

Los cuestionarios se introdujeron en un archivo de base de datos mediante el programa Access de Microsoft Office, que contiene, entre otros, los datos de las variables independientes: sexo, edad, peso, altura y lateralidad biológica dominante de las extremidades inferiores.

Los datos se ordenaron por código de identificación (nombre e iniciales de los apellidos, junto con las 3 últimas cifras del documento nacional de identidad) y se detectaron tres registros duplicados. Se registraban sólo los tres últimos dígitos del documento nacional de identidad para mantener el anonimato de los participantes.

Los datos apuntaban a que tres sujetos se personaron en las pruebas realizadas en el maratón de Sevilla del año 2008 y también en las pruebas realizadas en el maratón de Sevilla del año 2009. Para estos registros aparentemente duplicados se compararon algunas variables adicionales biométricas como el peso, la altura, número de calzado y el año de nacimiento.

VARIABLES que confirmaron que los datos podrían pertenecer a los mismos sujetos por lo que se decidió eliminar de la muestra los registros duplicados pertenecientes a la edición del maratón más reciente. Se decidió eliminar los registros cronológicamente más recientes para evitar que la posible experiencia previa de los sujetos en la realización de la prueba del equilibrio pudiera introducir un comportamiento anómalo a la hora de situarse sobre la plataforma e introducir un sesgo en los registros del equilibrio registrados.

Los archivos de campo, en formato de vídeo .AVI se ordenaron por toma de datos (edición del maratón) y número de dorsal.

Los archivos de datos de este estudio constan de una grabación en formato de vídeo .AVI de Microsoft, en formato interno RGB 24 bits, con una frecuencia de 25 cuadros o *frames* por segundo y una duración total de 10 segundos de grabación por archivo.

El tratamiento y análisis de los datos se estructuró en los siguientes pasos:

1 – Todos los archivos de vídeo se procesaron, uno a uno, mediante el programa CbsScanGraf LAB. 3.10. El resultado de cada procesado creaba un archivo de texto (.TXT), al que llamaremos de primer nivel, con los datos pertenecientes a cada cuadro (25 cuadros x 10 segundos) relativos a las coordenadas de los COPs del pie izquierdo, pie derecho y del centro de gravedad del cuerpo.

2 - Una vez obtenidos todos los archivos de datos de primer nivel correspondientes a los sujetos de la muestra, mediante el programa CbsScanGraf LAB. 3.10 se procesaban nuevamente para calcular los rangos de desplazamiento máximo de los COPs, distancias máximas recorridas, velocidades medias y porcentajes de presión promedios de todas las zonas del pie. Quedando un nuevo archivo de datos, al que llamaremos de segundo nivel, en el que cada registro definía las características promedio de un solo sujeto.

Un primer análisis de estos datos reveló la existencia de valores anómalos de desplazamientos (aparentemente demasiado grandes) del COP. Todos los archivos de vídeo (sujetos del estudio) que presentaban sospechas en cuanto a la objetividad de la toma de datos se editaron individualmente y se les sometió a una inspección ocular. Tras este proceso de filtrado se constató que

- 1 sujeto tenía su archivo de datos informáticamente dañado.
- 26 sujetos presentaban movimientos de los apoyos plantares voluntarios (levantaron algún pie o se salieron de la plataforma un segundo a dos antes de finalizar la captura completa de los 10 segundos).
- 2 sujetos habían levantado levemente un talón de la plataforma durante al menos 1 segundo de forma voluntaria.

Todos estos sujetos se eliminaron de la muestra inicial.

3 - Se procedió a fusionar informáticamente, mediante el programa CbsScanGraf LAB. 3.10, los datos de los sujetos que estaban en la base de datos de Access con los datos promedio almacenados en el archivo de segundo nivel. Mediante el criterio de “Edición del Maratón” y “Número de dorsal” se creó un nuevo archivo de texto compatible con la importación por el programa de análisis estadístico, en formato secuencial ordenado, con todos los sujetos que tenían presencia en las dos fuentes de datos de origen.

Todo este proceso, que duró varias semanas, se desarrolló y se programó bajo entornos de Visual Basic 6.0 para no manipular los datos directamente y evitar introducir errores de tecleo que pudieran desvirtuar la muestra y la objetividad de los posibles resultados del estudio.

4 - El archivo resultante fue importado desde un programa de análisis estadístico donde se realizó una nueva comprobación para cada variable

del estudio. Tras dicha comprobación se encontraron los siguientes datos inconsistentes para el estudio:

Tres sujetos no tenían registrada ni la variable Peso ni la Altura.

Edición	Motivo
-----	-----
MM2009	Altura = 0 Peso = 0
MS2009	Altura = 0 Peso = 0
MS2009	Altura = 0 Peso = 0

Un sujeto no tenían registrada la variable Edad.

Edición	Motivo
-----	-----
MM2009	Edad = 0

Tres sujetos no tenían la variable Edad dentro del rango del estudio.

Edición	Motivo
-----	-----
MM2009	Edad = 14
MM2009	Edad = 13
MM2009	Edad = 13

Cinco sujetos no tenían registrada la variable Pie Biológico Dominante.

Edición	Motivo
-----	-----
MS2008	Pie Dominante Biológico = 0
MS2008	Pie Dominante Biológico = 0
MS2009	Pie Dominante Biológico = 0
MS2009	Pie Dominante Biológico = 0
MM2009	Pie Dominante Biológico = 0

Todos estos sujetos se eliminaron de la muestra inicial.

Al finalizar el procesado y filtrado de todos los datos a partir de la muestra inicial de 707 sujetos se descartaron por diferentes causas (*Tabla 3.3*) 44 sujetos, quedando una muestra útil con un total de 663 sujetos para realizar el

estudio. El tiempo promedio de procesado de datos y filtrado de todos los registros de este estudio, en el laboratorio, fue de aproximadamente de 60 minutos por sujeto.

Tabla 3.3- Participantes que se han eliminado de la muestra inicial.

Causas filtrado de datos	M1-M9		M2-S8		M3-S9		Total perdidos	
	N	%	N	%	N	%	Total	%
Reg, duplicados			3	23,08			3	6,82
Error informático					1	8,33	1	2,27
Movimientos bruscos	12	63,16	8	61,54	6	50,00	26	59,09
Movimientos leves	2	10,53					2	4,55
Altura y Peso con valor nulo	1	5,26			2	16,67	3	6,82
Edad con valor nulo	1	5,26					1	2,27
Edad fuera de rango	3	15,79					3	6,82
Pie Biológico Dominante nulo			2	15,38	3	25,00	5	11,36
Total	19	43,18	13	29,55	12	27,27	44	100,00

3.3.8. Modelo estadístico

Dado que en esta investigación se han clasificado las variables en dependientes e independientes, unas cuantitativas y otras categóricas, se expone en la figura 3,18 el esquema que se sigue en el análisis estadístico de los datos.

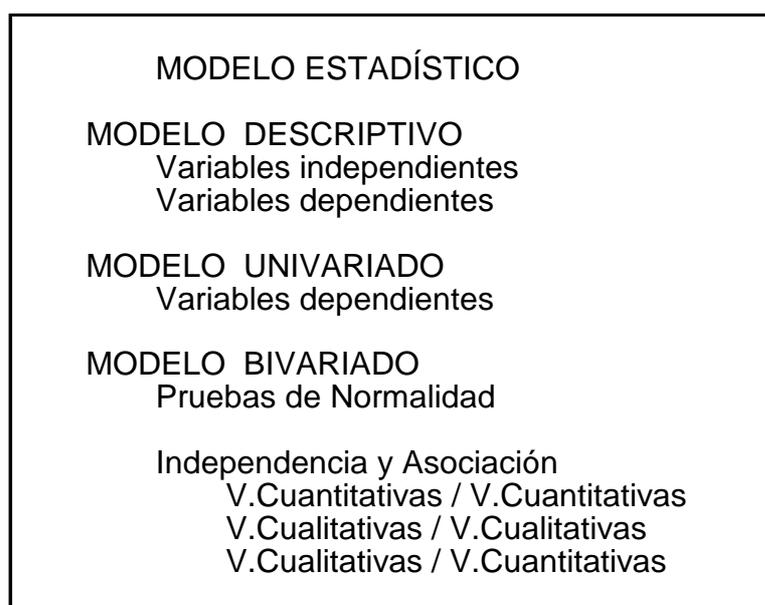


Figura 3.18 Modelos estadísticos: análisis de la muestra

3.3.8.1. Modelo estadístico descriptivo

En este apartado se describen los resultados estadísticos obtenidos, a partir de los datos concretos de la muestra, según sea el tipo de variable independiente o dependiente.

VARIABLES INDEPENDIENTES

- *Género, Edad, Peso y Altura.*

VARIABLES DEPENDIENTES

- *Rango de desplazamiento máximo del COP*
- *Velocidad media de desplazamiento del COP*
- *Presión media por cuadrantes de apoyo plantar*
- *Presión media soporte plantar (bilateral)*
- *Pie funcional dominante*
- *Pie soporte dominante*

3.3.8.2. Modelo estadístico univariado

Se calcula la media o la proporción poblacional a través de intervalos de confianza.

VARIABLES DEPENDIENTES

- *Rango de desplazamiento máximo del COP*
- *Velocidad media de desplazamiento del COP*
- *Presión media por cuadrantes de apoyo plantar*
- *Presión media soporte plantar (bilateral)*
- *Pie funcional dominante*
- *Pie soporte dominante*

3.3.8.3. Modelo estadístico bivariado

Se analiza el tipo de distribución estadística que siguen las variables cuantitativas de este estudio, las posibles correlaciones existentes y el grado de independencia y de asociación entre las mismas.

- Independencia / Asociación (V. Cuantitativas / V. Cuantitativas)

Se calcula la correlación existente entre las variables cuantitativas dependientes de este estudio,

- *Rango de desplazamiento máximo del COP*
- *Velocidad media de desplazamiento del COP*
- *Presión media por cuadrantes de apoyo plantar*
- *Presión media soporte plantar (bilateral)*

- Independencia / Asociación (V. Cualitativas / V. Cualitativas)

Se calcula el grado de asociación existente, mediante tablas de contingencia, entre las variables cualitativas dependientes de este estudio,

- *Pie funcional dominante*
- *Pie soporte dominante*

- Independencia / Asociación (V. Cualitativas / V. Cuantitativas)

Se calcula el grado de asociación existente entre las variables cualitativas categóricas y las variables cuantitativas categorizadas de este estudio,

Variabes cualitativas categóricas

- *Género*
- *Edad_5 (categorizada en 5 niveles)*
- *Peso_5 (categorizada en 5 niveles)*

- *Altura_5 (categorizada en 5 niveles)*
- *Pie funcional dominante*
- *Pie soporte dominante*

Variables cuantitativas

- *Rango de desplazamiento máximo del COP*
- *Velocidad media de desplazamiento del COP*
- *Presión media por cuadrantes de apoyo plantar*
- *Presión media soporte plantar (bilateral)*

3.3.8.4. Pruebas estadísticas

Para cada una de las variables cuantitativas de este estudio se valoró el tipo de distribución estadística que presentaba a fin de conocer si se debían usar pruebas paramétricas o no. En función de las distribuciones de cada variable y según el tipo de relación que se deseaba verificar se usó la prueba estadística adecuada a la misma. Las pruebas y contrastes de hipótesis empleados en esta investigación se detallan a continuación.

a. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov

El Test de Kolmogorov-Smirnov para una muestra es una prueba no paramétrica de contraste de hipótesis que analiza si los datos que presenta la variable a analizar se aproximan a una distribución gaussiana (o distribución estadística normal). Se define un nivel de confianza del 95% ($1-\alpha = 0,95$) para realizar el contraste de hipótesis siguiente

H_0 : La variable sigue una distribución gaussiana o normal

H_1 : La variable no sigue una distribución gaussiana o normal

Si el p-valor es menor que un nivel de significación $\alpha = 0,05$ la muestra se considera que no cumple criterios de normalidad. Por el contrario si el p-valor es mayor o igual que $\alpha = 0,05$ la muestra puede cumplir criterios de normalidad.

b. Coeficiente de correlación de Pearson

El Coeficiente de Correlación de Pearson es una prueba paramétrica que mide el grado de asociación existente entre dos variables cuantitativas. Se define un nivel de confianza del 95% ($1-\alpha = 0,95$) para realizar el contraste de hipótesis siguiente:

H_0 : Las medias de las variables no están relacionadas

H_1 : Las medias de las variables sí están relacionadas

Si el p-valor es menor que un nivel de significación $\alpha = 0,05$ se considera que las medias de ambas variables están relacionadas. Por el contrario si el p-valor es mayor o igual que $\alpha = 0,05$ se considera que no existe suficiente significación estadística de que las medias de ambas variables estén relacionadas.

La interpretación del coeficiente de correlación (42) sigue el siguiente esquema

Si $0,00 < |r| < 0,10 \rightarrow$ Ninguna o poca asociación

Si $0,10 < |r| < 0,25 \rightarrow$ Asociación muy débil

Si $0,25 < |r| < 0,50 \rightarrow$ Asociación débil

Si $0,50 < |r| < 0,75 \rightarrow$ Asociación media o moderada

Si $0,75 < |r| < 0,90 \rightarrow$ Asociación fuerte

Si $0,90 < |r| < 1,00 \rightarrow$ Asociación muy fuerte

c. Coeficiente de correlación Rho de Spearman

El Coeficiente de Correlación Rho de Spearman es una prueba no paramétrica que mide el grado de asociación existente entre dos variables cuantitativas. Se define un nivel de confianza del 95% ($1-\alpha = 0,95$) para realizar el contraste de hipótesis siguiente:

H_0 : Las medias de las variables no están relacionadas

H_1 : Las medias de las variables sí están relacionadas

Si el p-valor es menor que un nivel de significación $\alpha = 0,05$ se considera que las medias de ambas variables están relacionadas. Por el contrario si el p-valor es mayor o igual que $\alpha = 0,05$ se considera que no existe suficiente significación estadística de que las medias de ambas variables estén relacionadas.

La interpretación del coeficiente de correlación (42) sigue el siguiente esquema

- Si $0,00 < |r| < 0,10 \rightarrow$ Ninguna o poca asociación
- Si $0,10 < |r| < 0,25 \rightarrow$ Asociación muy débil
- Si $0,25 < |r| < 0,50 \rightarrow$ Asociación débil
- Si $0,50 < |r| < 0,75 \rightarrow$ Asociación media o moderada
- Si $0,75 < |r| < 0,90 \rightarrow$ Asociación fuerte
- Si $0,90 < |r| < 1,00 \rightarrow$ Asociación muy fuerte

d. Test Ji-cuadrado de Pearson

Esta prueba se puede aplicar, entre otras cosas, para estudiar la asociación entre dos variables categóricas o cualitativas y para comparar proporciones o porcentajes, pero no mide el grado o la fuerza de la asociación entre dos variables categóricas. El test χ^2 consiste en tomar una muestra y observar si existe diferencia estadística significativa entre las frecuencias observadas (O_i) y las especificadas por la ley teórica del modelo que se contraste, también denominadas *frecuencias esperadas* (E_i).

La formulación que se sigue es

$$\chi^2 = \sum_1^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Esta prueba requiere muestras superiores que cumplan $n > 30$ y que los datos observados en cada casilla de la tabla de contingencia no sean

pequeños. Ninguna celda puede tener una frecuencia esperada nula y además el 20,00% de las mismas no debe ser inferior a 5 (67). Para aplicar correctamente la prueba Ji-cuadrado, al menos el 80,00% de las celdas debe tener una frecuencia esperada mayor de 5 (67).

e. Test de la Razón de Verosimilitud o G-test

Esta prueba se puede aplicar, entre otras cosas, para estudiar la asociación entre dos variables categóricas o cualitativas y para comparar proporciones o porcentajes. El test G consiste en tomar una muestra y observar si existe diferencia estadística significativa entre las frecuencias observadas (O_i) y las especificadas por la ley teórica del modelo que se contraste, también denominadas *frecuencias esperadas* (E_i).

La formulación que se sigue es

$$G = 2 \sum_1^k O_i \ln (O_i / E_i)$$

Donde k es la cantidad de clases o muestras. Para muestras grandes $n > 25$ se aproxima bastante a una Ji-cuadrado.

f. Test T de Student

Esta prueba paramétrica se puede aplicar para estudiar si dos muestras independientes han sido tomadas de una misma población cuando el factor independiente tiene sólo dos niveles. Se define un nivel de confianza del 95% ($1 - \alpha = 0,95$) para realizar el contraste de hipótesis siguiente:

H_0 : Las dos medias son iguales

H_1 : Las dos medias son diferentes

Si el p-valor es menor que un nivel de significación $\alpha = 0,05$ ambas muestras se considera que provienen de diferentes poblaciones.

g. Test de ANOVA

Esta prueba paramétrica se puede aplicar para estudiar si dos o más medias muestrales han sido tomadas de una misma población cuando el factor independiente tiene sólo dos o más niveles.

Es necesario que las muestras cumplan el criterio de normalidad, independencia y aleatoriedad. Además deben cumplir el criterio de homocedasticidad (todas las muestras deben tener la misma varianza).

La variación observada en la variable cuantitativa dependiente se asume que es debida al efecto de las variables categóricas, aunque también se asume que existe cierto error aleatorio independiente que explica la variación residual. Se asume también que dicho error aleatorio sigue una distribución normal con media 0 y varianza constante. Que todos los grupos tengan el mismo tamaño facilita el proceso de cálculo. Se define un nivel de confianza del 95% ($1-\alpha = 0,95$) para realizar el contraste de hipótesis siguiente:

H_0 : Las medias de todos los grupos son todas iguales

H_1 : Al menos una de las medias es diferente

Este test indica que pueden existir diferencias entre al menos dos grupos, pero no puede determinar entre que grupos en concreto se encuentran dichas diferencias en la media (68).

Por ello se calcula la homogeneidad de las varianzas mediante el Test del contraste de hipótesis de Levene con un nivel de confianza del 95,00%. Si existe evidencia estadística de que las varianzas son homogéneas se pueden aplicar a la muestra pruebas *post hoc* de

comparaciones múltiples de Bonferroni para intentar averiguar entre que posibles grupos existen dichas diferencias (68).

h. Test U de Mann de Whitney

Esta prueba no paramétrica se puede aplicar para estudiar si dos muestras independientes han sido tomadas de una misma población cuando el factor independiente tiene sólo dos niveles.

Según el tamaño de la muestra n (donde $n = n_1 + n_2$, donde n_2 es el mayor tamaño muestral) el modelo estadístico puede presentar tres situaciones posibles (68):

Caso I: Muestras muy pequeñas ($n < 9$)

Caso II: Muestras medianas (n entre 9 y 20)

Caso III: Muestras grandes ($n > 20$)

Dado que la muestra de este estudio es de 587 hombres y 76 mujeres, con un global de 663 sujetos, nos encontramos por el caso de tipo III. En esta situación la distribución de U se acerca a una distribución gaussiana $N(0,1)$, con los parámetros siguientes:

$$Z_U = \frac{U - \mu_u}{\sigma_u}$$

Y se compara con Z_α donde:

$$\mu_u = \frac{(n_1 \times n_2)}{2}$$

Se define un nivel de confianza del 95% ($1-\alpha = 0,95$) para realizar el contraste de hipótesis siguiente

H_0 : Las dos medianas son iguales

H_1 : Las dos medianas son diferentes

i. Test de un factor de Kruskal-Wallis

Esta prueba no paramétrica se puede aplicar para estudiar si dos muestras independientes han sido tomadas de una misma población cuando el factor independiente tiene dos o más niveles.

También es adecuado cuando las desviaciones típicas de los diferentes grupos no son iguales entre sí.

Se define un nivel de confianza del 95% ($1-\alpha = 0,95$) para realizar el contraste de hipótesis siguiente

H_0 : Las medianas de todos los grupos son todas iguales

H_1 : Al menos una de las medianas es diferente

Este test puede indicar que existen diferencias entre los grupos, pero no puede determinar entre que grupos en concreto se presentan dichas diferencias.

j. Estimación de estadísticos poblacionales

Como se desconoce la media poblacional μ y la varianza poblacional σ^2 de las variables cuantitativas dependientes en este estudio, (no nos consta en la bibliografía revisada hasta la fecha), se estimaron dichos estadísticos mediante intervalos de confianza en base de la *media muestral* X y la *desviación típica muestral* S .

Por tratarse de una muestra grande de 663 sujetos (Hombres: 587; Mujeres: 76), para estimar la media poblacional con un nivel de confianza del 95% ($1-\alpha = 0,95$) se usó la siguiente formulación estadística (68)

$$IC(\mu) = X \pm z_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}}$$

y para estimar la varianza poblacional con un nivel de confianza del 95% ($1-\alpha = 0,95$) se usó la siguiente formulación estadística

$$IC (\sigma^2) = \left\{ \frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{\alpha/2, n-1}}; \frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{1-\alpha/2, n-1}} \right\}$$

Como se desconoce la proporción poblacional Π de las variables nominales dependientes en este estudio, (no nos consta en la bibliografía revisada hasta la fecha), se estimaron dichos estadísticos mediante intervalos de confianza en base de las *proporciones muestrales* p obtenidas para el conjunto de hombres, de mujeres y el global de ambos conjuntos.

En este grupo de variables se usó la siguiente formulación estadística para estimar la proporción poblacional Π con un Nivel de Confianza del 95% ($1-\alpha = 0,95$).

$$IC (\Pi) = p \pm z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

Para las variables *Pie soporte dominante* y *Pie funcional dominante* se disponía de tres valores posibles y se procedió a estimar tres proporciones poblacionales, a saber:

π_1 : Pierna izquierda

π_2 : Pierna derecha

π_3 : Ambas a la vez

cumpléndose la condición siguiente:

$$\Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3 = 1$$

k. Estimación de proporciones

Para las variables *Pie soporte dominante* y *Pie funcional dominante* se dispone de tres valores posibles y se desea estimar las proporciones poblacionales para cada valor que toma la variable, (Pierna izquierda, Pierna derecha, Ambas a la vez). Para ello se simplificó la variable categórica en una nueva que tuviera sólo dos valores y siga una distribución binomial, a saber:

p : Sólo pierna/pie (soporte/funcional) izquierda dominante

q : Resto de situaciones

p : Sólo pierna/ pie (soporte/funcional) derecha dominante

q : Resto de situaciones

p : Sólo ambas piernas/ pies (soporte/funcional) dominante

q : Resto de situaciones

cumpliéndose para todas ellas la condición siguiente:

$$p + q = 1$$

A modo de ejemplo, para efectuar el cálculo del intervalo de confianza, para el conjunto de los hombres, de la proporción poblacional se tuvo en cuenta el tamaño de la muestra **n** y la proporción muestral **p** obtenida

$$n = 587 ; p = \frac{587}{663} = 0,8853$$

El nivel de confianza es

$$1 - \alpha = 0,95 \rightarrow \alpha = 0,05 \rightarrow \frac{\alpha}{2} = 0,025 \rightarrow 1 - \frac{\alpha}{2} = 0,975$$

de la tabla normal estandarizada se obtiene un valor (**z**)

$$z = 1,96$$

entonces el intervalo buscado es

$$IC (\Pi_{\text{Hombres}}) = 0,8853 \pm 1,96 \sqrt{\frac{0,8853 (1 - 0,8853)}{663}}$$

esto es

$$IC (\Pi_{\text{Hombres}}) = 0,8853 \pm 0,02425$$

$$IC (\Pi_{\text{Hombres}}) = (0,8610 - 0,9095)$$

lo que nos indica que la proporción poblacional estimada del conjunto de hombres, con un intervalo de confianza del 95%, está comprendida entre un 86,10% y un 90,95%.

Este procedimiento de cálculo se usó para estimar las proporciones poblacionales de las variables *Pie soporte dominante* y *Pie funcional dominante*.

3.4. RESULTADOS

3.4.1. Descripción de las variables independientes

En los apartados que siguen se describe desde el punto de vista estadístico de forma descriptiva el comportamiento de las variables independientes de este estudio:

Género, Edad, Peso y Altura

3.4.1.1. Descripción de la variable Género

La muestra estaba formada por N = 663 sujetos sanos, 587 hombres y 76 mujeres, (*Tabla 3.4*) que desarrollaban actividad deportiva de forma habitual.

Tabla 3.4- Distribución por género de los participantes que conforman la muestra.

DISTRIBUCION MUESTRA		
Género	Frecuencia	Porcentaje
Hombre	587	88,54
Mujer	76	11,46
Total	663	100,00

3.4.1.2. Descripción de las variables biométricas Edad, Peso y Altura

La variable *Edad* presentó un valor medio de 39,56 años y una desviación típica de 8,17 años, la variable *Peso* presentó un valor medio de 72,05 kilos y una desviación típica de 9,50 kilos y la variable *Altura* presentó un valor medio de 173,79 cm. y una desviación típica de 7,47 cm. (*Tabla 3.5*).

Para medir el grado de variabilidad en la muestra para cada una de las variables, se usó el Coeficiente de Variación (63), definido como el cociente entre la Desviación Típica dividido por la Media de la muestra.

Pudo observarse (Tabla 3.5) que la variabilidad entre hombres y mujeres era muy similar en las variables *Edad*, *Peso* y *Altura*. Siendo la variabilidad del índice de masa corporal (IMC) mayor en el conjunto de mujeres.

Tabla 3.5- Estadísticos Edad (años), Peso (Kg.), Altura (cm) y IMC

	Género	Mínimo	Máximo	Moda	Media	D. típica	Varianza	C.Variación
Edad	Hombre	18,00	71,00	35,00	39,65	8,17	66,68	0,2059
	Mujer	20,00	56,00	34,00	38,87	8,22	67,64	0,2116
	Total	18,00	71,00	35,00	39,56	8,17	66,75	0,2065
Peso	Hombre	54,00	98,00	80,00	73,76	8,29	68,75	0,1124
	Mujer	44,00	76,00	60,00	58,79	7,61	57,96	0,1295
	Total	44,00	98,00	80,00	72,05	9,50	90,21	0,1318
Altura	Hombre	157,00	193,00	170,00	175,18	6,36	40,39	0,0363
	Mujer	150,00	181,00	160,00	163,07	6,75	45,61	0,0414
	Total	150,00	193,00	170,00	173,79	7,47	55,83	0,0430
IMC	Hombre	18,82	31,12	23,38	24,00	2,03	4,12	0,0846
	Mujer	17,78	31,22	19,53	22,09	2,48	6,15	0,1123
	Total	17,78	31,22	23,38	23,78	2,17	4,71	0,0913

El índice de masa corporal se usó únicamente en este estudio como un descriptor de los sujetos participantes.

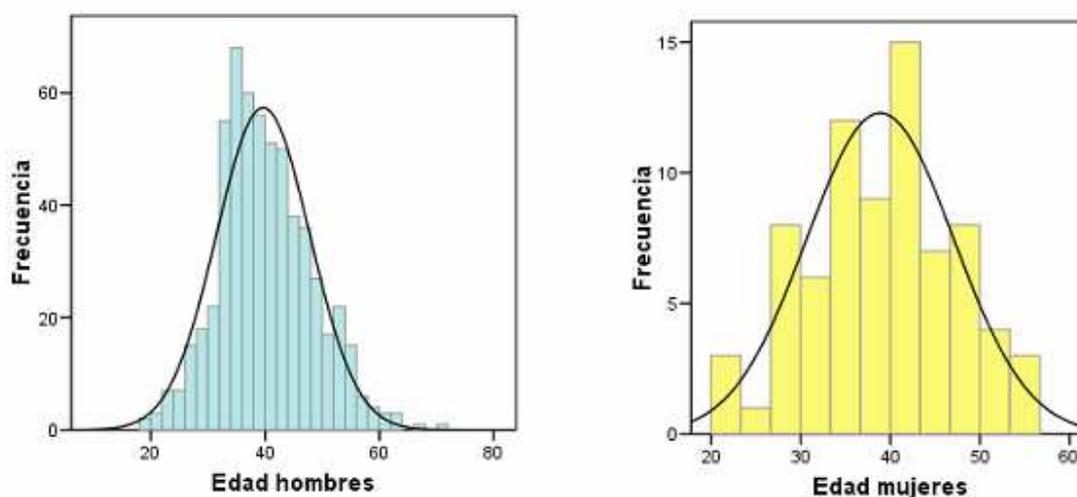


Figura 3.19- Histograma de frecuencias: Edad (Hombres - Mujeres)

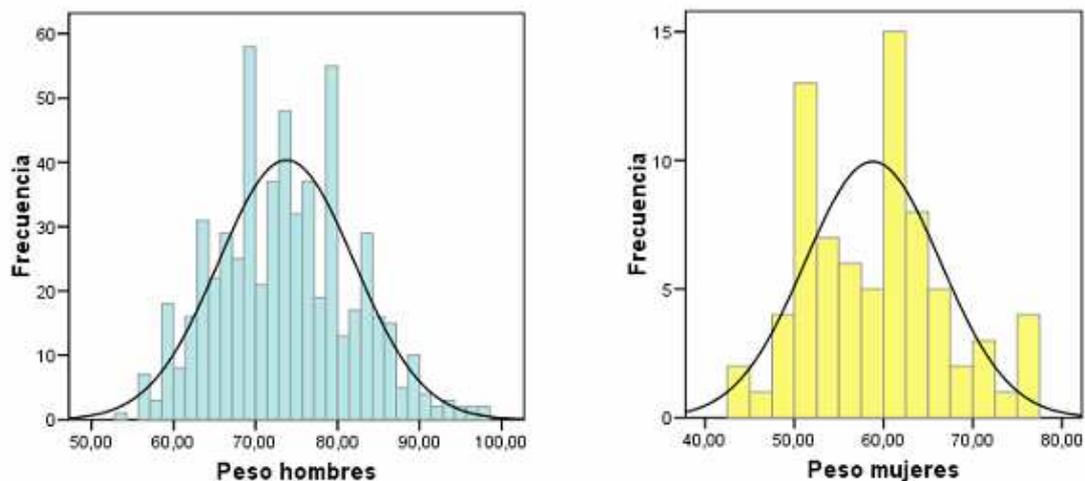


Figura 3.20- Histograma de frecuencias: Peso (Hombres - Mujeres)

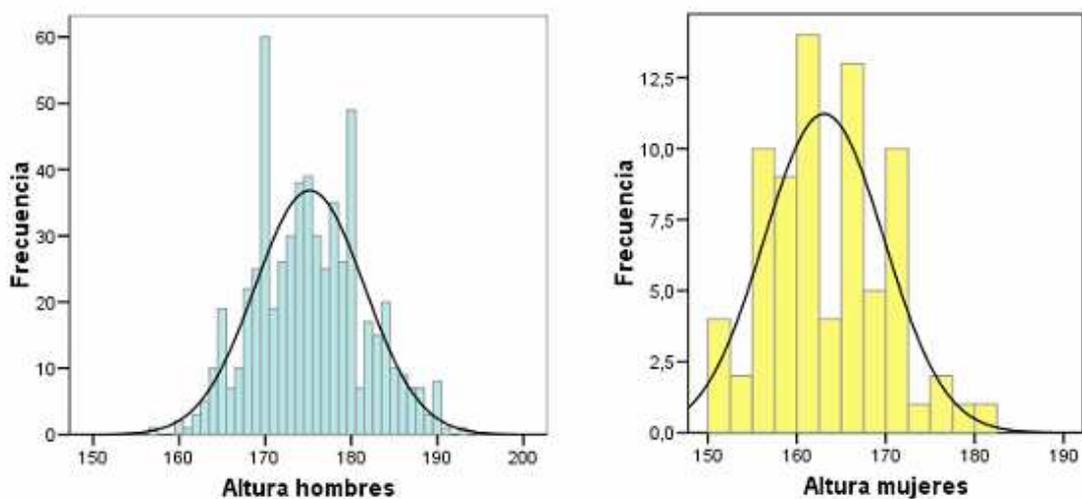


Figura 3.21- Histograma de frecuencias: Altura (Hombres - Mujeres)

Los histogramas de frecuencias mostraron diferencias de la media en las variables *Peso* (Figura 3.20) y *Altura* (Figura 3.21). En ambas, la categoría *Mujer*, presentaba unos valores sensiblemente menores. No obstante, no ocurría lo mismo con la variable *Edad* (Figura 3.19).

Observando los estadísticos (Tabla 3.5), moda y media, se constató que el grupo de mujeres tiene menor peso y altura que el grupo de hombres, pero ambos grupos presentaban valores similares en cuanto la edad.

3.4.2. Descripción de las variables dependientes

3.4.2.1. Descripción de la variable Rango de desplazamiento máximo

La variable dependiente que denominamos en este estudio *Rango de desplazamiento máximo del COP* hace referencia al comportamiento del COP, en los ejes medio-lateral (M-L) y antero-posterior (A-P), del pie izquierdo (PI) (*Rango_M-L_PI* , *Rango_A-P_PI*), del pie derecho (PD) (*Rango_M-L_PD*, *Rango_A-P_PD*) y del cuerpo (*Rango_M-L_COP*, *Rango_A-P_COP*).

Tabla 3.6- Rangos del desplazamiento máximo del COP (mm)

RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO DEL COP								
Rango máximo	Género	Mínimo	Máximo	Moda	Media	D. típica	Varianza	C.Variación
Rango_M-L_PI	Hombre	0,0970	5,4522	0,5558	0,6490	0,6714	0,4508	1,0345
	Mujer	0,1331	1,8401	0,1331	0,4725	0,3822	0,1461	0,8089
	Total	0,0970	5,4522	0,5558	0,6288	0,6471	0,4188	1,0291
Rango_A-P_PI	Hombre	0,4346	28,9284	4,1893	3,1902	2,8683	8,2272	0,8991
	Mujer	0,6346	10,8478	0,6346	2,7246	1,8669	3,4854	0,6852
	Total	0,4346	28,9284	4,1893	3,1369	2,7748	7,6996	0,8846
Rango_M-L_PD	Hombre	0,0845	8,2291	0,3192	0,6279	0,7333	0,5378	1,1680
	Mujer	0,0919	2,8418	0,0919	0,4292	0,4161	0,1732	0,9695
	Total	0,0845	8,2291	0,3192	0,6051	0,7069	0,4997	1,1682
Rango_A-P_PD	Hombre	0,4953	27,8871	3,2073	3,1191	2,9477	8,6890	0,9450
	Mujer	0,4629	15,6216	0,4629	2,7089	2,2631	5,1217	0,8354
	Total	0,4629	27,8871	3,2073	3,0721	2,8790	8,2888	0,9372
Rango_M-L_COP	Hombre	0,3553	28,2645	1,3655	2,2301	2,7604	7,6197	1,2378
	Mujer	0,4535	20,7515	0,4535	2,0413	2,8270	7,9920	1,3849
	Total	0,3553	28,2645	1,3655	2,2085	2,7666	7,6540	1,2527
Rango_A-P_COP	Hombre	0,4102	24,3602	3,6483	2,9265	2,5641	6,5748	0,8762
	Mujer	0,5759	11,8494	0,5759	2,5488	1,8663	3,4830	0,7322
	Total	0,4102	24,3602	3,6483	2,8832	2,4958	6,2291	0,8656

Todas las variables del grupo *Rango máximo de desplazamiento del COP* (Tabla 3.6) presentaron un valor de media más elevado en el eje antero-posterior que en el eje medio-lateral. El comportamiento se cumple tanto para los conjuntos de hombres y de mujeres por separado, como para el global de la muestra.

La variabilidad encontrada es mayor, tanto en el conjunto de los hombres como en el de las mujeres, en los desplazamientos del COP del eje medio-lateral respecto a la variabilidad existente en el eje antero-posterior.

El conjunto de mujeres presenta menor variabilidad que el conjunto de los hombres en todas las variables de este grupo, en ambos ejes, exceptuando en el eje medio-lateral del COP del cuerpo. Se observa también que la variabilidad es más pequeña, en el global de la muestra (hombres y mujeres), en el eje antero-posterior que en el eje medio-lateral para los desplazamientos del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo.

De los valores obtenidos se puede señalar que la media del desplazamiento máximo del COP del pie izquierdo, del pie derecho y del cuerpo es mayor en el grupo de los hombres, siendo en el grupo de las mujeres un poco menor. Este comportamiento se cumple para todas las variables de este grupo tanto en el eje medio-lateral como en el eje antero-posterior.

Los resultados de todas las variables de este grupo apuntan a que, en esta muestra concreta, el conjunto de mujeres presentan más estabilidad, en posición de reposo aparente en bipedestación, que el conjunto de los hombres tanto en el eje medio-lateral como en el eje antero-posterior.

3.4.2.2. Descripción de la variable Velocidad media de desplazamiento

La variable dependiente que denominamos en este estudio *Velocidad media de desplazamiento del COP* hace referencia al comportamiento del COP, en los ejes medio-lateral (M-L) y antero-posterior (A-P), del pie izquierdo (*Velocidad_M_M-L_PI*, *Velocidad_M_A-P_PI*), del pie derecho (*Velocidad_M_M-L_PD*, *Velocidad_M_A-P_PD*) y del cuerpo (*Velocidad_M_M-L_COP*, *Velocidad_M_A-P_COP*).

Los valores de la media (*Tabla 3.7*) de las variables *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo y del COP del pie derecho* son

mayores en el eje antero-posterior frente al eje medio-lateral, tanto en el conjunto de hombres, de mujeres y en el global de la muestra.

Tabla 3.7- Velocidad media de desplazamiento del COP (mm/s)

VELOCIDAD MEDIA DEL COP								
	Género	Mínimo	Máximo	Moda	Media	D. típica	Varianza	C.Variación
Velocidad_M_M-L_PI	Hombre	0,3942	2,1452	0,5224	0,7501	0,2582	0,0667	0,3442
	Mujer	0,4601	1,2712	0,6268	0,6752	0,1715	0,0294	0,2541
	Total	0,3942	2,1452	0,5224	0,7415	0,2508	0,0629	0,3382
Velocidad_M_A-P_PI	Hombre	1,2348	15,6612	2,4749	2,5385	1,0578	1,1190	0,4167
	Mujer	1,4228	4,3173	1,9097	2,3730	0,6441	0,4148	0,2714
	Total	1,2348	15,6612	2,4749	2,5196	1,0200	1,0403	0,4048
Velocidad_M_M-L_PD	Hombre	0,3832	2,6100	0,5555	0,7085	0,2776	0,0771	0,3919
	Mujer	0,4449	1,5904	0,6674	0,6490	0,2168	0,0470	0,3341
	Total	0,3832	2,6100	0,5555	0,7017	0,2719	0,0739	0,3875
Velocidad_M_A-P_PD	Hombre	1,2729	15,4616	2,6842	2,4631	1,0924	1,1934	0,4435
	Mujer	1,3891	4,7846	1,6066	2,2974	0,7220	0,5213	0,3143
	Total	1,2729	15,4616	2,6842	2,4441	1,0575	1,1182	0,4327
Velocidad_M_M-L_COP	Hombre	1,0347	8,7366	1,8709	2,0693	0,7987	0,6379	0,3860
	Mujer	1,3057	5,7301	1,3057	2,1911	0,7602	0,5778	0,3469
	Total	1,0347	8,7366	1,8709	2,0833	0,7947	0,6316	0,3815
Velocidad_M_A-P_COP	Hombre	1,1000	12,0556	2,3000	2,0956	0,9028	0,8150	0,4308
	Mujer	1,2324	3,8273	1,8835	1,9386	0,5491	0,3015	0,2832
	Total	1,1000	12,0556	2,3000	2,0776	0,8707	0,7581	0,4191

El valor de la media de la variable *Velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo* es mayor en el eje antero-posterior frente al eje medio-lateral en el conjunto de hombres, pero no ocurre lo mismo en el conjunto de las mujeres ni en el global de la muestra. No obstante el valor que se obtiene para el global de la muestra es casi idéntico en ambos ejes (la diferencia es de un centésima de milímetro).

En cuanto a la variabilidad de los corredores para todas las variables de este grupo de velocidad media, el coeficiente de variabilidad fue menor en el eje medio-lateral que en el eje antero-posterior para el conjunto de hombres, en el global de la muestra. No siendo así en el conjunto de las mujeres para el COP del pie derecho y el COP del cuerpo.

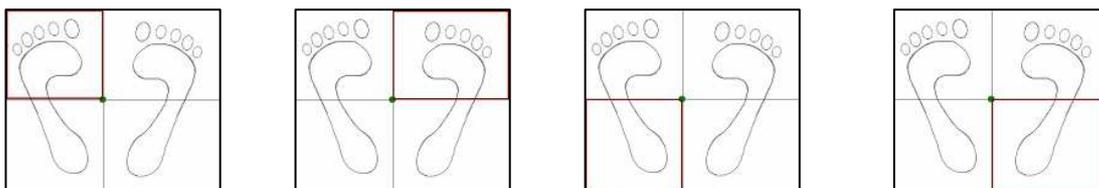
El conjunto de mujeres presentó una menor variabilidad que el conjunto de los hombres en todas las velocidades medias de ambos ejes tanto para el COP del pie izquierdo, el COP del pie derecho y el COP del cuerpo.

Los resultados apuntan a que el conjunto de las mujeres presentaron en esta muestra una mayor estabilidad en el eje antero-posterior que el conjunto de los hombres tanto para el pie izquierdo, el pie derecho y el cuerpo. También mostraron que el conjunto de las mujeres presentó una mayor estabilidad en el eje medio-lateral que el conjunto de los hombres, tanto para el pie izquierdo como para el pie derecho. En cambio la estabilidad del COP del cuerpo en el eje medio-lateral fue menor en el conjunto de los hombres que en el de las mujeres.

Los resultados de todas las variables de este grupo apuntan a que, en esta muestra concreta, el conjunto de mujeres presentó más estabilidad, en posición de reposo aparente en bipedestación, que el conjunto de los hombres en el eje medio-lateral y en el eje antero-posterior tanto para el pie izquierdo como para el pie derecho.

3.4.2.3. Descripción de la variable Presión media por cuadrante

La variable dependiente que denominamos en este estudio *Presión media por cuadrante* hace referencia al porcentaje real de carga, sobre el total de la masa del sujeto, que soporta cada una de las cuatro partes en las que se divide el apoyo del pie con el suelo. Esta división viene definida por las coordenadas que se derivan de la posición del COP del cuerpo (*Figura.3.22*).



Presion_M_ZoAn_Pi Presion_M_ZoAn_PD Presion_M_ZoPo_Pi Presion_M_Zo_Po_PD

Figura 3.22- Esquema de las variables de presión media por cuadrante en apoyo bipodal.

Se observó (Tabla 3.8) que la zona que soporta más carga se corresponde con el cuadrante correspondiente con la zona anterior del pie derecho. Esta zona de apoyo se sitúa en el metatarso del pie derecho en concreto. Esto ocurría para el conjunto de hombres (26,69%), de mujeres (26,88%) y el global (26,72%) de la muestra.

Tabla 3.8 Porcentajes de Presión media por cuadrante de apoyo bipodal

PRESION MEDIA POR CUADRANTE								
	Género	Mínimo	Máximo	Moda	Media	D. típica	Varianza	C.Variación
Presión_M_ZoAn_PI	Hombre	16,73	31,57	21,29	23,94	2,57	6,63	0,1076
	Mujer	19,34	31,42	22,92	24,27	2,51	6,29	0,1033
	Total	16,73	31,57	21,29	23,98	2,57	6,59	0,1071
Presión_M_ZoAn_PD	Hombre	14,70	36,01	27,66	26,69	2,68	7,20	0,1005
	Mujer	20,87	32,20	20,87	26,88	2,62	6,87	0,0975
	Total	14,70	36,01	27,66	26,72	2,67	7,15	0,1001
Presión_M_ZoPo_PI	Hombre	16,98	31,65	23,34	24,27	2,44	5,96	0,1006
	Mujer	17,19	29,94	25,18	23,54	2,41	5,83	0,1026
	Total	16,98	31,65	23,34	24,18	2,45	5,99	0,1012
Presión_M_ZoPo_PD	Hombre	15,05	32,18	25,50	25,10	2,45	6,02	0,0978
	Mujer	17,25	32,08	25,60	25,31	2,61	6,82	0,1032
	Total	15,05	32,18	25,50	25,12	2,47	6,11	0,0984

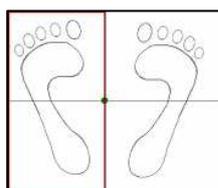
La zona que soporta menor carga se correspondió con el cuadrante de la zona anterior del pie izquierdo en el conjunto de hombres (23,94%) y en el global de la muestra (23,98%). El conjunto de mujeres, sin embargo, presentó menor carga (23,54%) en la zona posterior del pie izquierdo (talón).

Dentro del conjunto de los hombres se observó una menor variabilidad (9,78%) en el apoyo de la zona posterior del pie derecho. En el conjunto de las mujeres se constató una menor variabilidad (9,75%) en el apoyo de la zona anterior del pie derecho, mientras que en el global de la muestra se observaba una menor variabilidad (9,84%) en el apoyo de la zona posterior del pie derecho.

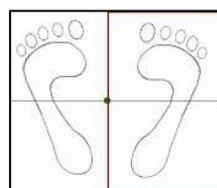
Las diferencias tan pequeñas en cuanto a la variabilidad de la muestra, para este grupo de variables, parecía indicar que no se encontraron valores extremos ni artefactos en esta muestra que pudieran sesgar los resultados. La mayor diferencia entre la presión media por cuadrantes, según la variable género, se encontró en la zona posterior del pie izquierdo en esta muestra.

3.4.2.4. Descripción de la variable Presión media de apoyo plantar

La variable dependiente que denominamos en este estudio *Presión media de apoyo plantar*, según el eje antero-posterior, hace referencia al porcentaje real de carga, sobre el total de la masa del sujeto que soporta cada una de las extremidades inferiores, medida en apoyo de los pies en contacto con el suelo. Esta división viene definida por las coordenadas (*Figura 3.23*) que se derivan de la posición del COP del cuerpo



Presion_M_PI



Presion_M_PD

Figura 3.23- Esquema de las variables de presión media según eje A-P en apoyo bipodal.

Los datos observados mostraron (*Tabla 3.9*) que el conjunto de hombres, el conjunto de mujeres y en el global de la muestra presentan mayor apoyo en el pie derecho que en el izquierdo.

Tabla 3.9 Porcentajes de Presión media por pie de apoyo bipodal

PRESION MEDIA SOPORTE PLANTAR POR PIE								
	Género	Mínimo	Máximo	Moda	Media	D. típica	Varianza	C.Variación
Presión_M_PI	Hombre	35,59	62,56	46,38	48,21	3,04	9,23	0,0630
	Mujer	42,04	56,14	47,65	47,81	2,66	7,05	0,0555
	Total	35,59	62,56	46,38	48,16	3,00	8,98	0,0622
Presión_M_PD	Hombre	37,43	64,42	50,59	51,79	3,04	9,23	0,0586
	Mujer	43,87	57,96	51,47	52,19	2,66	7,05	0,0509
	Total	37,43	64,42	50,59	51,84	3,00	8,98	0,0578

La variabilidad encontrada en la variable *Presión media del pie derecho* fue menor en el conjunto de hombres (5,86%), en el de mujeres (5,09%) y en el global (5,78%) de la muestra, aunque con diferencias mínimas.

Se observó que el grupo de hombres apoyaba un 3,58% (51,79 – 48,21) de media más en el pie derecho que en el izquierdo. En cambio el grupo de mujeres apoyaba un 4,38% (52,19 – 47,38) de media más en el pie derecho que en el izquierdo.

Los resultados apuntaban a que las mujeres apoyaban 0,80% (4,38 – 3,58) de media más que los hombres en el pie derecho que en el izquierdo.

