



# Interacciones entre la salud bucodental y el rendimiento deportivo anaeróbico

Sonia Julià Sánchez

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) i a través del Dipòsit Digital de la UB ([diposit.ub.edu](http://diposit.ub.edu)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX ni al Dipòsit Digital de la UB. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX o al Dipòsit Digital de la UB (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) y a través del Repositorio Digital de la UB ([diposit.ub.edu](http://diposit.ub.edu)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR o al Repositorio Digital de la UB. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR o al Repositorio Digital de la UB (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) service and by the UB Digital Repository ([diposit.ub.edu](http://diposit.ub.edu)) has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized nor its spreading and availability from a site foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository is not authorized (framing). Those rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



FACULTAT DE BIOLOGIA

DEPARTAMENT DE FISIOLOGIA I IMMUNOLOGIA

**INTERACCIONES ENTRE LA SALUD  
BUCODENTAL Y EL RENDIMIENTO  
DEPORTIVO ANAERÓBICO**

**TESIS DOCTORAL**

**Sonia Julià Sánchez**



# **INTERACCIONES ENTRE LA SALUD BUCODENTAL Y EL RENDIMIENTO DEPORTIVO ANAERÓBICO**

Memoria presentada por

**Sonia Julià Sánchez**

Para optar al Grado de

**Doctora por la Universidad de Barcelona**

Tesis realizada bajo la dirección del Dr. Ginés Viscor Carrasco y de la Dra. Teresa Pagès Costas, del Departament de Fisiologia i Immunologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona.

Tesis adscrita al Departament de Fisiologia e Immunologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona.

Dr. Ginés Viscor Carrasco

Dra. Teresa Pagès Costas

Sonia Julià Sánchez

Director

Director

Doctoranda

Barcelona, 2014



## AGRADECIMIENTOS

Al finalizar el camino es momento de echar la vista atrás y dedicar unas palabras a aquéllos que te han acompañado. En este momento, debo agradecer a mis directores de la tesis, el Dr. Viscor y la Dra. Pagès, por depositar en mí su confianza y haber aceptado gentilmente a dirigir la aventura de una tesis doctoral, motivándome siempre a las máximas aspiraciones.

*A Ginés, siempre sonriente, receptivo y predisposto en cualquier momento, a cualquier hora.*

*A Teresa, siempre motivadora y optimista.*

*A Jesús, por ayudarme a superar las dificultades cuando las dificultades me superan, por enseñarme la virtud del esfuerzo y la constancia, por su apoyo constante y sus ganas insaciables de verme crecer.*

*A mis padres, por su lucha diaria hacia mi felicidad.*

*A mi hermano, por acompañarme y guiarme en mi etapa de crecimiento.*

*A Mariano, Núria y Ricard, que han apreciado sobremanera mi esfuerzo y constancia.*

*A Jonathan Tineo, ejemplo de lucha y superación, por su contribución en mi crecimiento personal.*

*A Francesc, por su total predisposición y voluntad de ayuda.*

*A todos aquellos, que de una manera u otra me han llevado a ser quien soy.*

*A la vida, por poner a Jesús a mi lado.*



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....	9
LISTA DE ABREVIATURAS.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	13
1. RENDIMIENTO ANAERÓBICO. DEFINICIÓN E IMPLICACIONES.....	19
2. EFECTO DEL EJERCICIO FÍSICO SOBRE LA SALUD ORAL.....	21
2.1 Fisiología de la secreción salival.....	21
2.2 Aplicaciones diagnósticas de la saliva en el deporte.....	28
2.3 El pH salival.....	29
2.3.1 <i>Significación clínica</i> .....	29
2.3.2 <i>Medición del pH salival</i> .....	29
2.4 Efecto del ejercicio físico sobre la secreción salival.....	30
2.5 Riesgo de caries en la población deportista.....	33
2.5.1 <i>Fisiopatología de las caries y su relación con el pH salival</i> .....	34
2.5.2 <i>Factores predisponentes</i> .....	35
2.6 Importancia de las infecciones orales en el rendimiento deportivo.....	42
3. INFLUENCIA DE LA OCLUSIÓN DENTAL SOBRE EL RENDIMIENTO FÍSICO DEL DEPORTISTA.....	44
3.1 La oclusión dental.....	44
3.2 Las maloclusiones.....	45
3.3 Las posiciones mandibulares.....	47
3.4 Influencia de la oclusión dental sobre el rendimiento físico.....	48
3.4.1 <i>Justificación de la relación</i> .....	49
3.5 La importancia de la superficie de soporte.....	49
3.6 Sistemas de medición del control postural.....	50
2. OBJETIVOS.....	53
3. INFORME DE LOS DIRECTORES DE LA TESIS DEL FACTOR DE IMPACTO DE LOS ARTÍCULOS PUBLICADOS.....	57
4. DISCUSIÓN GENERAL.....	67
5. CONCLUSIONES.....	83
6. BIBLIOGRAFÍA.....	87
7. PUBLICACIONES.....	111



PUBLICACIÓN I .....	113
PUBLICACIÓN II.....	121
PUBLICACIÓN III.....	129
PUBLICACIÓN IV .....	153
APÉNDICES .....	177
APÉNDICE I .....	179
APÉNDICE II.....	183
APÉNDICE III.....	187
APÉNDICE IV .....	193
APÉNDICE V.....	199
APÉNDICE VI .....	205