3.4.2.5. Descripción de la variable Pie soporte dominante

La variable dependiente que denominamos en este estudio *Pie soporte dominante* hace referencia al apoyo dominante desde el punto de vista del porcentaje real de carga, sobre el total de la masa del sujeto que soporta cada una de las extremidades inferiores, medida en apoyo de los pies en contacto con el suelo. Se trata de una variable categórica en la que diferencias de presión menor o igual al 1% entre ambas extremidades inferiores no asignan dominancia a ninguno de ambos pies. (El criterio del 1% usado en este estudio ha sido ya expuesto en el punto 3.2.5.2.e).

El 70,02% del conjunto de hombres presentó (*Tabla 3.10*) una dominancia por presión en el pie derecho, un 18,91% dominancia por presión en el pie izquierdo y sólo el 11,07% apoyaban por igual en ambos pies.

En el caso del conjunto de mujeres el 76,32% presentó (*Tab.3.10*) una dominancia por presión en el pie derecho, un 15,79% dominancia por presión en el pie izquierdo y sólo el 7,89% apoyaban por igual en ambos pies.

Los resultados obtenidos mostraron un mayor apoyo del cuerpo sobre el pie derecho, tanto para el grupo de hombres como el de mujeres.

Tabla 3.10 Frecuencias: Pie soporte dominante

PIE SOPORTE DOMINANTE						
Diferencia del 1%	Clase	Género	Recuento	% clase	% muestra	% por sexo
Pie_Soporte_Dominante_1	Pie izquierdo	Hombre	111	90,24	16,74	18,91
		Mujer	12	9,76	1,81	15,79
		Total	123	100,00	18,55	18,55
	Pie derecho	Hombre	411	87,63	61,99	70,02
		Mujer	58	12,37	8,75	76,32
		Total	469	100,00	70,74	70,74
	Los dos pies	Hombre	65	91,55	9,80	11,07
		Mujer	6	8,45	0,90	7,89
		Total	71	100,00	10,71	10,71
	Total	Hombre	587	88,54	88,54	100,00
Mujer		76	11,46	11,46	100,00	
Total		663	100,00	100,00		

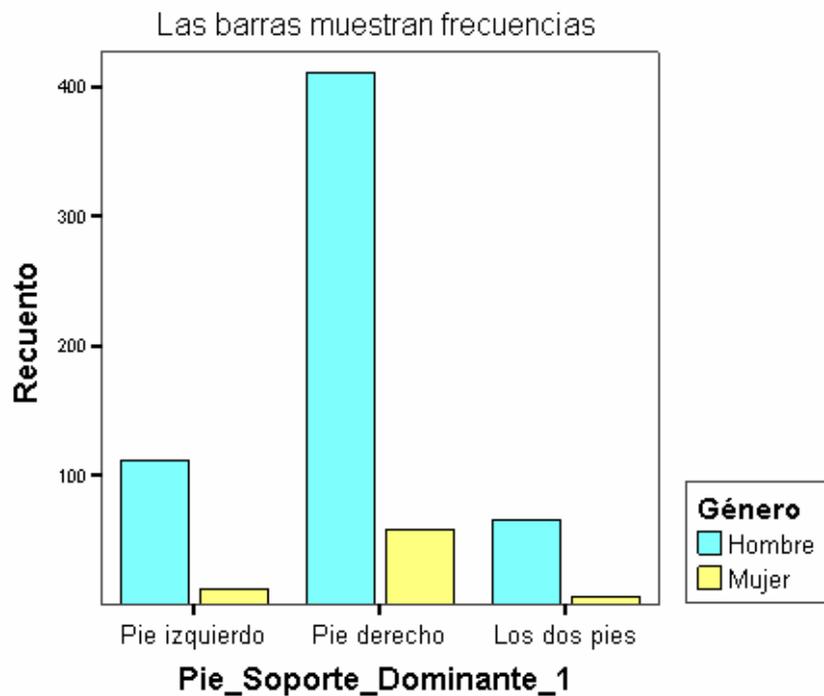


Figura 3.24-Frecuencias absolutas de pie soporte dominante

En el global de la muestra se observó que un 70,74% presentaban (*Tabla 3.10*) una dominancia por presión en el pie derecho, un 18,55% presentaban dominancia por presión en el pie izquierdo y sólo el 10,71% apoyaban por igual en ambos pies. En la figura 3.24 puede observarse de forma gráfica el reparto de esta variable entre los diferentes subconjuntos de la muestra mediante el recuento de casos teniendo en cuenta el total de los corredores.

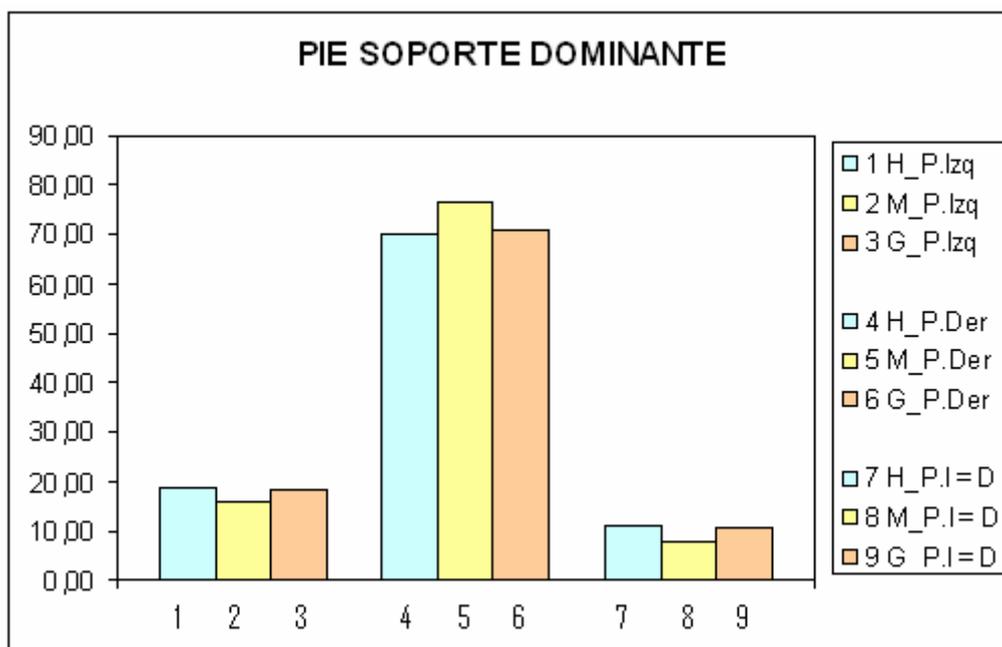


Figura 3.25-Frecuencias relativas por género de pie soporte dominante

No obstante, al realizar la representación gráfica de los valores de *Pie soporte dominante* (*Figura 3.25*) con porcentajes relativos, sobre el total parcial para cada género, se observó que la distribución de los casos es bastante similar entre hombres y mujeres independientemente del número de casos de este estudio.

3.4.2.6. Descripción de la variable Pie funcional dominante

La variable dependiente que denominamos en este estudio *Pie funcional dominante* hace referencia a la pierna con la que el sujeto muestra poseer

mayor habilidad a la hora de efectuar un ejercicio de precisión, no de fuerza, como golpear un balón de fútbol y controlar su trayectoria.

Tabla 3.11 Frecuencias: Pie funcional dominante

PIE FUNCIONAL DOMINANTE						
	Clase	Género	Recuento	% clase	% muestra	% por sexo
Pie_Funcional_Dominante	Pie izquierdo	Hombre	73	87,95	11,01	12,44
		Mujer	10	12,05	1,51	13,16
		Total	83	100,00	12,52	12,52
	Pie derecho	Hombre	503	88,56	75,87	85,69
		Mujer	65	11,44	9,80	85,53
		Total	568	100,00	85,67	85,67
	Los dos pies	Hombre	11	91,67	1,66	1,87
		Mujer	1	8,33	0,15	1,32
		Total	12	100,00	1,81	1,81
	Total	Hombre	587	88,54	88,54	100,00
		Mujer	76	11,46	11,46	100,00
		Total	663	100,00	100,00	

El conjunto de hombres, el de mujeres y el global de la muestra presentó un mayor valor (Tabla 3.11) de dominancia funcional en el apoyo del pie derecho, un valor bastante menor para el pie izquierdo, y mucho menos para un apoyo indistinto o similar en ambos pies (Figura 3.26).

No obstante, al realizar la representación gráfica de los valores de *Pie funcional dominante* (Figura 3.27) con porcentajes relativos, sobre el total parcial para cada género, se observó que la distribución de los casos es bastante similar entre hombres y mujeres independientemente del número de casos.

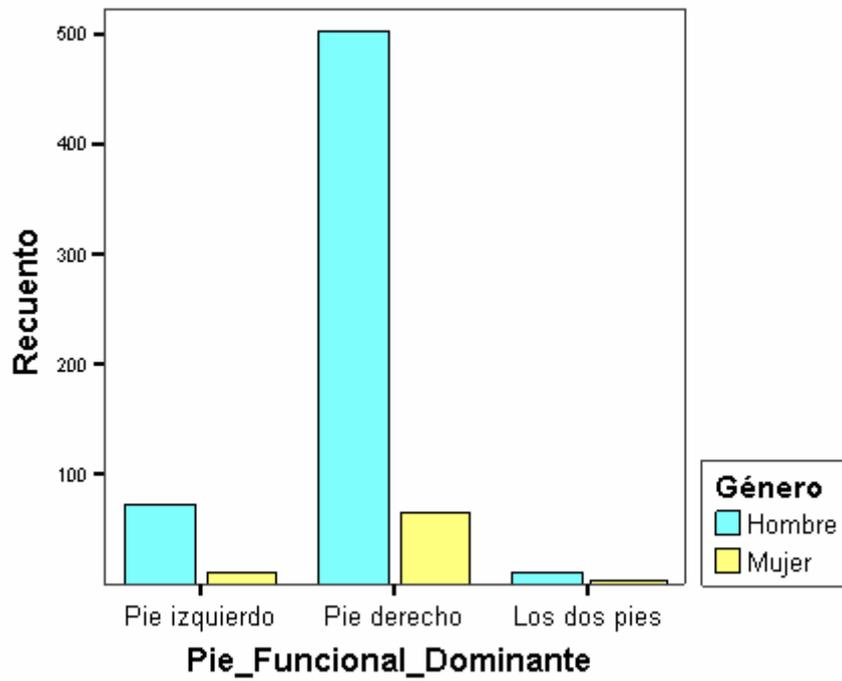


Figura 3.26-Frecuencias absolutas de pie funcional dominante

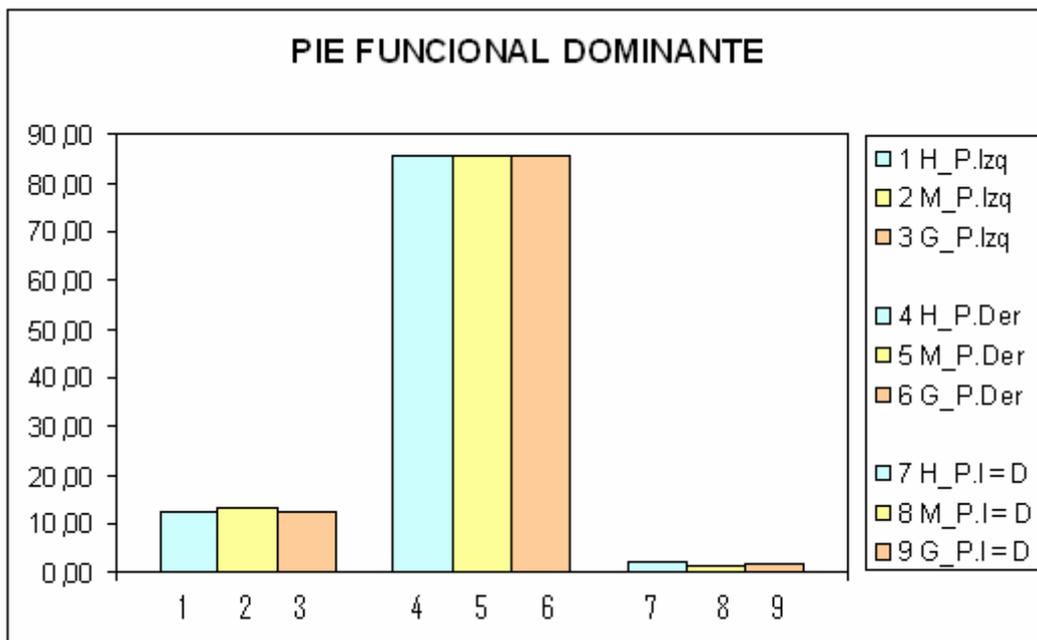


Figura 3.27-Frecuencias relativas por género pie funcional dominante

3.4.3. Estimación de estadísticos poblacionales

3.4.3.1. Estimación de la media y de la varianza poblacional: Rango de desplazamiento máximo del COP

Las estimaciones obtenidas de la media poblacional μ y de la varianza poblacional σ^2 del *Rango máximo de desplazamiento del COP* a partir de los valores muestrales mediante intervalos de confianza ($1-\alpha = 0,95$), diferenciando el conjunto de Hombres, el de Mujeres y el del Global considerado como suma de hombres y mujeres, se describen a continuación en la tabla 3.12.

Tabla 3.12 Interv.confianza para la media y varianza poblacional (mm) Rango Desplazamiento

RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO DEL COP									
Rango máximo	Género	Media	Límite inferior	Límite superior	Amplitud media	Varianza	Límite inferior	Límite superior	Amplitud varianza
Rango_M-L_PI	Hombre	0,6490	0,5946	0,7035	0,1089	0,4508	0,4018	0,5094	0,1076
	Mujer	0,4725	0,3851	0,5598	0,1747	0,1461	0,1087	0,2074	0,0988
	Total	0,6288	0,5795	0,6782	0,0987	0,4188	0,3732	0,4732	0,1000
Rango_A-P_PI	Hombre	3,1902	2,9577	3,4228	0,4650	8,2272	7,3327	9,2968	1,9641
	Mujer	2,7246	2,2980	3,1512	0,8532	3,4854	2,5926	4,9492	2,3566
	Total	3,1369	2,9253	3,3485	0,4232	7,6996	6,8624	8,7006	1,8382
Rango_M-L_PD	Hombre	0,6279	0,5684	0,6873	0,1189	0,5378	0,4793	0,6077	0,1284
	Mujer	0,4292	0,3341	0,5243	0,1902	0,1732	0,1288	0,2459	0,1171
	Total	0,6051	0,5512	0,6590	0,1078	0,4997	0,4453	0,5646	0,1193
Rango_A-P_PD	Hombre	3,1191	2,8802	3,3581	0,4779	8,6890	7,7442	9,8186	2,0744
	Mujer	2,7089	2,1918	3,2261	1,0343	5,1217	3,8098	7,2727	3,4629
	Total	3,0721	2,8526	3,2917	0,4391	8,2888	7,3876	9,3664	1,9788
Rango_M-L_COP	Hombre	2,2301	2,0064	2,4539	0,4475	7,6197	6,7912	8,6102	1,8191
	Mujer	2,0413	1,3953	2,6873	1,2920	7,9920	5,9449	11,3486	5,4036
	Total	2,2085	1,9975	2,4195	0,4219	7,6540	6,8218	8,6490	1,8273
Rango_A-P_COP	Hombre	2,9265	2,7187	3,1344	0,4157	6,5748	5,8599	7,4295	1,5696
	Mujer	2,5488	2,1224	2,9753	0,8529	3,4830	2,5909	4,9458	2,3550
	Total	2,8832	2,6929	3,0736	0,3807	6,2291	5,5518	7,0389	1,4871

Los resultados obtenidos de dichas estimaciones de los intervalos de confianza para la media poblacional mostraron que la amplitud de dichos intervalos fue mayor para el grupo de mujeres que el de hombres en todas las variables del

grupo *Rango de desplazamiento máximo del COP*, tanto en el eje medio-lateral como en el eje antero-posterior.

También se observó que el valor de la media es menor para el grupo de mujeres que el de hombres en todas las variables del grupo *Rango de desplazamiento máximo del COP*, tanto en el eje medio-lateral como en el eje antero-posterior.

3.4.3.2. Estimación de la media y de la varianza poblacional: Velocidad media desplazamiento del COP

Las estimaciones obtenidas de la media poblacional μ y de la varianza poblacional σ^2 de la *Velocidad media del desplazamiento del COP* a partir de

Tabla 3.13 Interv.confianza para la media y varianza poblacional (mm) Velocidad media

VELOCIDAD MEDIA DEL COP									
Velocidad media COP	Género	Media	Límite inferior	Límite superior	Amplitud media	Varianza	Límite inferior	Límite superior	Amplitud varianza
Velocidad_M_M-L_PI	Hombre	0,7501	0,7292	0,7710	0,0419	0,0667	0,0594	0,0753	0,0159
	Mujer	0,6752	0,6360	0,7144	0,0784	0,0294	0,0219	0,0418	0,0199
	Total	0,7415	0,7224	0,7606	0,0383	0,0629	0,0561	0,0711	0,0150
Velocidad_M_A-P_PI	Hombre	2,5385	2,4528	2,6243	0,1715	1,1190	0,9973	1,2645	0,2671
	Mujer	2,3730	2,2258	2,5202	0,2944	0,4148	0,3086	0,5891	0,2805
	Total	2,5196	2,4418	2,5973	0,1556	1,0403	0,9272	1,1756	0,2484
Velocidad_M_M-L_PD	Hombre	0,7085	0,6860	0,7310	0,0450	0,0771	0,0687	0,0871	0,0184
	Mujer	0,6490	0,5995	0,6986	0,0991	0,0470	0,0350	0,0668	0,0318
	Total	0,7017	0,6809	0,7224	0,0415	0,0739	0,0659	0,0835	0,0176
Velocidad_M_A-P_PD	Hombre	2,4631	2,3745	2,5516	0,1771	1,1934	1,0636	1,3486	0,2849
	Mujer	2,2974	2,1324	2,4624	0,3300	0,5213	0,3878	0,7402	0,3525
	Total	2,4441	2,3634	2,5247	0,1613	1,1182	0,9967	1,2636	0,2670
Velocidad_M_M-L_COP	Hombre	2,0693	2,0046	2,1341	0,1295	0,6379	0,5685	0,7208	0,1523
	Mujer	2,1911	2,0174	2,3648	0,3474	0,5778	0,4298	0,8205	0,3907
	Total	2,0833	2,0227	2,1439	0,1212	0,6316	0,5630	0,7137	0,1508
Velocidad_M_A-P_COP	Hombre	2,0956	2,0224	2,1687	0,1464	0,8150	0,7264	0,9210	0,1946
	Mujer	1,9386	1,8131	2,0641	0,2509	0,3015	0,2242	0,4281	0,2038
	Total	2,0776	2,0112	2,1440	0,1328	0,7581	0,6757	0,8567	0,1810

los valores muestrales mediante intervalos de confianza ($1-\alpha = 0,95$), diferenciando el conjunto de Hombres, el de Mujeres y el del Global considerado como suma de hombres y mujeres, se describen en la tabla 3.13.

Los resultados obtenidos de dichas estimaciones de los intervalos de confianza para la media poblacional y de la varianza poblacional mostraron que la amplitud de dichos intervalos fue mayor para el grupo de mujeres que el de hombres en todas las variables del grupo *Velocidad media de desplazamiento del COP*, tanto en el eje medio-lateral como en el eje antero-posterior.

También se observó que el valor de la media es menor para el grupo de mujeres que el de hombres en las variables, pie izquierdo y pie derecho, del grupo *Velocidad media de desplazamiento del COP*, tanto en el eje medio-lateral como en el eje antero-posterior.

3.4.3.3. Estimación media: % Presión por cuadrantes de apoyo plantar

Las estimaciones obtenidas de la media poblacional μ y de la varianza poblacional σ^2 del *Porcentaje de presión media por cuadrantes de apoyo plantar* a partir de los valores muestrales mediante intervalos de confianza ($1-\alpha = 0,95$), diferenciando el conjunto de Hombres, el de Mujeres y el del Global considerado como suma de hombres y mujeres, se describen a continuación en la tabla 3.14.

Los resultados obtenidos de dichas estimaciones de los intervalos de confianza, para la media poblacional y de la varianza poblacional, mostraron que la amplitud de dichos intervalos fue mayor para el grupo de mujeres que el de hombres en todas las variables del grupo *Porcentaje de presión media por cuadrantes de apoyo plantar*.

Tabla 3.14 Interv.confianza para la media y varianza poblacional (mm) Presión cuadrantes

PRESION MEDIA POR CUADRANTES									
% Presión por cuadrante	Género	Media	Límite inferior	Límite superior	Amplitud media	Varianza	Límite inferior	Límite superior	Amplitud varianza
Presión_M_ZoAn_PI	Hombre	23,9413	23,7326	24,1501	0,4175	6,6304	5,9095	7,4924	1,5829
	Mujer	24,2745	23,7012	24,8477	1,1465	6,2931	4,6812	8,9361	4,2549
	Total	23,9795	23,7837	24,1753	0,3916	6,5934	5,8766	7,4506	1,5741
Presión_M_ZoAn_PD	Hombre	26,6944	26,4770	26,9119	0,4349	7,1955	6,4132	8,1310	1,7178
	Mujer	26,8807	26,2817	27,4796	1,1978	6,8697	5,1100	9,7548	4,6448
	Total	26,7158	26,5119	26,9197	0,4079	7,1513	6,3737	8,0810	1,7072
Presión_M_ZoPo_PI	Hombre	24,2663	24,0684	24,4641	0,3957	5,9571	5,3094	6,7315	1,4222
	Mujer	23,5354	22,9838	24,0870	1,1032	5,8265	4,3341	8,2736	3,9395
	Total	24,1825	23,9959	24,3691	0,3732	5,9876	5,3366	6,7660	1,4294
Presión_M_ZoPo_PD	Hombre	25,0984	24,8994	25,2973	0,3979	6,0219	5,3672	6,8048	1,4376
	Mujer	25,3104	24,7136	25,9072	1,1937	6,8219	5,0746	9,6870	4,6125
	Total	25,1227	24,9342	25,3111	0,3769	6,1080	5,4439	6,9021	1,4582

3.4.3.4. Estimación media: % Presión media por soporte plantar

Las estimaciones obtenidas de la media poblacional μ y de la varianza poblacional σ^2 del *Porcentaje de presión media por soporte plantar* a partir de los valores muestrales mediante intervalos de confianza ($1-\alpha = 0,95$), diferenciando el conjunto de Hombres, el de Mujeres y el del Global considerado como suma de hombres y mujeres, se describen a continuación en la tabla 3.15.

Tabla 3.15 Interv.confianza para la media y varianza poblacional (mm) Presión soporte

PRESION MEDIA POR SOPORTE PLANTAR									
% Presión por pie	Género	Media	Límite inferior	Límite superior	Amplitud media	Varianza	Límite inferior	Límite superior	Amplitud varianza
Presión_M_PI	Hombre	48,2076	47,9614	48,4539	0,4924	9,2254	8,2224	10,4248	2,2024
	Mujer	47,8099	47,2030	48,4167	1,2137	7,0529	5,2464	10,0151	4,7687
	Total	48,1620	47,9335	48,3906	0,4571	8,9815	8,0049	10,1491	2,1442
Presión_M_PD	Hombre	51,7928	51,5466	52,0390	0,4924	9,2259	8,2228	10,4253	2,2025
	Mujer	52,1911	51,5842	52,7979	1,2137	7,0521	5,2457	10,0138	4,7681
	Total	51,8385	51,6099	52,0670	0,4571	8,9818	8,0052	10,1495	2,1443

Los resultados obtenidos de dichas estimaciones de los intervalos de confianza para la media poblacional y de la varianza poblacional mostraron que la amplitud de dichos intervalos fue mayor para el grupo de mujeres que el de hombres en todas las variables del grupo *Porcentaje de presión media por soporte plantar*.

Tanto en el grupo de mujeres como en el de hombres se encontró un valor medio de presión mayor en el pie derecho que en el izquierdo.

3.4.3.5. Estimación de proporciones

Para calcular la proporción poblacional Π con un intervalo de confianza del 95% precisamos de una muestra grande. En este estudio se dispuso de 587 hombres, 76 mujeres y un global de 663 sujetos entre ambos conjuntos. Tanto el conjunto de hombres, como el global de la muestra era de un tamaño considerable. El conjunto de las mujeres no alcanzaba los 100 sujetos que sería lo deseable, pero en la descripción del comportamiento de las otras variables del estudio se había observado que no presentan diferencias muy relevantes entre el conjunto de hombres y mujeres, por lo que a pesar de no tener un tamaño demasiado grande se procedió a realizar la estimación de la proporción poblacional para el conjunto de las mujeres.

3.4.3.5.1. Estimación proporción: Pie soporte dominante

La estimación de la proporción poblacional del *Pie soporte dominante* a partir de las proporciones muestrales (69) mediante intervalos de confianza ($1-\alpha = 0,95$), diferenciando el conjunto de Hombres, el de Mujeres y el del Global considerado como suma de hombres y mujeres, se describen para la variable *Pie soporte dominante pie izquierdo*, *Pie soporte dominante pie derecho* y *Pie soporte dominante ambos pies* en las tablas 3.16, 3.17 y 3.18 respectivamente.

Tabla 3.16 Interv.confianza para la proporción poblacional Pie soporte dominante Izq.

PIE SOPORTE DOMINANTE PIE IZQUIERDO											
Pie soporte dominante		Nro casos SI		Nro casos NO					Intervalo de confianza		
Clase	Género	n	p	n	q	Total	p+q	z	Error	L.Inf	L.Sup
Pie Sop.Dom. PIZ	Hombre	111	0,1891	476	0,8109	587	1,0000	1,96	0,0317	0,1574	0,2208
	Mujer	12	0,1579	64	0,8421	76	1,0000	1,96	0,0820	0,0759	0,2399
	Total	123	0,1855	540	0,8145	663	1,0000	1,96	0,0296	0,1559	0,2151

Tabla 3.17 Interv.confianza para la proporción poblacional Pie soporte dominante Der.

PIE SOPORTE DOMINANTE PIE DERECHO											
Pie soporte dominante		Nro casos SI		Nro casos NO					Intervalo de confianza		
Clase	Género	n	p	n	q	Total	p+q	z	Error	L.Inf	L.Sup
Pie Sop.Dom. PDE	Hombre	411	0,7002	176	0,2998	587	1,0000	1,96	0,0371	0,6631	0,7372
	Mujer	58	0,7632	18	0,2368	76	1,0000	1,96	0,0956	0,6676	0,8587
	Total	469	0,7074	194	0,2926	663	1,0000	1,96	0,0346	0,6728	0,7420

Tabla 3.18 Interv.confianza para la proporción poblacional Pie soporte dominante Ambos.

PIE SOPORTE DOMINANTE AMBOS PIES											
Pie soporte dominante		Nro casos SI		Nro casos NO					Intervalo de confianza		
Clase	Género	n	p	n	q	Total	p+q	z	Error	L.Inf	L.Sup
Pie Sop.Dom. AMBOS	Hombre	65	0,1107	522	0,8893	587	1,0000	1,96	0,0254	0,0853	0,1361
	Mujer	6	0,0789	70	0,9211	76	1,0000	1,96	0,0606	0,0183	0,1396
	Total	71	0,1071	592	0,8929	663	1,0000	1,96	0,0235	0,0836	0,1306

Los intervalos de confianza obtenidos para la proporción poblacional en el conjunto de las mujeres, para las tres variables, fue mayor que el obtenido para el conjunto de hombres. Esta diferencia es debida probablemente al reducido tamaño de muestra, en cuanto al grupo de mujeres, de que se dispuso para poder realizar esta estimación. La mayoría de los sujetos presentó un pie soporte dominante derecho, siendo el grupo de mujeres el que obtuvo una proporción mayor a la de los hombres.

3.4.3.5.2. Estimación proporción: Pie funcional dominante

La estimación de la proporción poblacional del *Pie funcional dominante* a partir de las proporciones muestrales (69) mediante intervalos de confianza ($1-\alpha =$

0,95), diferenciando el conjunto de Hombres, el de Mujeres y el del Global considerado como suma de hombres y mujeres, se describen para la variable *Pie funcional dominante pie izquierdo*, *Pie funcional dominante pie derecho* y *Pie funcional dominante ambos pies* en las tablas 3.19, 3.20 y 3.21 respectivamente.

Tabla 3.19 Intervalos de confianza proporción poblacional Pie Funcional Dominante Izq.

PIE FUNCIONAL DOMINANTE PIE IZQUIERDO											
Pie funcional dominante		Nro casos SI		Nro casos NO		Intervalo de confianza					
Clase	Género	n	p	n	q	Total	p+q	z	Error	L.Inf	L.Sup
Pie Fun.Dom. PIZ	Hombre	73	0,1244	514	0,8756	587	1,0000	1,96	0,0267	0,0977	0,1511
	Mujer	10	0,1316	66	0,8684	76	1,0000	1,96	0,0760	0,0556	0,2076
	Total	83	0,1252	580	0,8748	663	1,0000	1,96	0,0252	0,1000	0,1504

Tabla 3.20 Intervalos de confianza proporción poblacional Pie Funcional Dominante Der.

PIE FUNCIONAL DOMINANTE PIE DERECHO											
Pie funcional dominante		Nro casos SI		Nro casos NO		Intervalo de confianza					
Clase	Género	n	p	n	q	Total	p+q	z	Error	L.Inf	L.Sup
Pie Fun.Dom. PDE	Hombre	503	0,8569	84	0,1431	587	1,0000	1,96	0,0283	0,8286	0,8852
	Mujer	65	0,8553	11	0,1447	76	1,0000	1,96	0,0791	0,7762	0,9344
	Total	568	0,8567	95	0,1433	663	1,0000	1,96	0,0267	0,8300	0,8834

Tabla 3.21 Intervalos de confianza proporción poblacional Pie Funcional Dominante Ambos.

PIE FUNCIONAL DOMINANTE AMBOS PIES											
Pie funcional dominante		Nro casos SI		Nro casos NO		Intervalo de confianza					
Clase	Género	n	p	n	q	Total	p+q	z	Error	L.Inf	L.Sup
Pie Fun.Dom. AMBOS	Hombre	11	0,0187	576	0,9813	587	1,0000	1,96	0,0110	0,0078	0,0297
	Mujer	1	0,0132	75	0,9868	76	1,0000	1,96	0,0256	-0,0125	0,0388
	Total	12	0,0181	651	0,9819	663	1,0000	1,96	0,0101	0,0080	0,0282

El límite inferior del intervalo de confianza obtenido para la proporción poblacional de la variable *Pie funcional dominante ambos pies* toma valores negativos en el cálculo, en el conjunto de las mujeres, a causa de tamaño de la muestra para este dato, por lo que se asigna como límite inferior el valor cero.

Los intervalos de confianza obtenidos para la proporción poblacional en el conjunto de las mujeres, para las tres variables, fue mayor que el obtenido para el conjunto de hombres. Esta diferencia es debida probablemente al reducido

tamaño de muestra, en cuanto al grupo de mujeres, de que se dispuso para poder realizar esta estimación. La mayoría de los sujetos presentó un pie funcional dominante derecho, encontrándose valores casi idénticos entre el grupo de mujeres y el de hombres.

3.4.4. Independencia y asociación variables cuantitativas

Se desea conocer si existe alguna relación entre las diferentes variables de este estudio. Es preciso previamente conocer que tipo de distribución de probabilidad presentan para decidir si se aplican pruebas paramétricas o no paramétricas. Para ello en este estudio se usa el test de Kolmogorov-Smirnov para una sola muestra descrito en el punto 3.4.4.1.

3.4.4.1. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis de K-S para una muestra se detallan para las variables Edad, Peso y Altura en la tabla 3.22.

Tabla 3.22. Prueba de K-S para una muestra: Edad, Peso y Altura.

PRUEBAS DE NORMALIDAD MEDIANTE KOLMOGOROV-SMIRNOV

	Género	N	Media	Z de Kolmogorov-Smirnov	Sig. asintót. (bilateral)
Edad	Hombre	587	39,65	1,3178	0,0620
	Mujer	76	38,87	0,7900	0,5605
	Total	663	39,56	1,1499	0,1420
Peso	Hombre	587	73,76	3,3063	0,0000
	Mujer	76	58,79	1,0674	0,2046
	Total	663	72,05	3,0392	0,0000
Altura	Hombre	587	175,18	1,6751	0,0073
	Mujer	76	163,07	0,4667	0,9814
	Total	663	173,79	1,6853	0,0068

Las variables *Edad*, *Peso* y *Altura*, en el grupo de mujeres, presentaron una distribución gaussiana o normal. Sólo para la variable *Edad*, el grupo de

hombres, presentó una distribución normal. Por lo que se decidió usar pruebas no paramétricas para estas variables.

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis de K-S para una muestra se detallan para las variables del grupo Rango de desplazamiento máximo del COP en la tabla 3.23.

Tabla 3.23. Prueba de K-S para una muestra: Rango máximo desplazamiento COP.

PRUEBAS DE NORMALIDAD MEDIANTE KOLMOGOROV-SMIRNOV

Rango máximo	Género	N	Media	Z de Kolmogorov-Smirnov	Sig. asintót. (bilateral)
Rango_M-L_PI	Hombre	587	0,6490	5,0909	0,000
	Mujer	76	0,4725	1,6732	0,007
	Total	663	0,6288	5,4382	0,000
Rango_A-P_PI	Hombre	587	3,1902	4,2860	0,000
	Mujer	76	2,7246	1,3254	0,060
	Total	663	3,1369	4,5464	0,000
Rango_M-L_PD	Hombre	587	0,6279	5,5749	0,000
	Mujer	76	0,4292	1,9367	0,001
	Total	663	0,6051	5,9674	0,000
Rango_A-P_PD	Hombre	587	3,1191	4,6206	0,000
	Mujer	76	2,7089	1,8311	0,002
	Total	663	3,0721	4,9455	0,000
Rango_M-L_COP	Hombre	587	2,2301	6,0378	0,000
	Mujer	76	2,0413	2,6722	0,000
	Total	663	2,2085	6,5109	0,000
Rango_A-P_COP	Hombre	587	2,9265	4,3048	0,000
	Mujer	76	2,5488	1,4708	0,026
	Total	663	2,8832	4,4798	0,000

Todas las variables del grupo *Rango de desplazamiento máximo del COP* no presentaron una distribución gaussiana o normal, exceptuando, en el grupo de mujeres, para la variable *Rango de desplazamiento máximo del COP del Pie Izquierdo en el eje antero-posterior*. Por lo que se decidió usar pruebas no paramétricas para este grupo de variables.

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis de K-S para una muestra se detallan para las variables del grupo *Velocidad media del desplazamiento del COP* en la tabla 3.24.

Tabla 3.24. Prueba de K-S para una muestra: Velocidad media desplazamiento COP

PRUEBAS DE NORMALIDAD MEDIANTE KOLMOGOROV-SMIRNOV

	Género	N	Media	Z de Kolmogorov-Smirnov	Sig. asintót. (bilateral)
Velocidad_M_M-L_PI	Hombre	587	0,7501	2,9060	0,0000
	Mujer	76	0,6752	1,4466	0,0304
	Total	663	0,7415	3,2753	0,0000
Velocidad_M_A-P_PI	Hombre	587	2,5385	3,5518	0,0000
	Mujer	76	2,3730	1,5873	0,0130
	Total	663	2,5196	3,8659	0,0000
Velocidad_M_M-L_PD	Hombre	587	0,7085	4,0113	0,0000
	Mujer	76	0,6490	2,0543	0,0004
	Total	663	0,7017	4,4196	0,0000
Velocidad_M_A-P_PD	Hombre	587	2,4631	3,9298	0,0000
	Mujer	76	2,2974	1,8593	0,0020
	Total	663	2,4441	4,3852	0,0000
Velocidad_M_M-L_COP	Hombre	587	2,0693	3,3311	0,0000
	Mujer	76	2,1911	1,7411	0,0047
	Total	663	2,0833	3,5141	0,0000
Velocidad_M_A-P_COP	Hombre	587	2,0956	3,8807	0,0000
	Mujer	76	1,9386	1,6237	0,0103
	Total	663	2,0776	4,2284	0,0000

Todas las variables del grupo *Velocidad media del desplazamiento del COP* no presentaron una distribución gaussiana o normal. Por lo que se decidió usar pruebas no paramétricas para este grupo de variables.

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis de K-S para una muestra se detallan para las variables del grupo *Presión media* en la tabla 3.25.

Tabla 3.25. Prueba de K-S para una muestra: % Presión media por cuadrante de apoyo.

PRUEBAS DE NORMALIDAD MEDIANTE KOLMOGOROV-SMIRNOV

	Género	N	Media	Z de Kolmogorov-Smirnov	Sig. asintót. (bilateral)
Presión_M_ZoAn_PI	Hombre	587	23,94	0,8352	0,488
	Mujer	76	24,27	0,5627	0,910
	Total	663	23,98	0,7459	0,634
Presión_M_ZoAn_PD	Hombre	587	26,69	0,8160	0,518
	Mujer	76	26,88	0,6164	0,842
	Total	663	26,72	0,7511	0,625
Presión_M_ZoPo_PI	Hombre	587	24,27	0,9661	0,308
	Mujer	76	23,54	0,8405	0,480
	Total	663	24,18	1,0448	0,225
Presión_M_ZoPo_PD	Hombre	587	25,10	0,8149	0,520
	Mujer	76	25,31	0,4532	0,986
	Total	663	25,12	0,8094	0,529

Todas las variables del grupo *Presión media* presentaron una distribución gaussiana o normal. Por lo que se decidió usar pruebas paramétricas para este grupo de variables.

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis de K-S para una muestra se detallan para las variables del grupo *Presión media soporte plantar* en la tabla 3.26.

Tabla 3.26. Prueba de K-S para una muestra: % Presión media por pie.

PRESION MEDIA SOPORTE PLANTAR

	Género	N	Media	Z de Kolmogorov-Smirnov	Sig. asintót. (bilateral)
Presión media soporte	Hombre	587	48,21	1,0020	0,268
	Mujer	76	47,81	0,6743	0,754
	Total	663	48,16	1,0273	0,242
Presión_M_PD	Hombre	587	51,79	1,0297	0,240
	Mujer	76	52,19	0,6731	0,755
	Total	663	51,84	1,0486	0,222

Todas las variables del grupo *Presión media soporte plantar* presentaron una distribución gaussiana o normal. Por lo que se decidió usar pruebas paramétricas para este grupo de variables.

3.4.4.2. Correlación Rangos de desplazamiento máximo del COP

Todas las variables del grupo *Rango de desplazamiento máximo, tanto en el eje antero-posterior como en el eje medio-lateral, del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo* siguen una distribución de probabilidad no normal según los resultados obtenidos mediante el test de Kolmogorov-Smirnov para una muestra.

Se procedió a realizar un estudio de correlación no paramétrico con el Coeficiente de Correlación Rho de Spearman que mide el grado de asociación existente entre dos variables cuantitativas. El nivel de significación se fijó en el 95%.

El contraste de hipótesis que se planteó en esta prueba fue el siguiente:

H_0 : Las medias de las variables no están relacionadas

H_1 : Las medias de las variables sí están relacionadas

Para la interpretación del coeficiente de correlación (42) se siguió la escala descrita en el apartado 3.3.8.4.

Los resultados que se obtuvieron para este contraste de correlación relativas al grupo de variables *Rango de desplazamiento máximo del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo* se detallan a continuación para el conjunto de hombres (*Tabla 3.27*), el conjunto de mujeres (*Tabla 3.28*) y el global de la muestra (*Tabla 3.29*).

El nivel de significación bilateral que se obtuvo para todos los pares de variables perteneciente al grupo de *Rango máximo de desplazamiento del COP*, en el conjunto de hombres, es menor de 0,05 por lo que se tomó la decisión de aceptar la hipótesis alternativa “H₁: Las medias de las variables sí están relacionadas” para todos los pares contrastados en este grupo de variables.

Tabla 3.27. Grado de asociación Rango de desplazamiento máximo del COP(Hombres).

RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO DEL COP HOMBRES							
Rho de Spearman	Hombres: (N=587)	Rango M-L_PI	Rango A-P_PI	Rango M-L_PD	Rango A-P_PD	Rango M-L_COP	Rango A-P_COP
Rango_M-L_PI	Coef. correlación Sig. (bilateral)	1,000 .	0,718 0,000	0,704 0,000	0,633 0,000	0,736 0,000	0,698 0,000
Rango_A-P_PI	Coef. correlación Sig. (bilateral)	0,718 0,000	1,000 .	0,599 0,000	0,714 0,000	0,677 0,000	0,905 0,000
Rango_M-L_PD	Coef. correlación Sig. (bilateral)	0,704 0,000	0,599 0,000	1,000 .	0,730 0,000	0,743 0,000	0,693 0,000
Rango_A-P_PD	Coef. correlación Sig. (bilateral)	0,633 0,000	0,714 0,000	0,730 0,000	1,000 .	0,700 0,000	0,916 0,000
Rango_M-L_COP	Coef. correlación Sig. (bilateral)	0,736 0,000	0,677 0,000	0,743 0,000	0,700 0,000	1,000 .	0,717 0,000
Rango_A-P_COP	Coef. correlación Sig. (bilateral)	0,698 0,000	0,905 0,000	0,693 0,000	0,916 0,000	0,717 0,000	1,000 .

Se observó un nivel de asociación positiva muy fuerte (0,905) entre el *Rango de desplazamiento máximo del COP del pie izquierdo* en el eje antero-posterior (*Rango_A-P_PI*) y *Rango de desplazamiento máximo del COP del cuerpo* en el eje antero-posterior (*Rango_A-P_COP*). También se detectó un nivel de asociación positiva muy fuerte (0,916) entre el *Rango de desplazamiento máximo del COP del pie derecho* en el eje antero-posterior (*Rango_A-P_PD*) y el *Rango de desplazamiento máximo del COP del cuerpo* en el eje antero-posterior (*Rango_A-P_COP*).

El resto de correlaciones entre los diferentes pares de variables presentaron correlaciones positivas superiores a 0,50 (la más pequeña es de 0,633), por lo que representan una asociación moderada.

Estos resultados sugieren que, en el grupo de hombres y en el eje antero-posterior, el desplazamiento del COP del pie izquierdo y del COP del pie derecho presentan una gran influencia en los valores que toma el

desplazamiento del COP del cuerpo en este mismo eje. La relación existente para las mismas variables, pero en el eje medio-lateral, aparece menor en el grupo de hombres.

El nivel de significación bilateral (Tabla 3.28) que se obtuvo para todos los pares de variables perteneciente al grupo de *Rango máximo de desplazamiento del COP*, en el conjunto de mujeres, fue menor de 0,05 por lo que se tomó la decisión de aceptar la hipótesis alternativa “H₁: Las medias de las variables sí están relacionadas” para todos los pares contrastados en este grupo de variables.

Tabla 3.28. Grado de asociación Rango de desplazamiento máximo del COP (Mujeres).

RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO DEL COP MUJERES							
Rho de Spearman	Mujeres: (N=76)	Rango M-L_PI	Rango A-P_PI	Rango M-L_PD	Rango A-P_PD	Rango M-L_COP	Rango A-P_COP
Rango_M-L_PI	Coef. correlación Sig. (bilateral)	1,000 .	0,643 0,000	0,583 0,000	0,486 0,000	0,625 0,000	0,541 0,000
Rango_A-P_PI	Coef. correlación Sig. (bilateral)	0,643 0,000	1,000 .	0,428 0,000	0,702 0,000	0,548 0,000	0,867 0,000
Rango_M-L_PD	Coef. correlación Sig. (bilateral)	0,583 0,000	0,428 0,000	1,000 .	0,554 0,000	0,546 0,000	0,499 0,000
Rango_A-P_PD	Coef. correlación Sig. (bilateral)	0,486 0,000	0,702 0,000	0,554 0,000	1,000 .	0,584 0,000	0,922 0,000
Rango_M-L_COP	Coef. correlación Sig. (bilateral)	0,625 0,000	0,548 0,000	0,546 0,000	0,584 0,000	1,000 .	0,566 0,000
Rango_A-P_COP	Coef. correlación Sig. (bilateral)	0,541 0,000	0,867 0,000	0,499 0,000	0,922 0,000	0,566 0,000	1,000 .

Se observó un nivel de asociación positiva fuerte (0,867) entre el *Rango de desplazamiento máximo del COP del pie izquierdo* en el eje antero-posterior (*Rango_A-P_PI*) y *Rango de desplazamiento máximo del COP del cuerpo* en el eje antero-posterior (*Rango_A-P_COP*). También se detectó un nivel de asociación positiva muy fuerte (0,922) entre el *Rango de desplazamiento máximo del COP del pie derecho* en el eje antero-posterior (*Rango_A-P_PD*) y *Rango de desplazamiento máximo del COP del cuerpo* en el eje antero-posterior (*Rango_A-P_COP*).

El resto de correlaciones entre los diferentes pares de variables de este grupo presentaron correlaciones positivas que representan una asociación moderada (inferior al 0,75) o débil (por debajo del 0.50).

Estos resultados sugieren que, en el grupo de mujeres y en el eje antero-posterior, el desplazamiento del COP del pie izquierdo y del COP del pie derecho presentan una gran influencia en los valores que toma el desplazamiento del COP del cuerpo en este mismo eje. La relación existente para las mismas variables, pero en el eje medio-lateral, aparece menor en el grupo de mujeres.

El nivel de significación bilateral (*Tabla 3.29*) que se obtiene para todos los pares de variables perteneciente al grupo de *Rango máximo de desplazamiento del COP*, en el conjunto del global, es menor de 0,05 por lo que se toma la decisión de aceptar la hipótesis alternativa “H₁: Las medias de las variables sí están relacionadas” para todos los pares contrastados en este grupo de variables.

Tabla 3.29. Grado de asociación Rango de desplazamiento máximo del COP (Global).

RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO DEL COP GLOBAL							
Rho de Spearman	Global: (N=663)	Rango M-L_PI	Rango A-P_PI	Rango M-L_PD	Rango A-P_PD	Rango M-L_COP	Rango A-P_COP
Rango_M-L_PI	Coef. correlación Sig. (bilateral)	1,000 .	0,708 0,000	0,695 0,000	0,616 0,000	0,722 0,000	0,681 0,000
Rango_A-P_PI	Coef. correlación Sig. (bilateral)	0,708 0,000	1,000 .	0,581 0,000	0,715 0,000	0,665 0,000	0,902 0,000
Rango_M-L_PD	Coef. correlación Sig. (bilateral)	0,695 0,000	0,581 0,000	1,000 .	0,710 0,000	0,722 0,000	0,671 0,000
Rango_A-P_PD	Coef. correlación Sig. (bilateral)	0,616 0,000	0,715 0,000	0,710 0,000	1,000 .	0,691 0,000	0,916 0,000
Rango_M-L_COP	Coef. correlación Sig. (bilateral)	0,722 0,000	0,665 0,000	0,722 0,000	0,691 0,000	1,000 .	0,704 0,000
Rango_A-P_COP	Coef. correlación Sig. (bilateral)	0,681 0,000	0,902 0,000	0,671 0,000	0,916 0,000	0,704 0,000	1,000 .

Se observa un nivel de asociación positiva muy fuerte (0,902) entre el *Rango de desplazamiento máximo del COP del pie izquierdo* en el eje antero-posterior (*Rango_A-P_PI*) y el *Rango de desplazamiento máximo del COP del cuerpo* en el eje antero-posterior (*Rango_A-P_COP*). También se detecta un nivel de asociación positiva muy fuerte (0,916) entre el *Rango de desplazamiento máximo del COP del pie derecho* en el eje antero-posterior (*Rango_A-P_PD*) y

el *Rango de desplazamiento máximo del COP del cuerpo* en el eje antero-posterior (*Rango_A-P_COP*).

El resto de correlaciones entre los diferentes pares de variables presentan correlaciones positivas superiores a 0,50 y menores a 0,75, por lo que presentan una asociación moderada.

Estos resultados sugieren que, en el global de la muestra (hombres y mujeres) y en el eje antero-posterior, el desplazamiento del COP del pie izquierdo y del COP del pie derecho presentan una gran influencia en los valores que toma el desplazamiento del COP del cuerpo en este mismo eje. La relación existente para las mismas variables, pero en el eje medio-lateral, aparece menor en el grupo de hombres y mujeres conjuntamente.

3.4.4.3. Correlación velocidad media del desplazamiento del COP

Todas las variables del grupo *Velocidad media del desplazamiento*, tanto en el eje antero-posterior como en el eje medio-lateral, *del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo* no siguen una distribución de probabilidad gaussiana o normal según los resultados obtenidos mediante el test de Kolmogorov-Smirnov para una muestra.

Se procedió a realizar un estudio de correlación no paramétrico con el Coeficiente de Correlación Rho de Spearman que mide el grado de asociación existente entre dos variables cuantitativas. El nivel de significación se fijó en el 95%.

El contraste de hipótesis que se planteó en esta prueba fue el siguiente:

H_0 : Las medias de las variables no están relacionadas

H_1 : Las medias de las variables sí están relacionadas

Los resultados que se obtuvieron para este contraste de correlación relativas al grupo de variables *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie*

izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo para el conjunto de hombres (Tabla 3.30), el conjunto de mujeres (Tabla 3.31) y el global de la muestra (Tabla 3.32) se describen a continuación.

El nivel de significación bilateral que se obtuvo para todos los pares de variables perteneciente al grupo de *Velocidad media del desplazamiento del COP* (Tabla 3.30), en el conjunto de hombres, es menor de 0,05 por lo que se tomó la decisión de aceptar la hipótesis alternativa “H₁: Las medias de las variables sí están relacionadas” para todos los pares contrastados en este grupo de variables.

Tabla 3.30. Grado de asociación Velocidad media desplazamiento del COP (Hombres).

VELOCIDAD MEDIA DEL DESPLAZAMIENTO DEL COP (HOMBRES)							
Rho de Spearman	Hombres: (N=587)	V.media M-L_PI	V.media A-P_PI	V.media M-L_PD	V.media A-P_PD	V.media M-L_COP	V.media A-P_COP
Velocidad_M_M-L_PI	Coef. correlación Sig. (bilateral)	1,000 .	0,690 0,000	0,713 0,000	0,611 0,000	0,747 0,000	0,651 0,000
Velocidad_M_A-P_PI	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	0,690 0,000	1,000 .	0,618 0,000	0,744 0,000	0,768 0,000	0,912 0,000
Velocidad_M_M-L_PD	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	0,713 0,000	0,618 0,000	1,000 .	0,774 0,000	0,680 0,000	0,720 0,000
Velocidad_M_A-P_PD	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	0,611 0,000	0,744 0,000	0,774 0,000	1,000 .	0,727 0,000	0,926 0,000
Velocidad_M_M-L_COP	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	0,747 0,000	0,768 0,000	0,680 0,000	0,727 0,000	1,000 .	0,766 0,000
Velocidad_M_A-P_COP	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	0,651 0,000	0,912 0,000	0,720 0,000	0,926 0,000	0,766 0,000	1,000 .

Se observó un nivel de asociación positiva muy fuerte (0,912) entre la *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo* en el eje antero-posterior (*Velocidad_M_A-P_PI*) y la *Velocidad media del desplazamiento el COP del cuerpo* en el eje antero-posterior (*Velocidad_M_A-P_COP*). También se detectó un nivel de asociación positiva muy fuerte (0,926) entre la *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie derecho* en el eje antero-posterior (*Velocidad_M_A-P_PD*) y la *Velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo* en el eje antero-posterior (*Velocidad_M_A-P_COP*).

Así mismo se observó un nivel de asociación positiva fuerte (0,768) entre la *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo* en el eje antero-posterior (*Velocidad_M_A-P_Pi*) y la *Velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo* en el eje medio-lateral (*Velocidad_M_M-L_COP*); se constató un nivel de asociación positiva fuerte (0,774) entre la *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie derecho* en el eje medio-lateral (*Velocidad_M_M-L_PD*) y la *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie derecho* en el eje antero-posterior (*Velocidad_M_A-P_PD*).

También se detectó un nivel de asociación positiva fuerte (0,766) entre la *Velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo* en el eje medio-lateral (*Velocidad_M_M-L_COP*) y la *Velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo* en el eje antero-posterior (*Velocidad_M_A-P_COP*).

El resto de correlaciones entre los diferentes pares de variables de este grupo del conjunto de hombres tenían correlaciones positivas superiores a 0,50, (la más pequeña es de 0,611) por lo que presentaron una asociación moderada.

Estos resultados sugieren que, en el grupo de hombres y en el eje antero-posterior, la velocidad media de desplazamiento del COP del pie izquierdo y del COP del pie derecho presentan una gran influencia en los valores que toma la velocidad media de desplazamiento del COP del cuerpo en este mismo eje. La relación existente para las mismas variables, pero en el eje medio-lateral, aparece menor en el grupo de hombres.

El nivel de significación bilateral que se obtuvo para todos los pares de variables perteneciente al grupo de *Velocidad media del desplazamiento del COP* (Tabla 3.31), en el conjunto de mujeres, fue menor de 0,05 por lo que se tomó la decisión de aceptar la hipótesis alternativa “H₁: Las medias de las variables sí están relacionadas” para todos los pares contrastados en este grupo de variables.

Se observó un nivel de asociación positiva fuerte (0,862) entre la *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo* en el eje antero-posterior

(*Velocidad_M_A-P_PI*) y la *Velocidad media del desplazamiento el COP del cuerpo* en el eje antero-posterior (*Velocidad_M_A-P_COP*). También se detectó un nivel de asociación positiva fuerte (0,895) entre la *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie derecho* en el eje antero-posterior (*Velocidad_M_A-P_PD*) y la *Velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo* en el eje antero-posterior (*Velocidad_M_A-P_COP*).

Tabla 3.31. Grado de asociación *Velocidad media desplazamiento del COP (Mujeres)*.

VELOCIDAD MEDIA DEL DESPLAZAMIENTO DEL COP (MUJERES)

Rho de Spearman	Mujeres: (N=76)	V.media M-L_PI	V.media A-P_PI	V.media M-L_PD	V.media A-P_PD	V.media M-L_COP	V.media A-P_COP
Velocidad_M_M-L_PI	Coef. correlación Sig. (bilateral)	1,000 .	0,692 0,000	0,503 0,000	0,505 0,000	0,627 0,000	0,624 0,000
Velocidad_M_A-P_PI	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	0,692 0,000	1,000 .	0,334 0,003	0,623 0,000	0,628 0,000	0,862 0,000
Velocidad_M_M-L_PD	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	0,503 0,000	0,334 0,003	1,000 .	0,551 0,000	0,611 0,000	0,482 0,000
Velocidad_M_A-P_PD	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	0,505 0,000	0,623 0,000	0,551 0,000	1,000 .	0,699 0,000	0,895 0,000
Velocidad_M_M-L_COP	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	0,627 0,000	0,628 0,000	0,611 0,000	0,699 0,000	1,000 .	0,721 0,000
Velocidad_M_A-P_COP	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	0,624 0,000	0,862 0,000	0,482 0,000	0,895 0,000	0,721 0,000	1,000 .

El resto de correlaciones entre los diferentes pares de variables de este grupo del conjunto de mujeres presentaron una correlación positiva moderada o débil.

Estos resultados sugieren que, en el grupo de mujeres y en el eje antero-posterior, la velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo y del COP del pie derecho presentan una gran influencia en los valores que toma la velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo en este mismo eje. La relación existente para las mismas variables, pero en el eje medio-lateral, aparece menor en el grupo de mujeres.

El nivel de significación bilateral que se obtuvo para todos los pares de variables perteneciente al grupo de *Velocidad media del desplazamiento del COP (Tabla 3.32)*, en el conjunto global, es menor de 0,05 por lo que se tomó la decisión de aceptar la hipótesis alternativa “H₁: Las medias de las variables

sí están relacionadas” para todos los pares contrastados en este grupo de variables.

Se observó un nivel de asociación positiva muy fuerte (0,908) entre la *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo* en el eje antero-posterior (*Velocidad_M_A-P_PI*) y la *Velocidad media del desplazamiento el COP del cuerpo* en el eje antero-posterior (*Velocidad_M_A-P_COP*). También se detectó un nivel de asociación positiva muy fuerte (0,923) entre la *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie derecho* en el eje antero-posterior (*Velocidad_M_A-P_PD*) y la *Velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo* en el eje antero-posterior (*Velocidad_M_A-P_COP*).

Tabla 3.32. Grado de asociación Velocidad media desplazamiento del COP (Global).

VELOCIDAD MEDIA DEL DESPLAZAMIENTO DEL COP (GLOBAL)							
Rho de Spearman	Global: (N=663)	V.media M-L_PI	V.media A-P_PI	V.media M-L_PD	V.media A-P_PD	V.media M-L_COP	V.media A-P_COP
Velocidad_M_M-L_PI	Coef. correlación Sig. (bilateral)	1,000 .	0,689 0,000	0,699 0,000	0,602 0,000	0,724 0,000	0,649 0,000
Velocidad_M_A-P_PI	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	0,689 0,000	1,000 .	0,595 0,000	0,733 0,000	0,750 0,000	0,908 0,000
Velocidad_M_M-L_PD	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	0,699 0,000	0,595 0,000	1,000 .	0,758 0,000	0,666 0,000	0,702 0,000
Velocidad_M_A-P_PD	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	0,602 0,000	0,733 0,000	0,758 0,000	1,000 .	0,715 0,000	0,923 0,000
Velocidad_M_M-L_COP	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	0,724 0,000	0,750 0,000	0,666 0,000	0,715 0,000	1,000 .	0,754 0,000
Velocidad_M_A-P_COP	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	0,649 0,000	0,908 0,000	0,702 0,000	0,923 0,000	0,754 0,000	1,000 .

Así mismo se obtuvo un nivel de asociación positiva fuerte (0,750) entre la *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo* en el eje antero-posterior (*Velocidad_M_A-P_PI*) y la *Velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo* en el eje medio-lateral (*Velocidad_M_M-L_COP*); también se constató un nivel de asociación positiva fuerte (0,758) entre la *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie derecho* en el eje medio-lateral (*Velocidad_M_M-L_PD*) y la *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie derecho* en el eje antero-posterior (*Velocidad_M_A-P_PD*).

Se detectó un nivel de asociación positiva fuerte (0,754) entre la *Velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo* en el eje medio-lateral (*Velocidad_M_M-L_COP*) y la *Velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo* en el eje antero-posterior (*Velocidad_M_A-P_COP*).

El resto de correlaciones entre los diferentes pares de variables de este grupo del conjunto de hombres presentaron correlaciones positivas superiores a 0,50, (la más pequeña es de 0,595) por lo que presentan una asociación moderada.

Estos resultados sugieren que, en el global de la muestra y en el eje antero-posterior, la velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo y del COP del pie derecho presentan una gran influencia en los valores que toma la velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo en este mismo eje. La relación existente para las mismas variables, pero en el eje medio-lateral, aparece menor en el grupo de hombres y de mujeres conjuntamente.

3.4.4.4. Correlación presión media por cuadrantes y apoyo plantar

Todas las variables del grupo *Presión media por cuadrantes de apoyo plantar* y *Presión media soporte plantar* siguen una distribución de probabilidad gaussiana o normal según los resultados obtenidos mediante el test de Kolmogorov-Smirnov para una muestra.

Se procedió a realizar un estudio de correlación paramétrico con el Coeficiente de Correlación de Pearson que mide el grado de asociación existente entre dos variables cuantitativas. El nivel de significación se fija en el 95%.

El contraste de hipótesis que se planteó en esta prueba fue el siguiente:

H₀: Las medias de las variables no están relacionadas

H₁: Las medias de las variables sí están relacionadas

En este estudio se han combinado las cuatro variables del grupo *Presión media por cuadrantes de apoyo plantar* junto a las dos variables del grupo *Presión media soporte plantar*, para dilucidar si podía existir una relación suficientemente significativa entre uno de los cuadrantes de apoyo plantar con alguna de las zonas de soporte plantar del cuerpo.

Los resultados que se obtuvieron para este contraste de correlación del grupo de variables *Presión media por cuadrante de apoyo plantar* se muestran a continuación para el conjunto de hombres (*Tabla 3.33*), el conjunto de mujeres (*Tabla 3.34*) y el global de la muestra (*Tabla 3.35*).

Tabla 3.33. Grado de asociación Presión media por cuadrantes de apoyo plantar (Hombres).

PRESION MEDIA POR CUADRANTE (HOMBRES)							
Correlación de Pearson	Hombres: (N=587)	P.media ZoAn_PI	P.media ZoAn_PD	P.media ZoPo_PI	P.media ZoPo_PD	P.media PI	P.media PD
Presión_M_ZoAn_PI	Coef. correlación Sig. (bilateral)	1,000	-0,183 0,000	-0,267 0,000	-0,583 0,000	0,633 0,000	-0,633 0,000
Presión_M_ZoAn_PD	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	-0,183 0,000	1,000	-0,601 0,000	-0,303 0,000	-0,638 0,000	0,638 0,000
Presión_M_ZoPo_PI	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	-0,267 0,000	-0,601 0,000	1,000	-0,057 0,168	0,577 0,000	-0,577 0,000
Presión_M_ZoPo_PD	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	-0,583 0,000	-0,303 0,000	-0,057 0,168	1,000	-0,540 0,000	0,540 0,000
Presión_M_PI	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	0,633 0,000	-0,638 0,000	0,577 0,000	-0,540 0,000	1,000	-1,000 0,000
Presión_M_PD	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	-0,633 0,000	0,638 0,000	-0,577 0,000	0,540 0,000	-1,000 0,000	1,000

El nivel de significación bilateral que se obtuvo para el par de variables siguientes (*presión media zona posterior del pie izquierdo versus presión media zona posterior del pie derecho*)

$$\text{Presion_M_ZoPo_PI} \leftrightarrow \text{Presion_M_ZoPo_PD}$$

en el conjunto de los hombres es de $p=0,168 > 0,05$, por lo que no parece existir relación entre las medias de estas dos variables.

El nivel de significación bilateral que se obtuvo para el resto de los pares de variables perteneciente al grupo de *Presión media por cuadrante de apoyo*

plantar (Tabla 3.33), en el conjunto de los hombres, es menor de 0,05 por lo que se tomó la decisión de aceptar la hipótesis alternativa “H₁: Las medias de las variables sí están relacionadas” para todos los pares contrastados en este grupo de variables.

Se observó un nivel de asociación completo con un valor de correlación $r=1$ para el par de variables siguientes (*presión media del pie izquierdo versus presión media del pie derecho*)

$$\text{Presion_M_PI} \leftrightarrow \text{Presion_M_PD}$$

Esta asociación es meramente de tipo funcional, ya que estas dos variables están directamente relacionadas una con la otra dado que la suma de los dos porcentajes de presión, correspondientes a cada extremidad inferior, sigue la ecuación siguiente

$$\% \text{Presion_M_PI} + \% \text{Presion_M_PD} = 100,00$$

Ambas variables se han incluido, en esta tabla de correlaciones cruzadas, con el objetivo de averiguar si existe alguna correlación significativa y relevante de alguna de las cuatro zonas de apoyo del pie con el apoyo de una de las extremidades inferiores.

El resto de correlaciones entre los diferentes pares de variables de este grupo del conjunto de hombres presentaron correlaciones inferiores a 0,75, (la más grande es de $r = |0,638|$) por lo que presentan una asociación moderada.

El nivel de significación bilateral que se obtuvo para el par de variables siguiente

$$\text{Presion_M_ZoPo_PI} \leftrightarrow \text{Presion_M_ZoPo_PD}$$

en el conjunto de mujeres (Tabla 3.34) es de $p=0,756 > 0,05$ por lo que no parece existir relación entre las medias de estas dos variables.

El nivel de significación bilateral que se obtuvo para el par de variables siguientes (*presión media zona anterior del pie derecho versus presión media zona anterior del pie izquierdo*)

$$\text{Presion_M_ZoAn_PD} \leftrightarrow \text{Presion_M_ZoAn_PI}$$

en el conjunto de mujeres es de $p=0,972 > 0,05$ por lo que no parece existir relación entre las medias de estas dos variables.

Tabla 3.34. Grado de asociación Presión media por cuadrantes de apoyo plantar (Mujeres).

PRESION MEDIA POR CUADRANTE (MUJERES)							
Correlación de Pearson	Mujeres: (N=76)	P.media ZoAn_PI	P.media ZoAn_PD	P.media ZoPo_PI	P.media ZoPo_PD	P.media PI	P.media PD
Presión_M_ZoAn_PI	Coef. correlación	1,000	-0,004	-0,418	-0,570	0,564	-0,564
	Sig. (bilateral)		0,972	0,000	0,000	0,000	0,000
Presión_M_ZoAn_PD	Coef. Correlación	-0,004	1,000	-0,557	-0,485	-0,510	0,510
	Sig. (bilateral)	0,972		0,000	0,000	0,000	0,000
Presión_M_ZoPo_PI	Coef. Correlación	-0,418	-0,557	1,000	0,036	0,514	-0,514
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000		0,756	0,000	0,000
Presión_M_ZoPo_PD	Coef. Correlación	-0,570	-0,485	0,036	1,000	-0,505	0,505
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,756		0,000	0,000
Presión_M_PI	Coef. Correlación	0,564	-0,510	0,514	-0,505	1,000	-1,000
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000
Presión_M_PD	Coef. Correlación	-0,564	0,510	-0,514	0,505	-1,000	1,000
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

El resto de correlaciones entre los diferentes pares de variables de este grupo del conjunto de mujeres presentaron correlaciones inferiores a 0,75, (la más grande es de $r = |0,570|$) por lo que presentan una asociación débil.

El nivel de significación bilateral que se obtuvo para el par de variables siguiente

$$\text{Presion_M_ZoPo_PI} \leftrightarrow \text{Presion_M_ZoPo_PD}$$

en el conjunto global es de $p=0,214 > 0,05$ por lo que no parece existir relación entre las medias de estas dos variables.

El resto de correlaciones entre los diferentes pares de variables de este grupo del conjunto global presentaron correlaciones inferiores a 0,75, (la más grande es de $r = |0,625|$) por lo que presentan una asociación moderada o débil.

Tab.3.35. Grado de asociación Presión media por cuadrantes de apoyo plantar (Global).

PRESION MEDIA POR CUADRANTE (GLOBAL)							
Correlación de Pearson	Global: (N=663)	P.media ZoAn_PI	P.media ZoAn_PD	P.media ZoPo_PI	P.media ZoPo_PD	P.media PI	P.media PD
Presión_M_ZoAn_PI	Coef. correlación Sig. (bilateral)	1,000	-0,162 0,000	-0,286 0,000	-0,580 0,000	0,623 0,000	-0,623 0,000
Presión_M_ZoAn_PD	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	-0,162 0,000	1,000	-0,595 0,000	-0,324 0,000	-0,625 0,000	0,625 0,000
Presión_M_ZoPo_PI	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	-0,286 0,000	-0,595 0,000	1,000	-0,048 0,214	0,571 0,000	-0,571 0,000
Presión_M_ZoPo_PD	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	-0,580 0,000	-0,324 0,000	-0,048 0,214	1,000	-0,536 0,000	0,536 0,000
Presión_M_PI	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	0,623 0,000	-0,625 0,000	0,571 0,000	-0,536 0,000	1,000	-1,000 0,000
Presión_M_PD	Coef. Correlación Sig. (bilateral)	-0,623 0,000	0,625 0,000	-0,571 0,000	0,536 0,000	-1,000 0,000	1,000

3.4.5. Independencia y asociación variables cualitativas

Se desea conocer si existe alguna relación de dependencia entre las diferentes variables cualitativas de este estudio,

Pie soporte dominante

Pie funcional dominante

Género

Por comodidad se usaron tablas de contingencia de dos niveles para cada factor (tablas de 2 x 2 dimensiones). Las variables que presentan más de dos niveles se transformaron en variables dicotómicas.

Las tablas de contingencia de 2 x 2 dimensiones pueden presentar tres supuestos (68) según como esté planificado el experimento:

Modelo I: se fija de antemano sólo el tamaño muestral

Modelo II: se fija de antemano el tamaño muestral y el tamaño de los marginales de uno de los factores

Modelo III: se fija de antemano el tamaño muestral y el tamaño de los marginales de los dos factores

Los modelos estadísticos propuestos para analizar estos tipos de tablas son tres:

Test de Ji-cuadrado de Pearson

Test de la Razón de Verosimilitudes o G-test

Test exacto de Fisher

El modelo estadístico clásico que abunda en la bibliografía, para este tipo de tablas de 2 x 2, es usar un contraste de hipótesis y analizarlo con el test Ji-cuadrado de Pearson, pero este test no fue diseñado específicamente para ninguno de los tres modelos señalados anteriormente. Estudio recientes (68)

aconsejan usar el G-test de independencia para los modelos I y II, y usar el test exacto de Fisher para el modelo III.

El tipo de experimento que se analiza a lo largo de este texto se corresponde con el modelo I. Sólo se predetermina el número muestral ($n=663$) y no se predetermina ninguno de los dos factores que intervienen en la construcción de las tablas de contingencia.

En este estudio se decidió usar el test de la Razón de Verosimilitudes o G-test por ser más adecuado al tipo de modelo de experimento y, a la vez en paralelo, el test de Ji-cuadrado de Pearson para facilitar la comparación de las decisiones estadísticas resultantes con lo publicado en la bibliografía.

3.4.5.1. Género / Pie funcional dominante

La variable *Pie funcional dominante* como factor tiene tres niveles (1:Pie izquierdo, 2:Pie derecho, 3:Ambos pies por igual) y la variable *Género* presenta dos niveles (1:Hombre, 2:Mujer). Esta situación crea tablas de 2×3 y dada la escasez de datos en alguna de las casillas (valores inferiores a los mínimos necesarios para poder realizar el contraste de hipótesis mediante la Ji-cuadrado de Pearson) se procedió a trabajar con las variables transformadas dicotómicas siguientes:

Pie funcional dominante pie izquierdo

p: Sólo pie izquierdo dominante

q: Resto de situaciones

Pie funcional dominante pie derecho

p: Sólo pie derecho dominante

q: Resto de situaciones

Pie funcional dominante ambos pies

p: Sólo ambos pies dominantes (indistinto)

q: Resto de situaciones

Cumpléndose para todas ellas la condición siguiente:

$$p + q = 1$$

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H₀: La proporción en ambas variables es la misma

H₁: La proporción en ambas variables es diferente

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05 ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00% para los contrastes de hipótesis de este apartado.

a. Género / Pie funcional dominante pie izquierdo

Se desea conocer si existe dependencia entre el conjunto de hombres y de mujeres para la variable cualitativa *Pie funcional dominante pie izquierdo*.

Para ello se planteó el siguiente contraste de hipótesis

H₀: Son independientes el *Género* y el *Pie funcional dominante pie izquierdo*

H₁: No son independientes ambas cuestiones

A partir de los datos muestrales se construyó la tabla de contingencia de 2 x 2 (*Tabla 3.36*) con los valores de frecuencias observados (*Figura 3.28*).

Con el test de Ji-cuadrado se obtuvo el estadístico $\chi^2=0,032$ y un valor de significación $p=0,858$, por lo que siendo valor $\alpha=0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H₁.

Tab.3.36. Tabla de contingencia Género / Pie funcional dominante pie izquierdo

Tabla de contingencia Género		Pie Fun.Dom. PIZ		Total
		Otros	Pie izquierdo	
Hombre	Recuento	514	73	587
	% de Género	87,56	12,44	100,00
Mujer	Recuento	66	10	76
	% de Género	86,84	13,16	100,00
Total	Recuento	580	83	663
	% de Género	87,48	12,52	100,00

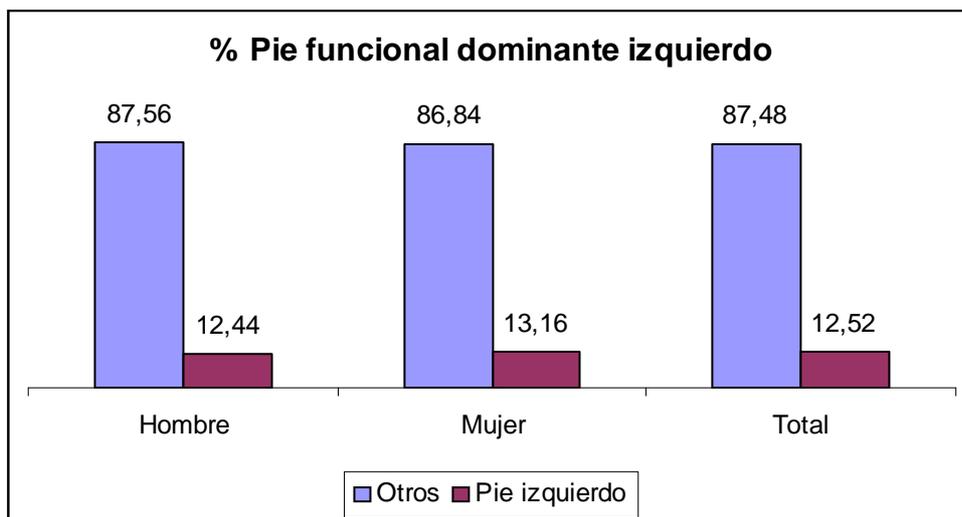


Figura 3.28- Porcentajes relativos por género / pie funcional dominante izquierdo

Con el test de la Razón de Verosimilitudes se obtuvo el estadístico $G=0,032$ y un valor de significación $p=0,859$, por lo que siendo valor $\alpha = 0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 587 hombres (73 con pie funcional dominante izquierdo) y 76 mujeres (10 con pie funcional dominante izquierdo), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1). Por lo tanto **no se rechaza**

la independencia entre el factor *Género* y la variable *Pie funcional dominante pie izquierdo* con un nivel de confianza del 95,00%.

b. Género / Pie funcional dominante pie derecho

Se desea conocer si existe dependencia entre el conjunto de hombres y de mujeres para la variable cualitativa *Pie funcional dominante pie derecho*.

Para ello se planteó el siguiente contraste de hipótesis

H₀: Son independientes el *Género* y el *Pie funcional dominante pie derecho*

H₁: No son independientes ambas cuestiones

A partir de los datos muestrales se construyó la tabla de contingencia de 2 x 2 (*Tabla 3.37*) con los valores de frecuencias observados (*Figura 3.29*).

Tabla 3.37. Tabla de contingencia Género / Pie funcional dominante pie derecho

Tabla de contingencia Género		Pie Fun.Dom.PDE		Total Otros
		Otros	Pie derecho	
Hombre	Recuento	84	503	587
	% de Género	14,31	85,69	100,00
Mujer	Recuento	11	65	76
	% de Género	14,47	85,53	100,00
Total	Recuento	95	568	663
	% de Género	14,33	85,67	100,00

Con el test de Ji-cuadrado se obtuvo el estadístico $\chi^2=0,001$ y un valor de significación $p=0,969$, por lo que siendo valor $\alpha = 0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H₁.

Con el test de la Razón de Verosimilitudes se obtuvo el estadístico $G=0,001$ y un valor de significación $p=0,969$, por lo que siendo valor $\alpha=0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

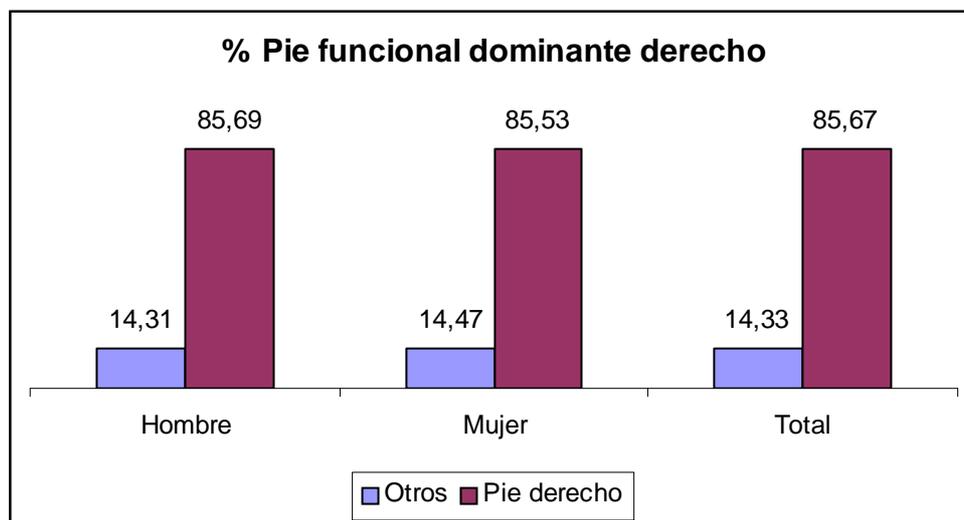


Figura 3.29- Porcentajes relativos por género / pie funcional dominante derecho

Se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 587 hombres (503 con pie funcional dominante derecho) y 76 mujeres (65 con pie funcional dominante derecho), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1). Por lo tanto **no se rechaza la independencia** entre el factor *Género* y la variable *Pie funcional dominante pie derecho* con un nivel de confianza del 95,00%.

c. Género / Pie funcional dominante ambos pies

Se desea conocer si existe dependencia entre el conjunto de hombres y de mujeres para la variable cualitativa *Pie funcional dominante en ambos pies*.

Para ello se planteó el siguiente contraste de hipótesis

H_0 : Son independientes el *Género* y el *Pie funcional dominante en ambos pies*

H_1 : No son independientes ambas cuestiones

A partir de los datos muestrales se construyó la tabla de contingencia de 2 x 2 (Tabla 3.38) con los valores de frecuencias observados (Figura 3.30).

Tabla 3.38. Tabla de contingencia Género / Pie funcional dominante ambos pies

Tabla de contingencia Género		Pie Fun.Dom.AMBOS		Total Otros
		Otros	Ambos pies	
Hombre	Recuento	576	11	587
	% de Género	98,13	1,87	100,00
Mujer	Recuento	75	1	76
	% de Género	98,68	1,32	100,00
Total	Recuento	651	12	663
	% de Género	98,19	1,81	100,00

Con el test de Ji-cuadrado se obtuvo el estadístico $\chi^2=0,118$ y un valor de significación $p=0,731$, por lo que siendo valor $\alpha=0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Con el test de la Razón de Verosimilitudes se obtuvo el estadístico $G=0,129$ y un valor de significación $p=0,720$, por lo que siendo valor $\alpha = 0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 587 hombres (11 con pie funcional ambos pies) y 76 mujeres (1 con pie funcional ambos pies), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1). Por lo tanto **no se rechaza la independencia** entre el factor *Género* y la variable *Pie funcional dominante ambos pies* con un nivel de confianza del 95,00%.

Los resultados de este experimento apuntan a que el pie funcional dominante, bien sea izquierdo, derecho o ambos a la vez, que presentan los sujetos de esta muestra es independiente del género.

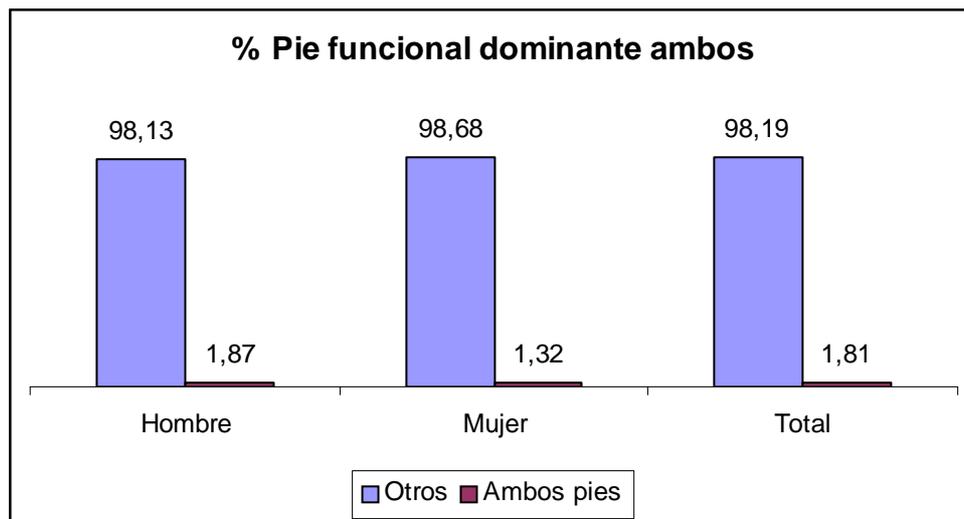


Figura 3.30- Porcentajes relativos por género / pie funcional dominante ambos pies

3.4.5.2. Género / Pie soporte dominante

La variable *Pie soporte dominante* como factor tiene tres niveles (1:Pie izquierdo, 2:Pie derecho, 3:Ambos pies por igual) y la variable *Género* presenta dos niveles (1:Hombre, 2:Mujer). Esta situación crea tablas de 2 x 3 y dada la escasez de datos en alguna de las casillas (valores inferiores a los mínimos necesarios para poder realizar el contraste de hipótesis mediante la Ji-cuadrado de Pearson) se procedió a trabajar con las variables transformadas dicotómicas siguientes:

Pie soporte dominante pie izquierdo

p: Sólo pie izquierdo dominante

q: Resto de situaciones

Pie soporte dominante pie derecho

p: Sólo pie derecho dominante

q: Resto de situaciones

Pie soporte dominante ambos pies

p: Sólo ambos pies dominantes (indistinto)

q: Resto de situaciones

cumplándose para todas ellas la condición siguiente:

$$p + q = 1$$

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H₀: La proporción en ambas variables es la misma

H₁: La proporción en ambas variables es diferente

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00% para los contrastes de hipótesis de este apartado.

a. Género / Pie soporte dominante pie izquierdo

Se desea conocer si existe dependencia entre el conjunto de hombres y de mujeres para la variable cualitativa *Pie soporte dominante pie izquierdo*.

Para ello se planteó el siguiente contraste de hipótesis

H₀: Son independientes el *Género* y el *Pie soporte dominante pie izquierdo*

H₁: No son independientes ambas cuestiones

A partir de los datos muestrales se construyó la tabla de contingencia de 2 x 2 (*Tabla 3.39*) con los valores de frecuencias observados (*Figura 3.31*).

Tabla 3.39. Tabla de contingencia Género / Pie soporte dominante pie izquierdo

Tabla de contingencia Género		Pie Sop.Dom. PIZ		Total Otros
		Otros	Pie izquierdo	
Hombre	Recuento	476	111	587
	% de Género	81,09	18,91	100,00
Mujer	Recuento	64	12	76
	% de Género	84,21	15,79	100,00
Total	Recuento	540	123	663
	% de Género	81,45	18,55	100,00

Con el test de Ji-cuadrado se obtuvo el estadístico $\chi^2=0,434$ y un valor de significación $p=0,510$, por lo que siendo valor $\alpha=0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

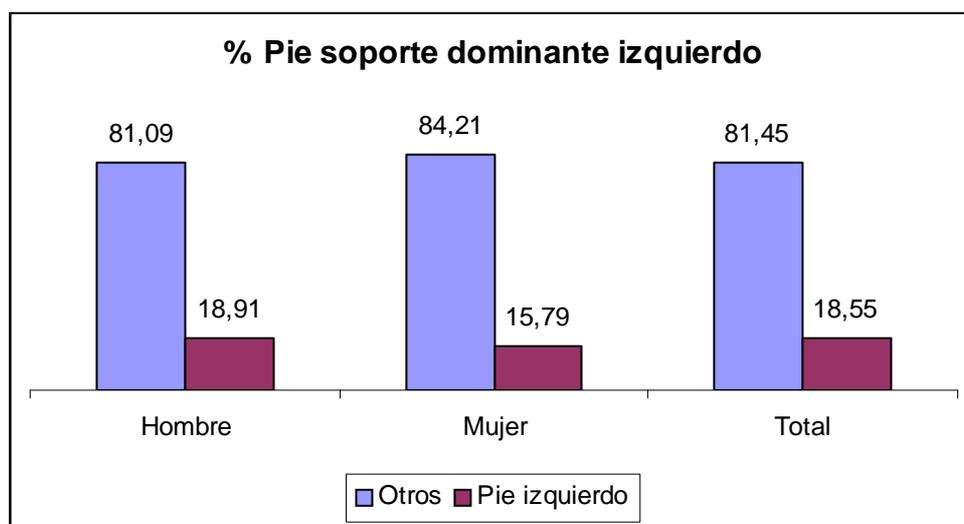


Figura 3.31- Porcentajes relativos por género / pie soporte dominante izquierdo

Con el test de la Razón de Verosimilitudes se obtuvo el estadístico $G=0,449$ y un valor de significación $p=0,503$, por lo que siendo valor $\alpha = 0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Se concluyó que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 587 hombres (111 con pie soporte dominante izquierdo) y 76 mujeres (12 con pie

funcional soporte izquierdo), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1). Por lo tanto **no se rechaza la independencia** entre el factor *Género* y la variable *Pie soporte dominante pie izquierdo* con un nivel de confianza del 95,00%.

b. Género / Pie soporte dominante pie derecho

Se desea conocer si existe dependencia entre el conjunto de hombres y de mujeres para la variable cualitativa *Pie soporte dominante pie derecho*.

Para ello se planteó el siguiente contraste de hipótesis

H_0 : Son independientes el *Género* y el *Pie soporte dominante pie derecho*

H_1 : No son independientes ambas cuestiones

A partir de los datos muestrales se construyó la tabla de contingencia de 2 x 2 (Tabla 3.40) con los valores de frecuencias observados (Figura 3.32).

Tabla 3.40. Tabla de contingencia Género / Pie soporte dominante pie derecho

Tabla de contingencia Género		Pie Sop.Dom. PDE		Total Otros
		Otros	Pie derecho	
Hombre	Recuento	176	411	587
	% de Género	29,98	70,02	100,00
Mujer	Recuento	18	58	76
	% de Género	23,68	76,32	100,00
Total	Recuento	194	469	663
	% de Género	29,26	70,74	100,00

Con el test de Ji-cuadrado se obtuvo el estadístico $\chi^2=1,290$ y un valor de significación $p=0,256$, por lo que siendo valor $\alpha = 0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

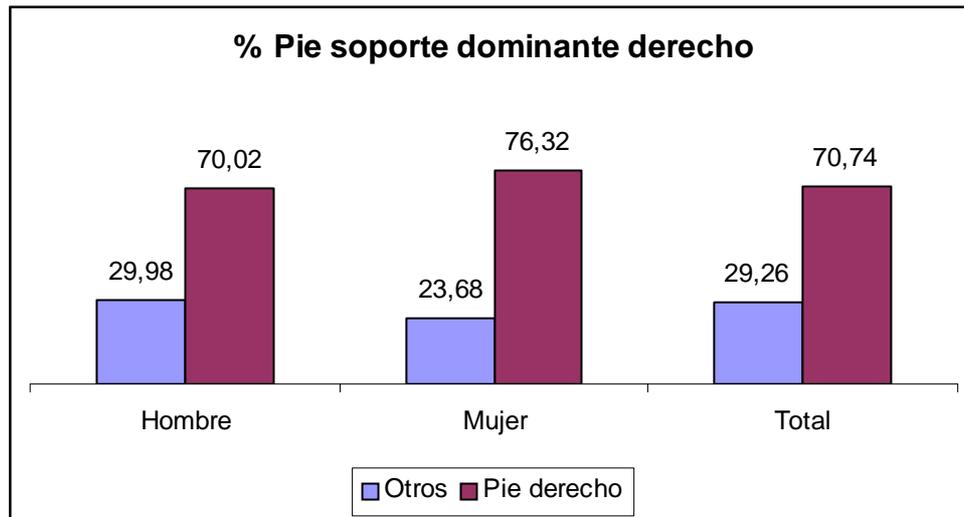


Figura 3.32- Porcentajes relativos por género / pie soporte dominante derecho

Con el test de la Razón de Verosimilitudes se obtuvo el estadístico $G=1,337$ y un valor de significación $p=0,247$, por lo que siendo valor $\alpha=0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Se concluyó que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 587 hombres (411 con pie soporte dominante derecho) y 76 mujeres (58 con pie soporte dominante derecho), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1). Por lo tanto **no se rechaza la independencia** entre el factor *Género* y el *Pie soporte dominante pie derecho* con un nivel de confianza del 95,00%.

c. Género / Pie soporte dominante ambos pies

Se desea conocer si existe dependencia entre el conjunto de hombres y de mujeres para la variable cualitativa *Pie soporte dominante en ambos pies*.

Para ello se planteó el siguiente contraste de hipótesis

H_0 : Son independientes el *Género* y el *Pie soporte dominante en ambos pies*

H_1 : No son independientes ambas cuestiones

A partir de los datos muestrales se construyó la tabla de contingencia de 2 x 2 (Tabla 3.41) con los valores de frecuencias observados (Figura 3.33).

Tabla 3.41. Tabla de contingencia Género / Pie soporte dominante ambos pies

Tabla de contingencia Género		Pie Sop.Dom. AMBOS		Total Otros
		Otros	Ambos pies	
Hombre	Recuento	522	65	587
	% de Género	88,93	11,07	100,00
Mujer	Recuento	70	6	76
	% de Género	92,11	7,89	100,00
Total	Recuento	592	71	663
	% de Género	89,29	10,71	100,00

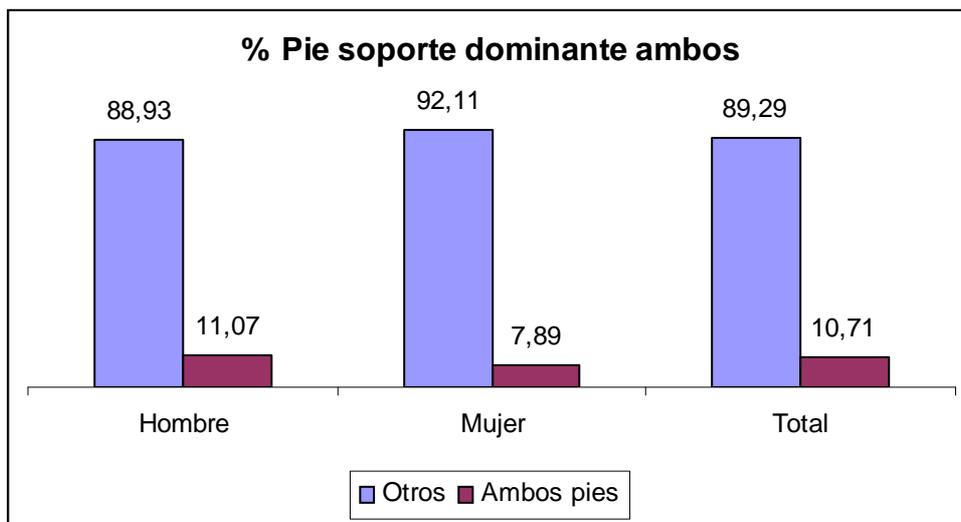


Figura 3.33- Porcentajes relativos por género / pie soporte dominante ambos pies

Con el test de Ji-cuadrado se obtuvo el estadístico $\chi^2=0,711$ y un valor de significación $p=0,399$, por lo que siendo valor $\alpha=0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Con el test de la Razón de Verosimilitudes se obtuvo el estadístico $G=0,766$ y un valor de significación $p=0,381$, por lo que siendo valor $\alpha = 0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Se concluyó que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 587 hombres (65 con pie soporte ambos pies) y 76 mujeres (6 con pie soporte ambos pies), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1). Por lo tanto **no se rechaza la independencia** entre el factor *Género* y el *Pie soporte dominante ambos pies* con un nivel de confianza del 95,00%.

Los resultados de este experimento apuntan a que el pie soporte dominante, bien sea izquierdo, derecho o ambos a la vez, que presentan los sujetos de esta muestra es independiente del género.

3.4.5.3. Pie funcional dominante / Pie soporte dominante

Las variables *Pie funcional dominante* y *Pie soporte dominante* como factor tiene tres niveles cada una de ellas (1:Pie izquierdo, 2:Pie derecho, 3:Ambos pies por igual). Esta situación crea tablas de 3 x 3 y dada la escasez de datos en alguna de las casillas (valores inferiores a los mínimos necesarios para poder realizar el contraste de hipótesis mediante la Ji-cuadrado de Pearson) se procedió a trabajar con las variables transformadas dicotómicas descritas anteriormente, sin separar los grupos por género (hombres y mujeres)

Pie funcional dominante pie izquierdo

Pie funcional dominante pie derecho

Pie funcional dominante ambos pies

cruzándose con las variables transformadas dicotómicas siguientes

Pie soporte dominante pie izquierdo

Pie soporte dominante pie derecho

Pie soporte dominante ambos pies

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H₀: La proporción en ambas variables es la misma

H₁: La proporción en ambas variables es diferente

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00% para los contrastes de hipótesis de este apartado.

a. Pie funcional dominante pie izquierdo / Pie soporte dominante pie izquierdo

Se desea conocer si existe dependencia entre la variable cualitativa *Pie funcional dominante pie izquierdo* y la variable cualitativa *Pie soporte dominante pie izquierdo*.

Para ello se planteó el siguiente contraste de hipótesis

H₀: Son independientes el *Pie funcional dominante pie izquierdo* y el *Pie soporte dominante pie izquierdo*

H₁: No son independientes ambas cuestiones

A partir de los datos muestrales se construyó la tabla de contingencia de 2 x 2 (*Tabla 3.42*) con los valores de frecuencias observados (*Figura 3.34*).

Con el test de Ji-cuadrado se obtuvo el estadístico $\chi^2=0,615$ y un valor de significación $p=0,432$, por lo que siendo valor $\alpha=0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H₁.

Tabla 3.42. Tabla de contingencia Pie funcional P.IZQ / Pie soporte dominante P.IZQ

Tabla de contingencia Pie Fun.Dom. PIZ		Pie Sop.Dom. PIZ		Total Otros	
		Otros	Pie izquierdo		
Otros	Recuento	475	105	580	
	% de Pie Fun.Dom. PIZ	81,90	18,10	100,00	
Pie izquierdo	Recuento	65	18	83	
	% de Pie Fun.Dom. PIZ	78,31	21,69	100,00	
		Recuento	540	123	663
		% de Pie Fun.Dom. PIZ	81,45	18,55	100,00

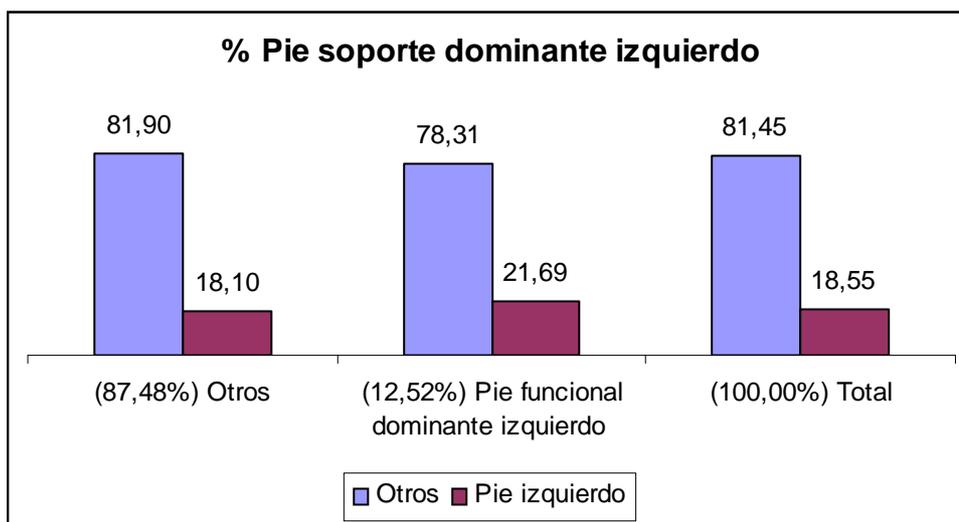


Figura 3.34- Porcentajes relativos pie funcional dominante izquierdo / pie soporte dominante izquierdo

Con el test de la Razón de Verosimilitudes se obtuvo el estadístico $G=0,596$ y un valor de significación $p=0,440$, por lo que siendo valor $\alpha = 0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Se concluyó que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos (105 con pie soporte dominante izquierdo solo; 18 con pie soporte

dominante izquierdo y con pie funcional dominante izquierdo a la vez), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1). Por lo tanto **no se rechaza la independencia** entre las variables *Pie funcional dominante pie izquierdo* y *Pie soporte dominante pie izquierdo* con un nivel de confianza del 95,00%.

b. Pie funcional dominante pie izquierdo / Pie soporte dominante pie derecho

Se desea conocer si existe dependencia entre la variable cualitativa *Pie funcional dominante pie izquierdo* y la variable cualitativa *Pie soporte dominante pie derecho*.