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1. Relación de las glándulas salivales con la vascularización local	21
Figura 2. El proceso de secreción salival	25
Figura 3. Modificaciones del fluido salival en función de la velocidad de secreción	27
Figura 4. Sujeto de estudio durante la recogida de la secreción salival	30
Figura 5. Phmetro digital Itlutron PH-220	30
Figura 6. Erosión dental	33
Figura 7. Índice CAOD en población de 12 años	33
Figura 8. Enzimas salivales de la película adquirida	34
Figura 9. Teoría de la placa ecológica	35
Figura 10. Representación gráfica del diagrama de <i>Keyes</i>	36
Figura 11. Propiedades cariogénicas de las bacterias	37
Figura 12. Curva de stephan para la normalización del ph	37
Figura 13. Esquema de la solubilidad para esmalte, hidroxiapatita y fluorapatita	39
Figura 14. Esquema-resumen de los factores determinantes del riesgo de caries y erosión dental en el deportista.	41
Figura 15. Estudio de la oclusión dental en base a las relaciones con la cavidad oral	45
Figura 16. Clasificación de angle I (a), II (b) y III (c)	46
Figura 17. Desviación de la línea media (a), resalte (b), sobremordida (c), mordida abierta (d), apiñamiento (e) y diastema (f)	47
Figura 18. Imagen de la posición mandibular en posición de máxima intercuspidación (a) y en posición de reposo (b).	48
Figura 19. Plataforma de equilibrio BBS	50
Figura 20. Esquema de las cuatro zonas concéntricas de la plataforma BBS	51
Figura 21. Índice CAOD en la población de 12 años	181
Figura 22. Índice CAOD en la población de 35-44 años	181
Tabla 1. Funciones de la saliva.	23
Tabla 2. Efecto de la realización de ejercicio físico aeróbico y anaeróbico sobre la composición cualitativa y cuantitativa salival.	32
Tabla 3. Composición nutricional de diversos geles energéticos.	185
Tabla 4. Relación entre la oclusión dental y la musculatura masticatoria y cervical.	190
Tabla 5. Relación entre la posición mandibular y la postura.	197
Tabla 6. Relación entre la oclusión dental y las alteraciones en la posición de la cabeza.	203
Tabla 7. Influencia de la oclusión dental en el rendimiento físico.	209



## LISTA DE ABREVIATURAS

**AC:** adenilato ciclasa

**Ach:** acetilcolina

**ADP:** adenosín difosfato

**Ag<sup>+</sup>:** ión plata

**ATM:** articulación temporomandibular

**ATP:** adenosín trifosfato o trifosfato de adenosina

**Ca<sup>2+</sup>:** ión calcio

**cAMP:** adenosín monofosfato cíclico

**CAODc:** índice de dientes con caries, ausentes con caries y obturados, comunitario

**CAODi:** índice de dientes con caries, ausentes con caries y obturados, individual

**Cl<sup>-</sup>:** ión cloruro

**CMJ:** salto en contramovimiento

**CMJ60:** salto en contramovimiento durante 60 segundos

**CMMG:** Custom Made Mouth Guard

**Co<sup>2+</sup>:** ión cobalto

**Cr<sup>3+</sup>:** ión cromo

**Cu<sup>2+</sup>:** ión cobre

**ECM:** músculo esternocleidomastoideo

**EEII:** extremidades inferiores

**EESS:** extremidades superiores

**fc:** frecuencia cardiaca

**Fe<sup>2+</sup>:** ión hierro

**H<sup>+</sup>:** hidrogenión

**H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>:** ión hidronio

**HC:** hidratos de Carbono

**ICP:** "intercuspal position", posición de máxima intercuspidadación

**IgA:** inmunoglobulina A

**IGF-1:** factor de crecimiento insulínico tipo 1

**IP3:** inositol trifosfato

**K<sup>+</sup>:** ión potasio

**Mg<sup>2+</sup>:** ión magnesio

**Mn<sup>2+</sup>:** ión manganeso

**MORA:** mandibular orthopedic repositioning appliance

**Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPasa:** bomba sodio/potasio ATPasa. proteína integral de membrana para el transporte de los iones sodio y potasio.