Para ello se planteó el siguiente contraste de hipótesis

H_0 : Son independientes el *Pie funcional dominante pie izquierdo* y el *Pie soporte dominante pie derecho*

H_1 : No son independientes ambas cuestiones

A partir de los datos muestrales se construyó la tabla de contingencia de 2 x 2 (*Tabla 3.43*) con los valores de frecuencias observados (*Figura 3.35*).

Con el test de Ji-cuadrado se obtiene el estadístico $\chi^2=1,478$ y un valor de significación $p=0,224$, por lo que siendo valor $\alpha=0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Con el test de la Razón de Verosimilitudes se obtiene el estadístico $G=1,436$ y un valor de significación $p=0,231$, por lo que siendo valor $\alpha = 0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Se concluyó que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos (415 con pie soporte dominante derecho solo; 54 con pie soporte dominante derecho y con pie funcional dominante izquierdo a la vez), no existe

evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1). Por lo tanto **no se rechaza la independencia** entre las variables *Pie funcional dominante pie izquierdo* y *Pie soporte dominante pie derecho* con un nivel de confianza del 95,00%.

Tabla 3.43. Tabla de contingencia Pie funcional P.IZQ / Pie soporte dominante P.DER

Tabla de contingencia Pie Fun.Dom. PIZ		Pie Sop.Dom. PDE		Total Otros
		Otros	Pie derecho	
Otros	Recuento	165	415	580
	% de Pie Fun.Dom. PIZ	28,45	71,55	100,00
Pie izquierdo	Recuento	29	54	83
	% de Pie Fun.Dom. PIZ	34,94	65,06	100,00
		Recuento	469	663
		% de Pie Fun.Dom. PIZ	70,74	100,00

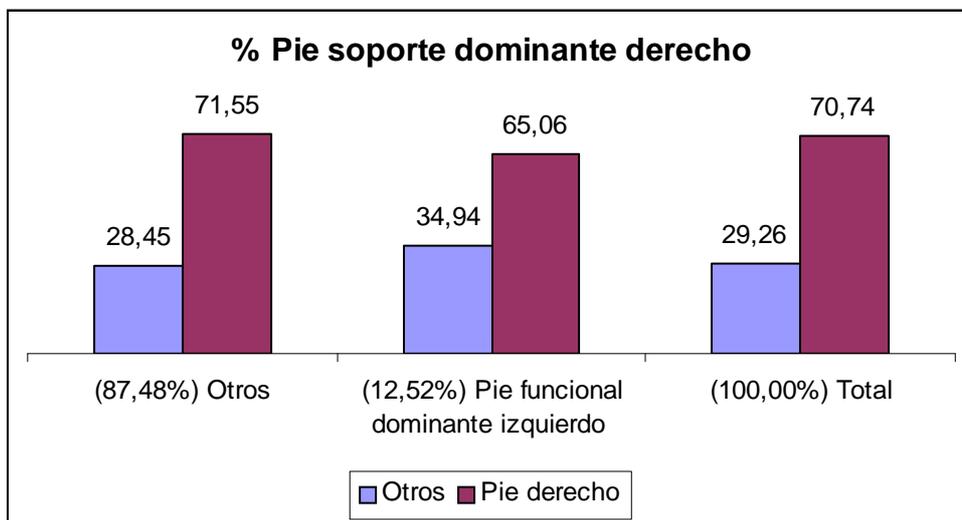


Figura 3.35- Porcentajes relativos pie funcional dominante izquierdo / pie soporte dominante derecho

c. Pie funcional dominante pie izquierdo / Pie soporte dominante ambos pies

Se desea conocer si existe dependencia entre la variable cualitativa *Pie funcional dominante pie izquierdo* y la variable cualitativa *Pie soporte dominante ambos pies*.

Para ello se planteó el siguiente contraste de hipótesis

H_0 : Son independientes el *Pie funcional dominante pie izquierdo* y el *Pie soporte dominante ambos pies*

H_1 : No son independientes ambas cuestiones

A partir de los datos muestrales se construyó la tabla de contingencia de 2 x 2 (Tabla 3.44) con los valores de frecuencias observados (Figura 3.36).

Tabla 3.44. Tabla de contingencia *Pie funcional P.IZQ / Pie soporte dominante ambos pies*

Tabla de contingencia Pie Fun.Dom. PIZ		Pie Sop.Dom. AMBOS		Total Otros	
		Otros	Ambos pies		
Otros	Recuento	520	60	580	
	% de Pie Fun.Dom. PIZ	89,66	10,34	100,00	
Pie izquierdo	Recuento	72	11	83	
	% de Pie Fun.Dom. PIZ	86,75	13,25	100,00	
		Recuento	592	71	663
		% de Pie Fun.Dom. PIZ	89,29	10,71	100,00

Con el test de Ji-cuadrado se obtuvo el estadístico $\chi^2=0,642$ y un valor de significación $p=0,423$, por lo que siendo valor $\alpha=0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Con el test de la Razón de Verosimilitudes se obtuvo el estadístico $G=0,608$ y un valor de significación $p=0,436$, por lo que siendo valor $\alpha = 0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

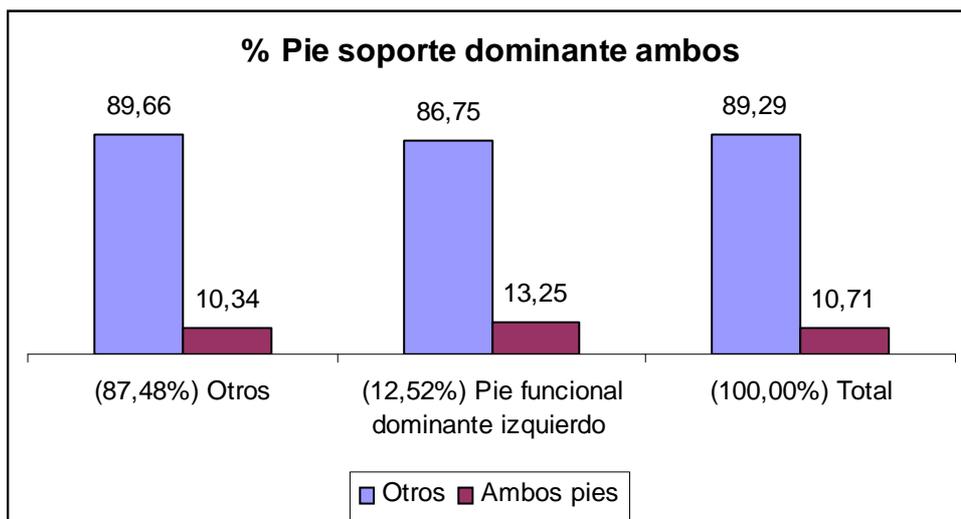


Figura 3.36- Porcentajes relativos pie funcional dominante izquierdo / pie soporte dominante ambos pies

Se concluyó que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos (60 con pie soporte dominante ambos pies solo; 11 con pie soporte dominante ambos pies y con pie funcional dominante izquierdo a la vez), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1). Por lo tanto **no se rechaza la independencia** entre las variables *Pie funcional dominante pie izquierdo* y *Pie soporte dominante ambos pies* con un nivel de confianza del 95,00%.

d. Pie funcional dominante pie derecho / Pie soporte dominante pie izquierdo

Se desea conocer si existe dependencia entre la variable cualitativa *Pie funcional dominante pie derecho* y la variable cualitativa *Pie soporte dominante pie izquierdo*.

Para ello se planteó el siguiente contraste de hipótesis

H_0 : Son independientes el *Pie funcional dominante pie derecho* y el *Pie soporte dominante pie izquierdo*

H_1 : No son independientes ambas cuestiones

A partir de los datos muestrales se construye la tabla de contingencia de 2 x 2 (Tabla 3.45) con los valores de frecuencias observados (Figura 3.37).

Tabla 3.45. Tabla de contingencia Pie funcional P.DER / Pie soporte dominante P.IZQ

Tabla de contingencia Pie Fun.Dom.PDE		Pie Sop.Dom. PIZ		Total Otros	
		Otros	Pie izquierdo		
Otros	Recuento	76	19	95	
	% de Pie Fun.Dom.PDE	80,00	20,00	100,00	
Pie derecho	Recuento	464	104	568	
	% de Pie Fun.Dom.PDE	81,69	18,31	100,00	
		Recuento	540	123	663
		% de Pie Fun.Dom.PDE	81,45	18,55	100,00

Con el test de Ji-cuadrado se obtuvo el estadístico $\chi^2=0,154$ y un valor de significación $p=0,695$, por lo que siendo valor $\alpha=0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

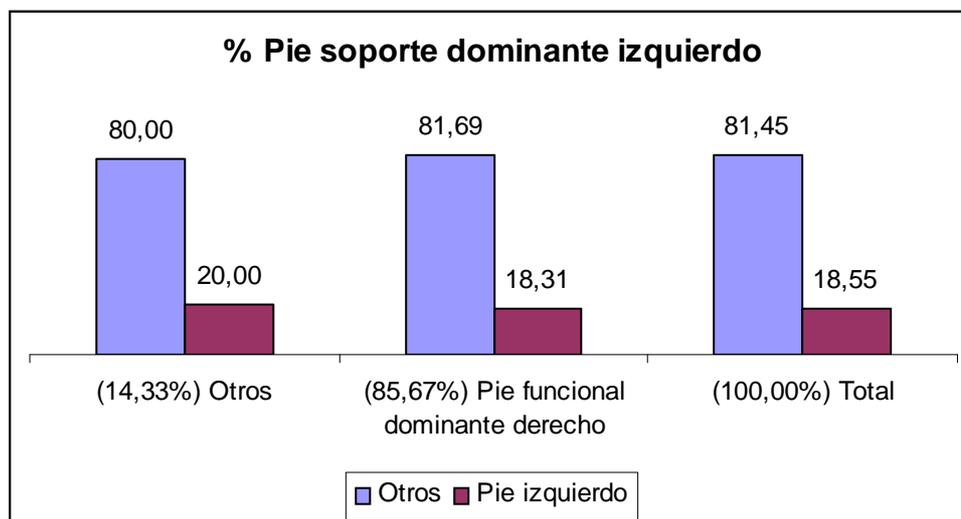


Figura 3.37- Porcentajes relativos pie funcional dominante derecho / pie soporte dominante izquierdo

Con el test de la Razón de Verosimilitudes se obtuvo el estadístico $G=0,151$ y un valor de significación $p=0,697$, por lo que siendo valor $\alpha = 0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Se concluyó que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos (19 con pie soporte dominante izquierdo solo; 104 con pie soporte dominante izquierdo y con pie funcional dominante derecho a la vez), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1). Por lo tanto **no se rechaza la independencia** entre las variables *Pie funcional dominante pie derecho* y *Pie soporte dominante pie izquierdo* con un nivel de confianza del 95,00%.

e. Pie funcional dominante pie derecho / Pie soporte dominante pie derecho

Se desea conocer si existe dependencia entre la variable cualitativa *Pie funcional dominante pie derecho* y la variable cualitativa *Pie soporte dominante pie derecho*.

Para ello se planteó el siguiente contraste de hipótesis

H_0 : Son independientes el *Pie funcional dominante pie derecho* y el *Pie soporte dominante pie derecho*

H_1 : No son independientes ambas cuestiones

A partir de los datos muestrales se construyó la tabla de contingencia de 2 x 2 (*Tabla 3.46*) con los valores de frecuencias observados (*Figura 3.38*).

Con el test de Ji-cuadrado se obtuvo el estadístico $\chi^2=0,288$ y un valor de significación $p=0,592$, por lo que siendo valor $\alpha=0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Con el test de la Razón de Verosimilitudes se obtuvo el estadístico $G=0,284$ y un valor de significación $p=0,594$, por lo que siendo valor $\alpha = 0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Tabla 3.46. Tabla de contingencia Pie funcional P. DER / Pie soporte dominante P.DER

Tabla de contingencia Pie Fun.Dom.PDE		Pie Sop.Dom. PDE		Total Otros	
		Otros	Pie derecho		
Otros	Recuento	30	65	95	
	% de Pie Fun.Dom.PDE	31,58	68,42	100,00	
Pie derecho	Recuento	164	404	568	
	% de Pie Fun.Dom.PDE	28,87	71,13	100,00	
		Recuento	194	469	663
		% de Pie Fun.Dom.PDE	29,26	70,74	100,00

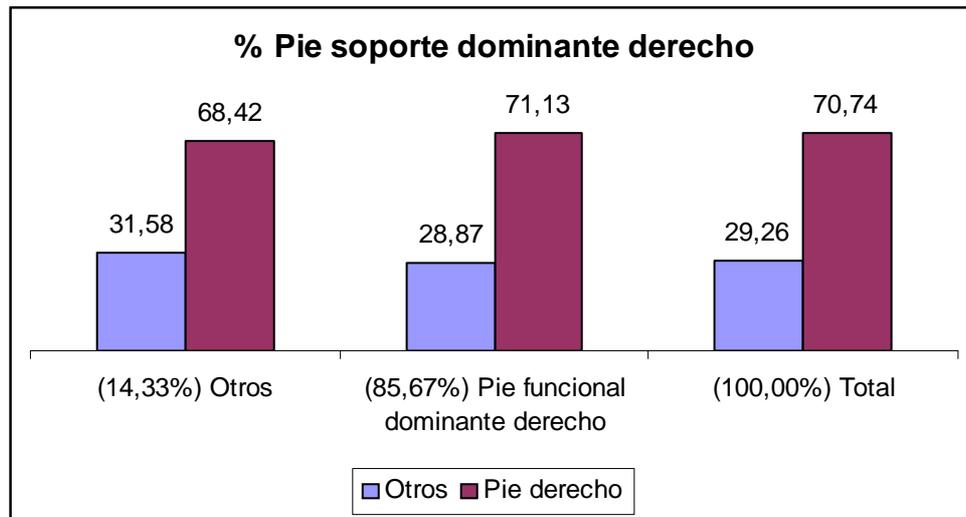


Figura 3.38- Porcentajes relativos pie funcional dominante derecho / pie soporte dominante derecho

Se concluyó que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos (65 con pie soporte dominante derecho solo; 404 con pie soporte dominante derecho y con pie funcional dominante derecho a la vez), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1). Por lo tanto **no se rechaza la independencia** entre las variables *Pie funcional*

dominante pie izquierdo y Pie soporte dominante pie derecho con un nivel de confianza del 95,00%.

f. Pie funcional dominante pie derecho / Pie soporte dominante ambos pies

Se desea conocer si existe dependencia entre la variable cualitativa *Pie funcional dominante pie derecho* y la variable cualitativa *Pie soporte dominante ambos pies*.

Para ello se planteó el siguiente contraste de hipótesis

H₀: Son independientes el *Pie funcional dominante pie derecho* y el *Pie soporte dominante ambos pies*

H₁: No son independientes ambas cuestiones

A partir de los datos muestrales se construyó la tabla de contingencia de 2 x 2 (Tabla 3.47) con los valores de frecuencias observados (Figura 3.39).

Tabla 3.47. Tabla de contingencia *Pie funcional P.DER / Pie soporte dominante ambos pies*

Tabla de contingencia Pie Fun.Dom.PDE		Pie Sop.Dom. AMBOS		Total Otros	
		Otros	Ambos pies		
Otros	Recuento	84	11	95	
	% de Pie Fun.Dom.PDE	88,42	11,58	100,00	
Pie derecho	Recuento	508	60	568	
	% de Pie Fun.Dom.PDE	89,44	10,56	100,00	
		Recuento	592	71	663
		% de Pie Fun.Dom.PDE	89,29	10,71	100,00

Con el test de Ji-cuadrado se obtuvo el estadístico $\chi^2=0,088$ y un valor de significación $p=0,767$, por lo que siendo valor $\alpha=0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H₁.

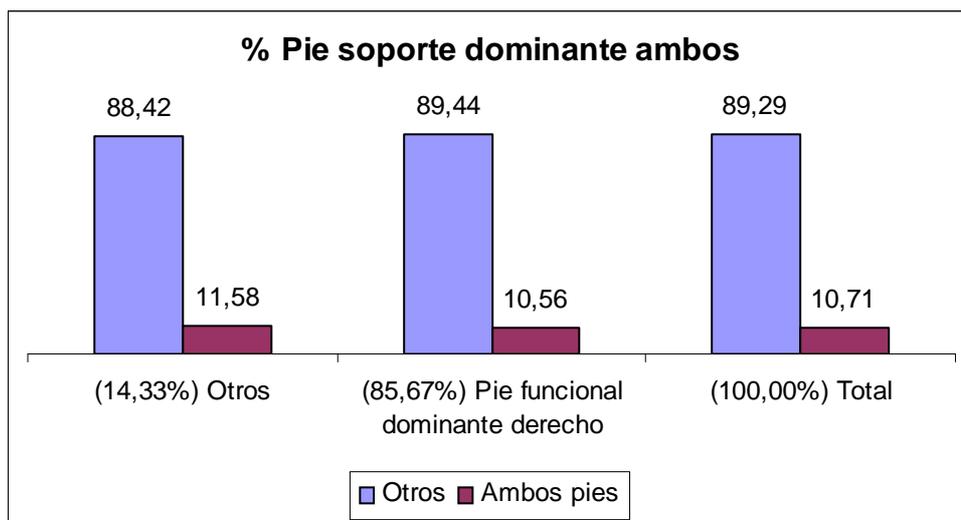


Figura 3.39- Porcentajes relativos pie funcional dominante derecho / pie soporte dominante ambos pies

Con el test de la Razón de Verosimilitudes se obtuvo el estadístico $G=0,086$ y un valor de significación $p=0,769$, por lo que siendo valor $\alpha = 0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Se concluyó que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos (11 con pie soporte dominante ambos pies solo; 60 con pie soporte dominante ambos pies y con pie funcional dominante derecho a la vez), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1). Por lo tanto **no se rechaza la independencia** entre las variables *Pie funcional dominante pie derecho* y *Pie soporte dominante ambos pies derecho* con un nivel de confianza del 95,00%.

g. Pie funcional dominante ambos pies / Pie soporte dominante pie izquierdo

Se desea conocer si existe dependencia entre la variable cualitativa *Pie funcional dominante ambos pies* y la variable cualitativa *Pie soporte dominante pie izquierdo*.

Para ello se planteó el siguiente contraste de hipótesis

H₀: Son independientes el *Pie funcional dominante ambos pies* y el *Pie soporte dominante pie izquierdo*

H₁: No son independientes ambas cuestiones

A partir de los datos muestrales se construyó la tabla de contingencia de 2 x 2 (Tabla 3.48) con los valores de frecuencias observados (Figura 3.40).

Tabla 3.48. Tabla de contingencia Pie funcional ambos pies / Pie soporte dominante P.IZQ

Tabla de contingencia Pie Fun.Dom.AMBOS		Pie Sop.Dom. PIZ		Total Otros	
		Otros	Pie izquierdo		
Otros	Recuento	529	122	651	
	% de Pie Fun.Dom.AMBOS	81,26	18,74	100,00	
Ambos pies	Recuento	11	1	12	
	% de Pie Fun.Dom.AMBOS	91,67	8,33	100,00	
		Recuento	540	123	663
		% de Pie Fun.Dom.AMBOS	81,45	18,55	100,00

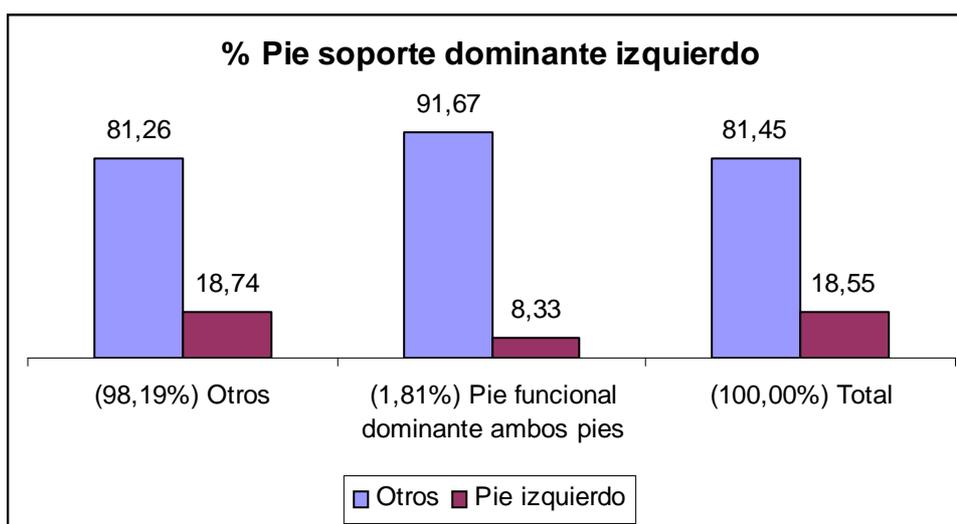


Figura 3.40- Porcentajes relativos pie funcional dominante ambos pies / pie soporte dominante izquierdo

Con el test de Ji-cuadrado se obtiene el estadístico $\chi^2=0,845$ y un valor de significación $p=0,358$, por lo que siendo valor $\alpha=0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Con el test de la Razón de Verosimilitudes se obtiene el estadístico $G=1,015$ y un valor de significación $p=0,314$, por lo que siendo valor $\alpha = 0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos (122 con pie soporte dominante izquierdo solo; 1 con pie soporte dominante izquierdo y con pie funcional dominante ambos pies a la vez), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1). Por lo tanto **no se rechaza la independencia** entre las variables *Pie funcional dominante ambos pies* y *Pie soporte dominante pie izquierdo* con un nivel de confianza del 95,00%.

h. Pie funcional dominante ambos pies / Pie soporte dominante pie derecho

Se desea conocer si existe dependencia entre la variable cualitativa *Pie funcional dominante ambos pies* y la variable cualitativa *Pie soporte dominante pie derecho*.

Para ello se planteó el siguiente contraste de hipótesis

H_0 : Son independientes el *Pie funcional dominante ambos pies* y el *Pie soporte dominante pie derecho*

H_1 : No son independientes ambas cuestiones

A partir de los datos muestrales se construyó la tabla de contingencia de 2 x 2 (*Tabla 3.49*) con los valores de frecuencias observados (*Figura 3.41*).

Tabla 3.49. Tabla de contingencia Pie funcional ambos pies / Pie soporte dominante P.DER

Tabla de contingencia Pie Fun.Dom.AMBOS		Pie Sop.Dom. PDE		Total Otros	
		Otros	Pie derecho		
Otros	Recuento	193	458	651	
	% de Pie Fun.Dom.AMBOS	29,65	70,35	100,00	
Ambos pies	Recuento	1	11	12	
	% de Pie Fun.Dom.AMBOS	8,33	91,67	100,00	
		Recuento	194	469	663
		% de Pie Fun.Dom.AMBOS	29,26	70,74	100,00

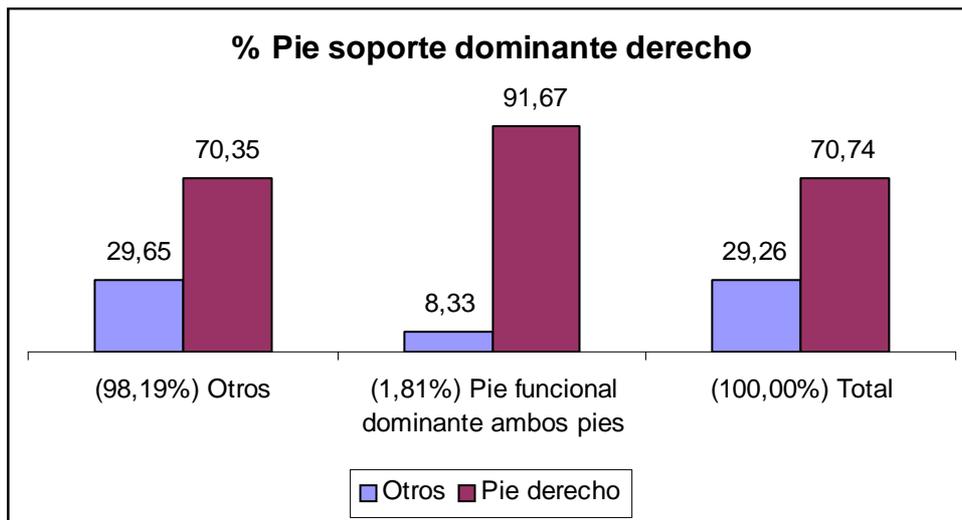


Figura 3.41- Porcentajes relativos pie funcional dominante ambos pies / pie soporte dominante derecho

Con el test de Ji-cuadrado se obtuvo el estadístico $\chi^2=2,586$ y un valor de significación $p=0,108$, por lo que siendo valor $\alpha=0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Con el test de la Razón de Verosimilitudes se obtuvo el estadístico $G=3,236$ y un valor de significación $p=0,072$, por lo que siendo valor $\alpha = 0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos (458 con pie soporte dominante derecho solo; 11 con pie soporte dominante derecho y con pie funcional dominante ambos pies a la vez), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1). Por lo tanto **no se rechaza la independencia** entre las variables *Pie funcional dominante ambos pies* y *Pie soporte dominante pie derecho* con un nivel de confianza del 95,00%.

i. Pie funcional dominante ambos pies / Pie soporte dominante ambos pies

Se desea conocer si existe dependencia entre la variable cualitativa *Pie funcional dominante ambos pies* y la variable cualitativa *Pie soporte dominante ambos pies*.

Para ello se planteó el siguiente contraste de hipótesis

H_0 : Son independientes el *Pie funcional dominante ambos pies* y el *Pie soporte dominante ambos pies*

H_1 : No son independientes ambas cuestiones

A partir de los datos muestrales se construyó la tabla de contingencia de 2 x 2 (*Tabla 3.50*) con los valores de frecuencias observados (*Figura 3.42*).

Con el test de Ji-cuadrado se obtiene el estadístico $\chi^2=1,466$ y un valor de significación $p=0,226$, por lo que siendo valor $\alpha=0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Con el test de la Razón de Verosimilitudes se obtiene el estadístico $G=2,745$ y un valor de significación $p=0,098$, por lo que siendo valor $\alpha = 0,05$ resulta que $p>\alpha$. Se rechaza la H_1 .

Tabla 3.50. Tabla de contingencia Pie funcional ambos pies / Pie soporte dominante ambos pies

Tabla de contingencia Pie Fun.Dom.AMBOS		Pie Sop.Dom. AMBOS		Total Otros	
		Otros	Ambos pies		
Otros	Recuento	580	71	651	
	% de Pie Fun.Dom.AMBOS	89,09	10,91	100,00	
Ambos pies	Recuento	12	0	12	
	% de Pie Fun.Dom.AMBOS	100,00	0,00	100,00	
		Recuento	592	71	663
		% de Pie Fun.Dom.AMBOS	89,29	10,71	100,00

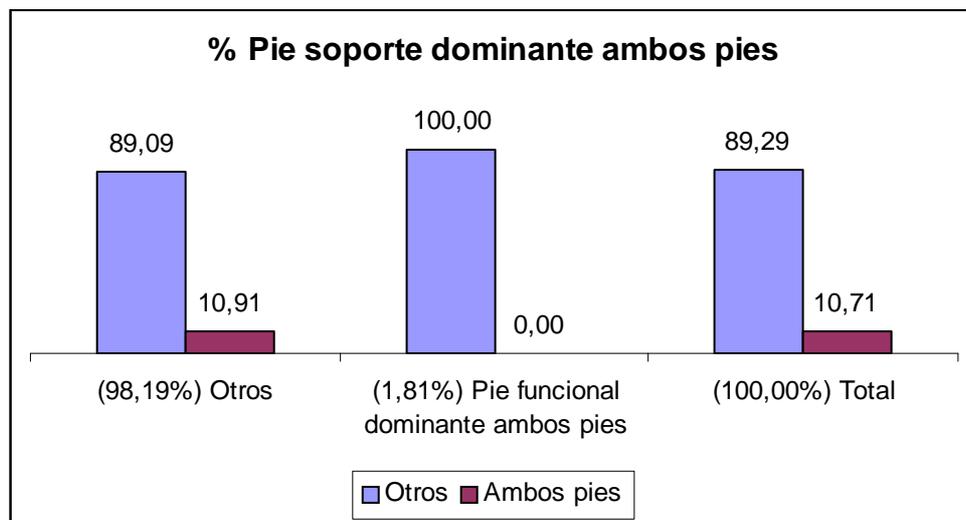


Figura 3.42- Porcentajes relativos pie funcional dominante ambos pies / pie soporte dominante ambos pies

Se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos (71 con pie soporte dominante ambos pies solo; 0 con pie soporte dominante ambos pies y con pie funcional dominante ambos pies a la vez), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa

(H₁). Por lo tanto **no se rechaza la independencia** entre las variables *Pie funcional dominante ambos pies* y *Pie soporte dominante ambos pies* con un nivel de confianza del 95,00%.

Los resultados de este experimento apuntan a que el pie soporte dominante, bien sea izquierdo, derecho o ambos a la vez, que presentan los sujetos de esta muestra es independiente del pie funcional dominante, bien sea izquierdo, derecho o ambos a la vez.

Es interesante señalar que no se ha encontrado ningún sujeto que presente pie funcional dominante y pie soporte dominante de ambos pies a la vez.

Los datos parecen apuntar que la probabilidad conjunta de encontrar sujetos que presenten dominancia soporte en el pie izquierdo y dominancia funcional ambos pies es muy baja.

3.4.6. Independencia y asociación entre variables categóricas y cuantitativas

Se desea conocer si existe alguna relación de asociación entre las diferentes variables categóricas y cuantitativas de este estudio,

Como las variables *Rangos máximo del desplazamiento del COP* y *Velocidad media del desplazamiento del COP* no presentan una distribución de datos gaussiana o normal, según el test de Kolmogorov-Smirnov (*Apartado 3.4.4.1*), se usa el modelo estadístico no paramétrico U de Mann de Whitney para muestras independientes para valorar si existe asociación con las variables categóricas siguientes:

Género

Pie funcional dominante Izquierdo

Pie funcional dominante Derecho

Pie funcional dominante Ambos pies

Pie soporte dominante Izquierdo

Pie soporte dominante Derecho

Pie soporte dominante Ambos pies

y se emplea el modelo estadístico no paramétrico U de Mann de Whitney para valorar si existe asociación entre grupos, dos a dos, con las variables categóricas siguientes:

Edad (en 5 categorías)

Peso (en 5 categorías)

Altura (en 5 categorías)

Como las variables *Presión media por cuadrantes* y *Presión media soporte plantar* presentan una distribución gaussiana o normal, según el test de Kolmogorov-Smirnov (*Apartado 3.4.4.1*), se usa el modelo estadístico paramétrico T de Student para muestras independientes para valorar si existe asociación con las variables categóricas siguientes:

Género

Pie funcional dominante Izquierdo

Pie funcional dominante Derecho

Pie funcional dominante Ambos pies

Pie soporte dominante Izquierdo

Pie soporte dominante Derecho

Pie soporte dominante Ambos pies

y se emplea el modelo estadístico paramétrico de análisis de la varianza de un factor ANOVA para valorar si existe asociación con las variables categóricas siguientes (con pruebas *post hoc* de Bonferroni en caso de significación):

Edad (en 5 categorías)

Peso (en 5 categorías)

Altura (en 5 categorías)

3.4.6.1 Género / Rangos de desplazamiento máximo del COP

Para analizar si existe asociación entre la variable categórica *Género* y las variables del grupo *Rango del desplazamiento máximo del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo* en ambos ejes del movimiento (*medio-lateral y antero-posterior*), se planteó el modelo estadístico no paramétrico test U de Mann de Whitney para muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H₀: La mediana del *Rango del desplazamiento máximo del COP* de ambos grupos es la misma según el factor *Género*.

H₁: La mediana del *Rango del desplazamiento máximo del COP* de ambos grupos es diferente según el factor *Género*.

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyó la tabla resumen (*Tabla 3.51*) con los resultados del estadístico Z y su p-valor de significación que se obtuvo mediante el test U de Mann-Whitney.

Tabla 3.51. Tabla Género / Rango máximo desplazamiento del COP

GENERO / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO		
Género vs Rango máximo	U de Mann-Whitney	
	Z	Sig.
Rango_M-L_PI	-2,407	0,016
Rango_A-P_PI	-0,685	0,493
Rango_M-L_PD	-3,048	0,002
Rango_A-P_PD	-0,618	0,537
Rango_M-L_COP	-0,474	0,636
Rango_A-P_COP	-0,678	0,498

Los resultados de aplicar este test de contraste de hipótesis mostraron que, en función de la variable *Género*, el p-valor es menor que el nivel de significación alfa definido, para las variables

- *Rango del desplazamiento máximo del COP del pie izquierdo en el eje medio-lateral (Rango_M-L_PI)*
- *Rango del desplazamiento máximo del COP del pie derecho en el eje medio- lateral (Rango_M-L_PD)*

Se concluye pues que, para las variables anteriores y a partir de los datos obtenidos en esta muestra, de 587 hombres y 76 mujeres, existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **se acepta la existencia de diferencias** entre el conjunto de hombres y el conjunto de mujeres.

No ocurre lo mismo con el resto de comparaciones de variables de este grupo, por lo que **no se acepta la existencia de diferencias** en función de la variable

Género entre el conjunto de hombres y el conjunto de mujeres de las variables siguientes

- *Rango del desplazamiento máximo del COP del pie izquierdo en el eje antero-posterior,*
- *Rango del desplazamiento máximo del COP del pie derecho en el eje antero-posterior,*
- *Rango del desplazamiento máximo del COP del cuerpo en el eje medio-lateral,*
- *Rango del de desplazamiento máximo del COP del cuerpo en el eje antero-posterior,*

Los datos obtenidos apuntan a que existen diferencias significativas en el equilibrio, entre el grupo e hombres y el de mujeres, en el eje medio-lateral de ambos pies pero no se observan diferencias en el eje antero-posterior.

3.4.6.2 Género / Velocidad media del desplazamiento del COP

Para analizar si existe asociación entre la variable categórica *Género* y las variables del grupo *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo* en ambos ejes del movimiento (medio-lateral y antero-posterior), se planteó el modelo estadístico no paramétrico test U de Mann de Whitney para muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H₀: La mediana de la *Velocidad media del desplazamiento del COP* de ambos grupos es la misma según el factor *Género*.

H₁: La mediana de la *Velocidad media del desplazamiento del COP* de ambos grupos es diferente según el factor *Género*.

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyó la tabla resumen (*Tabla 3.52*) con los resultados del estadístico Z y su p-valor de significación que se obtiene mediante el test U Mann-Whitney.

Tabla 3.52. Tabla Género / velocidad media del desplazamiento del COP

GENERO / VELOCIDAD MEDIA RANGO DE DESPLAZAMIENTO		
Género vs Velocidad media rango desplazamiento	U de Mann-Whitney	
	Z	Sig.
Velocidad_M_M-L_PI	-2,207	0,027
Velocidad_M_A-P_PI	-0,763	0,445
Velocidad_M_M-L_PD	-1,092	0,275
Velocidad_M_A-P_PD	-0,788	0,431
Velocidad_M_M-L_COP	-2,231	0,026
Velocidad_M_A-P_COP	-0,852	0,394

Los resultados de aplicar este test de contraste de hipótesis mostraron que, en función de la variable *Género*, el p-valor es menor que el nivel de significación alfa definido, para las variables

- *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo en el eje medio-lateral (Velocidad_M_M-L_PI)*
- *Velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo en el eje medio- lateral (Velocidad_M_M-L_COP)*

Se concluye pues que, para las variables anteriores y a partir de los datos obtenidos en esta muestra, de 587 hombres y 76 mujeres, existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **se acepta la existencia de diferencias** entre el conjunto de hombres y el conjunto de mujeres.

No ocurre lo mismo con el resto de comparaciones de variables de este grupo, por lo que **no se acepta la existencia de diferencias** en función de la variable

Género entre el conjunto de hombres y el conjunto de mujeres de las variables siguientes

- *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo en el eje antero-posterior,*
- *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie derecho en el eje medio-lateral,*
- *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie derecho en el eje antero-posterior,*
- *Velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo en el eje antero-posterior,*

Los datos obtenidos apuntan a que existen diferencias significativas en el equilibrio por género, en el eje medio-lateral, del pie izquierdo y del COP del cuerpo pero no se observan diferencias estadísticamente significativas en el eje antero-posterior.

3.4.6.3 Género / Presión media por cuadrantes

Para analizar si existe asociación entre la variable categórica *Género* y las variables del grupo *Presión media por cuadrantes*, se planteó el modelo estadístico paramétrico test T de Student para muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H_0 : La media de la *Presión media por cuadrantes* de ambos grupos es la misma según el factor *Género*.

H_1 : La media de la *Presión media por cuadrantes* de ambos grupos es diferente según el factor *Género*.

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyó una tabla resumen (*Tabla 3.53*) con los resultados del estadístico T y su p-valor de significación que se obtiene mediante el test T de Student.

Tabla 3.53. Tabla Género / Presión media por cuadrantes de apoyo plantar

GENERO / PRESION MEDIA POR CUADRANTES					
Género vs Presión media por cuadrantes	Se han asumido	P. Levene		T de Student	
		F	Sig.	t	Sig.
Presión_M_ZoAn_PI	varianzas iguales	0,117	0,732	661,000	0,288
	varianzas desiguales			96,627	0,280
Presión_M_ZoAn_PD	varianzas iguales	0,067	0,795	661,000	0,568
	varianzas desiguales			96,494	0,562
Presión_M_ZoPo_PI	varianzas iguales	0,126	0,723	661,000	0,014
	varianzas desiguales			95,955	0,015
Presión_M_ZoPo_PD	varianzas iguales	0,385	0,535	661,000	0,482
	varianzas desiguales			92,968	0,504

Los resultados de aplicar este test de contraste de hipótesis mostraron que, en función de la variable *Género*, el p-valor es menor que el nivel de significación alfa definido, para la variable

- *Presión media de la zona posterior del pie izquierdo (Presion_M_ZoPo_PI)*

Se concluye pues que, para la variable anterior y a partir de los datos obtenidos en esta muestra, de 587 hombres y 76 mujeres, existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **se acepta la existencia de diferencias** entre el conjunto de hombres y el conjunto de mujeres.

No ocurre lo mismo con el resto de comparaciones de variables de este grupo, por lo que **no se acepta la existencia de diferencias** en función de la variable *Género* entre el conjunto de hombres y el conjunto de mujeres de las variables siguientes

- *Presión media de la zona anterior del pie izquierdo,*
- *Presión media de la zona anterior del pie derecho,*
- *Presión media de la zona posterior del pie derecho,*

Los datos obtenidos apuntan a que existen diferencias significativas en el equilibrio, por género, en el cuadrante posterior del pie izquierdo pero no se observan diferencias en el resto de cuadrantes.

3.4.6.4 Género / Presión media soporte plantar

Para analizar si existe asociación entre la variable categórica *Género* y las variables del grupo *Presión media soporte de apoyo plantar*, se planteó el modelo estadístico paramétrico test T de Student para muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H_0 : La media de la *Presión media soporte plantar* de ambos grupos es la misma según el factor *Género*.

H_1 : La media de la *Presión media soporte plantar* de ambos grupos es diferente según el factor *Género*.

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyó una tabla resumen (*Tabla 3.54*) con los resultados del estadístico T y su p-valor de significación que se obtiene mediante el test T de Student.

Los resultados de aplicar éste test de contraste de hipótesis muestran que las variables *Presión media soporte del pie izquierdo* y *Presión media soporte del pie derecho* en función de la variable *Género* presentan un p-valor, todas ellas, mayor que un nivel de significación alfa = 0,05. Por lo que se concluye que a

partir de los datos obtenidos en esta muestra, de 587 hombres y 76 mujeres, no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1).

Tabla 3.54. Tabla Género / Presión media soporte de apoyo plantar

GENERO / PRESION MEDIA SOPORTE					
Género vs Presión media soporte	Se han asumido	P. Levene		T de Student	
		F	Sig.	t	Sig.
Presión_M_PI	varianzas iguales	1,613	0,205	1,089	0,277
	varianzas desiguales			1,207	0,230
Presión_M_PD	varianzas iguales	1,603	0,206	-1,090	0,276
	varianzas desiguales			-1,209	0,229

Por lo tanto **no se acepta la existencia de diferencias** entre el conjunto de hombres y el conjunto de mujeres en cuanto a los valores que adopta la *Presión media soporte del pie izquierdo y la Presión media soporte del pie derecho* con un nivel de confianza del 95,00%.

Los datos obtenidos apuntan a que no existen diferencias significativas en el equilibrio, por género, según la presión que tenga un pie u otro.

3.4.6.5 Pie funcional dominante / Rangos de desplazamiento máximo del COP

Para analizar si existe asociación entre la variable categórica Pie funcional dominante (se procede a trabajar con sus variables transformadas dicotómicas Pie funcional dominante pie izquierdo, Pie funcional dominante pie derecho y Pie funcional dominante ambos pies) y las variables del grupo Rango de desplazamiento máximo del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo en ambos ejes del movimiento (medio-lateral y antero-posterior), se planteó el modelo estadístico no paramétrico test U de Mann de Whitney para muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H_0 : La mediana del *Rango del desplazamiento máximo del COP* de ambos grupos es la misma según el factor *Pie funcional dominante*.

H_1 : La mediana del *Rango del desplazamiento máximo del COP* de ambos grupos es diferente según el factor *Pie funcional dominante*

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyó una tabla resumen (*Tabla 3.55*) con los resultados del estadístico Z y su p-valor de significación que se obtiene mediante el test U de Mann-Whitney.

Tabla 3.55. Tabla Pie funcional dominante / Rango máximo desplazamiento del COP

PIE FUNCIONAL DOMINANTE / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO						
Pie funcional dominante vs Rango máximo	Solo pie izquierdo		Solo pie derecho		Ambos pies por igual	
	U de Mann-Whitney		U de Mann-Whitney		U de Mann-Whitney	
	Z	Sig.	Z	Sig.	Z	Sig.
Rango_M-L_PI	-0,437	0,662	-0,926	0,354	-1,350	0,177
Rango_A-P_PI	-0,452	0,652	-0,972	0,331	-1,434	0,151
Rango_M-L_PD	-0,082	0,934	-0,006	0,995	-0,221	0,825
Rango_A-P_PD	-1,350	0,177	-1,565	0,117	-0,764	0,445
Rango_M-L_COP	-0,538	0,591	-0,839	0,401	-0,872	0,383
Rango_A-P_COP	-1,079	0,281	-1,527	0,127	-1,335	0,182

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis muestran que las variables *Rango del desplazamiento máximo del COP del pie izquierdo*, *del COP del pie derecho* y *del COP del cuerpo en el eje antero-posterior* y *en el eje medio-lateral*, en función de las variables *Pie funcional dominante pie izquierdo*, *Pie funcional dominante pie derecho* y *Pie funcional dominante ambos pies*, presentan un p-valor mayor al nivel de significación alfa definido (0,05) en este contraste de hipótesis. Por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos, (587 hombres y 76 mujeres), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa

(H_1) y por lo tanto **no se aceptan la existencia de diferencias** entre el tipo de pie funcionalmente considerado dominante es este estudio en cuanto a los valores que adopta el *Rango del desplazamiento máximo del COP del pie derecho, del COP del pie izquierdo y del COP del cuerpo* tanto en el eje antero-posterior como en el eje medio-lateral con un nivel de confianza del 95,00%.

Los datos obtenidos apuntan a que no existen diferencias significativas en el equilibrio, en función de cual sea el pie funcional dominante del sujeto, en el desplazamiento máximo del COP de ambos pies o del cuerpo en cualquiera de los dos ejes.

3.4.6.6 Pie funcional dominante / Velocidad media del desplazamiento del COP

Para analizar si existe asociación entre la variable categórica Pie funcional dominante (se procede a trabajar con sus variables transformadas dicotómicas Pie funcional dominante pie izquierdo, Pie funcional dominante pie derecho y Pie funcional dominante ambos pies) y las variables del grupo Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo en ambos ejes del movimiento (medio-lateral y antero-posterior), se planteó el modelo estadístico no paramétrico test U de Mann de Whitney para muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H_0 : La mediana de la *Velocidad media del desplazamiento del COP* de ambos grupos es la misma según el factor *Pie funcional dominante*.

H_1 : La mediana de la *Velocidad media del desplazamiento del COP* de ambos grupos es diferente según el factor *Pie funcional dominante*.

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyó la tabla resumen (*Tabla 3.56*) con los resultados del estadístico Z y su p-valor de significación que se obtiene mediante el test U Mann-Whitney.

Tabla 3.56. Tabla Pie funcional dominante / velocidad media del desplazamiento del COP

PIE FUNCIONAL DOMINANTE / VELOCIDAD MEDIA DESPLAZAMIENTO COP						
Pie funcional dominante vs Velocidad media	Solo pie izquierdo		Solo pie derecho		Ambos pies por igual	
	U de Mann-Whitney		U de Mann-Whitney		U de Mann-Whitney	
	Z	Sig.	Z	Sig.	Z	Sig.
Velocidad_M_M-L_PI	-0,180	0,857	-0,038	0,970	-0,545	0,586
Velocidad_M_A-P_PI	-0,507	0,612	-0,545	0,585	-0,175	0,861
Velocidad_M_M-L_PD	-0,216	0,829	-0,245	0,806	-1,180	0,238
Velocidad_M_A-P_PD	-0,133	0,894	-0,442	0,658	-0,832	0,405
Velocidad_M_M-L_COP	-0,247	0,805	-0,131	0,895	-0,268	0,788
Velocidad_M_A-P_COP	-0,459	0,646	-0,329	0,742	-0,275	0,784

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis muestran que las variables *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo en el eje antero-posterior y en el eje medio-lateral*, en función de las variables *Pie funcional dominante pie izquierdo, Pie funcional dominante pie derecho y Pie funcional dominante ambos pies*, presentan un p-valor mayor al nivel de significación alfa definido (0,05) en este contraste de hipótesis. Por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos, (587 hombres y 76 mujeres), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **no se aceptan la existencia de diferencias** entre el tipo de pie funcionalmente considerado dominante es este estudio en cuanto a los valores que adopta la *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo* tanto en el eje antero-posterior como en el eje medio-lateral con un nivel de confianza del 95,00%.

Los datos obtenidos apuntan a que no existen diferencias significativas en el equilibrio, en función de cual sea el pie funcional dominante del sujeto, en la Velocidad media del desplazamiento del COP de ambos pies o del cuerpo en cualquiera de los dos ejes.

3.4.6.7 Pie funcional dominante / Presión media por cuadrantes

Para analizar si existe asociación entre la variable categórica Pie funcional dominante (se procede a trabajar con sus variables transformadas dicotómicas *Pie funcional dominante pie izquierdo*, *Pie funcional dominante pie derecho* y *Pie funcional dominante ambos pies*) y las variables del grupo *Presión media por cuadrantes*, se planteó el modelo estadístico paramétrico test T de Student para muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H₀: La media de la *Presión media por cuadrantes* de ambos grupos es la misma según el factor *Pie funcional dominante*.

H₁: La media de la *Presión media por cuadrantes* de ambos grupos es diferente según el factor *Pie funcional dominante*.

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyeron tres tablas resumen (*Tabla 3.57*, *Tabla 3.58*, *Tabla 3.59*) con los resultados del estadístico T y su p-valor de significación que se obtiene mediante el test T de Student.

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis, mediante el estadístico T de Student, muestran (*Tabla 3.57*) que las variables *Presión media de la zona anterior del pie izquierdo*, *Presión media de la zona anterior del pie derecho*, *Presión media de la zona posterior del pie izquierdo* y *Presión media de la zona posterior del pie derecho* en función de la variable *Pie funcional dominante pie izquierdo* presentan un p-valor mayor al nivel de

significación alfa definido (0,05) en este contraste de hipótesis. Por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos, (587 hombres y 76 mujeres), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **no se acepta la existencia de diferencias** entre poseer un pie funcional dominante izquierdo en cuanto a los valores que adopta la *Presión media por cuadrantes* con un nivel de confianza del 95,00%.

Tabla 3.57. Tabla pie funcional dominante izquierdo / Presión media por cuadrantes de apoyo plantar

PIE FUNCIONAL DOMINANTE PIE IZQUIERDO / PRESION MEDIA POR CUADRANTES

Pie funcional dominante izq. vs Presión media por cuadrantes	Se han asumido	P. Levene		T de Student	
		F	Sig.	t	Sig.
Presión_M_ZoAn_PI	varianzas iguales	3,863	0,050	-1,321	0,187
	varianzas desiguales			-1,199	0,233
Presión_M_ZoAn_PD	varianzas iguales	0,203	0,652	1,392	0,164
	varianzas desiguales			1,463	0,146
Presión_M_ZoPo_PI	varianzas iguales	1,266	0,261	-0,546	0,585
	varianzas desiguales			-0,567	0,572
Presión_M_ZoPo_PD	varianzas iguales	0,536	0,464	0,404	0,686
	varianzas desiguales			0,384	0,702

Tabla 3.58. Tabla pie funcional dominante derecho / Presión media por cuadrantes de apoyo plantar

PIE FUNCIONAL DOMINANTE PIE DERECHO / PRESION MEDIA POR CUADRANTES

Pie funcional dominante der. vs Presión media por cuadrantes	Se han asumido	P. Levene		T de Student	
		F	Sig.	t	Sig.
Presión_M_ZoAn_PI	varianzas iguales	4,648	0,031	0,613	0,540
	varianzas desiguales			0,559	0,578
Presión_M_ZoAn_PD	varianzas iguales	0,401	0,527	-0,821	0,412
	varianzas desiguales			-0,861	0,391
Presión_M_ZoPo_PI	varianzas iguales	1,266	0,261	0,382	0,702
	varianzas desiguales			0,401	0,689
Presión_M_ZoPo_PD	varianzas iguales	0,299	0,585	-0,125	0,900
	varianzas desiguales			-0,122	0,903

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis, mediante el estadístico T de Student, muestran (Tabla 3.58) que las variables *Presión media de la zona anterior del pie izquierdo, Presión media de la zona anterior del pie derecho, Presión media de la zona posterior del pie izquierdo y Presión media de la zona posterior del pie derecho* en función de la variable *Pie funcional dominante pie derecho* presentan un p-valor mayor al nivel de significación alfa definido (0,05) en este contraste de hipótesis. Por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos, (587 hombres y 76 mujeres), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **no se acepta la existencia de diferencias** entre poseer un pie funcional dominante derecho en cuanto a los valores que adopta la *Presión media por cuadrantes* con un nivel de confianza del 95,00%.

Tabla 3.59. Tabla Pie funcional dominante ambos pies / Presión media por cuadrantes de apoyo plantar

PIE FUNCIONAL DOMINANTE AMBOS PIES / PRESION MEDIA POR CUADRANTES					
Pie funcional domin. ambos vs Presión media por cuadrantes	Se han asumido	P. Levene		T de Student	
		F	Sig.	t	Sig.
Presión_M_ZoAn_PI	varianzas iguales	0,043	0,837	1,667	0,096
	varianzas desiguales			1,655	0,125
Presión_M_ZoAn_PD	varianzas iguales	0,966	0,326	-1,296	0,195
	varianzas desiguales			-1,501	0,160
Presión_M_ZoPo_PI	varianzas iguales	0,007	0,931	0,351	0,726
	varianzas desiguales			0,396	0,699
Presión_M_ZoPo_PD	varianzas iguales	0,636	0,425	-0,674	0,501
	varianzas desiguales			-0,791	0,445

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis, mediante el estadístico T de Student, muestran (Tabla 3.59) que las variables *Presión media de la zona anterior del pie izquierdo, Presión media de la zona anterior del pie derecho, Presión media de la zona posterior del pie izquierdo, Presión media de la zona posterior del pie derecho* en función de la variable *Pie funcional dominante ambos pies* presentan un p-valor mayor al nivel de

significación alfa definido (0,05) en este contraste de hipótesis. Por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos, (587 hombres y 76 mujeres), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **no se acepta la existencia de diferencias** entre poseer ambos pies funcionalmente dominantes a la vez en cuanto a los valores que adopta la *Presión media por cuadrantes* con un nivel de confianza del 95,00%.

Los datos obtenidos apuntan a que no existen diferencias significativas en el equilibrio, en función de cual sea el pie funcional dominante del sujeto, en la *Presión media por cuadrantes*.

3.4.6.8. Pie funcional dominante / Presión media soporte

Para analizar si existe asociación entre la variable categórica Pie funcional dominante (se procede a trabajar con sus variables transformadas dicotómicas *Pie funcional dominante pie izquierdo*, *Pie funcional dominante pie derecho* y *Pie funcional dominante ambos pies*) y las variables del grupo *Presión media soporte por pie*, se planteó el modelo estadístico paramétrico test T de Student para muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H_0 : La media de la *Presión media soporte* por pie de ambos grupos es la misma según el factor *Pie funcional dominante*.

H_1 : La media de la *Presión media soporte* por pie de ambos grupos es diferente según el factor *Pie funcional dominante*.

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyeron tres tablas resumen (*Tabla 3.60*, *Tabla 3.61*, *Tabla 3.62*) con los resultados del estadístico T y su p-valor de significación que se obtiene mediante el test T de Student.

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis, mediante el estadístico T de Student, muestran (Tabla 3.60) que las variables *Presión media soporte del pie izquierdo*, *Presión media soporte del pie derecho* en función de la variable *Pie funcional dominante pie izquierdo* presentan un p-valor mayor al nivel de significación alfa definido (0,05) en este contraste de hipótesis. Por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos, (587 hombres y 76 mujeres), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **no se acepta la existencia de diferencias** entre poseer un pie funcional dominante izquierdo en cuanto a los valores que adopta la *Presión media soporte por pie* con un nivel de confianza del 95,00%.

Tabla 3.60. Tabla pie funcional dominante izquierdo / Presión media soporte por pie

PIE FUNCIONAL DOMINANTE / PRESION MEDIA SOPORTE POR PIE					
Pie funcional dominante izq. vs Presión media soporte por pie	Se han asumido	P. Levene		T de Student	
		F	Sig.	t	Sig.
Presión_M_PI	varianzas iguales	0,051	0,822	-1,579	0,115
	varianzas desiguales			-1,501	0,136
Presión_M_PD	varianzas iguales	0,049	0,825	1,576	0,115
	varianzas desiguales			1,499	0,137

Tabla 3.61. Tabla pie funcional dominante derecho / Presión media soporte por pie

PIE FUNCIONAL DOMINANTE / PRESION MEDIA SOPORTE POR PIE					
Pie funcional dominante der. vs Presión media soporte por pie	Se han asumido	P. Levene		T de Student	
		F	Sig.	t	Sig.
Presión_M_PI	varianzas iguales	0,090	0,765	0,838	0,402
	varianzas desiguales			0,807	0,421
Presión_M_PD	varianzas iguales	0,087	0,768	-0,836	0,404
	varianzas desiguales			-0,805	0,422

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis, mediante el estadístico T de Student, muestran (Tabla 3.61) que las variables *Presión media soporte del pie izquierdo*, *Presión media soporte del pie derecho* en función de la variable *Pie funcional dominante pie derecho* presentan un p-valor

mayor al nivel de significación alfa definido (0,05) en este contraste de hipótesis. Por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos, (587 hombres y 76 mujeres), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **no se acepta la existencia de diferencias** entre poseer un pie funcional dominante derecho en cuanto a los valores que adopta la *Presión media soporte por pie* con un nivel de confianza del 95,00%.

Tabla 3.62. Tabla pie funcional dominante ambos pies / Presión media soporte por pie

PIE FUNCIONAL DOMINANTE / PRESION MEDIA SOPORTE POR PIE					
Pie funcional domin. ambos vs Presión media soporte por pie	Se han asumido	P. Levene		T de Student	
		F	Sig.	t	Sig.
Presión_M_PI	varianzas iguales	1,027	0,311	1,716	0,087
	varianzas desiguales			2,226	0,046
Presión_M_PD	varianzas iguales	1,034	0,310	-1,714	0,087
	varianzas desiguales			-2,225	0,047

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis, mediante el estadístico T de Student, muestran (Tabla 3.62) que las variables *Presión media soporte del pie izquierdo*, *Presión media soporte del pie derecho* en función de la variable *Pie funcional dominante ambos pies* presentan un p-valor mayor al nivel de significación alfa definido (0,05) en este contraste de hipótesis. Por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos, (587 hombres y 76 mujeres), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **no se acepta la existencia de diferencias** entre poseer ambos pies funcionalmente dominantes a la vez en cuanto a los valores que adopta la *Presión media soporte por pie* con un nivel de confianza del 95,00%.

Los datos obtenidos apuntan a que no existen diferencias significativas en el equilibrio, en función de cual sea el pie funcional dominante del sujeto, en la *Presión media soporte de cada pie*.

3.4.6.9. Pie soporte dominante / Rangos de desplazamiento máximo del COP

Para analizar si existe asociación entre la variable categórica Pie soporte dominante (se procede a trabajar con sus variables transformadas dicotómicas *Pie soporte dominante pie izquierdo*, *Pie soporte dominante pie derecho* y *Pie soporte dominante ambos pies*) y las variables del grupo *Rango de desplazamiento máximo del COP del pie izquierdo*, *del COP del pie derecho* y *del COP del cuerpo* en ambos ejes del movimiento (medio-lateral y antero-posterior), se planteó el modelo estadístico no paramétrico test U de Mann de Whitney para muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H_0 : La mediana del *Rango del desplazamiento máximo del COP* de ambos grupos es la misma según factor *Pie soporte dominante*.

H_1 : La mediana del *Rango del desplazamiento máximo del COP* de ambos grupos es diferente según factor *Pie soporte dominante*

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyó una tabla resumen (*Tabla 3.63*) con los resultados del estadístico Z y su p-valor de significación se obtiene mediante el test U de Mann-Whitney.

Los resultados de aplicar este test de contraste de hipótesis mostraron que, en función de la variable *Pie soporte dominante*, el p-valor es menor que el nivel de significación alfa definido, para las variables

- *Rango del desplazamiento máximo del COP del pie derecho en el eje medio-lateral para sólo el pie izquierdo soporte dominante*
- *Rango del desplazamiento máximo del COP del pie derecho en el eje medio-lateral para sólo el pie derecho soporte dominante*

Tabla 3.63. Tabla Pie soporte dominante / Rango máximo desplazamiento del COP

PIE SOPORTE DOMINANTE / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO

Pie soporte dominante vs Rango máximo	Solo pie izquierdo		Solo pie derecho		Ambos pies por igual	
	U de Mann-Whitney		U de Mann-Whitney		U de Mann-Whitney	
	Z	Sig.	Z	Sig.	Z	Sig.
Rango_M-L_PI	-0,735	0,462	-0,939	0,347	-0,458	0,647
Rango_A-P_PI	-0,798	0,425	-0,861	0,389	-0,264	0,792
Rango_M-L_PD	-3,410	0,001	-2,556	0,011	-0,526	0,599
Rango_A-P_PD	-1,738	0,082	-1,487	0,137	-0,003	0,998
Rango_M-L_COP	-0,136	0,892	-0,256	0,798	-0,206	0,837
Rango_A-P_COP	-0,300	0,764	-0,181	0,856	-0,111	0,912

Se concluye pues que, para las variables anteriores y a partir de los datos obtenidos en esta muestra existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **se acepta la existencia de diferencias** entre el tipo de pie soporte considerado dominante en este estudio en cuanto a los valores que adopta el *Rango del desplazamiento máximo del COP del pie derecho* en el eje medio-lateral.

No ocurre lo mismo con el resto de comparaciones de variables de este grupo, por lo que **no se acepta la existencia de diferencias** en función de la variable *Pie soporte dominante* en cualquiera de sus valores para las variables siguientes

- *Rango del desplazamiento máximo del COP del pie izquierdo en el eje medio-lateral,*
- *Rango del desplazamiento máximo del COP del pie izquierdo en el eje antero-posterior,*
- *Rango del desplazamiento máximo del COP del pie derecho en el eje antero-posterior,*

- *Rango del desplazamiento máximo del COP del cuerpo en el eje antero-posterior,*
- *Rango del desplazamiento máximo del COP del cuerpo en el eje medio-lateral,*

Los datos obtenidos apuntan a que existen diferencias significativas en el desplazamiento máximo del COP, en el eje medio-lateral, según se tenga dominancia soporte con el pie izquierdo o con el pie derecho.

3.4.6.10. Pie soporte dominante / Velocidad media del desplazamiento del COP

Para analizar si existe asociación entre la variable categórica Pie soporte dominante (se procede a trabajar con sus variables transformadas dicotómicas *Pie soporte dominante pie izquierdo, Pie soporte dominante pie derecho y Pie soporte dominante ambos pies*) y las variables del grupo *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo* en ambos ejes del movimiento (medio-lateral y antero-posterior), se planteó el modelo estadístico no paramétrico test U de Mann de Whitney para muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H_0 : La mediana de la *Velocidad media del desplazamiento del COP* de ambos grupos es la misma según el factor *Pie soporte dominante*.

H_1 : La mediana de la *Velocidad media del desplazamiento del COP* de ambos grupos es diferente según el factor *Pie soporte dominante*.

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyó la tabla resumen (*Tabla 3.64*) con los resultados del estadístico Z y su p-valor de significación se obtienen mediante el test U Mann-Whitney.

Tabla 3.64. Tabla Pie soporte dominante / velocidad media del desplazamiento del COP

PIE SOPORTE DOMINANTE / VELOCIDAD MEDIA DESPLAZAMIENTO COP						
Pie soporte dominante vs Velocidad media	Solo pie izquierdo		Solo pie derecho		Ambos pies por igual	
	U de Mann-Whitney		U de Mann-Whitney		U de Mann-Whitney	
	Z	Sig.	Z	Sig.	Z	Sig.
Velocidad_M_M-L_PI	-3,038	0,002	-2,215	0,027	-0,561	0,575
Velocidad_M_A-P_PI	-2,126	0,033	-1,339	0,180	-0,702	0,483
Velocidad_M_M-L_PD	-7,573	0,000	-7,279	0,000	-1,189	0,234
Velocidad_M_A-P_PD	-6,283	0,000	-5,941	0,000	-0,843	0,399
Velocidad_M_M-L_COP	-4,259	0,000	-3,702	0,000	-0,093	0,926
Velocidad_M_A-P_COP	-4,451	0,000	-3,884	0,000	-0,119	0,905

Los resultados de aplicar este test de contraste de hipótesis mostraron que, en función de la variable *Pie soporte dominante*, el p-valor es menor que el nivel de significación alfa definido, para las variables

- *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo en el eje medio-lateral para el pie izquierdo dominante y pie derecho dominante,*
- *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo en el eje antero-posterior para el pie izquierdo dominante,*
- *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie derecho en ambos ejes (medio-lateral y antero-posterior) para el pie izquierdo dominante y pie derecho dominante,*
- *Velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo en ambos ejes (medio-lateral y antero-posterior) para el pie izquierdo dominante y pie derecho dominante,*

se concluye pues que, para las variables anteriores y a partir de los datos obtenidos en esta muestra existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **se acepta la existencia de diferencias** entre el tipo de pie soporte considerado dominante en este estudio

en cuanto a los valores que adopta la *Velocidad media del desplazamiento del COP*.

No ocurre lo mismo con el resto de comparaciones de variables de este grupo, por lo que **no se acepta la existencia de diferencias** en función de la variable *Pie soporte dominante ambos pies* en cualquiera de sus valores para las variables siguientes

- *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo en ambos ejes (medio-lateral y antero-posterior),*
- *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie derecho en ambos ejes (medio-lateral y antero-posterior),*
- *Velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo en ambos ejes (medio-lateral y antero-posterior),*

Los datos obtenidos apuntan a que existen diferencias significativas en la velocidad media de desplazamiento del COP, en el eje medio-lateral y antero-posterior, según se tenga dominancia soporte con el pie izquierdo o con el pie derecho. También apuntan a que si no existe una dominancia soporte lateral no se detectan diferencias en la velocidad media de desplazamiento del COP.

3.4.6.11. Pie soporte dominante / Presión media por cuadrantes

Para analizar si existe asociación entre la variable categórica *Pie soporte dominante* (se procede a trabajar con sus variables transformadas dicotómicas *Pie soporte dominante pie izquierdo*, *Pie soporte dominante pie derecho* y *Pie soporte dominante ambos pies*) y las variables del grupo *Presión media por cuadrantes*, se planteó el modelo estadístico paramétrico test T de Student para muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H₀: La media de la *Presión media por cuadrantes* de ambos grupos es la misma según el factor *Pie soporte dominante*.

H_1 : La media de la *Presión media por cuadrantes* de ambos grupos es diferente según el factor *Pie soporte dominante*.

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyeron tres tablas resumen (*Tabla 3.65, Tabla 3.66, Tabla 3.67*) con los resultados del estadístico T y su p-valor de significación se obtuvo mediante el test T de Student.

Tabla 3.65. Tabla pie soporte dominante izquierdo / Presión media por cuadrantes de apoyo plantar

PIE SOPORTE DOMINANTE PIE IZQUIERDO / PRESION MEDIA POR CUADRANTES					
Pie soporte dominante izq. vs Presión media por cuadrantes	Se han asumido	P. Levene		T de Student	
		F	Sig.	t	Sig.
Presión_M_ZoAn_PI	varianzas iguales	0,119	0,730	-13,235	0,000
	varianzas desiguales			-13,658	0,000
Presión_M_ZoAn_PD	varianzas iguales	2,022	0,155	12,439	0,000
	varianzas desiguales			11,606	0,000
Presión_M_ZoPo_PI	varianzas iguales	0,001	0,973	-10,398	0,000
	varianzas desiguales			-10,386	0,000
Presión_M_ZoPo_PD	varianzas iguales	0,940	0,333	10,417	0,000
	varianzas desiguales			9,946	0,000

Para cada par de asociación de variables entre la presión media por cuadrantes y las variables *Pie soporte dominante pie izquierdo, Pie soporte dominante pie derecho y Pie soporte dominante ambos pies* se valoró la significación de la prueba de Levene para la igualdad de las varianzas de cada grupo. El contraste de hipótesis que se plantea con esta prueba es el siguiente:

H_0 : Las varianzas son iguales en ambos grupos

H_1 : Las varianzas son desiguales en ambos grupos

Según el resultado del estadístico F y de su significación se acepta una u otra hipótesis de este contraste de varianzas. A partir de la clase de hipótesis que se acepte, se valora el significado estadístico del valor t calculado.

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis, mediante el estadístico T de Student, muestran (*Tabla 3.65*) que las variables *Presión media de la zona anterior del pie izquierdo, Presión media de la zona anterior del pie derecho, Presión media de la zona posterior del pie izquierdo y Presión media de la zona posterior del pie derecho* en función de la variable *Pie soporte dominante pie izquierdo* presentan un p-valor menor al nivel de significación alfa definido (0,05) en este contraste de hipótesis. Por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos, (587 hombres y 76 mujeres), existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **se acepta la existencia de diferencias** entre poseer un pie soporte dominante izquierdo en cuanto a los valores que adopta la *Presión media por cuadrantes* con un nivel de confianza del 95,00%.

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis, mediante el estadístico T de Student, muestran (*Tabla 3.66*) que las variables *Presión media de la zona anterior del pie izquierdo, Presión media de la zona anterior del pie derecho, Presión media de la zona posterior del pie izquierdo y Presión media de la zona posterior del pie derecho* en función de la variable *Pie funcional dominante pie derecho* presentan un p-valor menor al nivel de significación alfa definido (0,05) en este contraste de hipótesis. Por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos, (587 hombres y 76 mujeres), existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **se acepta la existencia de diferencias** entre poseer un pie funcional dominante derecho en cuanto a los valores que adopta la *Presión media por cuadrantes* con un nivel de confianza del 95,00%.

Tab.3.66. Tabla pie soporte dominante derecho / Presión media por cuadrantes de apoyo plantar

PIE SOPORTE DOMINANTE PIE DERECHO / PRESION MEDIA POR CUADRANTES					
Pie soporte dominante der. vs Presión media por cuadrantes	Se han asumido	P. Levene		T de Student	
		F	Sig.	t	Sig.
Presión_M_ZoAn_PI	varianzas iguales	0,057	0,811	14,381	0,000
	varianzas desiguales			14,529	0,000
Presión_M_ZoAn_PD	varianzas iguales	2,412	0,121	-13,731	0,000
	varianzas desiguales			-13,087	0,000
Presión_M_ZoPo_PI	varianzas iguales	0,591	0,442	11,072	0,000
	varianzas desiguales			11,168	0,000
Presión_M_ZoPo_PD	varianzas iguales	1,454	0,228	-10,857	0,000
	varianzas desiguales			-10,431	0,000

Tabla 3.67. Tabla pie soporte dominante ambos / Presión media por cuadrantes de apoyo plantar

PIE SOPORTE DOMINANTE AMBOS PIES / PRESION MEDIA POR CUADRANTES					
Pie soporte domin. ambos vs Presión media por cuadrantes	Se han asumido	P. Levene		T de Student	
		F	Sig.	t	Sig.
Presión_M_ZoAn_PI	varianzas iguales	8,018	0,005	-3,712	0,000
	varianzas desiguales			-4,678	0,000
Presión_M_ZoAn_PD	varianzas iguales	5,294	0,022	3,784	0,000
	varianzas desiguales			4,440	0,000
Presión_M_ZoPo_PI	varianzas iguales	7,323	0,007	-2,861	0,004
	varianzas desiguales			-3,500	0,001
Presión_M_ZoPo_PD	varianzas iguales	1,316	0,252	2,592	0,010
	varianzas desiguales			2,801	0,006

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis, mediante el estadístico T de Student, muestran (Tabla 3.66) que las variables *Presión media de la zona anterior del pie izquierdo, Presión media de la zona anterior del pie derecho, Presión media de la zona posterior del pie izquierdo y Presión media de la zona posterior del pie derecho* en función de la variable *Pie soporte dominante ambos pies* presentan un p-valor menor al nivel de significación alfa definido (0,05) en este contraste de hipótesis. Por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos, (587 hombres y

76 mujeres), existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **se acepta la existencia de diferencias** entre poseer ambos pies funcionalmente dominantes a la vez en cuanto a los valores que adopta la *Presión media por cuadrantes* con un nivel de confianza del 95,00%.

Los datos obtenidos apuntan a que existen diferencias significativas en el equilibrio, en función de cual sea el pie soporte dominante del sujeto, en la *Presión media por cuadrantes*.

3.4.6.12. Pie soporte dominante / Presión media soporte plantar

Para analizar si existe asociación entre la variable categórica Pie soporte dominante (se procede a trabajar con sus variables transformadas dicotómicas *Pie soporte dominante pie izquierdo*, *Pie soporte dominante pie derecho* y *Pie soporte dominante ambos pies*) y las variables del grupo *Presión media soporte plantar*, se planteó el modelo estadístico paramétrico test T de Student para muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H_0 : La media de la *Presión media soporte plantar* de ambos grupos es la misma según el factor *Pie soporte dominante*.

H_1 : La media de la *Presión media soporte plantar* de ambos grupos es diferente según el factor *Pie soporte dominante*.

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyeron tres tablas resumen (*Tabla 3.68*, *Tabla 3.69*, *Tabla 3.70*) con los resultados del estadístico T y su p-valor de significación que se obtiene mediante el test T de Student.

Tabla 3.68. Tabla pie soporte dominante izquierdo / Presión media soporte por pie

PIE SOPORTE DOMINANTE / PRESION MEDIA SOPORTE POR PIE					
Pie soporte dominante izq. vs Presión media soporte por pie	Se han asumido	P. Levene		T de Student	
		F	Sig.	t	Sig.
Presión_M_PI	varianzas iguales	7,446	0,007	-25,081	0,000
	varianzas desiguales			-27,975	0,000
Presión_M_PD	varianzas iguales	7,468	0,006	25,082	0,000
	varianzas desiguales			27,976	0,000

Tabla 3.69. Tabla pie soporte dominante derecho / Presión media soporte por pie

PIE SOPORTE DOMINANTE / PRESION MEDIA SOPORTE POR PIE					
Pie soporte dominante der. vs Presión media soporte por pie	Se han asumido	P. Levene		T de Student	
		F	Sig.	t	Sig.
Presión_M_PI	varianzas iguales	1,379	0,241	28,389	0,000
	varianzas desiguales			29,115	0,000
Presión_M_PD	varianzas iguales	1,373	0,242	-28,386	0,000
	varianzas desiguales			-29,112	0,000

Tabla 3.70. Tabla pie soporte dominante ambos pies / Presión media soporte por pie

PIE SOPORTE DOMINANTE / PRESION MEDIA SOPORTE POR PIE					
Pie soporte domin. ambos vs Presión media soporte por pie	Se han asumido	P. Levene		T de Student	
		F	Sig.	t	Sig.
Presión_M_PI	varianzas iguales	72,994	0,000	-5,597	0,000
	varianzas desiguales			-15,591	0,000
Presión_M_PD	varianzas iguales	73,048	0,000	5,596	0,000
	varianzas desiguales			15,590	0,000

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis, mediante el estadístico T de Student, muestran (Tabla 3.68) que las variables *Presión media soporte del pie izquierdo* y *Presión media soporte del pie derecho* en función de la variable *Pie soporte dominante pie izquierdo* presentan un p-valor menor al nivel de significación alfa definido (0,05) en este contraste de hipótesis. Por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos, (587 hombres y 76 mujeres), existe evidencia

estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1). Por lo tanto **se acepta la existencia de diferencias** entre poseer un pie soporte dominante izquierdo en cuanto a los valores que adopta la *Presión media soporte por pie* con un nivel de confianza del 95,00%.

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis, mediante el estadístico T de Student, muestran (*Tabla 3.69*) que las variables *Presión media soporte del pie izquierdo* y *Presión media soporte del pie derecho* en función de la variable *Pie soporte dominante pie derecho* presentan un p-valor menor al nivel de significación alfa definido (0,05) en este contraste de hipótesis. Por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos, (587 hombres y 76 mujeres), existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1). Por lo tanto **se acepta la existencia de diferencias** entre poseer un pie soporte dominante derecho en cuanto a los valores que adopta la *Presión media*

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis, mediante el estadístico T de Student, muestran (*Tabla 3.70*) que las variables *Presión media soporte del pie izquierdo* y *Presión media soporte del pie derecho* en función de la variable *Pie soporte dominante ambos pies* presentan un p-valor menor al nivel de significación alfa definido (0,05) en este contraste de hipótesis. Por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos, (587 hombres y 76 mujeres), existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1). Por lo tanto **se acepta la existencia de diferencias** entre poseer ambos pies funcionalmente dominantes a la vez en cuanto a los valores que adopta la *Presión media soporte por pie* con un nivel de confianza del 95,00%.

Los datos obtenidos apuntan a que existen diferencias significativas en el equilibrio, en función de cual sea el pie soporte dominante del sujeto, en la *Presión media soporte* de cada pie. Lo cual era de esperar por que ambas variables miden lo mismo. Sólo existe una posible variabilidad entre ellas a causa del umbral del 1% de diferencia de apoyo entre ambos pies que se usa en este estudio para categorizar la variable pie soporte dominante.

3.4.7. Edad: criterio de categorización

Para analizar si existe asociación entre las variables cuantitativas de este estudio y la variable cuantitativa *Edad* se usa una variable transformada categórica, *Edad_5*.

Dado que, en este estudio, la muestra usada presenta un valor mínimo de 18,00 años y un valor máximo de 71,00 años, se ha repartido la misma en 5 intervalos de aproximadamente 10 años cada uno. Concretamente de 10,60 años. *Edad_5* queda pues categorizada en los cinco grupos o niveles descritos en la tabla 3.71.

Tabla 3.71. Grupos de Edad

EDAD CATEGORIZADA					
Grupos de Edad	Rango Edad	casos según	Porcentaje	Media	Desviación típica
1	18,0-28,6	53	7,99	25,23	2,78
2	28,7-39,2	299	45,10	34,91	2,74
3	39,3-49,8	232	34,99	43,89	2,87
4	49,9-60,4	71	10,71	53,08	2,27
5	60,5-71,0	8	1,21	63,25	3,54

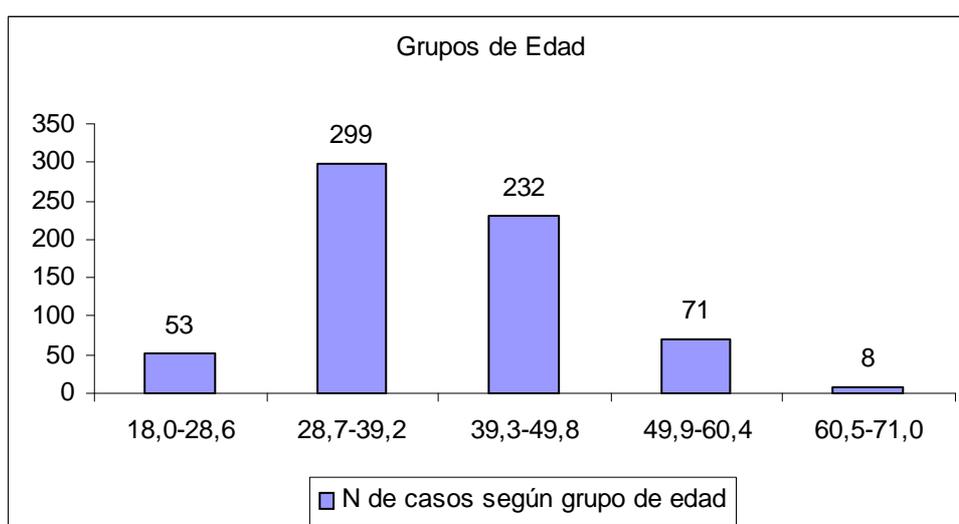


Figura 3.43. Grupos de Edad

Se puede observar que el mayor número de sujetos de esta muestra presentan una edad comprendida entre 29 y 49 años.

3.4.7.1 Edad / Rangos de desplazamiento máximo del COP

Para analizar si existe asociación entre la variable *Edad_5* y las variables del grupo *Rango del desplazamiento máximo del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo* en ambos ejes del movimiento (medio-lateral y antero-posterior), se plantea el modelo estadístico no paramétrico de U de Mann-Whitney para dos muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H_0 : Las medianas del *Rango del desplazamiento máximo del COP* en ambos grupos son iguales según el factor *Edad_5*

H_1 : Las medianas del *Rango del desplazamiento máximo del COP* en ambos grupos no son iguales según el factor *Edad_5*

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyó una tabla resumen con los resultados del estadístico media (*Tabla 3.72*) para cada grupo.

Los resultados de aplicar este test de contraste de hipótesis (*Anexo 7*) mostraron que, en función de la variable *Edad_5*, el p-valor es mayor que el nivel de significación alfa definido para todas variables de este grupo por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos (587 hombres y 76 mujeres), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **no se acepta la existencia de diferencias** entre los distintos grupos de la variable *Edad_5* y los valores que adopta el *Rango del desplazamiento máximo del COP del pie*

izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo, tanto en el eje medio-lateral como en el eje antero-posterior, con un nivel de confianza del 95,00%.

Tabla 3.72. Tabla Edad / Rango máximo desplazamiento del COP

EDAD / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO					
Edad (categ.) vs Rango máximo deplaza. COP	Media 18,0-28,6	Media 28,7-39,2	Media 39,3-49,8	Media 49,9-60,4	Media 60,5-71,0
Rango_M-L_PI	0,662	0,616	0,656	0,569	0,630
Rango_A-P_PI	3,135	3,126	3,098	3,379	2,519
Rango_M-L_PD	0,784	0,570	0,613	0,614	0,441
Rango_A-P_PD	3,204	2,998	3,133	3,230	1,822
Rango_M-L_COP	2,014	2,152	2,369	2,107	1,853
Rango_A-P_COP	3,009	2,863	2,850	3,106	1,792

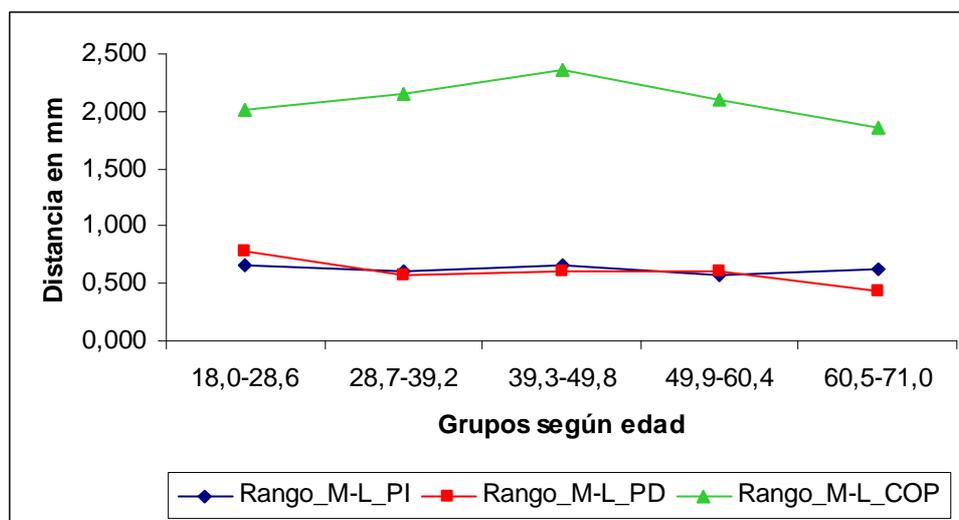


Figura 3.44. Grupos de Edad_5 / Rango desplazamiento medio-lateral del COP

Puede observarse la distribución de las medias de los diferentes grupos de estas variables en el eje medio-lateral (Figura 3.44) y en el eje antero-posterior (Figura 3.45).

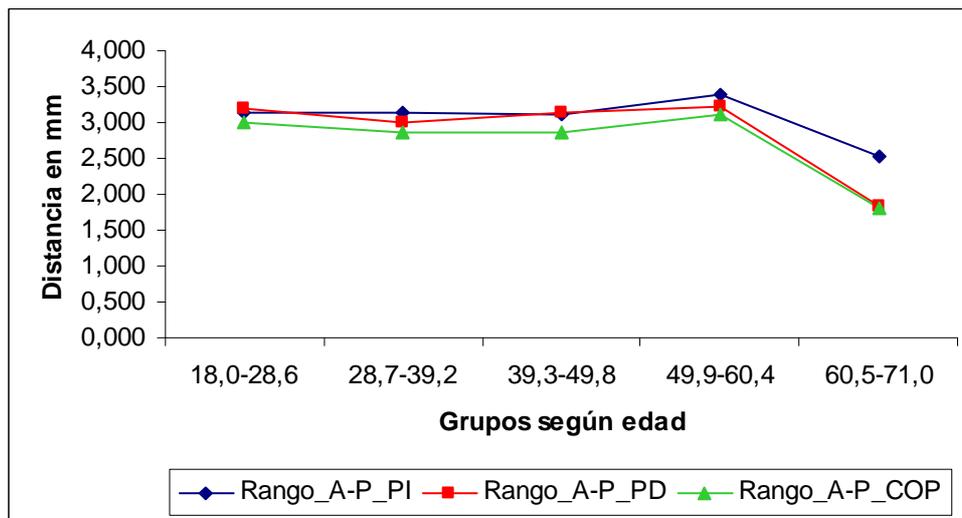


Figura 3.45. Grupos de Edad_5 / Rango desplazamiento antero-posterior del COP

Los datos obtenidos apuntan a que no existen diferencias estadísticamente significativas en el equilibrio, medido como el desplazamiento máximo del COP, entre los diferentes pares de grupos ni en el eje medio-lateral ni en el eje antero-posterior, en función de la variable categorizada Edad.

No obstante sí se observa (Figura 3.44) un aumento del desplazamiento máximo del COP del cuerpo en el eje medio-lateral desde los 18 años llegando a un máximo entre los 39 y 50 años, para seguidamente volver a disminuir a medida que la edad va incrementándose.

Puede observarse también (Figura 3.45) unos valores muy similares del desplazamiento máximo del COP del cuerpo en el eje antero-posterior desde los 18 años hasta los 60 años, para seguidamente disminuir a medida que la edad va incrementándose.

3.4.7.2 Edad / Velocidad media del desplazamiento del COP

Para analizar si existe asociación entre la variable Edad_5 y las variables del grupo Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo en ambos ejes del movimiento (medio-

lateral y antero-posterior), se plantea el modelo estadístico no paramétrico de *U* de Mann-Whitney para dos muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H_0 : Las medianas de la *Velocidad media del desplazamiento del COP* en ambos grupos son iguales según el factor *Edad_5*

H_1 : Las medianas de la *Velocidad media del desplazamiento del COP* en ambos grupos no son iguales según el factor *Edad_5*

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyó una tabla resumen con los resultados del estadístico media (*Tabla 3.73*) para cada grupo.

Tabla 3.73. Tabla Edad / Velocidad media desplazamiento del COP

EDAD / VELOCIDAD MEDIA DEL COP					
Edad (categ.) vs Velocidad media del COP	Media 18,0-28,6	Media 28,7-39,2	Media 39,3-49,8	Media 49,9-60,4	Media 60,5-71,0
Velocidad_M_M-L_PI	0,784	0,735	0,735	0,747	0,849
Velocidad_M_A-P_PI	2,613	2,526	2,473	2,556	2,675
Velocidad_M_M-L_PD	0,781	0,677	0,712	0,712	0,718
Velocidad_M_A-P_PD	2,647	2,376	2,475	2,469	2,508
Velocidad_M_M-L_COP	2,164	2,055	2,103	2,075	2,134
Velocidad_M_A-P_COP	2,220	2,046	2,073	2,111	2,158

Los resultados de aplicar este test de contraste de hipótesis (*Anexo 8*) mostraron que, en función de la variable *Edad_5*, el p-valor es mayor que el nivel de significación alfa definido para todas variables de este grupo por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos (587 hombres y 76 mujeres), no existe evidencia estadísticamente significativa

a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **no se acepta la existencia de diferencias** entre los distintos grupos de la variable *Edad_5* y los valores que adopta la *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo, del pie derecho y del cuerpo*, tanto en el eje medio-lateral como en el eje antero-posterior, con un nivel de confianza del 95,00%.

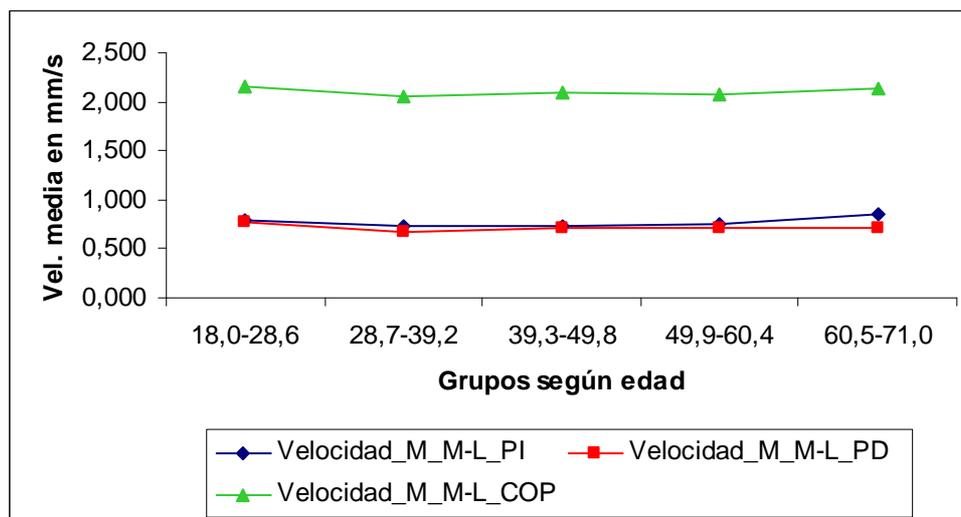


Figura 3.46. Grupos de Edad_5 / Velocidad media desplazamiento medio-lateral del COP

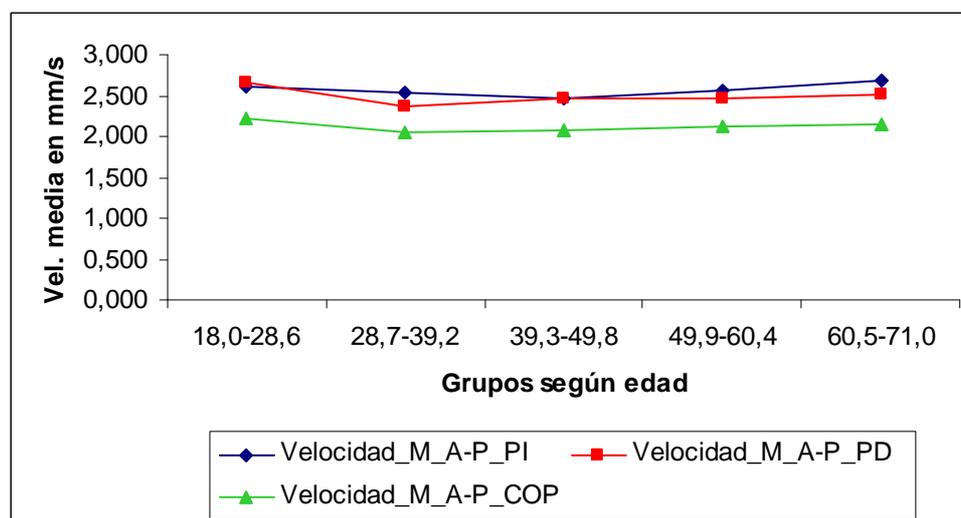


Figura 3.47. Grupos de Edad_5 / Velocidad media desplazamiento antero-posterior del COP

Puede observarse la distribución de las medias de los diferentes grupos de estas variables en el eje medio-lateral (Figura 3.46) y en el eje antero-posterior (Figura 3.47).

Los datos obtenidos apuntan a que no existen diferencias estadísticamente significativas en el equilibrio, medido como la velocidad media del desplazamiento del COP, entre los diferentes grupos ni en el eje medio-lateral ni en el eje antero-posterior, en función de la variable categorizada Edad.

Pueden observarse unos valores muy similares de la velocidad media del COP del cuerpo en el eje medio-lateral (*Figura 3.46*) y en el eje antero-posterior (*Figura 3.47*) desde los 18 años hasta los 71 años, lo que parece indicar que la velocidad media de los desplazamientos del COP del cuerpo para mantener el equilibrio son similares durante este periodo de tiempo y en este tipo de muestra.

3.4.7.3 Edad / Presión media por cuadrantes

Para analizar si existe asociación entre la variable *Edad_5* y las variables del grupo *Presión media por cuadrantes*, se plantea el modelo estadístico paramétrico de análisis de la varianza de un factor ANOVA para muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H_0 : Las medias de la *Presión media por cuadrantes* en todos los grupos son iguales según el factor *Edad_5*

H_1 : Las medias de la *Presión media por cuadrantes* en todos los grupos no son iguales según el factor *Edad_5*

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyó una tabla resumen (*Tabla 3.74*) con los resultados del estadístico F y su p-valor de significación que se obtiene mediante el test de análisis de la varianza de un factor del ANOVA.

Tabla 3.74. Tabla Edad / Presión media por cuadrantes

EDAD_5 / PRESION MEDIA POR CUADRANTES

Edad (categ.) vs Presión m. cuadrantes	Media 18,0-28,6	Media 28,7-39,2	Media 39,3-49,8	Media 49,9-60,4	Media 60,5-71,0	ANOVA		Homog.varianzas	
						F	Sig.	Levene	Sig.
Presión_M_ZoAn_PI	23,573	23,732	24,373	24,013	24,204	2,427	0,047	0,718	0,580
Presión_M_ZoAn_PD	25,779	26,807	26,830	26,775	25,655	2,157	0,072	0,291	0,884
Presión_M_ZoPo_PI	24,835	24,301	24,005	23,760	24,330	1,972	0,097	0,558	0,693
Presión_M_ZoPo_PD	25,813	25,160	24,793	25,452	25,811	2,581	0,036	0,395	0,812

Los resultados de aplicar este test de contraste de hipótesis mostraron que, en función de la variable *Edad* categorizada, el p-valor es menor que el nivel de significación alfa definido, para las variables

- *Presión media de la zona anterior del pie izquierdo (Presion_M_ZoAn_PI)*
- *Presión media de la zona posterior del pie derecho (Presion_M_ZoPo_PD)*

Se concluye pues que, para las variables anteriores y a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos, (587 hombres y 76 mujeres), existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **se acepta la existencia de diferencias** entre los distintos grupos de la variable *Edad_5* con un nivel de confianza del 95,00%.

No ocurre lo mismo con el resto de comparaciones de variables de este grupo, por lo que **no se acepta la existencia de diferencias** en función de la variable *Edad categorizada* para las variables siguientes

- *Presión media de la zona anterior del pie derecho,*
- *Presión media de la zona posterior del pie izquierdo,*

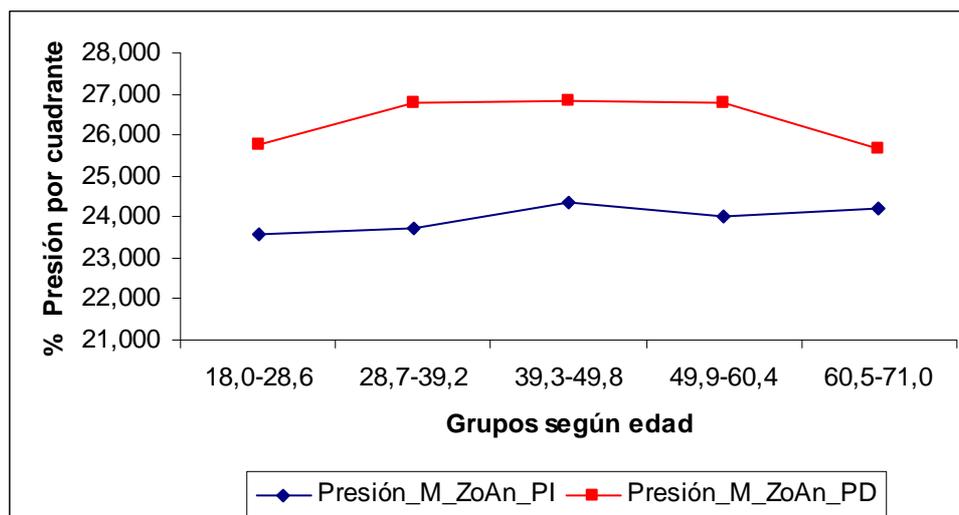


Figura 3.48. Grupos de Edad_5 / Presión media por cuadrantes zona anterior PI y PD

Puede observarse la distribución de las medias de los diferentes grupos de estas variables en la zona anterior (Figura 3.48) y en la zona posterior de los pies (Figura 3.49).