**Na<sup>+</sup>**: ión sodio

**NE**: norepinefrina

**p**: valor estadístico que describe la probabilidad

**PBMG**: Power Balance performance  
Mouth Guard

**pH**: potencial de Hidrógeno

**PLC**: fosfolipasa C

**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>**: ión fosfato

**Ratio Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>**: ratio ión sodio/ión potasio

**Rc M3**: receptor muscarínico de la acetilcolina tipo 3

**Rc α-1 Adr**: receptor alfa-1 adrenérgico

**Rc β Adr**: receptor beta adrenérgico

**RP**: "rest position", posición de reposo mandibular

**Rx**: radiografía

**S.I.**: "stability index", índice de estabilidad para la medición del equilibrio

**Se<sup>4+</sup>**: ión selenio

**s-Lys**: lisozima salival

**SNPS**: sistema nervioso parasimpático

**SNS**: sistema nervioso simpático

**TENS**: Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation

**V p.c.**: nervio trigémino o quinto par craneal

**VO<sub>2</sub> max**: consumo máximo de oxígeno

**Zn<sup>2+</sup>**: ión zinc

**α-amilasa**: amilasa alfa

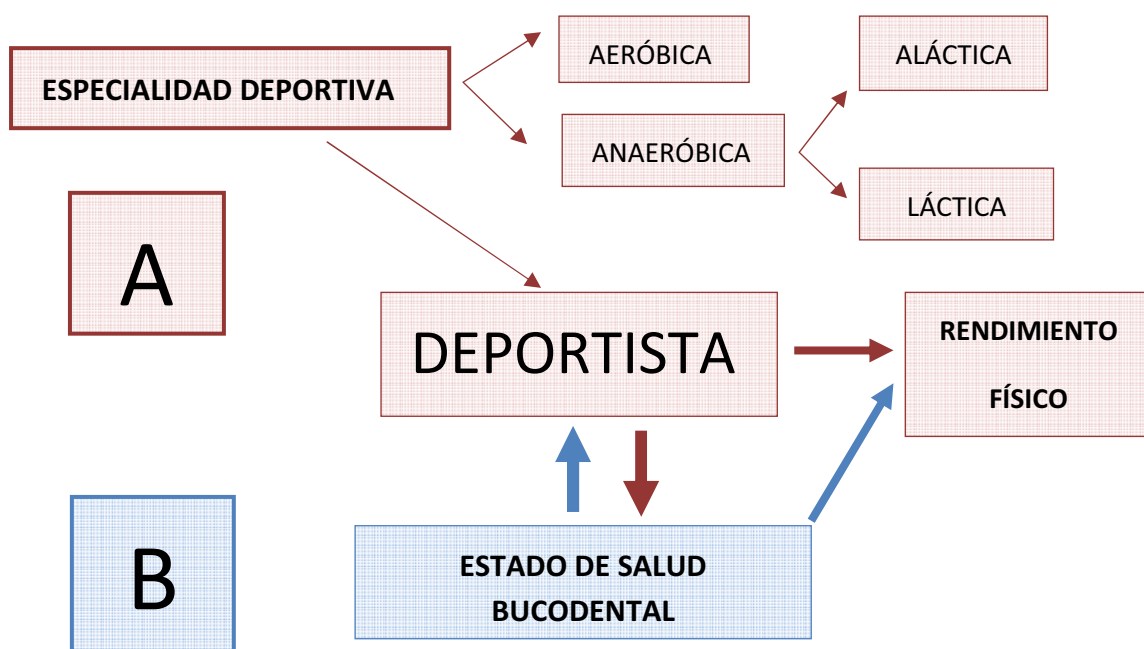
## **1.INTRODUCCIÓN**



## CONTEXTO

La relación existente entre las respuestas fisiológicas asociadas a la realización de ejercicio físico en la salud bucodental y, en paralelo, la influencia del estado de salud oral en el rendimiento físico deportivo, es motivo de estudio por su relevancia clínica y deportiva. Atendiendo a los factores etiológicos de las diversas patologías que pueden afectar la cavidad oral y a las manifestaciones clínicas y repercusiones que sobre el organismo pueden tener tales patologías, se podría plantear una relación bilateral entre la práctica deportiva y la salud oral.

Podemos entender específicamente que: **a)** en función de la especialidad deportiva practicada por el deportista, ésta puede ser considerada como un mayor o menor factor de riesgo para la salud bucodental del sujeto; y **b)** el estado de salud bucodental del deportista puede tener una relación directa con el estado físico y el rendimiento deportivo del sujeto.



Así pues, encontramos que la práctica de determinados deportes podría ser considerada como un factor de riesgo para diferentes afecciones bucodentales, como la caries y la erosión dental, por hábitos higiénicos y dietéticos incorrectos o poco ordenados y por las peculiaridades de la alimentación a la que están sujetos los deportistas.



Por otra parte, el estado bucodental del deportista puede también comprometer su rendimiento. En este sentido, recientemente se ha asociado la oclusión dental con alteraciones en el sistema del equilibrio. La limitación del control postural será de mayor transcendencia en especialidades con un alto componente técnico.

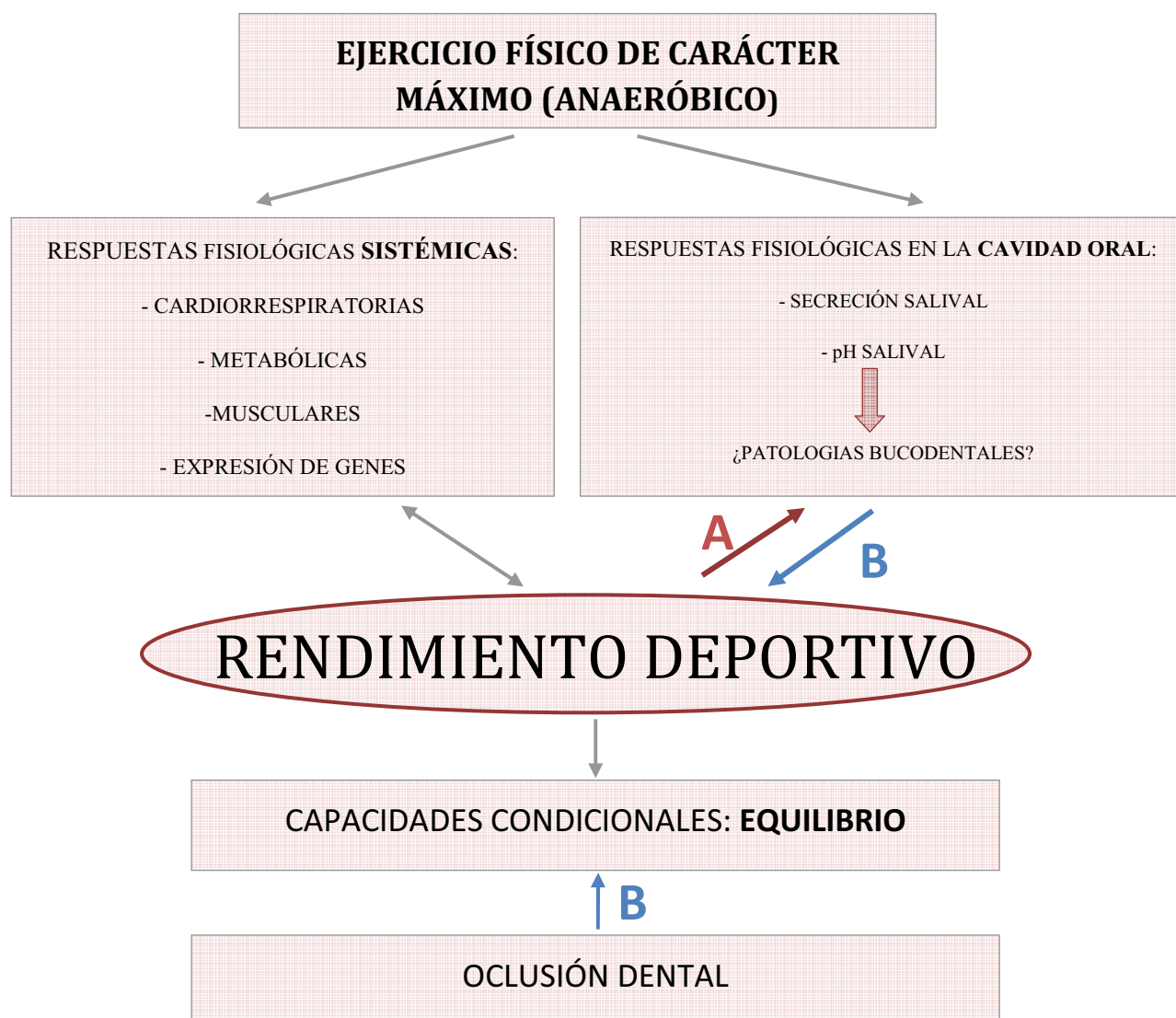
Es muy importante remarcar que pese a que la relación existente entre el estado de salud bucodental y la especialidad deportiva pueda tener un mínimo impacto clínico y deportivo en el deporte recreativo, ésta puede ser de gran transcendencia en el deporte de alto nivel, donde la diferencia entre la victoria y la derrota, en ocasiones, es mínima.

Por todo ello, consideramos que la salud bucodental debería considerarse como un factor clave en el contexto de la salud general del deportista. Y pese a ello, la bibliografía sobre la incidencia, etiología y repercusión de las patologías bucodentales en el ámbito del alto rendimiento deportivo es muy limitada. En base a esta premisa, el objetivo de este trabajo se ha basado en el desarrollo de diversas investigaciones que pudieran contribuir a valorar:

- (i) Las respuestas fisiológicas a nivel oral, concretamente sobre el pH salival, tras la realización de ejercicio físico anaeróbico (Efecto del ejercicio de capacidad anaeróbica láctica sobre el pH salival; Salivary pH increases after jump exercises in hypoxia).
- (ii) La posible relación entre la oclusión dental y el control postural del sujeto, atendiendo a la influencia de diversas maloclusiones dentales sobre el equilibrio (Dental occlusion influences on the standing balance on unstable platform).
- (iii) El efecto de la fatiga inducida por la realización de ejercicio físico anaeróbico sobre el control del equilibrio, y la influencia de la oclusión dental en el control postural después del ejercicio (The magnitude of the effect of lower limbs muscle fatigue on body balance depends on the jaw position).

## HIPÓTESIS DE TRABAJO

Las investigaciones desarrolladas parten de la base de la existencia de una relación bilateral entre la especialidad deportiva practicada y las respuestas adaptativas a diferentes niveles corporales. El ejercicio anaeróbico, con sus peculiaridades (*Parte 1*), puede provocar respuestas específicas a nivel oral, que en último lugar determinan el mayor o menor riesgo de padecer patologías bucodentales como la caries. Para ello es necesario conocer los mecanismos de secreción salival y los factores etiológicos de la caries dental (*Parte 2*). Paralelamente, la influencia que la oclusión dental puede tener en el equilibrio del sujeto es fundamental en este tipo de ejercicio, en el que el control postural juega un papel principal en el rendimiento del deportista. El conocimiento de las conexiones neuroanatómicas entre la oclusión dental y la musculatura cervical y de control postural es fundamental para valorar y entender la posible correlación entre la oclusión dental y el equilibrio (*Parte 3*).





# 1. RENDIMIENTO ANAERÓBICO. DEFINICIÓN E IMPLICACIONES

---

La actividad física involucra tanto el metabolismo aeróbico como el anaeróbico para obtener la energía necesaria para la contracción muscular. La duración y la intensidad de las acciones son los dos factores determinantes que determinan una mayor o menor implicación aeróbica o anaeróbica. Una diferencia fundamental que difiere ambos procesos de obtención de energía es la capacidad de potencia desarrollada en las acciones. A modo de ejemplo, la producción de fuerza en cada zancada será mucho menor en un corredor de maratón que en un corredor de 100m. Específicamente existe relación entre el tipo de fibras involucradas para producir esta fuerza y el metabolismo implicado, siendo específicas para cada disciplina (Fibras tipo I (lentas): aeróbico y tipo II (rápidas): anaeróbico). El concepto anaeróbico hace referencia a la capacidad de vivir sin presencia de oxígeno libre o aire <sup>1</sup>.

Específicamente, en función de la intensidad (máxima o supramáxima) y la duración de las acciones (menor o mayor de 10 segundos), el metabolismo anaeróbico puede solicitar la activación de la vía láctica o aláctica. La vía láctica utiliza casi exclusivamente la glucosa como fuente de energía y su degradación se realiza sin presencia de oxígeno en el interior de la célula (glucólisis anaeróbica). En cambio, la vía aláctica utiliza prioritariamente fuentes de ATP o fosfágenos (creatina o fosfato inorgánico) siendo éstas limitadas a un período muy breve (6-8 segundos), sin presencia de oxígeno (dentro del sarcoplasma de las células) y con una producción mínima de metabolitos <sup>2</sup>.

El tipo de entrenamiento realizado en especialidades aeróbicas y anaeróbicas es diferente en base a las necesidades de rendimiento específicas. Por ello, el análisis de las respuestas adaptativas específicas a la carga de entrenamiento en cada disciplina será un objetivo prioritario de las Ciencias del Deporte en pro de mejorar los sistemas de entrenamiento y control.

A la vez, la realización de este trabajo quiere contribuir a valorar específicamente las diferentes respuestas involucradas en el ejercicio de carácter anaeróbico y la cavidad oral. Paralelamente, también comprobar si el estado bucodental tiene influencia en este tipo de ejercicio asociado a una fatiga periférica aumentada.