El contraste de hipótesis de la homogeneidad de las varianzas, para la variable *Presión media de la zona anterior del pie izquierdo*, mediante el test de Levene presenta un p-valor = 0,580 mayor que un nivel de significación alfa = 0,05 por lo que se consideran las varianzas homogéneas y ello nos permite continuar con las pruebas *post hoc* de comparaciones múltiples de Bonferroni para intentar averiguar entre que posibles grupos existen las diferencias detectadas con el test del ANOVA. La prueba de Bonferroni para la variable anterior presenta un p-valor = 0,043 menor que un nivel de significación alfa = 0,05 entre el grupo 2 (28,60 y 39,20 años) y el grupo 3 (entre 39,20 y 49,80 años) por lo que esta prueba encuentra evidencias estadísticamente significativas entre dichos grupos. Las demás combinaciones de grupos presentan un p-valor mayor que un nivel de significación alfa = 0,05 por lo que esta prueba no encuentra evidencias estadísticamente significativas entre el resto de las combinaciones de parejas de los grupos para la variable *Presión media de la zona anterior del pie izquierdo* relacionada con la *Edad*.

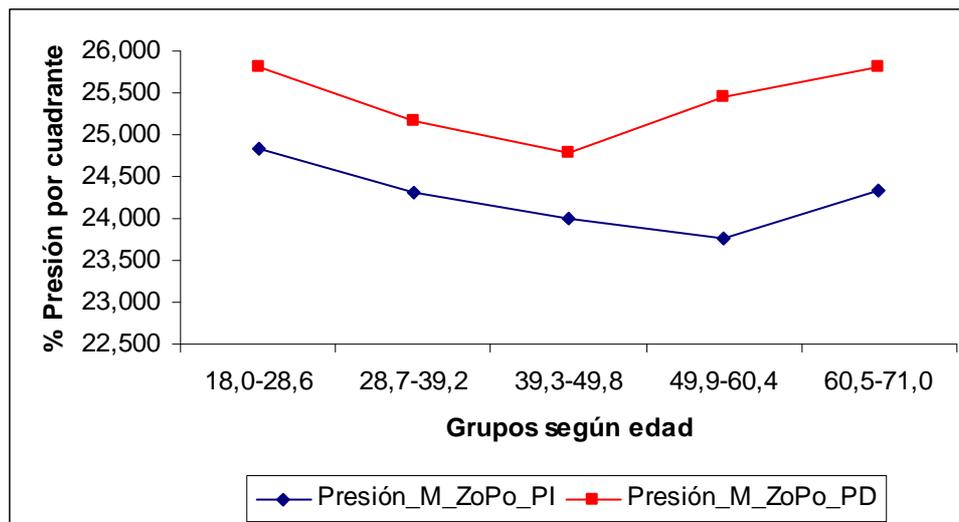


Figura 3.49. Grupos de Edad_5 / Presión media por cuadrantes zona posterior PI y PD

El contraste de hipótesis de la homogeneidad de las varianzas, para la variable *Presión media de la zona posterior del pie derecho*, mediante el test de Levene presenta un p-valor = 0,812 mayor que un nivel de significación alfa = 0,05 por lo que se consideran las varianzas homogéneas y ello nos permite continuar con las pruebas *post hoc* de comparaciones múltiples de Bonferroni para intentar averiguar entre que posibles grupos existen las diferencias detectadas con el test del ANOVA anterior. La prueba de Bonferroni presenta un p-valor mayor que un nivel de significación alfa = 0,05 para todas las combinaciones de grupos, por lo que no se encuentran evidencias estadísticamente significativas entre las combinaciones de parejas de los grupos para la variable *Presión media de la zona anterior del pie izquierdo relacionada con la Edad*. El test nos indica que existen diferencias entre grupos pero no se encuentra significación estadística suficiente para determinar entre que grupos en concreto pueden estar dichas diferencias.

Los datos obtenidos apuntan a que existen diferencias en el equilibrio, medido como la presión media de los cuadrantes de apoyo del pie, en la zona anterior del pie izquierdo y en la zona posterior del pie derecho, entre los diferentes grupos de edad.

No obstante sí se observa (*Figura 3.48*) un ligero aumento de la presión soporte por cuadrantes en las zonas del metatarso desde los 18 años llegando a un máximo entre los 39 y 50 años, para seguidamente volver a disminuir a medida que la edad va incrementándose.

Puede observarse también (*Figura 3.49*) el efecto inverso al descrito anteriormente en forma de disminución de la presión soporte por cuadrantes en las zonas correspondientes a los talones de ambos pies, desde los 18 años llegando a un mínimo entre los 39 y 50 años, para seguidamente volver a aumentar a medida que la edad va incrementándose.

3.4.7.4 Edad / Presión media soporte plantar

Para analizar si existe asociación entre la variable *Edad_5* y las variables del grupo *Presión media soporte plantar*, se plantea el modelo estadístico paramétrico de análisis de la varianza de un factor ANOVA para muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H_0 : Las medias de la Presión media soporte plantar en todos los grupos son iguales según el factor *Edad_5*

H_1 : Las medias de la Presión media soporte plantar en todos los grupos no son iguales según el factor *Edad_5*

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyó una tabla resumen (*Tabla 3.75*) con los resultados del estadístico F y su p-valor de significación que se obtiene mediante el test de análisis de la varianza de un factor del ANOVA.

Tabla 3.75. Tabla Edad / Presión media soporte plantar

EDAD_5 / PRESION MEDIA SOPORTE PLANTAR									
Edad (categ.) vs Presión m. Soporte	Media	Media	Media	Media	Media	ANOVA		Homog.varianzas	
	18,0-28,6	28,7-39,2	39,3-49,8	49,9-60,4	60,5-71,0	F	Sig.	Levene	Sig.
Presión_M_PI	48,408	48,033	48,378	47,773	48,534	0,858	0,489	0,697	0,594
Presión_M_PD	51,593	51,967	51,623	52,228	51,466	0,856	0,490	0,697	0,594

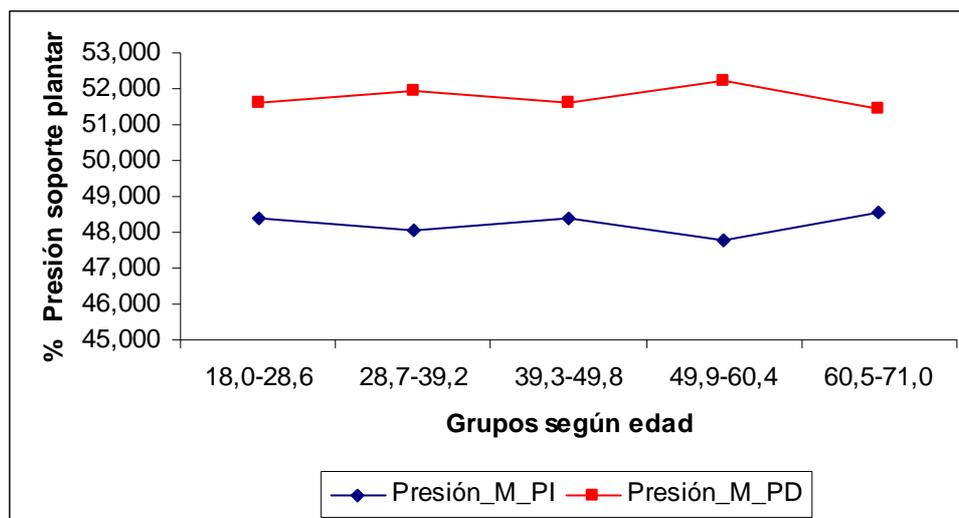


Figura 3.50. Grupos de Edad_5 / Presión media soporte PI y PD

Puede observarse (Figura 3.50) la distribución de las medias de los diferentes grupos de edad de estas variables según en la presión media por cuadrantes.

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis en función de la variable *Edad* categorizada muestran (Tabla 3.75) que las variables *Presión media soporte plantar del pie izquierdo* y la *Presión media soporte plantar del pie derecho* presentan un p-valor mayor que un nivel de significación alfa = 0,05. Por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos, (587 hombres y 76 mujeres), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **no se acepta la existencia de diferencias** entre la *Edad* en cuanto a los

valores que adopta la *Presión media soporte plantar del pie izquierdo* y la *Presión media soporte plantar del pie derecho* con un nivel de confianza del 95,00%.

Los datos obtenidos apuntan a que no existen diferencias estadísticamente significativas en el equilibrio, medido como la presión media soporte de apoyo del pie izquierdo y del pie derecho, entre los diferentes grupos de edad.

No obstante sí se observa (*Figura 3.50*) un aumento de la presión media soporte de apoyo del pie derecho sobre el pie izquierdo entre los diferentes grupos de edad.

3.4.8. Peso: criterio de categorización

Para analizar si existe asociación entre las variables cuantitativas de este estudio y la variable cuantitativa *Peso* se usará una variable transformada categórica, *Peso_5*.

Dado que, en este estudio, la muestra usada presenta un valor mínimo de 44,00 Kg y un valor máximo de 88,00 Kg se ha repartido la misma en 5 intervalos de aproximadamente 10 kilogramos cada uno. Concretamente de 10,80 Kg. *Peso_5* queda pues categorizada en los cinco grupos o niveles descritos en la tabla 3.76.

Tabla 3.76. Grupos de Peso

PESO CATEGORIZADO					
Grupos de Peso	Rango Peso	casos según	Porcentaje	Media	Desviación típica
1	44,0-54,8	28	4,22	50,84	2,78
2	54,9-65,6	143	21,57	61,78	2,65
3	65,7-76,4	282	42,53	71,40	2,91
4	76,5-87,2	180	27,15	81,28	2,84
5	87,3-98,0	30	4,52	91,47	3,05

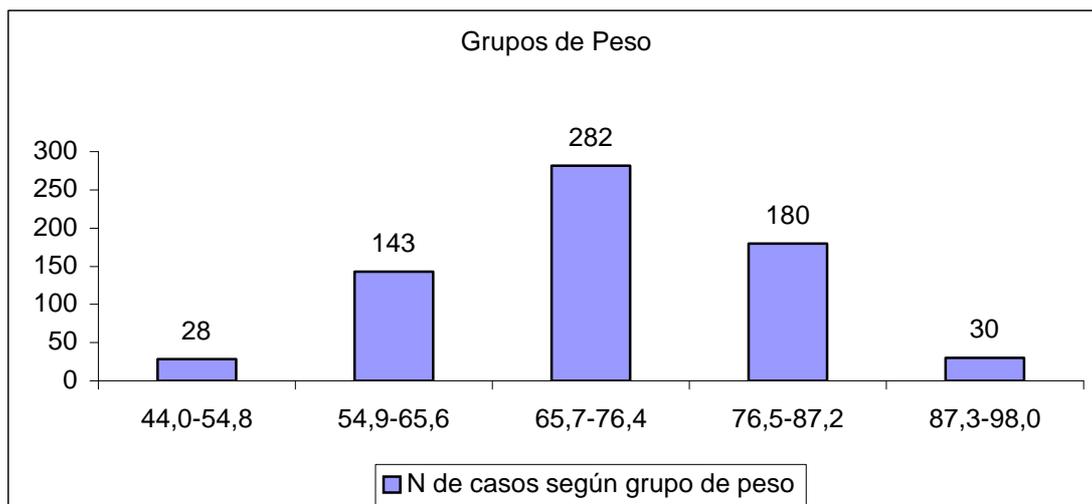


Figura 3.51. Grupos de Peso

Se puede observar que el mayor número de sujetos de esta muestra presentan un peso comprendido entre 55 y 87 kg.

3.4.8.1 Peso / Rangos de desplazamiento máximo del COP

Para analizar si existe asociación entre la variable *Peso_5* y las variables del grupo *Rango de desplazamiento máximo del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo* en ambos ejes del movimiento (medio-lateral y antero-posterior), se plantea el modelo estadístico no paramétrico de U de Mann-Whitney para dos muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H_0 : Las medianas del *Rango del desplazamiento máximo del COP* en ambos grupos son iguales según el factor *Peso_5*

H_1 : Las medianas del *Rango del desplazamiento máximo del COP* en ambos grupos no son iguales según el factor *Peso_5*

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyó una tabla resumen con los resultados del estadístico media (*Tabla 3.77*) para cada grupo.

Tabla 3.77. Tabla Peso / Rango máximo desplazamiento del COP

PESO / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO					
Peso (categ.) vs Rango máximo deplaza. COP	Media 44,0-54,8	Media 54,9-65,6	Media 65,7-76,4	Media 76,5-87,2	Media 87,3-98,0
Rango_M-L_PI	0,609	0,591	0,639	0,682	0,405
Rango_A-P_PI	2,866	2,988	3,094	3,437	2,703
Rango_M-L_PD	0,545	0,524	0,655	0,634	0,411
Rango_A-P_PD	2,875	2,866	3,165	3,256	2,261
Rango_M-L_COP	2,226	1,853	2,321	2,445	1,411
Rango_A-P_COP	2,636	2,714	2,894	3,125	2,368

Puede observarse la distribución de las medias de los diferentes grupos de estas variables en el eje medio-lateral (*Figura 3.52*) y en el eje antero-posterior (*Figura 3.53*).

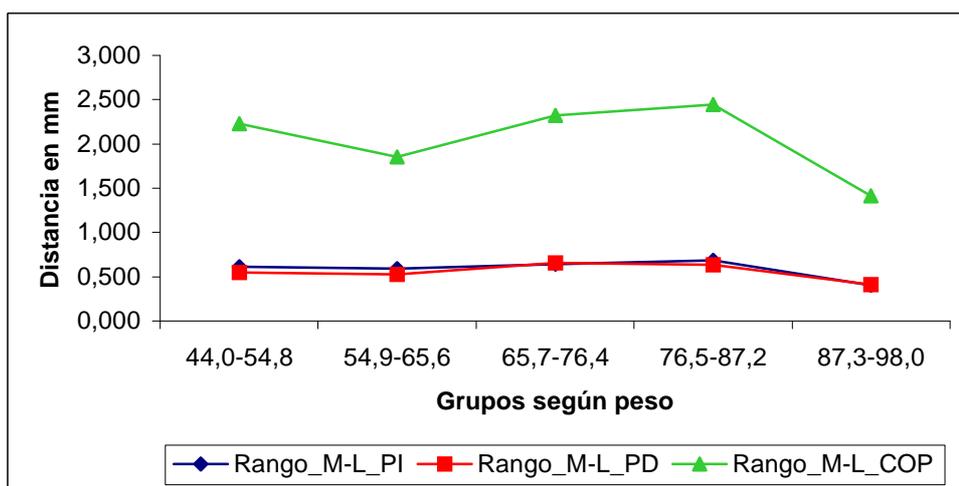


Figura 3.52. Grupos de Peso_5 / Rango desplazamiento medio-lateral del COP

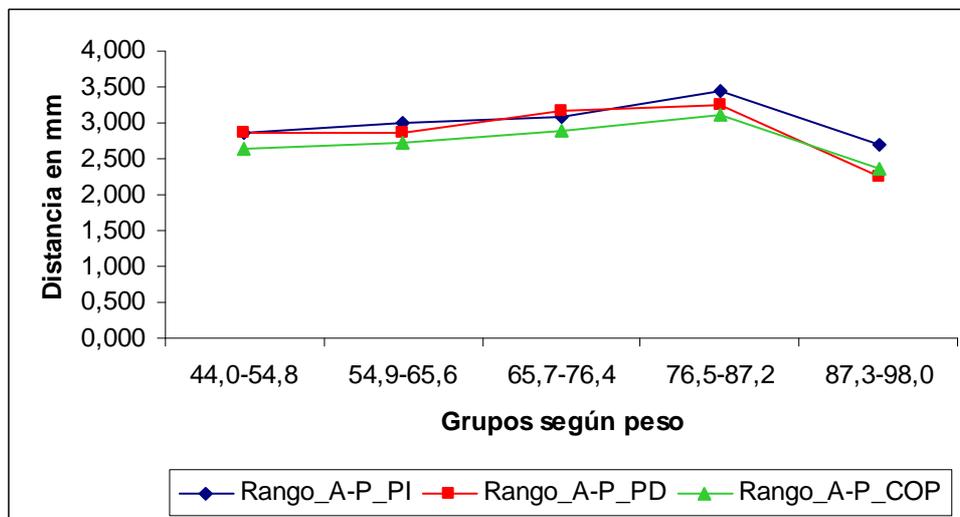


Figura 3.53. Grupos de Peso_5 / Rango desplazamiento antero-posterior del COP

Los resultados de aplicar este test de contraste de hipótesis (*Anexo 9*) mostraron que, en función de la variable *Peso_5*, el p-valor es mayor que el nivel de significación alfa definido para todas variables de este grupo por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos (587 hombres y 76 mujeres), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **no se acepta la existencia de diferencias** entre los distintos grupos de la variable *Peso_5* y los valores que adopta el *Rango del desplazamiento máximo del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo*, tanto en el eje medio-lateral como en el eje antero-posterior, con un nivel de confianza del 95,00%.

Los datos obtenidos apuntan a que no existen diferencias estadísticamente significativas en el equilibrio, medido como el desplazamiento máximo del COP, ni en el eje medio-lateral ni en el eje antero-posterior, en función de la variable categorizada *Peso*.

No obstante sí se observa (*Figura 3.52*) un aumento del desplazamiento máximo del COP del cuerpo en el eje medio-lateral desde los 55 Kg. llegando a

un máximo entre los 76 y los 87 Kg., para seguidamente volver a disminuir a medida que el peso se incrementa.

Puede observarse también (*Figura 3.53*) unos valores muy similares del desplazamiento máximo del COP del cuerpo en el eje antero-posterior desde los 44 Kg. hasta los 87 Kg., para seguidamente disminuir a medida que el peso va incrementándose.

Los resultados parecen apuntar a que un peso superior a los 87 Kg. mejoran los valores en el equilibrio de los sujetos de esta muestra, medido como el desplazamiento máximo del COP, tanto en el eje medio-lateral como en el eje antero-posterior.

3.4.8.2 Peso / Velocidad media del desplazamiento del COP

Para analizar si existe asociación entre la variable *Peso_5* y las variables del grupo *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo* en ambos ejes del movimiento (medio-lateral y antero-posterior), se plantea el modelo estadístico no paramétrico de U de Mann-Whitney para dos muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H_0 : Las medianas de la *Velocidad media del desplazamiento del COP* en ambos grupos son iguales según el factor *Peso_5*

H_1 : Las medianas de la *Velocidad media del desplazamiento del COP* en ambos grupos no son iguales según el factor *Peso_5*

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyó una tabla resumen con los resultados del estadístico media (*Tabla 3.78*) para cada grupo.

Tabla 3.78. Tabla Peso / Velocidad media desplazamiento del COP

PESO / VELOCIDAD MEDIA DEL COP					
Peso (categ.) vs Velocidad media del COP	Media 44,0-54,8	Media 54,9-65,6	Media 65,7-76,4	Media 76,5-87,2	Media 87,3-98,0
Velocidad_M_M-L_PI	0,703	0,768	0,761	0,717	0,617
Velocidad_M_A-P_PI	2,348	2,498	2,594	2,494	2,240
Velocidad_M_M-L_PD	0,716	0,709	0,721	0,685	0,574
Velocidad_M_A-P_PD	2,353	2,419	2,518	2,431	2,033
Velocidad_M_M-L_COP	2,271	2,136	2,141	1,993	1,649
Velocidad_M_A-P_COP	1,948	2,046	2,135	2,077	1,811

Los resultados de aplicar este test de contraste de hipótesis (*Anexo 10*) mostraron que, en función de la variable *Peso* categorizada, el p-valor es menor que el nivel de significación alfa definido, entre algunos pares de grupos para las variables

- *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo en el eje medio-lateral (Velocidad_M_M-L_PI)*: Entre los grupos 1, 2, 3 y 4 con el 5.
- *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie derecho en el eje medio-lateral (Velocidad_M_M-L_PD)*: Entre los grupos 1, 2, 3 y 4 con el 5.
- *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie derecho en el eje antero-posterior (Velocidad_M_A-P_PD)*: Entre los grupos 2, 3 y 4 con el 5.
- *Velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo en el eje medio-lateral (Velocidad_M_M-L_COP)*): Entre los grupos 1, 2 y 3 con el 4 y entre los grupos 1, 2 y 3 con el 5.

Se concluye pues que, para las variables anteriores y a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos, (587 hombres y 76 mujeres), existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y

por lo tanto **se acepta la existencia de diferencias** entre los distintos grupos de la variable *Peso_5* con un nivel de confianza del 95,00%.

No ocurre lo mismo con el resto de comparaciones de variables de este grupo, por lo que **no se acepta la existencia de diferencias** en función de la variable *Peso categorizada* para las variables siguientes

- *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo en el eje antero-posterior*
- *Velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo en el eje antero-posterior*

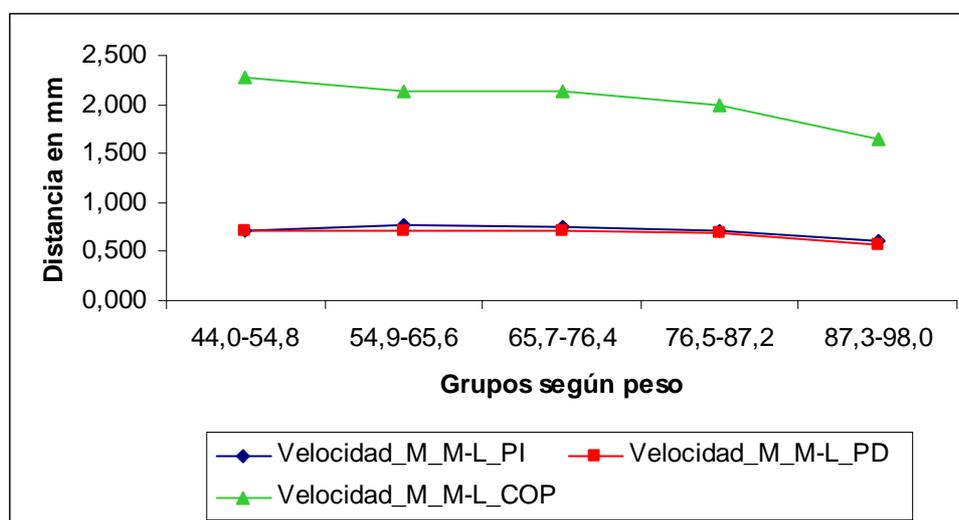


Figura 3.54. Grupos de *Peso_5* / Velocidad media desplazamiento medio-lateral del COP

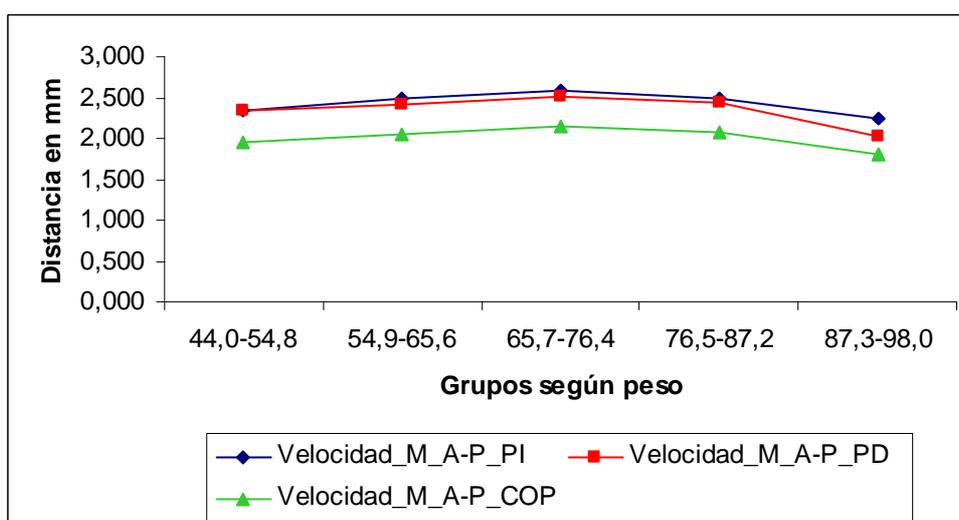


Figura 3.55. Grupos de *Peso_5* / Velocidad media desplazamiento antero-posterior del COP

Puede observarse la distribución de las medias de los diferentes grupos de estas variables en el eje medio-lateral (*Figura 3.54*) y en el eje antero-posterior (*Figura 3.55*).

Los datos obtenidos apuntan a que existen diferencias estadísticamente significativas en el equilibrio, medido como la velocidad media del desplazamiento del COP, en el eje medio-lateral, pero no en el eje antero-posterior, en función de la variable categorizada Peso.

Pueden observarse (*Figura 3.54*) que a medida que aumenta el peso de los sujetos, en este tipo de muestra, la velocidad media del COP del cuerpo en el eje medio-lateral va disminuyendo facilitando una mejora del equilibrio.

3.4.8.3 Peso / Presión media por cuadrantes

Para analizar si existe asociación entre la variable *Peso_5* y las variables del grupo *Presión media por cuadrantes*, se plantea el modelo estadístico paramétrico de análisis de la varianza de un factor ANOVA para muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H_0 : Las medias de la *Presión media por cuadrantes* en todos los grupos son iguales según el factor *Peso_5*

H_1 : Las medias de la *Presión media por cuadrantes* en todos los grupos no son iguales según el factor *Peso_5*

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyó una tabla resumen (*Tabla 3.79*) con los resultados del estadístico F y su p-valor de significación que se obtiene mediante el test de análisis de la varianza de un factor del ANOVA.

Tab.3.79. Tabla Peso / Presión media por cuadrantes

PESO / PRESION MEDIA POR CUADRANTES

Peso (categ.) vs Presión m. cuadrantes	Media 18,0-28,6	Media 28,7-39,2	Media 39,3-49,8	Media 49,9-60,4	Media 60,5-71,0	ANOVA		Homog.varianzas	
						F	Sig.	Levene	Sig.
Presión_M_ZoAn_PI	24,705	23,956	23,945	23,965	23,822	0,602	0,661	2,775	0,026
Presión_M_ZoAn_PD	27,098	26,768	26,726	26,544	27,047	0,457	0,767	0,305	0,875
Presión_M_ZoPo_PI	23,196	24,052	24,287	24,360	23,677	1,935	0,103	0,103	0,981
Presión_M_ZoPo_PD	25,003	25,224	25,042	25,131	25,454	0,286	0,887	2,549	0,038

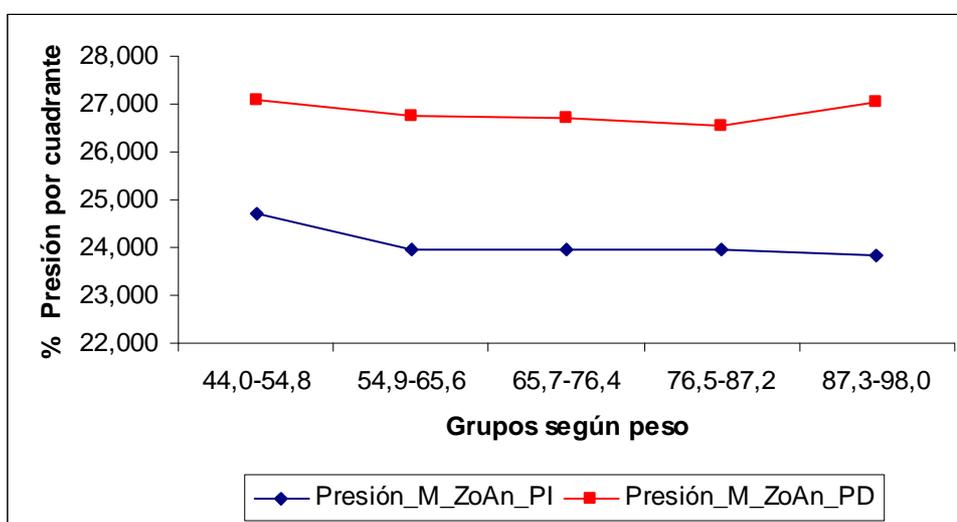


Figura 3.56. Grupos de Peso_5 / Presión media por cuadrantes zona anterior PI y PD

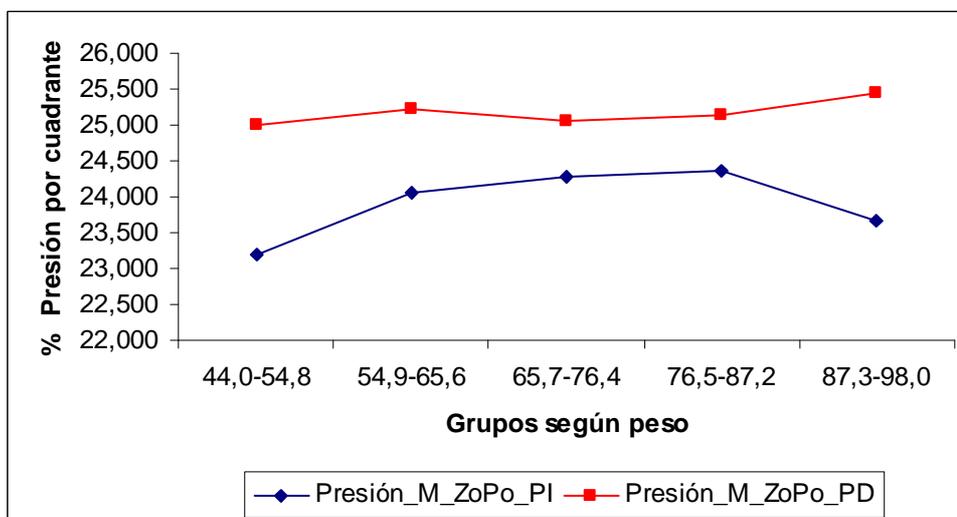


Figura 3.57. Grupos de Peso_5 / Presión media por cuadrantes zona posterior PI y PD

Puede observarse la distribución de las medias de los diferentes grupos de estas variables en la zona anterior (*Figura 3.56*) y en la zona posterior de los pies (*Figura 3.57*).

Los resultados de aplicar este test de contraste de hipótesis mostraron que, en función de la variable *Peso_5*, el p-valor es mayor que el nivel de significación alfa definido para todas variables de este grupo por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos (587 hombres y 76 mujeres), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **no se acepta la existencia de diferencias** entre los distintos grupos de la variable *Peso_5* y los valores que adopta la *Presión media de la zona anterior del pie izquierdo*, *Presión media de la zona anterior del pie derecho*, *Presión media de la zona posterior del pie izquierdo* y *Presión media de la zona posterior del pie derecho* con un nivel de confianza del 95,00%.

Los datos obtenidos apuntan a que no existen diferencias estadísticamente significativas en el equilibrio, medido como la presión media de los cuadrantes de apoyo del pie, en la zona anterior del pie izquierdo y en la zona posterior del pie derecho, entre los diferentes grupos de peso.

No obstante sí se observa (*Figura 3.56*) una mayor presión soporte por cuadrantes en las zonas del metatarso del pie derecho y (*Figura 3.57*) una mayor presión soporte por cuadrantes en las zonas del talón del pie derecho en todos los grupos de peso de esta muestra.

La mayoría de los individuos de la muestra parecen presentar un mayor apoyo con el pie derecho que con el pie izquierdo.

3.4.8.4 Peso / Presión media soporte plantar

Para analizar si existe asociación entre la variable *Peso_5* y las variables del grupo *Presión media soporte plantar*, se plantea el modelo estadístico

paramétrico de análisis de la varianza de un factor ANOVA para muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H_0 : Las medias de la *Presión media soporte plantar* en todos los grupos son iguales según el factor *Peso_5*

H_1 : Las medias de la *Presión media soporte plantar* en todos los grupos no son iguales según el factor *Peso_5*

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyó una tabla resumen (*Tabla 3.80*) con los resultados del estadístico F y su p-valor de significación que se obtiene mediante el test de análisis de la varianza de un factor del ANOVA.

Tabla 3.80. Tabla Peso / Presión media soporte plantar

PESO / PRESION MEDIA SOPORTE PLANTAR									
Peso (categ.) vs Presión m. Soporte	Media	Media	Media	Media	Media	ANOVA		Homog.varianzas	
	44,0-54,8	54,9-65,6	65,7-76,4	76,5-87,2	87,3-98,0	F	Sig.	Levene	Sig.
Presión_M_PI	47,901	48,008	48,232	48,325	47,499	0,685	0,603	2,171	0,071
Presión_M_PD	52,100	51,993	51,768	51,675	52,502	0,686	0,602	2,170	0,071

Puede observarse (*Figura 3.58*) la distribución de las medias de los diferentes grupos de edad de estas variables según en la presión media por cuadrantes.

Los resultados de aplicar este test de contraste de hipótesis mostraron que, en función de la variable *Peso_5*, el p-valor es mayor que el nivel de significación alfa definido para todas variables de este grupo por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos (587 hombres y 76 mujeres), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **no se acepta la existencia de**

diferencias entre los distintos grupos de la variable *Peso_5* y los valores que adopta la *Presión media soporte plantar del pie izquierdo* y la *Presión media soporte plantar del pie derecho* con un nivel de confianza del 95,00%.

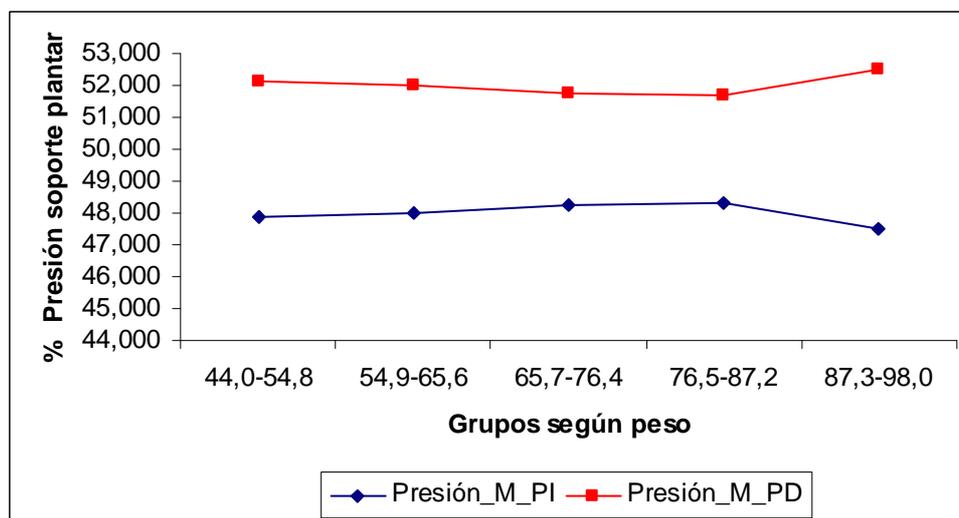


Figura 3.58. Grupos de *Peso_5* / Presión media soporte PI y PD

Los datos obtenidos apuntan a que no existen diferencias estadísticamente significativas en el equilibrio, medido como la presión media soporte de apoyo del pie izquierdo y del pie derecho, entre los diferentes grupos de peso.

No obstante sí se observa (*Figura 3.58*) un mayor presión media soporte de apoyo del pie derecho sobre el pie izquierdo en todos los grupos de peso de esta muestra.

3.4.9. Altura: criterio de categorización

Para analizar si existe asociación entre las variables cuantitativas de este estudio y la variable cuantitativa *Altura* se usará una variable transformada categórica, *Altura_5*.

La variable *Altura* en la muestra de este estudio presenta un valor mínimo de 150,00 cm y un valor máximo de 193,00 cm. Se ha considerado oportuno

categorizarla en 5 segmentos de aproximadamente 8 cm cada uno. Concretamente de 8,60 cm. *Altura_5* queda pues categorizada en los cinco grupos o niveles descritos en la tabla 3.81.

Tabla 3.81. Grupos de Altura

ALTURA CATEGORIZADA					
Grupos de Peso	Rango Altura	casos según	Porcentaje	Media	Desviación típica
1	150,0-158,6	21	3,17	155,29	2,47
2	158,7-167,2	93	14,03	163,87	2,43
3	167,3-175,8	276	41,63	171,66	2,27
4	175,9-184,4	227	34,24	179,40	2,53
5	184,5-193,0	46	6,94	187,39	2,03

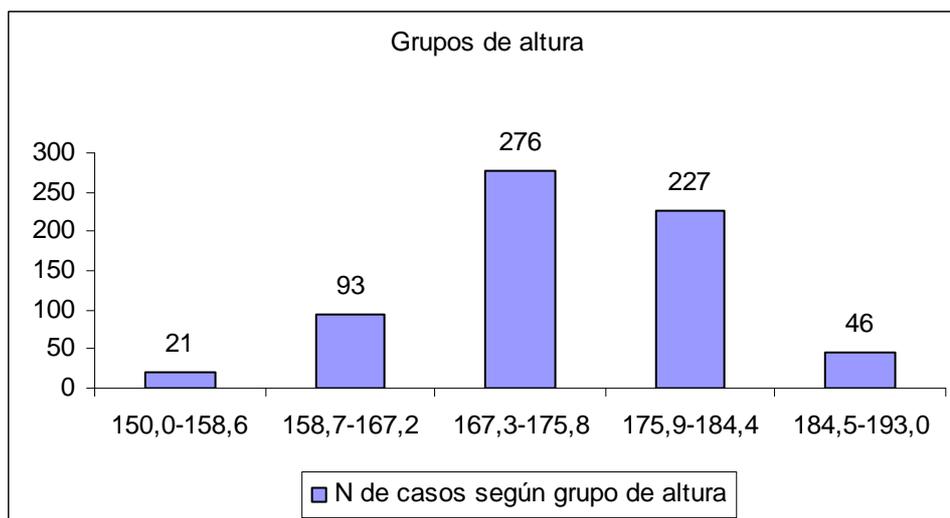


Figura 3.59. Grupos de Altura

Se puede observar que el mayor número de sujetos de esta muestra presentan una altura comprendida entre 159 y 184 cm.

3.4.9.1 Altura / Rangos de desplazamiento máximo del COP

Para analizar si existe asociación entre la variable *Altura_5* y las variables del grupo *Rango del desplazamiento máximo del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo* en ambos ejes del movimiento (medio-

lateral y antero-posterior), se plantea el modelo estadístico no paramétrico de U de Mann-Whitney para dos muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H_0 : Las medianas del *Rango del desplazamiento máximo del COP* en ambos grupos son iguales según el factor *Altura_5*

H_1 : Las medianas del *Rango del desplazamiento máximo del COP* en ambos grupos no son iguales según el factor *Altura_5*

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyó una tabla resumen con los resultados del estadístico media (*Tabla 3.82*) para cada grupo.

Tabla 3.82. Tabla Altura / Rango máximo desplazamiento del COP

ALTURA / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO					
Altura (categ.) vs Rango máx.depla. COP	Media 150,0-158,6	Media 158,7-167,2	Media 167,3-175,8	Media 175,9-184,4	Media 184,5-193,0
Rango_M-L_PI	0,534	0,508	0,686	0,614	0,648
Rango_A-P_PI	2,759	2,782	3,166	3,185	3,611
Rango_M-L_PD	0,514	0,446	0,618	0,637	0,733
Rango_A-P_PD	2,466	2,559	3,206	3,084	3,525
Rango_M-L_COP	1,876	1,803	2,439	2,092	2,371
Rango_A-P_COP	2,462	2,471	2,933	2,947	3,300

Puede observarse la distribución de las medias de los diferentes grupos de estas variables en el eje medio-lateral (*Figura 3.60*) y en el eje antero-posterior (*Figura 3.61*).

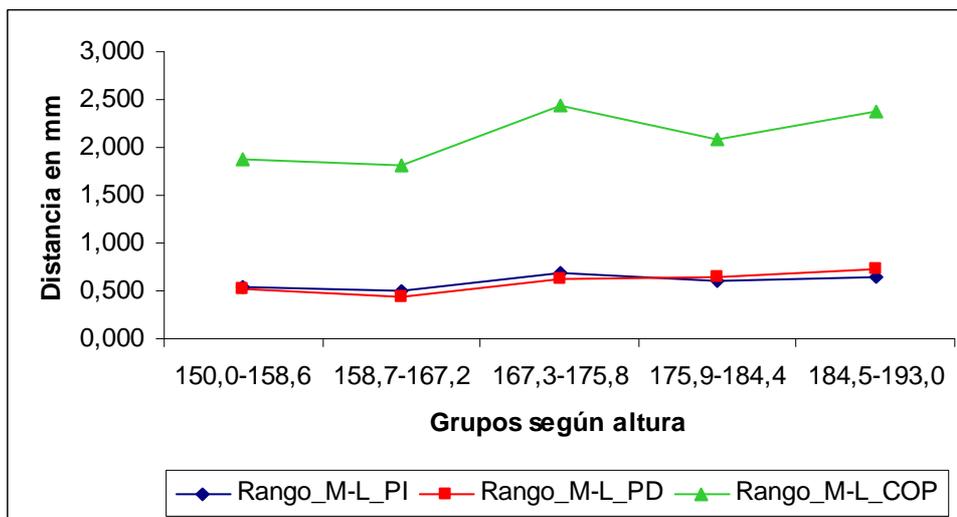


Figura 3.60. Grupos de Altura_5 / Rango desplazamiento medio-lateral del COP

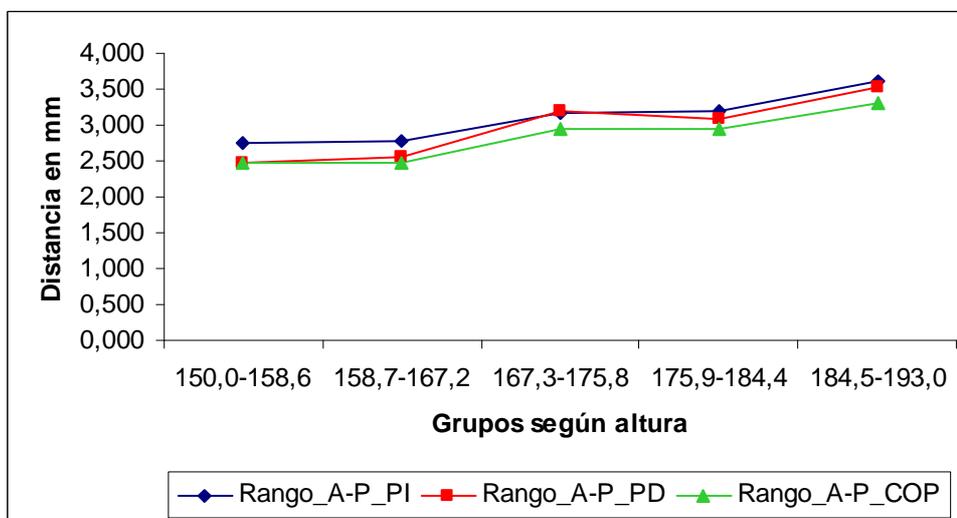


Figura 3.61. Grupos de Altura_5 / Rango desplazamiento antero-posterior del COP

Los resultados de aplicar este test de contraste de hipótesis (*Anexo 11*) mostraron que, en función de la variable *Altura_5*, el p-valor es mayor que el nivel de significación alfa definido para todas variables de este grupo por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos (587 hombres y 76 mujeres), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **no se acepta la**

existencia de diferencias entre los distintos grupos de la variable *Altura_5* y los valores que adopta el *Rango del desplazamiento máximo del COP del pie izquierdo, del COP del pie derecho y del COP del cuerpo*, tanto en el eje medio-lateral como en el eje antero-posterior, con un nivel de confianza del 95,00%.

Los datos obtenidos apuntan a que no existen diferencias estadísticamente significativas en el equilibrio, medido como el desplazamiento máximo del COP, ni en el eje medio-lateral ni en el eje antero-posterior, en función de la variable categorizada *Altura*.

No obstante sí se observa (*Figura 3.60*) un ligero aumento del desplazamiento máximo del COP del cuerpo en el eje medio-lateral a medida que la altura de los sujetos es mayor, presentando un máximo entre 167 y 176 cm.

Puede observarse también (*Figura 3.61*) un ligero aumento del desplazamiento máximo del COP del cuerpo en el eje antero-posterior a medida que la altura va incrementándose. Los datos apuntan a que una mayor altura del sujeto se traduce en mayor inestabilidad en el eje antero-posterior.

3.4.9.2 Altura / Velocidad media del desplazamiento del COP

Para analizar si existe asociación entre la variable *Altura_5* y las variables del grupo *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo, Velocidad media del desplazamiento del COP del pie derecho y Velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo* en ambos ejes del movimiento (medio-lateral y antero-posterior), se plantea el modelo estadístico no paramétrico de U de Mann-Whitney para dos muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H_0 : Las medianas de la *Velocidad media del desplazamiento del COP* en ambos grupos son iguales según el factor *Altura_5*

H_1 : Las medianas de la *Velocidad media del desplazamiento del COP* en ambos grupos no son iguales según el factor *Altura_5*

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyó una tabla resumen con los resultados del estadístico media (*Tabla 3.83*) para cada grupo.

Tabla 3.83. Tabla Altura / Velocidad media desplazamiento del COP

ALTURA / VELOCIDAD MEDIA DEL COP					
Altura (categ.) vs Velocidad media COP	Media 150,0-158,6	Media 158,7-167,2	Media 167,3-175,8	Media 175,9-184,4	Media 184,5-193,0
Velocidad_M_M-L_PI	0,687	0,705	0,778	0,733	0,661
Velocidad_M_A-P_PI	2,348	2,400	2,563	2,548	2,440
Velocidad_M_M-L_PD	0,704	0,651	0,720	0,708	0,658
Velocidad_M_A-P_PD	2,248	2,272	2,479	2,489	2,446
Velocidad_M_M-L_COP	2,152	2,071	2,141	2,044	1,924
Velocidad_M_A-P_COP	1,923	1,940	2,110	2,109	2,072

Puede observarse la distribución de las medias de los diferentes grupos de estas variables en el eje medio-lateral (*Figura 3.62*) y en el eje antero-posterior (*Figura 3.63*).

Los resultados de aplicar este test de contraste de hipótesis (*Anexo 12*) mostraron que, en función de la variable *Altura* categorizada, el p-valor es menor que el nivel de significación alfa definido, entre algunos pares de grupos para las variables

- *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo en el eje medio-lateral (Velocidad_M_M-L_PI)*: Entre los grupos 3 y 5.

- *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie derecho en el eje antero-posterior (Velocidad_M_A-P_PD):* Entre los grupos 2 y 3.
- *Velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo en el eje medio-lateral (Velocidad_M_M-L_COP)):* Entre los grupos 1, 2 y 3 con el 5.
- *Velocidad media del desplazamiento del COP del cuerpo en el eje antero-posterior (Velocidad_M_A-P_COP)):* Entre los grupos 2 y 3.

Se concluye pues que, para las variables anteriores y a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos, (587 hombres y 76 mujeres), existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **se acepta la existencia de diferencias** entre los distintos grupos de la variable *Altura_5* con un nivel de confianza del 95,00%.

No ocurre lo mismo con el resto de comparaciones de variables de este grupo, por lo que **no se acepta la existencia de diferencias** en función de la variable *Peso categorizada* para las variables siguientes

- *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie izquierdo en el eje antero-posterior.*
- *Velocidad media del desplazamiento del COP del pie derecho en el eje medio-lateral.*

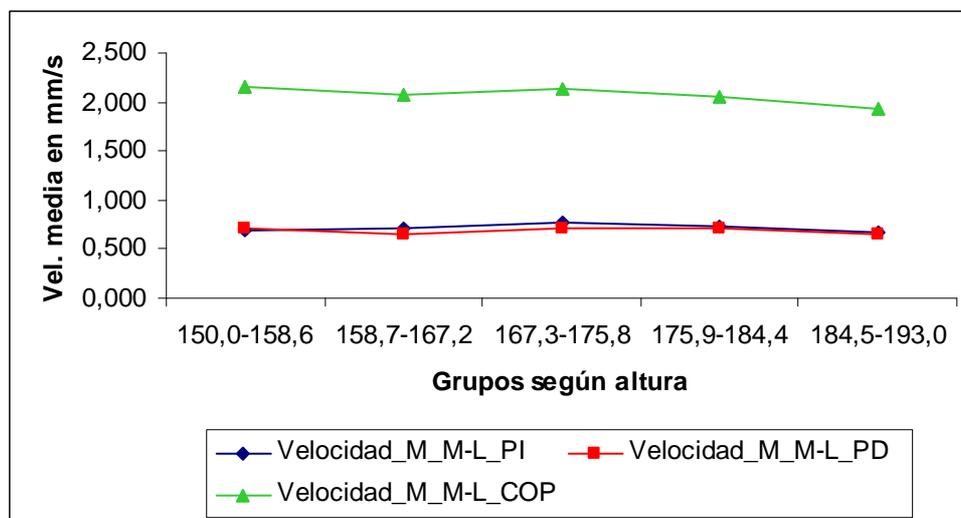


Figura 3.62. Grupos de *Altura_5* / Velocidad media desplazamiento medio-lateral del COP

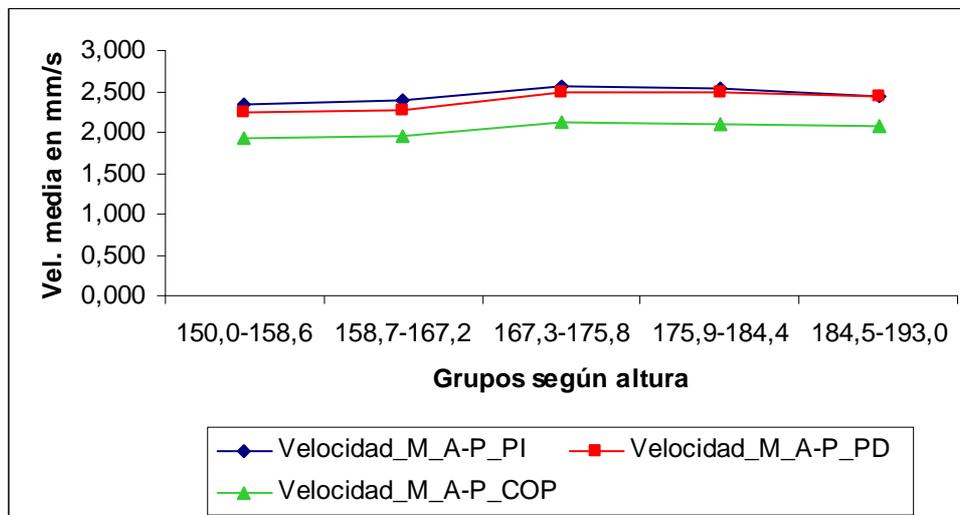


Figura 3.63. Grupos de Altura_5 / Velocidad media desplazamiento antero-posterior del COP

Los datos obtenidos apuntan a que existen diferencias estadísticamente significativas en el equilibrio, medido como la velocidad media del desplazamiento del COP en el eje medio-lateral del pie izquierdo y del COP del cuerpo, y en el eje antero-posterior del pie derecho y del COP del cuerpo, en función de la variable categorizada Altura.

No obstante puede observarse un ligero descenso de la velocidad media del COP del cuerpo en el eje medio-lateral (Figura 3.62).

En el eje antero-posterior (Figura 3.63) la velocidad media de los desplazamientos del COP del cuerpo para mantener el equilibrio es bastante similar en todos los grupos de altura y en este tipo de muestra.

3.4.9.3 Altura / Presión media por cuadrantes

Para analizar si existe asociación entre la variable Altura_5 y las variables del grupo Presión media por cuadrantes, se plantea el modelo estadístico

paramétrico de análisis de la varianza de un factor ANOVA para muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H_0 : Las medias de la *Presión media por cuadrantes* en todos los grupos son iguales según el factor *Altura_5*

H_1 : Las medias de la *Presión media por cuadrantes* en todos los grupos no son iguales según el factor *Altura_5*

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyó una tabla resumen (*Tabla 3.84*) con los resultados del estadístico F y su p-valor de significación obtenido mediante el test de análisis de la varianza de un factor del ANOVA.

Puede observarse la distribución de las medias de los diferentes grupos de estas variables en la zona anterior (*Figura 3.64*) y en la zona posterior de los pies (*Figura 3.65*).

Tabla 3.84. Tabla Altura / Presión media por cuadrantes

ALTURA / PRESION MEDIA POR CUADRANTES

Altura (categ.) vs Pres.m. cuadrantes	Media	Media	Media	Media	Media	ANOVA		Homog.varian.	
	150,0-158,6	158,7-167,2	167,3-175,8	175,9-184,4	184,5-193,0	F	Sig.	Levene	Sig.
Presión_M_ZoAn_PI	24,312	24,147	23,913	23,968	23,945	0,236	0,918	0,649	0,628
Presión_M_ZoAn_PD	26,068	26,831	26,819	26,514	27,153	1,084	0,363	0,596	0,666
Presión_M_ZoPo_PI	24,107	23,871	24,152	24,357	24,169	0,683	0,604	1,005	0,404
Presión_M_ZoPo_PD	25,513	25,152	25,117	25,161	24,734	0,432	0,786	0,245	0,913

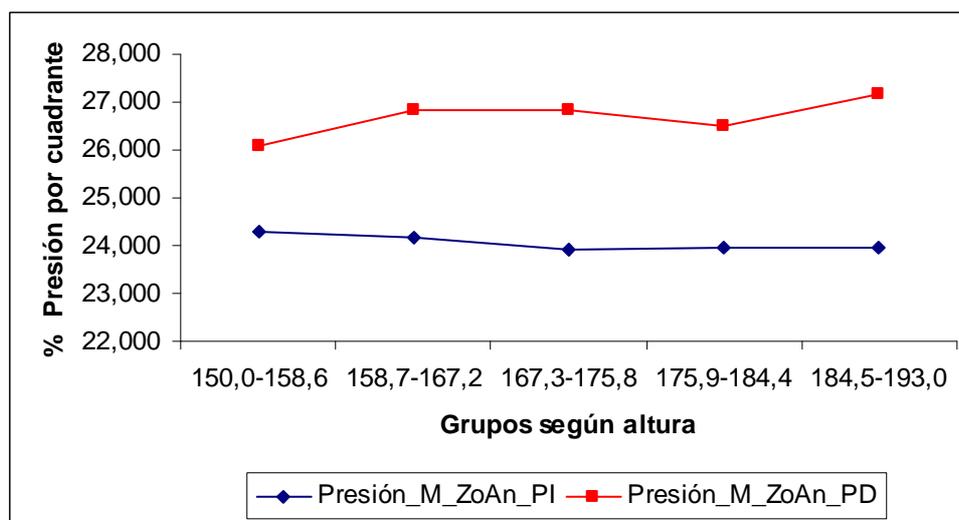


Figura 3.64. Grupos de Altura_5 / Presión media por cuadrantes zona anterior PI y PD

Los resultados de aplicar este test de contraste de hipótesis mostraron que, en función de la variable *Altura_5*, el p-valor es mayor que el nivel de significación alfa definido para todas variables de este grupo por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos (587 hombres y 76 mujeres), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **no se acepta la existencia de diferencias** entre los distintos grupos de la variable *Altura_5* y los valores que adopta la *Presión media de la zona anterior del pie izquierdo*, *Presión media de la zona anterior del pie derecho*, *Presión media de la zona posterior del pie izquierdo* y *Presión media de la zona posterior del pie derecho* con un nivel de confianza del 95,00%.

Los datos obtenidos apuntan a que no existen diferencias estadísticamente significativas en el equilibrio, medido como la presión media de los cuadrantes de apoyo del pie, en la zona anterior del pie izquierdo y en la zona posterior del pie derecho entre los diferentes grupos de altura.

No obstante sí se observa (*Figura 3.64*) un ligero aumento de la presión soporte por cuadrantes en las zonas del metatarso del pie derecho a medida que la altura va incrementándose. Las diferencias de presión en la zona del

metatarso, entre ambos pies, van aumentando a medida que aumenta la altura del sujeto.

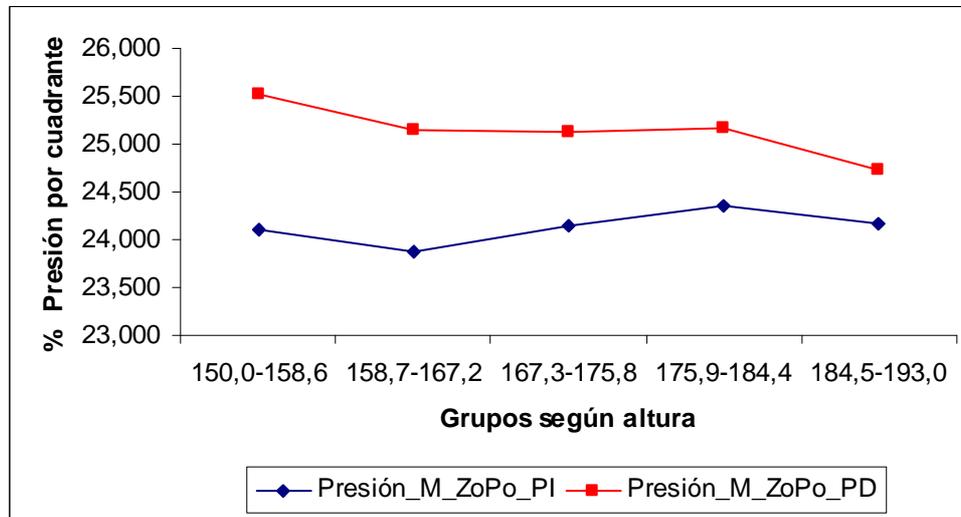


Figura 3.65. Grupos de Altura_5 / Presión media por cuadrantes zona posterior PI y PD

Puede observarse también (Figura 3.65) el efecto inverso al descrito anteriormente en forma de disminución de la presión soporte por cuadrantes en las zonas correspondientes al talón de pie derecho a medida que la altura va incrementándose en esta muestra. Las diferencias de presión en la zona del talón, entre ambos pies, van disminuyendo a medida que aumenta la altura del sujeto.

3.4.9.4 Altura / Presión media soporte plantar

Para analizar si existe asociación entre la variable *Altura_5* y las variables del grupo *Presión media soporte plantar*, se plantea el modelo estadístico paramétrico de análisis de la varianza de un factor ANOVA para muestras independientes.

El contraste de hipótesis que se planteó fue el siguiente

H_0 : Las medias de la *Presión media soporte plantar* en todos los grupos son iguales según el factor *Altura_5*

H₁: Las medias de la *Presión media soporte plantar* en todos los grupos no son iguales según el factor *Altura_5*

El nivel de significación alfa se fijó en 0,05. ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95,00%.

A partir de los datos muestrales se construyó una tabla resumen (*Tabla 3.85*) con los resultados del estadístico F y su p-valor de significación que se obtiene mediante el test de análisis de la varianza de un factor del ANOVA.

Tabla 3.85. Tabla Altura / Presión media soporte plantar

ALTURA / PRESION MEDIA SOPORTE PLANTAR									
Altura (categ.) vs Pres.m. Soporte	Media	Media	Media	Media	Media	ANOVA		Homog.varianzas	
	150,0-158,6	158,7-167,2	167,3-175,8	175,9-184,4	184,5-193,0	F	Sig.	Levene	Sig.
Presión_M_PI	48,420	48,018	48,064	48,326	48,115	0,336	0,854	1,331	0,257
Presión_M_PD	51,581	51,983	51,936	51,675	51,887	0,336	0,854	1,330	0,257

Puede observarse (*Figura 3.66*) la distribución de las medias de los diferentes grupos de altura de estas variables según en la presión media por cuadrantes.

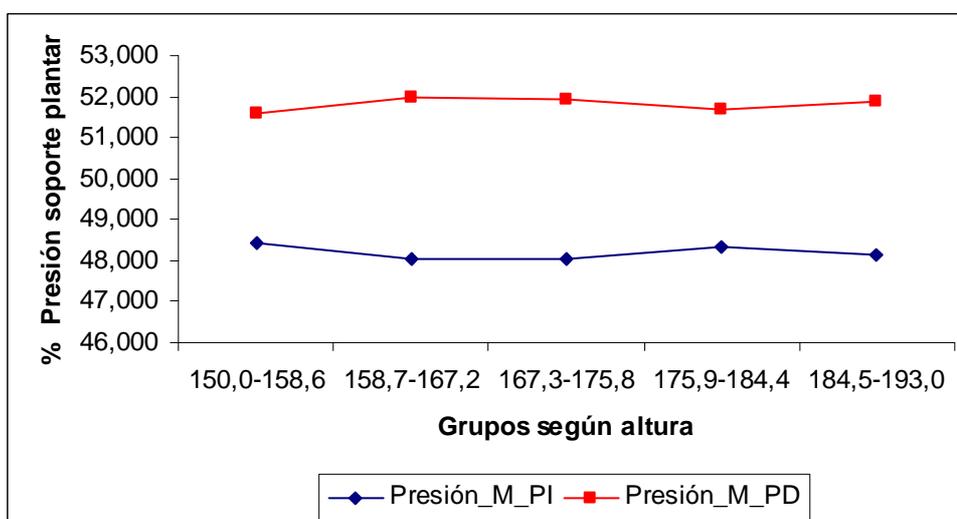


Figura 3.66. Grupos de Altura_5 / Presión media soporte PI y PD

Los resultados de aplicar el test de contraste de hipótesis en función de la variable *Altura* categorizada muestran (*Tabla 3.85*) que las variables *Presión media soporte plantar del pie izquierdo* y la *Presión media soporte plantar del pie derecho* presentan un p-valor mayor que un nivel de significación alfa = 0,05. Por lo que se concluye que, a partir de los datos obtenidos en esta muestra de 663 sujetos, (587 hombres y 76 mujeres), no existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis alternativa (H_1) y por lo tanto **no se acepta la existencia de diferencias** entre la *Altura* en cuanto a los valores que adopta la *Presión media soporte plantar del pie izquierdo* y la *Presión media soporte plantar del pie derecho* con un nivel de confianza del 95,00%.

Los datos obtenidos apuntan a que no existen diferencias estadísticamente significativas en el equilibrio, medido como la presión media soporte de apoyo del pie izquierdo y del pie derecho, entre los diferentes grupos de altura.

No obstante sí se observa (*Figura 3.66*) un aumento de la presión media soporte de apoyo del pie derecho sobre el pie izquierdo entre los diferentes grupos de altura.

4. DISCUSION

El uso de baropodometría para estudiar el equilibrio mediante las diferentes tecnologías actuales vigentes que combinen el COP con el mapa plantar de presiones ha conducido, Montañola (41), hasta los sistemas de exploración electrónicos y optométricos actuales.

A la hora de elegir el tipo de prueba para valorar el equilibrio se buscó un sistema que tuviera una excelente resolución espacial en cuanto al número de sensores (*Anexo 5*). Este hecho conlleva usar plataformas optométricas muy especiales que son grandes y de un peso apreciable. Era pues importante que la plataforma se trasladara el mínimo número de veces para que las condiciones de registro fuesen lo más parecidas unas de las otras. Por este motivo se buscó un tipo de evento y un lugar donde coincidiera en poco tiempo un número elevado de corredores.

Es habitual en este tipo de eventos, carreras de Maratón, que unos días antes de la carrera dejen de correr grandes distancias para poder estar en buenas condiciones para afrontar la dura prueba que les espera. Sociológicamente es una práctica habitual que los participantes de una carrera vayan a buscar el dorsal y el chip de control imprescindible para poder participar de los beneficios que les otorga el orden de llegada a la meta (premios, reconocimiento y satisfacción personal) en una zona habilitada para tal fin por la Organización del evento, que se denomina Feria del Corredor.

Aprovechando esta coyuntura se decidió que, durante la feria, era el momento más adecuado para intentar contactar con los corredores que conformarían la muestra del estudio.

Realizar la prueba en bipedestación nos pareció el criterio más adecuado para poder contrastar la dominancia por presión de un pie con la dominancia funcional del mismo así como para poder valorar el equilibrio en estática de los maratonianos. Estando descalzo se disponía de la máxima sensibilidad

propioceptiva en la planta del pie y con los dos ojos abiertos se garantizaba un mejor control del equilibrio por parte del sujeto.

Los sistemas de medición, tanto optométricos como electrónicos, usan las medidas de los diferentes sensores que captan las presiones de la superficie de la planta del pie para construir un mapa de presiones plantar (podografía) y a partir de él calculan las coordenadas de posición del COP del cuerpo, del pie izquierdo y del pie derecho. Una vez se dispone de un registro temporal concreto pueden calcularse los rangos máximos de los desplazamientos del COP, la velocidad media de dichos desplazamientos, así como los porcentajes de presión promedio que presentan las diferentes zonas del pie; normalmente en función de las prestaciones que tenga el programa informático comercial asociado a los sistemas de exploración. Ante las limitaciones encontradas en dichos aplicativos se desarrolló un programa informático (CbsScanGraf Lab 3.0) que específicamente facilitara el rango máximo de desplazamiento del COP, la velocidad media del desplazamiento COP en ambos ejes (medio-lateral y antero-posterior), así como los porcentajes de apoyo para cada uno de los cuadrantes del pie. Consiguiéndose de esta manera una herramienta específica, objetiva, exacta y sencilla para obtener los datos se podrían precisar en las valoraciones biomecánicas cotidianas.

El número de sensores que tiene un dispositivo de medición puede afectar la exactitud de las medidas del COP según Pozo (43) y Firth (56). En los estudios de referencia encontrados en la bibliografía, Birtane (46), los sistemas electrónicos usados habitualmente en estudios sobre el equilibrio disponen de una densidad de entre 1 y 4 sensores/cm² (Birtane (46), Firth (56), Nomura (61), Willems (66)) frente al sistema optométrico (Fort (58,63), Montañola (64)) usado en este trabajo con una densidad de 60 sensores/cm².

El número de estudios que se realizan a los sujetos se considera importante por algunos autores a la hora de valorar la representatividad de los resultados obtenidos en el estudio del COP. Doyle (51) y Santos (52) recomiendan si es posible, efectuar diferentes lecturas consecutivas al mismo sujeto y trabajar con las medias de dichas lecturas, con el objeto de aumentar la fiabilidad de los

datos. Mientras que Doyle (51) y Nomura (61) recomiendan un tiempo de exposición, del sujeto a la plataforma de medición del COP, entre 50 y 90 segundos para obtener datos más representativos, mientras que otros autores como Escamilla (44) consideran que con tiempos más cortos se pueden obtener resultados válidos. En este estudio se han realizado una sola lectura de 10 segundos, para cada sujeto en la plataforma optométrica, considerando el criterio de que seguir un protocolo riguroso, estricto y vigilante a la hora de la captura de los datos mediante la plataforma era suficientemente fiable en cuanto al número de lecturas y al tiempo empleado en las mismas.

Nomura y colaboradores (61) encuentra que las plataformas electrónicas presentan una mayor precisión sobre las plataformas de fuerzas en el cálculo de los desplazamientos del COP y recomiendan usar los sistemas que posean mayor precisión para medir los desplazamientos relacionados con el COP. Las mediciones realizadas en este estudio se han efectuado mediante una plataforma optométrica que, a su vez, presenta una mayor precisión sobre las plataformas electrónicas en el cálculo de los desplazamientos del COP, Montañola (64).

Mihalik (47), Margerum (48), Firth (56) y Nomura (61) opinan que estudios, sobre la misma muestra de sujetos, con diferentes sistemas de medición aportan datos consistentes sobre la mejor capacidad para discriminar las diferentes variables biomecánicas que son válidas para el estudio del equilibrio como son la media del rango de desplazamiento del COP del cuerpo, su recorrido total y la velocidad media del mismo en el eje medio-lateral y antero-posterior. El uso en este estudio de un nuevo sistema de medición optométrico intenta aportar nueva información objetiva de las mejoras que se pueden conseguir a la hora de valorar el comportamiento del equilibrio en función de la medida del desplazamiento máximo del COP de cuerpo y de ambos pies; de la velocidad media del mismo y de cómo se reparte el peso del cuerpo entre las diferentes zonas del pie en contacto con el suelo.

El comportamiento del COP del cuerpo, en este estudio, presenta un mayor desplazamiento en el eje anteroposterior que en el eje mediolateral. Resultados

que coinciden con lo encontrado con otros autores como Pozo (43), González (45) y Fort (58).

Los resultados del estudio del desplazamiento máximo del COP muestran que en el eje medio-lateral de ambos pies las mujeres presentan mayor estabilidad que los hombres. En cambio a nivel del COP del cuerpo los valores son similares. En el eje antero-posterior no se encuentran diferencias significativas.

La velocidad media del COP encontrada en este estudio de 663 sujetos es menor en el eje medio-lateral que en el eje antero-posterior en el grupo de hombres y el de mujeres para el COP del pie izquierdo y el COP del pie derecho. La velocidad media del COP del cuerpo es similar para el grupo de hombres y ligeramente más grande en el eje medio-lateral que en el eje antero-posterior en el grupo de mujeres. Santos (52) encuentra valores de velocidad media mayor en el eje medio-lateral, pero reconocen que trabajar con una muestra de 12 sujetos podría haber causado sesgos en los resultados obtenidos.

En este estudio se ha encontrado que el pie derecho soporta más carga que el pie izquierdo. Estos resultados se aproximan a los encontrados por Rai (50), mientras que Pozo (43) encuentra valores semejantes entre ambos pies. No obstante, en la muestra de corredores, se encuentran diferencias significativas por género en la presión soportada por el talón del pie izquierdo: el grupo de las mujeres presentan menos carga que el grupo de hombres.

En cuanto a la comparación de los metatarsos se ha encontrado una mayor presión en el metatarso derecho que en el izquierdo, y ligeramente mayor en la zona del talón derecho que en el talón izquierdo aunque la correlación estadística encontrada es muy pequeña. Los resultados de Pozo (43) difieren de los encontrados en este estudio ya que encuentra valores semejantes de presión al comparar los metatarsos y los talones de ambos pies entre si.

La presión encontrada a nivel de cuadrantes de la planta del pie muestra una mayor carga en la zona anterior del pie derecho sobre el talón derecho y una

carga en la zona anterior del pie izquierdo similar a la del talón izquierdo. Los resultados encontrados en el pie derecho coinciden en la línea de los encontrados con Birtane (46) y colaboradores. En cambio los resultados de Willems (66) y colaboradores apuntan a que después de la carrera las presiones del metatarso se sitúan más en la parte central y disminuye la carga en las zonas laterales. Si bien su estudio se realiza en bipedestación y en estática, los resultados no son del todo comparables ya que los corredores han modificado su posición a causa del esfuerzo inmediato de la carrera realizada con anterioridad.

Se ha encontrado una correlación positiva muy elevada entre el desplazamiento del COP de ambos pies con el COP del cuerpo, en el eje medio-lateral, tanto en el grupo de hombres como en el de mujeres. En el eje antero-posterior también se encuentra una buena correlación para las mismas variables y grupos. Lo cual es de esperar ya que el COP del cuerpo está muy relacionado con el reparto de cargas que cada pie soporta en posición de bipedestación.

Nagel (57) y colaboradores considera que la posición del COP de ambos pies es una buena medida para saber el estado del equilibrio de un corredor maratoniano diferenciándose su posición según se le mida antes o después de realizar el esfuerzo de la carrera. Sus hallazgos muestran que las presiones se desplazan de la zona del talón hacia la zona del metatarso. En nuestro estudio sólo se ha podido medir la posición del COP en estado de reposo previo a la carrera. Sería interesante efectuar un estudio similar con un grupo de deportistas valorando la posición del COP antes y después de realizar el esfuerzo de la carrera mediante el sistema optométrico por presentar éste una mayor densidad de sensores por centímetro cuadrado.

Los resultados encontrados en este estudio muestran que el desplazamiento del COP del pie derecho en el eje medio-lateral está relacionado con la dominancia por soporte del pie izquierdo o derecho indistintamente. El hecho de tener un pie, el otro o ambos con dominancia soporte no afecta a los

desplazamientos máximos del COP en el resto de variables, tanto en el eje medio-lateral como en el eje antero-posterior.

No obstante, la dominancia soporte del pie izquierdo está muy relacionada con las velocidades medias del COP de ambos pies y del cuerpo en los ejes medio-lateral y antero-posterior. Tener sólo el pie derecho como dominante en cuanto a presión soportada parece no estar relacionada con la velocidad media del COP del pie izquierdo en el eje antero-posterior. La dominancia soporte para el caso de ambos pies, cuando no es unipodal, no parece estar relacionada con la velocidad de COP.

La dominancia soporte de un pie, el otro o ambos a la vez, está muy relacionada con la presión que soportan ambos metatarsos y ambos talones. Lo cual no podría ser de otra manera ya que la dominancia de un pie se calcula a partir de la suma de las presiones de su metatarso y talón asociado. Como el cuerpo humano en bipedestación sustenta entre los dos pies el peso del cuerpo, cualquier dominancia soporte significativa en una de las dos extremidades afectará sin duda a la otra.

No se ha encontrado ninguna relación estadísticamente significativa entre el tener un pie/pierna funcionalmente dominante y los posibles desplazamientos del COP, de su velocidad media o del reparto de cargas entre los cuatro cuadrantes de apoyo del corredor de maratón.

Aunque no se ha encontrado significación estadística de la posible relación existente entre la pierna soporte dominante (por presión) y el pie funcional dominante (más habilidoso) es interesante remarcar que la pierna derecha es la que aparece más veces como soporte dominante y como funcional dominante, tanto en el grupo de hombres, el de mujeres y en el global de la muestra. Boza (55) encuentra que la pierna/pie sano de los pacientes que han sufrido hemiplejía secundaria se convierte en el pie soporte dominante la mayoría de las veces.

Algunos de los resultados obtenidos en este estudio con maratonianos no se han podido contrastar en este apartado de discusión con otras publicaciones por falta de coincidencia en la clase de muestra, el tipo de variables analizadas y el modelo de experimento. Pero por su significación se procede a comentarlos a continuación.

Los practicantes de carreras de largo recorrido realizan una actividad más simétrica, con las extremidades inferiores, comparada con otras disciplinas deportivas. Pisan el mismo número de veces con ambos pies, las zancadas están orientadas en la misma dirección y las trayectorias no suelen presentar cambios bruscos ni de dirección, ni de sentido de la marcha, como podría acontecer en el balonmano, fútbol o baloncesto. Pudiera ser que a pesar de encontrar una dominancia derecha (soporte y funcional) importante en la muestra, la relación entre ambas estuviera enmascarada por la simetría que comporta este tipo de deporte (maratón). Similares estudios con muestras de sujetos practicantes de otros deportes menos simétricos podría aportar datos nuevos sobre la existencia de una posible relación entre los conceptos de la dominancia soporte y la dominancia funcional de las extremidades inferiores.

Este estudio no ha encontrado ninguna relación entre los diferentes grupos de edad y los desplazamientos máximos del COP, las velocidades medias del COP y la presión media de soporte plantar. Sólo parece existir una relación de la edad con la presión soportada por el metatarso del pie izquierdo (donde se aprecian diferencias entre los grupos de 28 a 39 años y el grupo de 39 a 49 años) y la edad con la presión soportada por la zona del talón del pie derecho.

El peso no presenta relación entre diferentes grupos de edad y los desplazamientos máximos del COP, pero si aparece en esta muestra como un factor que afecta a la velocidad media del COP en el eje medio-lateral del ambos pies y del cuerpo entre algunos grupos de la muestra así como en el eje antero-posterior del pie derecho, pero en cambio no se ha observado que exista relación en el eje antero-posterior del pie izquierdo ni del cuerpo. Esto podría explicarse por la existencia de la articulación del medio pie que permite un mejor mecanismo compensatorio del balanceo del cuerpo. En el eje medio-

lateral este mecanismo no tiene la misma función y la base roma del talón podría predisponer a una mayor inestabilidad lateral.

Entre los diferentes grupos de altura de esta muestra no se ha encontrado ninguna relación con los desplazamientos del COP de ambos pies y del cuerpo con la distancia máxima recorrida. No obstante si que aparece relación entre algunos grupos de altura con la velocidad media del COP del eje medio-lateral del pie izquierdo y del cuerpo, así como se detectan relación entre algunos grupos de altura con la velocidad media del COP del eje antero-posterior del pie derecho y del cuerpo. No se encuentra ninguna relación entre los diferentes grupos de altura con las zonas de apoyo plantar (metatarso o talón) o el mayor apoyo que pueda presentar una pierna en concreto.

Cabe remarcar que velocidades medias de desplazamiento del COP pequeñas en ambos pies en el eje medio-lateral están asociadas a una mayor velocidad media del COP del cuerpo. En cambio velocidades medias de desplazamiento del COP mayores en ambos pies en el eje antero-posterior están asociadas a una menor velocidad media del COP del cuerpo. Este patrón se repite independientemente de la edad, peso y altura. Esto puede deberse a que los mecanismos de control del equilibrio son dependientes de la longitud y de la superficie de apoyo del pie con el suelo de ambos ejes. La anchura de un talón siempre es bastante menor que la longitud del pie, midiéndose esta desde la parte posterior del talón hasta la parte distal del metatarso en contacto con el suelo.

Los resultados obtenidos sugieren la necesidad de realizar nuevos estudios con muestras que estén más compensadas entre el número de mujeres y de hombres, en otros ámbitos deportivos en los que el deporte no sea de ejecución tan simétrica donde podría valorarse la relación que pueda existir entre las diferencias del comportamiento del desplazamiento del COP de un pie con la dominancia soporte y funcional que puede presentar una misma pierna.

Para medir el comportamiento del equilibrio se podrían también usar otras variables biomecánicas como la aceleración media del COP (ambas aplicadas

sobre el eje medio-lateral y el eje antero-posterior) o la superficie que encierra el recorrido del COP.

Se expone que el objetivo general (OG) de este estudio experimental se ha conseguido alcanzar siendo éste la observación del comportamiento del equilibrio al aplicar la prueba mediante baropodometría optométrica.

En cuanto a los objetivos específicos también se han alcanzado todos y cada uno de ellos, relativos a la observación del comportamiento del equilibrio, al aplicar la prueba mediante baropodometría optométrica de la valoración de la amplitud del desplazamiento máximo del COP (OE1), de la velocidad media del COP (OE2), de la medida de los porcentajes de presión por cuadrantes de apoyo plantar (OE3) y del soporte de apoyo plantar (OE4). Así como valorar la relación entre el desplazamiento máximo (OE5) y la velocidad media del COP del cuerpo (OE6) con la dominancia soporte lateral, por presión, de las extremidades inferiores; y valorar la relación entre el desplazamiento máximo (OE7) y la velocidad media del COP del cuerpo (OE8) con la dominancia funcional lateral de las extremidades inferiores

Finalmente también se constata que sí existen diferencias de rendimiento en la prueba de equilibrio entre hombres y mujeres (OE9).

5. CONCLUSIONES

Todas las conclusiones sobre el equilibrio que siguen se han obtenido mediante una exploración plantar, con una plataforma optométrica de última generación, sobre una muestra de corredores de maratón sanos en posición de estática, en bipedestación, descalzos y en reposo.

Según el objetivo específico número 1 se concluyen los siguientes puntos:

- El rango máximo detectado en el desplazamiento del COP, de ambos pies y del cuerpo, en el eje antero-posterior es más grande que en el eje medio-lateral en el grupo de los hombres, de las mujeres y en el global de la muestra.
- El rango máximo detectado en el desplazamiento del COP, de ambos pies y del cuerpo, en el eje antero-posterior es más pequeño en el eje medio-lateral en el grupo de las mujeres que en el de los hombres.
- El rango máximo detectado en el desplazamiento del COP, de ambos pies y del cuerpo, en el eje medio-lateral es más pequeño en el grupo de las mujeres que en el de los hombres.
- Se encuentra una correlación positiva muy fuerte entre el rango de desplazamiento antero-posterior del COP del pie izquierdo y del pie derecho con el desplazamiento antero-posterior del COP del cuerpo en el grupo de los hombres, de las mujeres y en el global de la muestra.

Según el objetivo específico número 2 se concluyen los siguientes puntos:

- La velocidad media detectada en el desplazamiento del COP, de ambos pies, en el eje antero-posterior es más grande que en el eje medio-lateral en el grupo de los hombres, de las mujeres y en el global de la muestra.

- La velocidad media detectada en el desplazamiento del COP del cuerpo en el eje antero-posterior y en el eje medio-lateral es similar en el grupo de los hombres, de las mujeres y en el global de la muestra.
- La velocidad media detectada en el desplazamiento del COP, de ambos pies y del cuerpo, en el eje antero-posterior es más pequeña en el grupo de las mujeres que en el de los hombres.
- Se encuentra una correlación positiva muy fuerte entre la velocidad media del desplazamiento antero-posterior del COP del pie izquierdo y del pie derecho con el desplazamiento antero-posterior del COP del cuerpo en el grupo de los hombres, de las mujeres y en el global de la muestra.

Según el objetivo específico número 3 se concluyen el siguiente punto:

- La zona anterior del pie derecho, que se corresponde con el metatarso, presenta una mayor presión que el resto de cuadrantes de apoyo plantar en el grupo de los hombres, de las mujeres y en el global de la muestra.

Según el objetivo específico número 4 se concluyen los siguientes puntos:

- La presión media soportada por el pie derecho es mayor que la presión media soportada por el pie izquierdo en el grupo de los hombres, de las mujeres y en el global de la muestra.
- El pie derecho aparece como pie soporte dominante en el grupo de los hombres, de las mujeres y en el global de la muestra.

Según el objetivo específico número 5 se concluyen el siguiente punto:

- El pie soporte dominante, izquierdo y derecho, está relacionado con el rango del desplazamiento máximo del COP del pie derecho en el eje medio-lateral.

Según el objetivo específico número 6 se concluyen el siguiente punto:

- El pie soporte dominante, izquierdo y derecho, está relacionado con la velocidad media del desplazamiento máximo del COP en el eje medio-lateral y antero-posterior.

Según el objetivo específico número 7 se concluyen los siguientes puntos:

- El pie derecho aparece como pie funcional dominante en el grupo de los hombres, de las mujeres y en el global de la muestra.
- El pie funcional dominante es independiente del rango de desplazamiento máximo del COP tanto en el eje medio-lateral como en el eje antero-posterior.

Según el objetivo específico número 8 se concluyen los siguientes puntos:

- El pie funcional dominante es independiente de la velocidad media del mismo tanto en el eje medio-lateral como en el eje antero-posterior.
- El pie funcional dominante es independiente de la presión por cuadrantes de apoyo del pie (metatarso o talón).
- Tener un pie funcional dominante es independiente de poseer un pie soporte dominante.

Según el objetivo específico número 9 se concluyen los siguientes puntos:

- Las mujeres presentan mayor estabilidad que los hombres en el eje medio-lateral, según el desplazamiento máximo del COP, tanto en el pie derecho como en el pie izquierdo.

- Las mujeres presentan un menor desplazamiento del COP del cuerpo que los hombres tanto en el eje medio-lateral como antero-posterior,
- Las mujeres presentan mayor estabilidad que los hombres, teniendo en cuenta la velocidad media del desplazamiento del COP, en el eje medio-lateral del pie izquierdo y de COP del cuerpo.

Según la hipótesis de trabajo H1 se concluyen el siguiente punto:

- Se confirma que el desequilibrio en el eje antero-posterior es mayor que en el eje medio-lateral.

Según la hipótesis de trabajo H2 se concluyen el siguiente punto:

- Se confirma que las diferencias de presión entre ambos pie (pie soporte dominante) influye en el equilibrio del cuerpo tanto en el eje medio-lateral como en el eje antero-posterior.

Según la hipótesis de trabajo H3 se concluyen el siguiente punto:

- No se confirma que la dominancia funcional lateral entre ambos pies influya en el equilibrio del cuerpo.

6. LIMITACIONES, CONSISTENCIAS Y LINEAS DE FUTURO

En este estudio del equilibrio estático de los corredores de maratón se han encontrado como factores limitantes del mismo los siguientes aspectos:

- La muestra no tenía paridad suficiente en cuanto al género. Había menos mujeres que hombres.
- Se desconocía de los corredores si estos presentaban diferencias estructurales en cuanto a la longitud de las extremidades inferiores.
- No se valoró si el tipo de pisada del corredor era de tipo aplanado, normal o excavada.
- No se valoró si los corredores eran portadores habituales de un soporte plantar para la práctica de la carrera.
- No se constató si los corredores tenían lesiones auditivas que pudieran afectar al control del equilibrio.

Se pueden señalar como consistencias o fortalezas de este estudio los siguientes puntos:

- El tamaño de la muestra global de los corredores era numerosa.
- El instrumento de medición, una plataforma optométrica, validado con anterioridad usado para la medida del equilibrio presentó un índice de fallos del 0%.
- Se controló y se objetivó el entorno y la superficie de medición de las presiones plantares para que no existiesen diferencias de propiocepción a través de la planta del pie entre corredores.

- Se controló que todos los corredores tuvieran una buena visión promedio y que ésta no pudiera afectarles en el control del equilibrio.

A partir de los resultados hallados y de las conclusiones obtenidas se pueden plantear como posibles líneas de futuro las siguientes actuaciones:

- Realizar un nuevo estudio con una muestra con mayor presencia de mujeres corredoras de maratón.
- En este estudio la edad, el peso y la altura no están relacionadas con los rangos de desplazamiento máximo del COP tanto en el eje medio-lateral como en el eje antero-posterior. Sería interesante comprobar si esta situación se presenta también en deportes de ejecución menos simétrica como lo es la carrera del maratón.
- En este estudio la edad y la altura no están relacionadas con la velocidad media del desplazamiento del COP tanto en el eje medio-lateral como en el eje antero-posterior. Sería interesante verificar si esta situación aparece también en deportes de ejecución menos simétrica como lo es la carrera del maratón.
- En este estudio el peso presenta relación con la velocidad media del desplazamiento del COP en el eje medio-lateral. Sería interesante comprobar si esta situación se repite también en deportes de ejecución menos simétrica como lo es la carrera del maratón.
- Realizar nuevos estudios en corredores de maratón subsanando, en la medida de lo posible, las limitaciones generales encontradas.
- Realizar otros estudios con diferentes poblaciones de corredores (10K, ultra maratón).

- Verificar la eficacia de las ortesis plantares en el control del equilibrio estático en deportistas maratonianos,
- Verificar el alcance del uso de determinados modelos y materiales de zapatillas en el control del equilibrio estático en corredores de fondo,
- Realizar estudios similares con practicantes de otros deportes.
- Incorporar poblaciones al estudio que no realicen actividades deportivas de forma habitual.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Skelton DA, Salvà A. Prevención de las caídas basada en la evidencia en Europa. Rev Esp Geriatr Gerontol. 2005;40(Supl 2):64-69.
2. Cabedo J. L'evolució del l'equilibri durant el cicle vital. [Tesis Doctoral]. Barcelona: INEF Cataluña, Universidad de Barcelona; 2005.
3. Citado por Comín M, Villarroya A, Pérez JM, Nerín S, Marco C. Análisis de las presiones plantares. Técnicas y aplicaciones. Medicina de Rehabilitación. 1999;12(3):22-30.
4. Morton D. The human foot. New York: Columbia University Press; 1935.
5. San Gil M A. Análisis dinámico de la marcha. Estudio de los centros de presión sobre la huella plantar. Influencia de los distintos calzados. [Tesis Doctoral]. Alcalá de Henares: Facultad de Medicina, Universidad de Alcalá de Henares; 1991.
6. Verleysen Jules. Compendio de podología. Madrid: Ed. Paraninfo; 1977.
7. Oller A. La formula metatarsal y su valor predictivo en los trastornos de la marcha. [Tesis Doctoral]. Barcelona: Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Barcelona; 2006
8. Moreno de la Fuente JL. Podología general y biomecánica. España: Elsevier España; 2003.
9. Grieve D W, D'Angelo M. Spatial Distributions of peak pressures under the feet as recorded by the foil pedobarograph. In: Proceedings of the December 1979 Meeting of Anatomical Society of Great Britain and Ireland. J Anat; 1980:130-648.

10. Grieve DW, Rashdi T. Pressures under normal feet in standing and walking as measured by foil pedobarography. *Ann Rheumc Dis.* 1984 Dec;43(6):816-818.
11. Scranton PE, McMaster JH.. Momentary distribution of forces under the foot. *J Biomech.* 1976;9(1):45-48.
12. Arcan M., Brull MA. A fundamental characteristic of the human body and foot, the foot-ground pressure pattern. *J. Biomech.* 1976;9(7):453-457.
13. Chodera J. Examination methods of standing in man, vols. 1-3. Prague: FU-Czechoslovakian Academy of Sciences; 1957.
14. Betts RP, Franks CI, Duckworth T, Burke J. Static and dynamic foot-pressure measurements in clinical orthopaedics. *Med Biol Eng Comput.* 1980 Sep;18(5):674-684
15. Manley MT, Solomon EG, inventors. Apparatus for analyzing the forces acting on a human foot. US patente 4.267.728. 1979.
16. Franks CI, Betts RP, Duckworth T. Microprocessor-based image processing system for dynamic foot pressure studies. *Med Biol Eng Comput.* 1983 Sep;21(5):566-572.
17. Mahesh-Bhatia M, Patil KM. New on-line parameters for analysis of dynamic foot pressures in neurophatic feet of Hansen's disease subjects. *J.Rehabil Res Dev.* 1999;36(3):264-272.
18. Franks CI, inventor. Apparatus for measuring velocity of blood flow in a blood vessel. US patente 4.858.621. 1999.
19. Forstein MA, inventor. Video Pedobarograph System. US Patente 5.722.287. 1995.

20. Narimani R, Irajizad A. Design and development of an optical pressure distribution measurement system. *Yixué gongchéng. Applications, basis, communications.* 2000; 12(6):288-291.
21. Díaz CA, Torres A, Ramírez JI, García LF, Alvarez N. Descripción de un sistema para la medición de las presiones plantares por medio del procesamiento de imágenes Fase I. *Revista EIA.* Diciembre 2006; 6,43-55.
22. Veves A, Boulton AJ. The optical pedobarograph. *Clin Podiatr Med Surg.* 1993 Jul;10(3):463–470
23. Hughes JR, Bowes SG, Leeman AL, O’Neil CJA, Deshmukh AA, Nicholson PW, Dobbs SM & Dobbs RJ. Parkinsonian abnormality of foot strike: a phenomenon of ageing and/or one responsive to levodopa therapy?. *Br J Clin Pharmacol.* 1990 Feb;29(2):179-186.
24. Veves A, Hay EM, Boulton AJ. The use of specially padded hosiery in the painful rheumatoid foot. *The Foot.*1992;1:175-177.
25. Young MJ, Coffey J, Taylor PM, Boulton AJM. Weight bearing ultrasound in diabetic and rheumatoid arthritis patients. *The Foot.*1995 Jun;5(2):76-79.
26. San Gil Sorbet, M^a Amaya. Análisis dinámico de la marcha estudio de los centros de presión sobre la huella plantar: influencia de los distintos calzados. [Tesis Doctoral]. Alcalá de Henares, Facultad de medicina, Universidad de Alcalá de Henares; 1991.
27. Citado por López JE, Martínez A, Orbite C, Pérez A, Martínez J. Podómetro electrónico. ES Patente 9.501.141. 1995.

28. Schwartz RP, Heath AL. The oscillographic recording and quantitative definition of functional disabilities of human locomotion. Arch Phys Med Rehabil. 1949 Sep;30(9):568-578.
29. Rueda M, inventor. Podómetro por procedimiento Vídeo-Neumático para el estudio de las presiones plantares y obtención simultánea del molde para la confección de plantillas correctoras. ES patente P8703571. 1987.
30. Rueda M. Biomecánica del antepie. El Peu. Associació Catalana de Podòlegs. 1986 Ene;18.
31. Rueda M. Podómetro video-neumático. El Peu. Associació Catalana de Podòlegs. 1987 Nov;29.
32. Rueda M. Podómetro video-neumático "Podo-Computer" Nuevas técnicas de diagnóstico y tratamiento de las alteraciones podológicas. Rev.Española de podología. F.E.P. 1990 Dic;11(II), 2ª época.
33. Rueda M. Podología. Los desequilibrios del pie. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2004.
34. Florenciano J, Rueda M, Macón J, Vázquez P, Marcelino J, Vicente P, Rubio P. Perfil del maratoniano: estudio estadístico maratones de Barcelona 1995 y 1997. Rev. El Peu. 1998;73:443-446
35. Balias R, Rueda M. Exploració d'un cas d'asimetria podològica. Apunts.1990;26:257-258.
36. González M, López A, Heredia JA, Gutiérrez E, Casa V, Rubio S. Incidencia del pie normal en el deporte de alta competición. Centro Nacional de Medicina del Deporte. Rev. Monográfica XVII Congreso Nacional de la Asociación Española de Medicina y Cirugía del Pie. 1995 Jun;17-18.

37. Florenciano J. Ampliación de funciones informatizadas del Podocomputer. Rev. El Peu. Colegio de Podólogos de Cataluña. 1997 Oct; 71.
38. Cebollada JM, González M, Gutiérrez E, Heredia JA, Rubio S. Podología deportiva: Baloncesto. Centro Nacional de Medicina del Deporte. Rev. Monográfica Día del Podólogo, Enero 1998.
39. González M. Morfología y patología del saltador de alta competición. Centro Nacional de Medicina del Deporte. Monografía Curso Podología del Deporte. Centro de Alto Rendimiento San Cugat. Febrero 1998.
40. González M, Fernández R, Calderón C, Rubio S. Huella plantar y especialización deportiva. Centro Nacional de Medicina Deportiva. Monografía Congreso Nacional de la Asociación Española de Medicina y Cirugía del Pie, Junio 1999.
41. Montañola A. Sistema de análisis plantar y biomecánico de la marcha mediante plataformas optométricas de luz no estable (POLNE). Manual de Técnicas en Ortopodología. Ediciones Especializadas Europeas. 2004.
42. Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la Investigación 4ª Ed. México: Editorial McGraw-Hill; 2006.
43. Pozo MC. Perfil antropométrico, biomecánico y clínico del bailarín de danza española. [Tesis Doctoral]. Madrid. Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid; 2003.
44. Escamilla E, Calderón JF, Rodríguez T, Retortillo C, Lavado JM, Morales ML. Análisis del centro de gravedad mediante podobarometría electrónica en niños sanos en edad escolar. Enfermería científica, 2003;258:72-75.