# EJERCICIO FÍSICO

## AERÓBICO

### CARACTERÍSTICAS <sup>261</sup>

- FATIGA CENTRAL Y PERIFÉRICA
- RESPUESTAS SISTÉMICAS ESPECÍFICAS PRINCIPALES:
  - CARDIORRESPIRATORIAS
  - HEMATOLÓGICAS
  - METABÓLICAS
- MENOR NIVEL DE ACIDIFICACIÓN
- ESTIMULACIÓN MAYOR DE FIBRAS TIPO I Y TIPO IIb

## ANAERÓBICO

### CARACTERÍSTICAS <sup>262</sup>

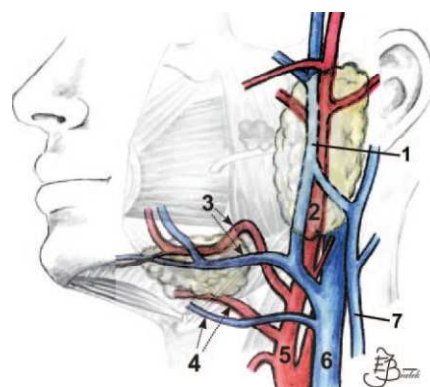
- FATIGA PERIFÉRICA AUMENTADA
- RESPUESTAS SISTÉMICAS ESPECÍFICAS PRINCIPALES:
  - METABÓLICAS
  - MUSCULARES
- MAYOR ACIDIFICACIÓN
- ESTIMULACIÓN PRIORITARIA DE FIBRAS TIPO II Y IIb

## 2. EFECTO DEL EJERCICIO FÍSICO SOBRE LA SALUD ORAL

### 2.1 Fisiología de la secreción salival

La saliva es un fluido orgánico, producido a lo largo de un complejo proceso generado en las glándulas salivales, que cumple funciones imprescindibles para el mantenimiento de la salud oral (Tabla 1). Dos tipos diferentes de glándulas salivales vierten la saliva a la cavidad oral: (i) las glándulas salivales *mayores*, que en número de tres pares de glándulas (parótidas, submandibulares, y sublinguales) producen la mayor parte de la secreción salival y la vierten mediante unos conductos directamente a la cavidad oral; y (ii) las glándulas salivales *menores*, alrededor de 600 a 1.000 pequeñas glándulas salivales, distribuidas por toda la cavidad bucal con la función principal de humidificar la mucosa oral<sup>3</sup>.

La situación estratégica de las glándulas salivales en la cavidad oral las mantiene íntimamente relacionadas con la vascularización local (Figura 1), y en consecuencia, muy vulnerables a los cambios que se produzcan a nivel circulatorio. Sin embargo, la vascularización de las glándulas es dependiente de diferentes ramificaciones arteriales, así las glándulas parótidas son irrigadas por la arteria carótida externa, las sublinguales por ramificaciones arteriales de las arterias sublingual y submentoniana (ramificaciones de las arterias lingual y facial respectivamente), mientras que la irrigación arterial de las glándulas submandibulares procede de las arterias submentonianas<sup>4</sup>. Del mismo modo, la inervación



**Figura 1.** Relación de las glándulas salivales con la vascularización local. 1, vena retromandibular; 2, 5 arteria carótida externa; 3, arteria y vena facial; 4, arteria y vena lingual; 6, vena yugular interna; 7, vena yugular externa (Fuente: Bialek et al<sup>263</sup>).

de las glándulas corre a cuenta de diferentes ramificaciones nerviosas. Las glándulas submandibulares y sublinguales se encuentran inervadas con fibras postsinápticas secretomotoras parasimpáticas y fibras vasoconstrictoras simpáticas, procedentes del ganglio submandibular y el ganglio cervical superior respectivamente, que alcanzan las glándulas junto con las arterias. Mientras que las glándulas parótidas reciben la inervación secretora parasimpática de fibras postsinápticas procedentes del núcleo

salivar inferior, que alcanzan la glándula a través del nervio aurículo-temporal; y de fibras simpáticas vasoconstrictoras que acompañan a las arterias parotídeas <sup>4</sup>.

La anatomía de las glándulas salivales da lugar a dos fases bien diferenciadas en el proceso de formación de la saliva: una primera fase de formación del fluido salival primario en los acinos glandulares (principales unidades secretoras de las glándulas), y una segunda fase de modificación del fluido primario a lo largo de los ductos, que dará lugar a la saliva que será vertida finalmente a la cavidad oral.

### **2.1.a Formación del fluido salival primario en los acinos glandulares**

Esta primera fase de secreción salival, que se produce íntegramente en los acinos glandulares, se da en respuesta a una estimulación de neurotransmisores que activan receptores específicos en la membrana de las células acinares, permitiendo la entrada al interior de la célula de mensajeros de segunda generación. Dichos mensajeros son principalmente el AMP cíclico (cAMP) y el Inositol trifosfato (IP<sub>3</sub>) que conllevan la exocitosis de proteínas y la movilización de Ca<sup>++</sup> respectivamente <sup>5</sup>. El calcio a su vez, activa vías de transporte de iones que pasarán desde el suero a formar parte del fluido salival primario, dando lugar a un fluido isotónico respecto al plasma <sup>6</sup>.

La secreción salival primaria viene determinada por el equilibrio entre las dos divisiones del sistema nervioso autónomo (Sistema nervioso simpático y Sistema nervioso parasimpático), que en el caso de la secreción salival manifiestan un comportamiento más complementario que antagónico <sup>7</sup>. Mientras que el sistema parasimpático es el estímulo principal para la formación de gran cantidad de saliva fluida, clara y con bajo contenido proteico; la estimulación simpática promueve la exocitosis proteica y la vasoconstricción sanguínea glandular, lo que se traduce en la producción de un escaso volumen de saliva pero rica en proteínas (Figura 2). Por lo tanto, la predominancia simpática o parasimpática será determinante para la composición cualitativa de la saliva excretada. Sin embargo, ambos sistemas inducen la contracción de las células mioepiteliales y estimulan el flujo salival <sup>8</sup>.

**Tabla 1. Funciones de la saliva.**

FUNCIÓN	COMPONENTE	MECANISMO
Protección de la superficie dental	Proteínas ricas en prolina (PRPs) Película adquirida	Mantenimiento de la saliva sobresaturada de iones $\text{Ca}^{2+}$ y fosfato, que actúan como reserva de minerales <sup>9</sup> . Protección frente a la desmineralización y el desgaste dentario <sup>10</sup> .
Protección de la mucosa oral	Película mucosa Mucinas EGF	Protección de la mucosa oral de la fricción y la desecación <sup>5</sup> . Mantenimiento de la mucosa hidratada, protección mecánica y antibacteriana del epitelio <sup>11</sup> . Reparación de heridas mucosas y mantenimiento de la película mucosa <sup>12</sup> .
Función de defensa	Lisozima, peroxidasa, lactoferrina IgA Histatinas Fibronectina	Propiedades bactericidas y bacteriostáticas <sup>13</sup> . Aglutinación de bacterias y neutralización de virus <sup>14</sup> . Función antifúngica <sup>15</sup> y antibacteriana <sup>16</sup> . Regulación de la adhesión selectiva de bacterias a las células del epitelio bucal <sup>17</sup> .
Equilibrio desmineralización/ remineralización	Sistemas tampón Histatinas Minerales ( $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{HPO}_4^-$ , $\text{F}^-$ ) Estaterinas	Neutralización de los valores de pH <sup>18</sup> a fin de evitar la desmineralización de la superficie dental <sup>19</sup> . Mantenimiento de los minerales del esmalte dentario por sus propiedades catiónicas <sup>20</sup> . Remineralización del esmalte dentario. Participación en el tampón fosfato y en la homeostasis del $\text{Ca}^{2+}$ oral <sup>21</sup> .
Digestión	Flujo salival $\alpha$ -amilasa, lipasa lingual	Insalivación del bolo alimenticio para la deglución sin dañar la mucosa del esófago <sup>22</sup> . Disolución de sustancias estimulantes del gusto <sup>5</sup> . Catabolismo de las macromoléculas de los alimentos <sup>23</sup> .
Diagnóstico	Saliva total	Análisis de marcadores salivales en el diagnóstico y pronóstico de enfermedades hereditarias, autoinmunes, infecciosas y endocrinas <sup>24</sup> . Valoración de diferentes funciones orgánicas en deportistas <sup>25,26</sup> .



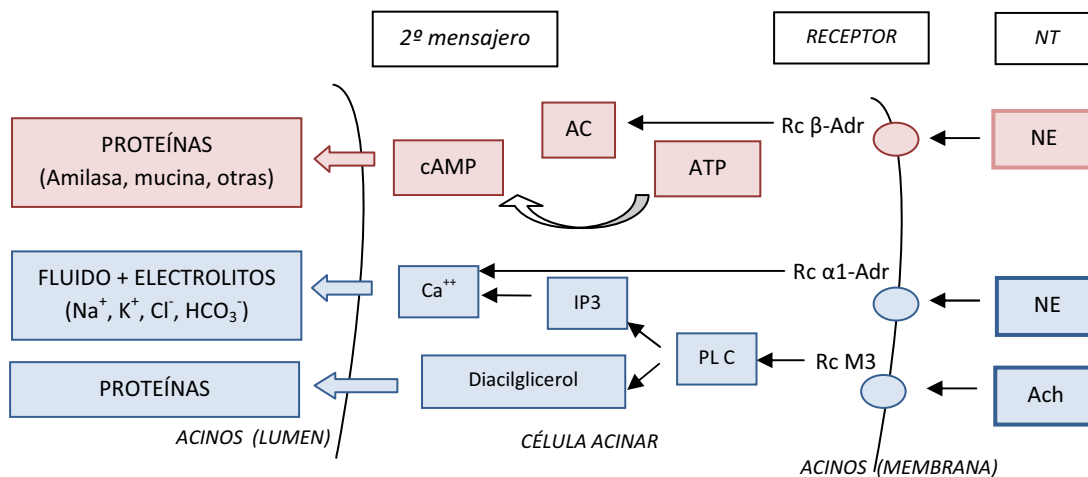
### Secreción salival bajo estimulación parasimpática

La interacción neurotransmisor – receptor, activa un proceso efector que desencadena una respuesta celular bien directamente, bien mediada por un segundo mensajero. La estimulación que activa el sistema nervioso parasimpático es principalmente colinérgica, pero también la  $\alpha$ -1 adrenérgica puede desencadenar la respuesta. Ambos tipos de estimulación producirán una secreción de fluidos rica en electrolitos y escasa en proteínas <sup>8</sup>.

- Estimulación colinérgica: mediada por el neurotransmisor Acetilcolina (Ach), que tiene afinidad por los receptores colinérgicos muscarínicos M3. Como resultado de la unión de la Ach a los receptores M3 se activan las proteínas G en las células acinares. Dichas proteínas se unirán a unos receptores específicos en los acinos, y producirán la disociación del componente  $\alpha$  de la proteína G, permitiendo la activación de la fosfolipasa C. La activación de la fosfolipasa C producirá la formación de dos moléculas: (i) el inositol trifosfato (IP3), que originará la liberación de  $Ca^{++}$  como segundo mensajero, imprescindible para el transporte de fluido e iones hacia el lumen de los ductos; y (ii) el diacilglicerol, que activará la proteína quinasa C, responsable de la exocitosis de proteínas <sup>8</sup>.
- Estimulación adrenérgica: mediada por el neurotransmisor Norepinefrina (NE), que tiene afinidad por los receptores  $\alpha$ -1 adrenérgicos, desencadenará una liberación adicional de  $Ca^{++}$  con la consiguiente liberación de fluido <sup>8</sup>.

### Secreción salival bajo estimulación simpática

La estimulación que activa la división simpática del sistema nervioso es una estimulación  $\beta$ -adrenérgica, y se consigue mediante la unión del neurotransmisor NE a los receptores  $\beta$ -adrenérgicos. Dicha unión activa una proteína G que conlleva la activación de la Adenilato ciclasa, responsable de la conversión del adenosin trifosfato (ATP) en adenosin monofosfato cíclico (cAMP). El cAMP actúa entonces como segundo mensajero, activando la proteína Kinasa A, que desencadena la exocitosis de proteínas, principalmente amilasa y mucina <sup>8</sup>. El resultado de dicha activación es un fluido salival espeso y con un alto contenido proteico.