45. González RA. Análisis del Centro de Presión en Posturografía en pacientes con síndrome de dolor lumbar crónico. [Tesis Doctoral]. Chile: Facultad de Medicina, Universidad de Chile; 2004.
46. Birtane M, Tuna H. The evaluation of plantar pressure distribution in obese and non-obese adults. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2004 Dec;19(10):1055-1059.
47. Mihalik JP. The relationship between force platform measures and total body center of mass. [Tesis Doctoral]. Pittsburgh: School of Health and Rehabilitation, University of Pittsburgh; 2004.
48. Margerum SE. Center of mass dynamic and slip severity. [Tesis Doctoral]. Pittsburgh: School of Engineering, University of Pittsburgh; 2005.
49. Pedalini MEB. Computerized dynamic posturography in elderly with and without vestibular symptoms. [Tesis Doctoral]. Sao Paulo: Facultad de Medicina, Universidad de Sao Paulo; 2005.
50. Rai DV, Aggarwal LM, Bahadur R. Plantar pressure changes in normal and pathological foot during bipedal standing. *Indian Journal of Orthopaedics*. 2006;40(2):119-122.
51. Doyle RJ, Hsiao-Wecksler ET, Ragan BG, Rosengren KS. Generalizability of center of pressure measures of quiet standing. *Gait Posture*. 2007 Feb;25(2):166-171
52. Santos BR, Delisle A, Larivière C, Plamondon A, Imbeau D. Reliability of centre of pressure summary measures of postural steadiness in healthy young adults. *Gait Posture*. 2008 Apr;27(3):408-415

53. Gerbino PG, Griffin ED, Zurakowski D. Comparison of standing balance between female collegiate dancers and soccer players. *Gait Posture*. 2007 Oct;26(4):501-507.
54. Serrano MA. Análisis de la inestabilidad del pie con calzado deportivo de cámara de aire, durante la estática. *Revista Internacional de Ciencias Podológicas*.2007;1(2):7-15.
55. Boza R, Duarte E, Belmonte R, Marco E, Muniesa JM, Tejero M, Sebastián E, Escalada F. Estudio baropodométrico en el hemipléjico vascular: relación con la discapacidad, equilibrio y capacidad de marcha. *Rehabilitación*. 2007;41(1):3-9.
56. Firth J, Turner D, Smith W, Woodburn J, Helliwell P. The validity and reliability of PressureStat™ for measuring plantar foot pressures in patients with rheumatoid arthritis. *Clin Biomech*. 2007 Jun;22(5):603-606.
57. Nagel A, Fernholz F, Kibele C, Rosenbaum D. Long distance running increases plantar pressures beneath the metatarsal heads: a barefoot walking investigation of 200 marathon runners. *Gait Posture*. 2008 Jan;27(1):152-155.
58. Fort A, Costa L, Montañola A, Romero D. Fiabilidad de una medida del control postural estático y dinámico de la extremidad inferior. *Rev Cronos*. 2008;VII(14).
59. Salavati M, Hadian MR, Mazaheri M, Negahban H, Ebrahimi I, Talebian S, Jafari AH, Sanjari MA, Sohani SM, Parnianpour M. Test-retest reliability [corrected] of center of pressure measures of postural stability during quiet standing in a group with musculoskeletal disorders consisting of low back pain, anterior cruciate ligament injury and functional ankle instability. *Gait Posture*. 2009 Apr;29(3):460-464.

60. Seigle B, Ramdani S, Bernard PL. Dynamical structure of center of pressure fluctuations in elderly people. *Gait Posture*. 2009 Aug;30(2):223-226.
61. Nomura K, Fukada K, Azuma T, Hamasaki T, Sakoda S, Nomura T. A quantitative characterization of postural sway during human quiet standing using a thin pressure distribution measurement system. *Gait Posture*. 2009 Jun;29(4):654-657.
62. Nagano A, Noritake H, Y Luo Z-W. An analysis of directional changes in the center of pressure trajectory during stance. *Gait Posture*. 2010 Mar; 31(3):400-402.
63. Fort A, Costa L, Romero D, Costa L, Bagur C, Lloret M, Montañola A. Diferencias en la estabilidad postural estática y dinámica según sexo y pierna dominante. *Apunts Med Esport*. 2009;162:74-81.
64. Montañola A., Medida del equilibrio en corredores de Maratón mediante nueva plataforma optométrica. Trabajo de investigación para optar al DEA de la Facultad de Psicología, Ciencias de l'Educació i de l'Esport Blanquerna. Universitat Ramon Llull. Barcelona. España; 2010.
65. Brenton-Rule A, Bassett S, Walsh A, y Rome K. The evaluation of walking footwear on postural stability in healthy older adults: an exploratory study. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2011 Oct; 26(8):885-887.
66. Willems TM, De Ridder R. y Roosen P. The effect of a long-distance run on plantar pressure distribution during running. *Gait Posture*. 2012 Mar;35(3):405-409.
67. Ríus F, Barón FJ, Sánchez E. y Parras L. *Bioestadística: Métodos y aplicaciones*. Málaga: U. D. Bioestadística, Facultad de Medicina, Universidad de Málaga; 2003.

68. Azzimonti JC. Bioestadística aplicada a Bioquímica y Farmacia. Ed. Universitaria de la UNaM, 2ª Edición; 2003.
69. Vericat F. Estadística. Guías teórico prácticas. CEILP. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata; 2007.

ANEXO 1 - Criterio de consolidación de la muestra

Las ediciones recientes de una de las pruebas de largo recorrido más representativas en cuanto a número de participantes en España es la carrera del Maratón Popular de Madrid. En la tabla A.1 se muestran, según datos oficiales de la organización (MAPOMA), el número de participantes que han finalizado la carrera en diferentes ediciones.

Tabla A.1- Participantes que han finalizado la prueba del Maratón de Madrid (España).

		CARRERAS MARATON POPULAR DE MADRID							
		MARATON 2007		MARATON 2008		MARATON 2009		MARATON 2010	
		Recuento	% de la fila	Recuento	% de la fila	Recuento	% de la fila	Recuento	% de la fila
Género	Hombre	7.281	94,53%	6.942	94,64%	7.455	93,83%	7.781	93,96%
	Mujer	421	5,47%	393	5,36%	490	6,17%	500	6,04%
	Total	7.702	100,00%	7.335	100,00%	7.945	100,00%	8.281	100,00%

Puede observarse que la participación de las mujeres en este tipo de carreras es muy baja en comparación con la participación de los hombres.

La participación de las mujeres oscila entre un 6%, mientras que la participación de los hombres oscila alrededor de un 94%.

En las diferentes tomas de datos correspondientes a las tres pruebas de maratón que conforman la muestra experimental, se observa también un número de participantes mujeres reducido.

Las tres pruebas de maratón en las que se recogieron datos para este estudio se identificaron de la siguiente forma:

- M1-M9: Maratón Popular de Madrid 2009.
- M2-S8: Maratón Ciudad de Sevilla 2008.
- M3-S9: Maratón Ciudad de Sevilla 2009.

Los datos obtenidos después de pasar por un proceso de filtrado y verificación de consistencia se muestran en la tabla A.2. Cabe señalar que tres de los sujetos que se eliminaron de la muestra inicial por ser menores de edad ya eran jóvenes corredores que vinieron acompañados de sus padres, también corredores, a los que se les realizó también las pruebas por expresa petición y autorización de sus tutores legales.

Tabla A.2- Participantes que conforman los tres periodos de recogida de datos.

		MUESTRA							
		M1-M9		M2-S8		M3-S9		Total MUESTRA	
		Recuento	% de la fila	Recuento	% de la fila	Recuento	% de la fila	Recuento	% de la fila
Género	Hombre	269	83,80%	113	94,17%	205	92,34%	587	88,54%
	Mujer	52	16,20%	7	5,83%	17	7,66%	76	11,46%
	Total	321	100,00%	120	100,00%	222	100,00%	663	100,00%

Puede observarse que si bien las proporciones de participantes mujeres toman valores similares a las de otras pruebas representativas, la frecuencia absoluta de mujeres es inferior a 30 sujetos, en al menos dos de las submuestras. Por lo que no se consideró fiable realizar tratamiento estadístico inferencial en las variables de este estudio que podrían estar relacionadas con la variable género.

Dado que las condiciones durante la toma de datos, en todas las sesiones, fueron similares en cuanto que:

- los datos se recogieron durante los 3 días anteriores a la carrera
- las condiciones del entorno fueron parecidas: un stand de servicios podológicos y biomecánicos habilitado específicamente para ello
- el ruido ambiente fue similar
- la iluminación ambiente fue semejante
- se usó el mismo equipo optométrico para realizar todas las mediciones
- se usó el mismo sistema informático de control

- el mismo investigador estuvo presente en la toma de todos los datos
- las pruebas realizadas fueron las mismas en todas las submuestras
- el orden de las pruebas fue el mismo en todas las submuestras

se consideró que, en este estudio, se trataría el conjunto de todos los datos como una sola muestra.

Por otro lado la consolidación de las tres submuestras en una sola sí permitió disponer de un número suficiente de sujetos, 76 mujeres, para realizar un tratamiento estadístico inferencial más consistente.

Quedando pues la muestra final formada por 663 sujetos (76 mujeres y 587 hombres.)

ANEXO 2 - Hoja de Consentimiento Informado

DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

D./Dña
de años de edad y con DNI N°, manifiesta que ha sido informado/a sobre los beneficios y/o perjuicios que podría suponer la realización de las pruebas biomecánicas y plantares de mi persona para cubrir los objetivos del Proyecto de Investigación titulado

”ESTUDIO DEL EQUILIBRIO Y DE LA HUELLA PLANTAR.”

con el fin de mejorar los conocimientos biomecánicos que son relevantes en la población de deportistas y que podrían estar relacionados con las lesiones propias de esta actividad.

He sido también informado/a de que mis datos personales serán protegidos e incluidos en un fichero que deberá estar sometido a y, con las garantías de la ley 15/1999 de 13 de diciembre.

Tomando ello en consideración, OTORGO mi libre CONSENTIMIENTO, de forma autónoma, a que estas pruebas tengan lugar y sea utilizada para cubrir los objetivos especificados en el proyecto.

Sevilla, a 22/23 de Febrero de 2008.

D./Dña _____ Nro dorsal: _____

ANEXO 3 - Autorización Consentimiento Informado Comité Ética



Facultat de Psicologia, Ciències
de l'Educació i de l'Esport Blanquerna

Universitat Ramon Llull

El Dr. Xavier Carbonell Sánchez, vicedegà de Postgrau i Recerca i secretari de la Comissió d'Ètica i Recerca de la Facultat de Psicologia, Ciències de l'Educació i de l'Esport Blanquerna de la Universitat Ramon Llull,

F A C O N S T A R

Que després de valorar la qualitat i aspectes ètics, així com la rellevància científicotècnica, de l'estudi "Medida del equilibrio en corredores de maratón mediante nueva plataforma optométrica." presentat per Agustín Montañaola Vidal la Comissió que representa emet un informe favorable del mateix.

I perquè consti als efectes oportuns, a petició de l'interessat, ho signa a Barcelona, el vint-i-nou d'octubre de dos mil nou.

c. Císter, 34
08022 Barcelona
Tel. 93 253 30 00 | Fax 93 253 30 31
www.blanquerna.url.edu



ANEXO 4 - Hoja de Toma de datos

MARATÓN DE SEVILLA - 2008 UNIDAD DE PODOLOGÍA DEPORTIVA

A - (Esta parte puede contestarla Ud mismo)

Nro dorsal Nombre e iniciales apellidos (Ej. Juan G. M.) Nro. DNI o Pasaporte

Código Postal ESP E-Mail: (escrito en letras mayúsculas)

Peso (kg) Talla (cm) Sexo HOMBRE MUJER Año nacimiento Nro de zapatilla

Nro de carreras efectuadas durante los dos años anteriores
 Ninguna Entre 1 y 3 Entre 4 y 6 Más de 6

Nro de km que entrenado durante los 6 meses anteriores (sin contar las carreras)
 Menos de 300 Km Entre 300 y 1.000 Km Más de 1.000 Km

¿Tiene o ha tenido dolor o lesión en algún momento como consecuencia de su actividad deportiva?
 NO SI Planta del pie Dorso del pie Dedos Talón Tobillo
 Entre Tobillo y Rodilla Rodilla Entre Rodilla y Cadera Cadera Espalda Otros

¿Le han hecho una valoración o estudio plantar anteriormente en una consulta clínica?
 NO SI Podólogo Médico Fisioterapeuta Ortopedia Otro profesional

¿Ha llevado o lleva plantillas para realizar su actividad deportiva?
 Nunca Alguna vez Habitualmente Siempre

¿Qué tipo de pisada cree que puede tener?
 Neutra Pronadora Supinadora Lo desconozco

¿Qué clase de zapatilla deportiva suele usar?
 Neutra Pronadora Supinadora Lo desconozco

PUEDA ENTREGAR LA HOJA EN LA MESA Y PROCEDER A LA PRUEBA.

Gracias por su colaboración

B - (Esta parte la cumplimentaremos durante la prueba)

TEST DE LATERALIDAD

Pie Dominante Izquierdo Derecho Mano Dominante Izquierdo Derecho Brazo Dominate Izquierdo Derecho Ojo Dominate Izquierdo Derecho

TEST DE POSICION

Apertura Pie Izquierdo grados Distancia entre pies cm Apertura Pie Derecho grados Envergadura cm

C - (Esta parte se cumplimenta durante el procesado de los datos en el laboratorio)

TEST DE EQUILIBRIO

Plataforma Optométrica N <input type="checkbox"/> Ojos Abiertos C <input type="checkbox"/> Ojos Cerrados	Plataforma Electrónica N <input type="checkbox"/> Ojos Abiertos C <input type="checkbox"/> Ojos Cerrados	Pedígrafo Digital <input type="checkbox"/> Pie Izquierdo <input type="checkbox"/> Pie Derecho <input type="checkbox"/> Talón Izquierdo <input type="checkbox"/> Talón Derecho
--	--	---

ANEXO 5 - Justificación de la elección de los instrumentos de medición

Las herramientas actuales, que se pueden encontrar en nuestro entorno, para la medición de la presión de la huella plantar o la posición del centro de presiones (COP) pueden resumirse en

- Sistemas Manuales

- Sistemas Ópticos
 - Podoscopios
 - Baropodómetros ópticos

- Sistemas Electrónicos
 - Plataformas sensoras electrónicas
 - Plataformas de fuerzas
 - Plataformas sensoras estabilométricas

- Sistemas Optométricos
 - Plataformas POLNE
 - Plataformas POLE

Los sistemas manuales no disponen de medios fiables para calcular las coordenadas del centro de presión del cuerpo (COP) y los resultados del mapa plantar tiene gran variabilidad entre lecturas del mismo sujeto.

Los sistemas ópticos no son suficientemente estables para efectuar mediciones del COP y de las presiones plantares a la vez por ser sensibles al nivel de luz-ruido ambiente.

Las plataformas de fuerzas y las plataformas estabilométricas puras sólo facilitan la posición del centro de gravedad en equilibrio dinámico. A parte, debe señalarse que ambas conforman un plano rígido que está sustentado por los sensores. Cuando el balanceo del cuerpo provoca una inclinación del plano rígido de sustentación los sensores informan de dicha inclinación. Mediante

cálculos trigonométricos se calcula la posición del centro de gravedad o de presión.

No obstante, en estas plataformas (de fuerzas y estabilométricas), al inclinarse el plano de sustentación se genera una aceleración artificial que es difícil de precisar por lo que las lecturas de velocidad y trayectoria del COP pueden verse afectadas. Para un mismo intervalo de tiempo aparecen velocidades mayores y trayectorias más largas.

Por este motivo se precisa seleccionar un sistema de medición que evite estos balanceos del plano de sustentación. Sólo las plataformas electrónicas y las plataformas optométricas cumplen estos requisitos. Su plano de sustentación no balancea. Ambas tienen una matriz de sensores que permite la medición de las presiones plantares y generan un mapa plantar o Podografía. Y ambas pueden calcular la posición del centro de presión o de gravedad del cuerpo.

Las plantillas instrumentadas se descartan en este estudio porque, aunque tienen matriz de sensores, los dos pies no están dentro de la misma matriz y ello conlleva a no saber a que distancia está un pie del otro. La omisión de la distancia imposibilita el cálculo de la posición del centro de gravedad con precisión.

Debe señalarse que en lo relativo a las plataformas electrónicas se ha reducido el tamaño y el peso del equipo de medición de presiones hasta hacerlo transportable (sensor dedicado → plantilla instrumentada → plataforma electrónica). Se ha mejorado la precisión de la medida de las fuerzas en los tres ejes del espacio (anterior-posterior, medio-lateral, medio-sagital) mediante plataformas de fuerzas. Se ha aumentado la frecuencia de lectura de registros por segundo. Se han diseñado e integrado diferentes tecnologías de sensores para poder efectuar las medidas de presión. Actualmente se pueden encontrar en el mercado diversas tecnologías de sensores y productos, casi tantas como fabricantes de los mismos.

Pero si bien los avances tecnológicos han sido excelentes, se sigue sin superar un obstáculo importante: *la densidad de sensores del equipo de medición*.

Para que estos equipos funcionen se debe usar electricidad, aunque con bajo voltaje, para activar los sensores, registrar sus cambios y transportar las lecturas de los mismos hasta las memorias (microchips) de almacenamiento intermedio. Este planteamiento precisa de multitud de pistas del circuito integrado (cableados) que van desde cada uno de los sensores hasta los microchips de control, y que crean una red tridimensional donde se sitúan muy cerca, una de la otra, las pistas conductoras con sus adyacentes.

Esta red de conductores por la que circula la corriente eléctrica despidе calor provocando un aumento de la temperatura local (a causa del Efecto Joule: pérdida de energía cinética que poseen los electrones al chocar con los átomos y moléculas estáticas que forman el conductor).

Los equipos industriales y domésticos suelen evitar este problema mediante la refrigeración por ventilación, pero los equipos baropodometría electrónica no pueden llevar “ventiladores” o disipadores térmicos metálicos para controlar el aumento de temperatura de los circuitos por que dejarían de ser fácilmente transportables y ergonómicos. Al no poder controlar este problema, aunque la tecnología permitiera aumentar el número de sensores por cm^2 , éstos no darían lecturas estables ya que el calor residual afectaría las medidas de los mismos.

Por ello las plataformas electrónicas suelen tener entre 1 y 4 sensores por cm^2 habitualmente.

La disposición de los sensores es en forma de tablero de ajedrez. Existen zonas sensibles a la presión, justo donde se sitúa la zona de lectura del sensor, y zonas no sensibles a la presión, justo donde está el material (encapsulado) que envuelve y mantiene al sensor en la posición concreta de la matriz de sensores.

Por lo tanto existen zonas oscuras entre sensores que no pueden leer información. Por este motivo los programas informáticos asociados a dichos sistemas suelen interpolar los resultados. Las imágenes que se obtienen no son del todo reales. Cuantos más sensores dispongan por cm² mayor será la aproximación del mapa plantar a la realidad del sujeto o paciente.

Las plataformas optométricas (POLNE o POLE) no usan transductores de presión/electricidad, si no que éstos son de presión/luz visible.

La disposición de los sensores optométricos se puede considerar también en forma de matriz o tablero de ajedrez. Forman una *trama de continuidad* sin zonas opacas entre ellos, en cambio los sensores electrónicos forman una *trama de contigüidad* dejando entre ellos zonas opacas a la lectura de las presiones.

Por los motivos expuestos anteriormente la herramienta que mide la presión de la huella plantar y el COP del cuerpo a la vez, con mayor objetividad y precisión, y que ha sido seleccionada para este estudio es del tipo:

- Plataforma Optométrica (POLE)

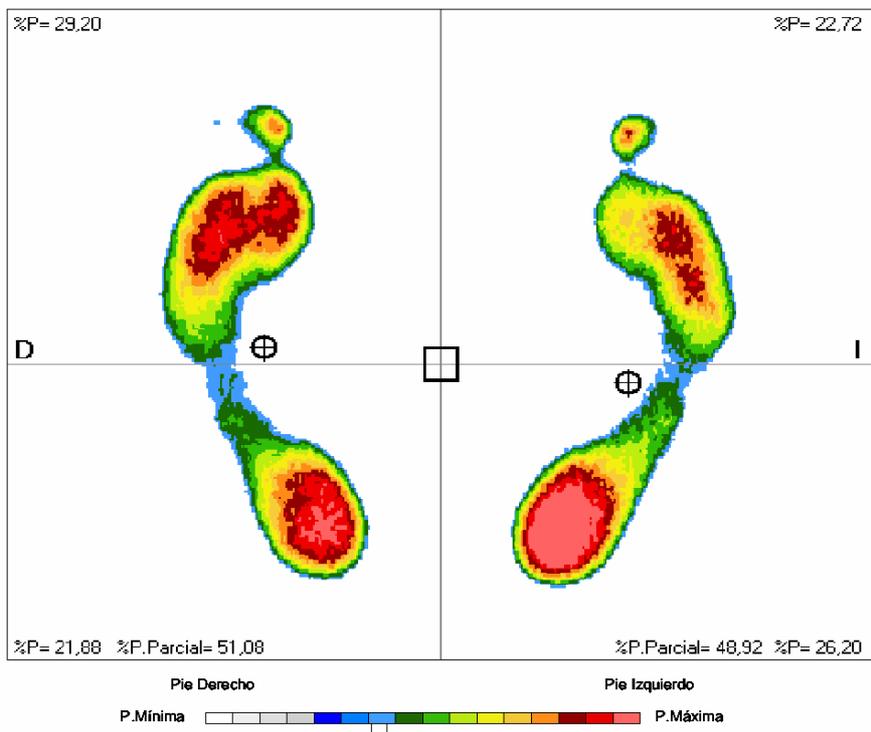
ANEXO 6 – Informe biomecánico que se entrega al corredor



MARATON POPULAR DE SEVILLA - 2008
ESTUDIO DEL EQUILIBRIO EN CORREDORES DE MARATON

NRO DE DORSAL

Estudio realizado mediante el Sistema de Exploración Plantar y Biomecánico de la marcha:
SCAN - GRAF / PODOCOMPUTER



Observaciones:

ANEXO 7 – Resultados de la prueba U de Mann de Whitney entre todos los grupos de Edad y el Rango de desplazamiento máximo del COP en la prueba de equilibrio estático en corredores de maratón.

Para un valor de significación $p < 0,05$.

Tabla A.3- Edad / Rango de desplazamiento máximo – ML-PI / AP-PI / ML-COP

EDAD / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO

Rango_M-L_PI			Grupo 1 18,0-28,6	Grupo 2 28,7-39,2	Grupo 3 39,3-49,8	Grupo 4 49,9-60,4	Grupo 5 60,5-71,0
Grupo 1	18,0-28,6	p=		0,765	0,877	0,862	0,749
Grupo 2	28,7-39,2	p=	0,765		0,438	0,785	0,603
Grupo 3	39,3-49,8	p=	0,877	0,438		0,795	0,690
Grupo 4	49,9-60,4	p=	0,862	0,785	0,795		0,570
Grupo 5	60,5-71,0	p=	0,749	0,603	0,690	0,570	

EDAD / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO

Rango_A-P_PI			Grupo 1 18,0-28,6	Grupo 2 28,7-39,2	Grupo 3 39,3-49,8	Grupo 4 49,9-60,4	Grupo 5 60,5-71,0
Grupo 1	18,0-28,6	p=		0,557	0,671	0,539	0,949
Grupo 2	28,7-39,2	p=	0,557		0,763	0,796	0,675
Grupo 3	39,3-49,8	p=	0,671	0,763		0,656	0,675
Grupo 4	49,9-60,4	p=	0,539	0,796	0,656		0,581
Grupo 5	60,5-71,0	p=	0,949	0,675	0,675	0,581	

EDAD / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO

Rango_M-L_COP			Grupo 1 18,0-28,6	Grupo 2 28,7-39,2	Grupo 3 39,3-49,8	Grupo 4 49,9-60,4	Grupo 5 60,5-71,0
Grupo 1	18,0-28,6	p=		0,511	0,432	0,107	0,881
Grupo 2	28,7-39,2	p=	0,511		0,830	0,200	0,878
Grupo 3	39,3-49,8	p=	0,432	0,830		0,238	0,804
Grupo 4	49,9-60,4	p=	0,107	0,200	0,238		0,581
Grupo 5	60,5-71,0	p=	0,881	0,878	0,804	0,581	

Para un valor de significación $p < 0,05$.

Tabla A.4- Edad / Rango de desplazamiento máximo – AP-COP / ML-PD / AP-PD

EDAD / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO

Rango_A-P_COP			Grupo 1 18,0-28,6	Grupo 2 28,7-39,2	Grupo 3 39,3-49,8	Grupo 4 49,9-60,4	Grupo 5 60,5-71,0
Grupo 1	18,0-28,6	p=		0,758	0,656	0,628	0,257
Grupo 2	28,7-39,2	p=	0,758		0,766	0,825	0,194
Grupo 3	39,3-49,8	p=	0,656	0,766		0,947	0,151
Grupo 4	49,9-60,4	p=	0,628	0,825	0,947		0,162
Grupo 5	60,5-71,0	p=	0,257	0,194	0,151	0,162	

EDAD / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO

Rango_M-L_PD			Grupo 1 18,0-28,6	Grupo 2 28,7-39,2	Grupo 3 39,3-49,8	Grupo 4 49,9-60,4	Grupo 5 60,5-71,0
Grupo 1	18,0-28,6	p=		0,315	0,690	0,670	0,593
Grupo 2	28,7-39,2	p=	0,315		0,304	0,069	0,877
Grupo 3	39,3-49,8	p=	0,690	0,304		0,241	0,628
Grupo 4	49,9-60,4	p=	0,670	0,069	0,241		0,330
Grupo 5	60,5-71,0	p=	0,593	0,877	0,628	0,330	

EDAD / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO

Rango_A-P_PD			Grupo 1 18,0-28,6	Grupo 2 28,7-39,2	Grupo 3 39,3-49,8	Grupo 4 49,9-60,4	Grupo 5 60,5-71,0
Grupo 1	18,0-28,6	p=		0,922	0,447	0,737	0,185
Grupo 2	28,7-39,2	p=	0,922		0,181	0,707	0,166
Grupo 3	39,3-49,8	p=	0,447	0,181		0,650	0,090
Grupo 4	49,9-60,4	p=	0,737	0,707	0,650		0,144
Grupo 5	60,5-71,0	p=	0,185	0,166	0,090	0,144	

ANEXO 8 – Resultados de la prueba U de Mann de Whitney entre todos los grupos de Edad y la Velocidad media de desplazamiento del COP en la prueba de equilibrio estático en corredores de maratón.

Para un valor de significación $p < 0,05$.

Tabla A.5- Edad / Velocidad media de desplazamiento del COP – ML-PI / AP-PI / ML-COP

EDAD / VELOCIDAD MEDIA DEL COP

Velocidad_M_M-L_PI			Grupo 1 18,0-28,6	Grupo 2 28,7-39,2	Grupo 3 39,3-49,8	Grupo 4 49,9-60,4	Grupo 5 60,5-71,0
Grupo 1	18,0-28,6	p=		0,558	0,879	0,748	0,393
Grupo 2	28,7-39,2	p=	0,558		0,517	0,312	0,234
Grupo 3	39,3-49,8	p=	0,879	0,517		0,597	0,330
Grupo 4	49,9-60,4	p=	0,748	0,312	0,597		0,416
Grupo 5	60,5-71,0	p=	0,393	0,234	0,330	0,416	

EDAD / VELOCIDAD MEDIA DEL COP

Velocidad_M_A-P_PI			Grupo 1 18,0-28,6	Grupo 2 28,7-39,2	Grupo 3 39,3-49,8	Grupo 4 49,9-60,4	Grupo 5 60,5-71,0
Grupo 1	18,0-28,6	p=		0,756	0,768	0,771	0,579
Grupo 2	28,7-39,2	p=	0,756		0,268	0,881	0,645
Grupo 3	39,3-49,8	p=	0,768	0,268		0,414	0,416
Grupo 4	49,9-60,4	p=	0,771	0,881	0,414		0,603
Grupo 5	60,5-71,0	p=	0,579	0,645	0,416	0,603	

EDAD / VELOCIDAD MEDIA DEL COP

Velocidad_M_M-L_COP			Grupo 1 18,0-28,6	Grupo 2 28,7-39,2	Grupo 3 39,3-49,8	Grupo 4 49,9-60,4	Grupo 5 60,5-71,0
Grupo 1	18,0-28,6	p=		0,542	0,660	0,556	0,983
Grupo 2	28,7-39,2	p=	0,542		0,713	0,963	0,759
Grupo 3	39,3-49,8	p=	0,660	0,713		0,827	0,725
Grupo 4	49,9-60,4	p=	0,556	0,963	0,827		0,764
Grupo 5	60,5-71,0	p=	0,983	0,759	0,725	0,764	

Para un valor de significación $p < 0,05$.

Tabla A.6- Edad / Velocidad media de desplazamiento del COP – AP-COP / ML-PD / AP-PD

EDAD / VELOCIDAD MEDIA DEL COP

Velocidad_M_A-P_COP			Grupo 1 18,0-28,6	Grupo 2 28,7-39,2	Grupo 3 39,3-49,8	Grupo 4 49,9-60,4	Grupo 5 60,5-71,0
Grupo 1	18,0-28,6	p=		0,915	0,927	0,910	0,654
Grupo 2	28,7-39,2	p=	0,915		0,909	0,696	0,666
Grupo 3	39,3-49,8	p=	0,927	0,909		0,751	0,645
Grupo 4	49,9-60,4	p=	0,910	0,696	0,751		0,758
Grupo 5	60,5-71,0	p=	0,654	0,666	0,645	0,758	

EDAD / VELOCIDAD MEDIA DEL COP

Velocidad_M_M-L_PD			Grupo 1 18,0-28,6	Grupo 2 28,7-39,2	Grupo 3 39,3-49,8	Grupo 4 49,9-60,4	Grupo 5 60,5-71,0
Grupo 1	18,0-28,6	p=		0,072	0,417	0,438	0,608
Grupo 2	28,7-39,2	p=	0,072		0,050	0,316	0,932
Grupo 3	39,3-49,8	p=	0,417	0,050		0,846	0,818
Grupo 4	49,9-60,4	p=	0,438	0,316	0,846		0,795
Grupo 5	60,5-71,0	p=	0,608	0,932	0,818	0,795	

EDAD / VELOCIDAD MEDIA DEL COP

Velocidad_M_A-P_PD			Grupo 1 18,0-28,6	Grupo 2 28,7-39,2	Grupo 3 39,3-49,8	Grupo 4 49,9-60,4	Grupo 5 60,5-71,0
Grupo 1	18,0-28,6	p=		0,388	0,904	0,695	0,932
Grupo 2	28,7-39,2	p=	0,388		0,191	0,722	0,707
Grupo 3	39,3-49,8	p=	0,904	0,191		0,691	0,953
Grupo 4	49,9-60,4	p=	0,695	0,722	0,691		0,884
Grupo 5	60,5-71,0	p=	0,932	0,707	0,953	0,884	

ANEXO 9 – Resultados de la prueba U de Mann de Whitney entre todos los grupos de Peso y el Rango de desplazamiento máximo del COP en la prueba de equilibrio estático en corredores de maratón.

Para un valor de significación $p < 0,05$.

Tabla A.7- Peso / Rango de desplazamiento máximo – ML-PI / AP-PI / ML-COP

PESO / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO

Rango_M-L_PI			Grupo 1 44,0-54,8	Grupo 2 54,9-65,6	Grupo 3 65,7-76,4	Grupo 4 76,5-87,2	Grupo 5 87,3-98,0
Grupo 1	44,0-54,8	p=		0,859	0,694	0,885	0,161
Grupo 2	54,9-65,6	p=	0,859		0,687	0,913	0,082
Grupo 3	65,7-76,4	p=	0,694	0,687		0,591	0,157
Grupo 4	76,5-87,2	p=	0,885	0,913	0,591		0,113
Grupo 5	87,3-98,0	p=	0,161	0,082	0,157	0,113	

PESO / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO

Rango_A-P_PI			Grupo 1 44,0-54,8	Grupo 2 54,9-65,6	Grupo 3 65,7-76,4	Grupo 4 76,5-87,2	Grupo 5 87,3-98,0
Grupo 1	44,0-54,8	p=		0,518	0,951	0,882	0,663
Grupo 2	54,9-65,6	p=	0,518		0,306	0,561	0,334
Grupo 3	65,7-76,4	p=	0,951	0,306		0,816	0,606
Grupo 4	76,5-87,2	p=	0,882	0,561	0,816		0,584
Grupo 5	87,3-98,0	p=	0,663	0,334	0,606	0,584	

PESO / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO

Rango_M-L_COP			Grupo 1 44,0-54,8	Grupo 2 54,9-65,6	Grupo 3 65,7-76,4	Grupo 4 76,5-87,2	Grupo 5 87,3-98,0
Grupo 1	44,0-54,8	p=		0,864	0,948	0,821	0,276
Grupo 2	54,9-65,6	p=	0,864		0,619	0,453	0,141
Grupo 3	65,7-76,4	p=	0,948	0,619		0,742	0,100
Grupo 4	76,5-87,2	p=	0,821	0,453	0,742		0,084
Grupo 5	87,3-98,0	p=	0,276	0,141	0,100	0,084	

Para un valor de significación $p < 0,05$.

Tabla A.8- Peso / Rango de desplazamiento máximo – AP-COP / ML-PD / AP-PD

PESO / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO

Rango_A-P_COP			Grupo 1 44,0-54,8	Grupo 2 54,9-65,6	Grupo 3 65,7-76,4	Grupo 4 76,5-87,2	Grupo 5 87,3-98,0
Grupo 1	44,0-54,8	p=		0,406	0,511	0,428	0,963
Grupo 2	54,9-65,6	p=	0,406		0,750	0,829	0,398
Grupo 3	65,7-76,4	p=	0,511	0,750		0,941	0,513
Grupo 4	76,5-87,2	p=	0,428	0,829	0,941		0,513
Grupo 5	87,3-98,0	p=	0,963	0,398	0,513	0,513	

PESO / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO

Rango_M-L_PD			Grupo 1 44,0-54,8	Grupo 2 54,9-65,6	Grupo 3 65,7-76,4	Grupo 4 76,5-87,2	Grupo 5 87,3-98,0
Grupo 1	44,0-54,8	p=		0,814	0,559	0,632	0,641
Grupo 2	54,9-65,6	p=	0,814		0,475	0,533	0,361
Grupo 3	65,7-76,4	p=	0,559	0,475		0,921	0,216
Grupo 4	76,5-87,2	p=	0,632	0,533	0,921		0,261
Grupo 5	87,3-98,0	p=	0,641	0,361	0,216	0,261	

PESO / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO

Rango_A-P_PD			Grupo 1 44,0-54,8	Grupo 2 54,9-65,6	Grupo 3 65,7-76,4	Grupo 4 76,5-87,2	Grupo 5 87,3-98,0
Grupo 1	44,0-54,8	p=		0,643	0,642	0,609	0,523
Grupo 2	54,9-65,6	p=	0,643		0,883	0,946	0,208
Grupo 3	65,7-76,4	p=	0,642	0,883		0,953	0,224
Grupo 4	76,5-87,2	p=	0,609	0,946	0,953		0,268
Grupo 5	87,3-98,0	p=	0,523	0,208	0,224	0,268	

ANEXO 10– Resultados de la prueba U de Mann de Whitney entre todos los grupos de Peso y la Velocidad media de desplazamiento del COP en la prueba de equilibrio estático en corredores de maratón.

Para un valor de significación $p < 0,05$.

Tabla A.9- Peso / Velocidad media de desplazamiento del COP – ML-PI / AP-PI / ML-COP

PESO / VELOCIDAD MEDIA DEL COP

Velocidad_M_M-L_PI		Grupo 1 44,0-54,8	Grupo 2 54,9-65,6	Grupo 3 65,7-76,4	Grupo 4 76,5-87,2	Grupo 5 87,3-98,0
Grupo 1 44,0-54,8	p=		0,353	0,529	0,756	0,032
Grupo 2 54,9-65,6	p=	0,353		0,456	0,051	0,000
Grupo 3 65,7-76,4	p=	0,529	0,456		0,119	0,001
Grupo 4 76,5-87,2	p=	0,756	0,051	0,119		0,030
Grupo 5 87,3-98,0	p=	0,032	0,000	0,001	0,030	

PESO / VELOCIDAD MEDIA DEL COP

Velocidad_M_A-P_PI		Grupo 1 44,0-54,8	Grupo 2 54,9-65,6	Grupo 3 65,7-76,4	Grupo 4 76,5-87,2	Grupo 5 87,3-98,0
Grupo 1 44,0-54,8	p=		0,274	0,393	0,943	0,779
Grupo 2 54,9-65,6	p=	0,274		0,729	0,108	0,097
Grupo 3 65,7-76,4	p=	0,393	0,729		0,149	0,153
Grupo 4 76,5-87,2	p=	0,943	0,108	0,149		0,547
Grupo 5 87,3-98,0	p=	0,779	0,097	0,153	0,547	

PESO / VELOCIDAD MEDIA DEL COP

Velocidad_M_M-L_COP		Grupo 1 44,0-54,8	Grupo 2 54,9-65,6	Grupo 3 65,7-76,4	Grupo 4 76,5-87,2	Grupo 5 87,3-98,0
Grupo 1 44,0-54,8	p=		0,193	0,053	0,005	0,000
Grupo 2 54,9-65,6	p=	0,193		0,235	0,001	0,000
Grupo 3 65,7-76,4	p=	0,053	0,235		0,010	0,000
Grupo 4 76,5-87,2	p=	0,005	0,001	0,010		0,019
Grupo 5 87,3-98,0	p=	0,000	0,000	0,000	0,019	

Para un valor de significación $p < 0,05$.

Tabla A.10- Peso / Velocidad media de desplazamiento del COP – AP-COP / ML-PD / AP-PD

PESO / VELOCIDAD MEDIA DEL COP

Velocidad_M_A-P_COP			Grupo 1 44,0-54,8	Grupo 2 54,9-65,6	Grupo 3 65,7-76,4	Grupo 4 76,5-87,2	Grupo 5 87,3-98,0
Grupo 1	44,0-54,8	p=		0,288	0,454	0,976	0,630
Grupo 2	54,9-65,6	p=	0,288		0,950	0,351	0,081
Grupo 3	65,7-76,4	p=	0,454	0,950		0,290	0,095
Grupo 4	76,5-87,2	p=	0,976	0,351	0,290		0,272
Grupo 5	87,3-98,0	p=	0,630	0,081	0,095	0,272	

PESO / VELOCIDAD MEDIA DEL COP

Velocidad_M_M-L_PD			Grupo 1 44,0-54,8	Grupo 2 54,9-65,6	Grupo 3 65,7-76,4	Grupo 4 76,5-87,2	Grupo 5 87,3-98,0
Grupo 1	44,0-54,8	p=		0,794	0,747	0,377	0,015
Grupo 2	54,9-65,6	p=	0,794		0,860	0,268	0,003
Grupo 3	65,7-76,4	p=	0,747	0,860		0,243	0,003
Grupo 4	76,5-87,2	p=	0,377	0,268	0,243		0,027
Grupo 5	87,3-98,0	p=	0,015	0,003	0,003	0,027	

PESO / VELOCIDAD MEDIA DEL COP

Velocidad_M_A-P_PD			Grupo 1 44,0-54,8	Grupo 2 54,9-65,6	Grupo 3 65,7-76,4	Grupo 4 76,5-87,2	Grupo 5 87,3-98,0
Grupo 1	44,0-54,8	p=		0,622	0,647	0,855	0,090
Grupo 2	54,9-65,6	p=	0,622		0,916	0,450	0,011
Grupo 3	65,7-76,4	p=	0,647	0,916		0,284	0,007
Grupo 4	76,5-87,2	p=	0,855	0,450	0,284		0,042
Grupo 5	87,3-98,0	p=	0,090	0,011	0,007	0,042	

ANEXO 11 – Resultados de la prueba U de Mann de Whitney entre todos los grupos de Altura y el Rango de desplazamiento máximo del COP en la prueba de equilibrio estático en corredores de maratón.

Para un valor de significación $p < 0,05$.

Tabla A.11- Altura / Rango de desplazamiento máximo – ML-PI / AP-PI / ML-COP

ALTURA / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO

Rango_M-L_PI			Grupo 1 150,0-158,6	Grupo 2 158,7-167,2	Grupo 3 167,3-175,8	Grupo 4 175,9-184,4	Grupo 5 184,5-193,0
Grupo 1	150,0-158,6	p=		0,784	0,466	0,572	0,589
Grupo 2	158,7-167,2	p=	0,784		0,197	0,433	0,486
Grupo 3	167,3-175,8	p=	0,466	0,197		0,501	0,854
Grupo 4	175,9-184,4	p=	0,572	0,433	0,501		0,807
Grupo 5	184,5-193,0	p=	0,589	0,486	0,854	0,807	

ALTURA / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO

Rango_A-P_PI			Grupo 1 150,0-158,6	Grupo 2 158,7-167,2	Grupo 3 167,3-175,8	Grupo 4 175,9-184,4	Grupo 5 184,5-193,0
Grupo 1	150,0-158,6	p=		0,881	0,631	0,852	0,579
Grupo 2	158,7-167,2	p=	0,881		0,532	0,976	0,396
Grupo 3	167,3-175,8	p=	0,631	0,532		0,421	0,736
Grupo 4	175,9-184,4	p=	0,852	0,976	0,421		0,459
Grupo 5	184,5-193,0	p=	0,579	0,396	0,736	0,459	

ALTURA / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO

Rango_M-L_COP			Grupo 1 150,0-158,6	Grupo 2 158,7-167,2	Grupo 3 167,3-175,8	Grupo 4 175,9-184,4	Grupo 5 184,5-193,0
Grupo 1	150,0-158,6	p=		0,680	0,778	0,743	0,685
Grupo 2	158,7-167,2	p=	0,680		0,237	0,131	0,253
Grupo 3	167,3-175,8	p=	0,778	0,237		0,756	0,853
Grupo 4	175,9-184,4	p=	0,743	0,131	0,756		0,900
Grupo 5	184,5-193,0	p=	0,685	0,253	0,853	0,900	

Para un valor de significación $p < 0,05$.

Tabla A. 12- Altura / Rango de desplazamiento máximo – AP-COP / ML-PD / AP-PD

ALTURA / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO

Rango_A-P_COP			Grupo 1 150,0-158,6	Grupo 2 158,7-167,2	Grupo 3 167,3-175,8	Grupo 4 175,9-184,4	Grupo 5 184,5-193,0
Grupo 1	150,0-158,6	p=		0,824	0,495	0,845	0,330
Grupo 2	158,7-167,2	p=	0,824		0,131	0,552	0,178
Grupo 3	167,3-175,8	p=	0,495	0,131		0,254	0,594
Grupo 4	175,9-184,4	p=	0,845	0,552	0,254		0,275
Grupo 5	184,5-193,0	p=	0,330	0,178	0,594	0,275	

ALTURA / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO

Rango_M-L_PD			Grupo 1 150,0-158,6	Grupo 2 158,7-167,2	Grupo 3 167,3-175,8	Grupo 4 175,9-184,4	Grupo 5 184,5-193,0
Grupo 1	150,0-158,6	p=		0,930	0,285	0,615	0,160
Grupo 2	158,7-167,2	p=	0,930		0,052	0,280	0,018
Grupo 3	167,3-175,8	p=	0,285	0,052		0,225	0,262
Grupo 4	175,9-184,4	p=	0,615	0,280	0,225		0,080
Grupo 5	184,5-193,0	p=	0,160	0,018	0,262	0,080	

ALTURA / RANGO DE DESPLAZAMIENTO MAXIMO

Rango_A-P_PD			Grupo 1 150,0-158,6	Grupo 2 158,7-167,2	Grupo 3 167,3-175,8	Grupo 4 175,9-184,4	Grupo 5 184,5-193,0
Grupo 1	150,0-158,6	p=		0,653	0,399	0,942	0,457
Grupo 2	158,7-167,2	p=	0,653		0,055	0,549	0,145
Grupo 3	167,3-175,8	p=	0,399	0,055		0,118	0,817
Grupo 4	175,9-184,4	p=	0,942	0,549	0,118		0,297
Grupo 5	184,5-193,0	p=	0,457	0,145	0,817	0,297	

ANEXO 12– Resultados de la prueba U de Mann de Whitney entre todos los grupos de Altura y la Velocidad media de desplazamiento del COP en la prueba de equilibrio estático en corredores de maratón.

Para un valor de significación $p < 0,05$.

Tabla A.13- Altura / Velocidad media de desplazamiento del COP – ML-PI / AP-PI / ML-COP

ALTURA / VELOCIDAD MEDIA DEL COP

Velocidad_M_M-L_PI			Grupo 1 150,0-158,6	Grupo 2 158,7-167,2	Grupo 3 167,3-175,8	Grupo 4 175,9-184,4	Grupo 5 184,5-193,0
Grupo 1	150,0-158,6	p=		0,698	0,241	0,591	0,461
Grupo 2	158,7-167,2	p=	0,698		0,127	0,740	0,122
Grupo 3	167,3-175,8	p=	0,241	0,127		0,134	0,006
Grupo 4	175,9-184,4	p=	0,591	0,740	0,134		0,068
Grupo 5	184,5-193,0	p=	0,461	0,122	0,006	0,068	

ALTURA / VELOCIDAD MEDIA DEL COP

Velocidad_M_A-P_PI			Grupo 1 150,0-158,6	Grupo 2 158,7-167,2	Grupo 3 167,3-175,8	Grupo 4 175,9-184,4	Grupo 5 184,5-193,0
Grupo 1	150,0-158,6	p=		0,812	0,373	0,761	0,903
Grupo 2	158,7-167,2	p=	0,812		0,204	0,794	0,948
Grupo 3	167,3-175,8	p=	0,373	0,204		0,223	0,302
Grupo 4	175,9-184,4	p=	0,761	0,794	0,223		0,785
Grupo 5	184,5-193,0	p=	0,903	0,948	0,302	0,785	

ALTURA / VELOCIDAD MEDIA DEL COP

Velocidad_M_M-L_COP			Grupo 1 150,0-158,6	Grupo 2 158,7-167,2	Grupo 3 167,3-175,8	Grupo 4 175,9-184,4	Grupo 5 184,5-193,0
Grupo 1	150,0-158,6	p=		0,274	0,421	0,141	0,028
Grupo 2	158,7-167,2	p=	0,274		0,791	0,362	0,047
Grupo 3	167,3-175,8	p=	0,421	0,791		0,140	0,028
Grupo 4	175,9-184,4	p=	0,141	0,362	0,140		0,166
Grupo 5	184,5-193,0	p=	0,028	0,047	0,028	0,166	

Para un valor de significación $p < 0,05$.

Tabla A.14- Altura / Velocidad media de desplazamiento del COP – AP-COP / ML-PD / AP-PD

ALTURA / VELOCIDAD MEDIA DEL COP

Velocidad_M_A-P_COP			Grupo 1 150,0-158,6	Grupo 2 158,7-167,2	Grupo 3 167,3-175,8	Grupo 4 175,9-184,4	Grupo 5 184,5-193,0
Grupo 1	150,0-158,6	p=		0,690	0,415	0,830	0,797
Grupo 2	158,7-167,2	p=	0,690		0,042	0,313	0,437
Grupo 3	167,3-175,8	p=	0,415	0,042		0,203	0,547
Grupo 4	175,9-184,4	p=	0,830	0,313	0,203		0,947
Grupo 5	184,5-193,0	p=	0,797	0,437	0,547	0,947	

ALTURA / VELOCIDAD MEDIA DEL COP

Velocidad_M_M-L_PD			Grupo 1 150,0-158,6	Grupo 2 158,7-167,2	Grupo 3 167,3-175,8	Grupo 4 175,9-184,4	Grupo 5 184,5-193,0
Grupo 1	150,0-158,6	p=		0,284	0,945	0,582	0,380
Grupo 2	158,7-167,2	p=	0,284		0,059	0,387	0,856
Grupo 3	167,3-175,8	p=	0,945	0,059		0,261	0,200
Grupo 4	175,9-184,4	p=	0,582	0,387	0,261		0,475
Grupo 5	184,5-193,0	p=	0,380	0,856	0,200	0,475	

ALTURA / VELOCIDAD MEDIA DEL COP

Velocidad_M_A-P_PD			Grupo 1 150,0-158,6	Grupo 2 158,7-167,2	Grupo 3 167,3-175,8	Grupo 4 175,9-184,4	Grupo 5 184,5-193,0
Grupo 1	150,0-158,6	p=		0,622	0,399	0,870	0,735
Grupo 2	158,7-167,2	p=	0,622		0,034	0,268	0,382
Grupo 3	167,3-175,8	p=	0,399	0,034		0,235	0,555
Grupo 4	175,9-184,4	p=	0,870	0,268	0,235		0,970
Grupo 5	184,5-193,0	p=	0,735	0,382	0,555	0,970	