**Figura 2.** El proceso de secreción salival bajo la estimulación simpática (color rosa) y parasimpática (color azul). (NT, neurotransmisor; NE, Norepinefrina; Ach, Acetilcolina; Rc, receptor;  $\alpha/\beta$ -Adr,  $\alpha/\beta$ -Adrenérgico; ATP, Adenosin trifosfato; AC, Adenilato Ciclasa; cAMP, AMP cíclico; PLC, Fosfolipasa C; IP3, Inositol trifosfato). Adaptado de Nissim et al, 2005 <sup>8</sup>.

### 2.1.b Modificación del fluido primario en los ductos de las glándulas

Pequeños conductos colectores internos en las glándulas salivales convergerán en conductos mayores que verterán la saliva a la cavidad oral. Las glándulas salivales mayores tienen, por tanto, sus propios conductos excretores y vierten la saliva en zonas localizadas de la cavidad oral en función de la situación anatómica de la glándula: (i) el conducto de Stenon (conducto excretor de las glándulas parótidas) vierte la saliva a nivel de la mucosa del segundo molar superior, (ii) los conductos de Wharton (glándulas subaxilares) y (iii) de Bartholin (glándulas sublinguales) vierten la saliva producida por las glándulas en la mucosa del suelo de la boca <sup>3</sup>.

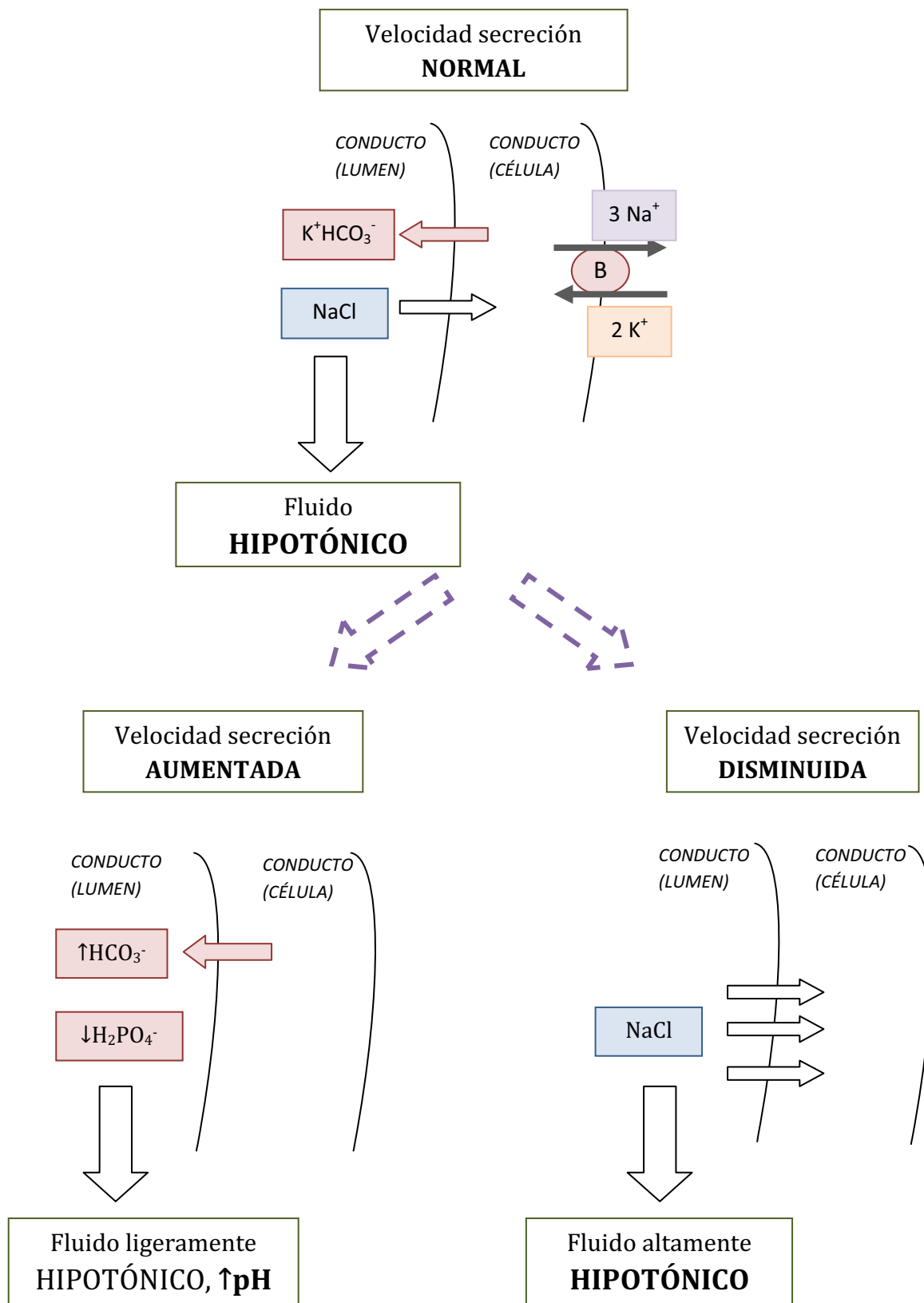
A lo largo de estos conductos, el fluido salival primario formado en los acinos de las glándulas sufrirá una considerable reabsorción de electrolitos, así como una excreción adicional de proteínas sin variar el volumen de flujo salival. Como resultado de la reabsorción iónica, el fluido salival primario que en su origen era isotónico, se tornará hipotónico respecto al plasma, dando como resultado la saliva que finalmente entrará en la cavidad oral <sup>5</sup>.

El proceso de reabsorción iónica se produce en la membrana de los ductos de las glándulas a partir de una bomba Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPasa, responsable del control de los procesos de transporte iónico en la célula y del mantenimiento del gradiente electroquímico de Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup>. De manera que a medida que la secreción primaria pasa

por los ductos, se produce una secreción de  $K^+$  y bicarbonato y una reabsorción de  $Na^+$  y  $Cl^-$ , conformando un fluido salival hipotónico respecto al plasma, con mayor concentración de  $K^+$  y bicarbonato, y menor concentración de  $Na^+$  y  $Cl^-$  <sup>8</sup>.

La saliva excretada a la cavidad oral, no obstante, puede verse sujeta a modificaciones cualitativas a lo largo del día <sup>27</sup>. En primer lugar, la diferente contribución de las glándulas salivales en la formación de la saliva determinará su contenido. De modo que, cuando la secreción salival sea principalmente submandibular y sublingual (saliva no estimulada), glándulas de secreción mixta, presentará una mayor concentración de  $Ca^{2+}$  y mucina, mientras que cuando sea principalmente parotídea (saliva estimulada), glándula de secreción serosa, presentará una mayor concentración de fosfato y proteínas <sup>18</sup>. En segundo lugar, la velocidad de secreción salival influirá en la mayor o menor modificación del fluido salival en los ductos glandulares, adquiriendo valores altamente hipotónicos cuanto más lenta sea la secreción y ligeramente hipotónicos cuando ésta sea rápida, dando como resultado un fluido con mayor concentración de  $HCO_3^-$  y menor concentración de  $H_2PO_4^-$  (dihidrógeno fosfato) y alcalinizando, en consecuencia, los valores de pH salival <sup>8</sup> (Figura 3).

- ✓ *Existen dos fases en la secreción salival.*
- ✓ *El fluido salival primario formado en los acinos glandulares es isotónico respecto al plasma.*
- ✓ *En los conductos glandulares se produce una elevada reabsorción electrolítica del fluido salival primario.*
- ✓ *La saliva excretada a la cavidad oral es hipotónica respecto al plasma.*
- ✓ *La velocidad de secreción salival condiciona la mayor hipotonicidad de la saliva.*
- ✓ *La estimulación del SNS produce una saliva rica en proteínas.*
- ✓ *La estimulación del SNPS produce un elevado volumen de flujo salival rico en electrolitos.*



**Figura 3.** Modificaciones del fluido salival en función de la velocidad de secreción.

## 2.2 Aplicaciones diagnósticas de la saliva en el deporte

La aplicación diagnóstica de la saliva para determinar estados fisiológicos y alteraciones orgánicas se ha venido utilizando desde hace años, como un fluido representativo del análisis clínico a nivel celular <sup>28</sup>. A su vez, los cambios cualitativos que sufre la saliva con la práctica deportiva la convierten también en un fluido válido para la valoración de diferentes funciones orgánicas relacionadas con el volumen y la intensidad del ejercicio. En este sentido, se ha mostrado útil para la determinación de:

- Buen indicador, no invasivo, de las respuestas tisulares y orgánicas al ejercicio físico mediante la medición de inmunoglobulinas, hormonas, lactato, proteínas y electrolitos <sup>29</sup>.
- La función adrenocortical durante la realización de ejercicio máximo, con la ventaja que dicha respuesta queda enmascarada en el suero <sup>26</sup>.
- Medición del lactato salival para la determinación del metabolismo anaeróbico, observando una buena correlación ( $r = 0.81$ ) con los valores de lactato sanguíneo <sup>30</sup>.
- Determinación de un "umbral de saliva" paralelo al "*umbral anaeróbico*". En el umbral de saliva los niveles de  $\alpha$ -amilasa y electrolitos (especialmente  $\text{Na}^+$ ) incrementan respecto los valores basales. Los autores atribuyen los dos umbrales al aumento de la actividad simpático-adrenal durante el ejercicio de alta intensidad <sup>29</sup>.
- Medición del cortisol, con valores casi idénticos a los obtenidos en suero <sup>31</sup>.
- Correlación entre la concentración total de proteínas salivales con el lactato sanguíneo durante ejercicio máximo incremental, como indicativo del *umbral anaeróbico* <sup>32</sup>.
- Medición de la concentración total de proteínas orales como una alternativa eficiente y no invasiva para determinar la intensidad del ejercicio <sup>33</sup>
- El estado endocrino e inmunológico en atletas <sup>25</sup>.

### 2.3 El pH salival

El pH salival es una medida de la acidez o la alcalinidad de la saliva, e indica la concentración de iones hidronio  $[H_3O^+]$  presentes en la disolución. El valor del pH se calcula de acuerdo a la ecuación definida por Sörensen en 1909:

$$pH = -\log [H^+] = \log \left( \frac{1}{[H^+]} \right)$$

De acuerdo al valor obtenido, se clasifican las disoluciones como neutras o de  $pH = 7$ , y ácidas o básicas, con valores de pH menores o mayores que 7 respectivamente <sup>34</sup>.

El valor de pH salival oscila en un rango comprendido entre 6.2 - 7.4 <sup>24</sup> y como se ha visto anteriormente, se encuentra altamente influenciado por el volumen del flujo salival y la velocidad de secreción. De modo que en presencia de valores bajos de flujo salival, el pH adquirirá valores más ácidos <sup>35</sup>, mientras que valores altos de flujo salival producirán una saliva más alcalina, debido a la menor modificación del fluido en los ductos glandulares.

#### 2.3.1 Significación clínica

La importancia clínica del pH salival radica en la relación del valor de pH con las enfermedades más prevalentes de la cavidad oral, las caries y las enfermedades periodontales. En este sentido, existe una correlación positiva entre el pH salival y la concentración de bicarbonato, y dado que el bicarbonato es determinante en la capacidad tampón de la saliva, a medida que disminuye el valor de pH, también lo hace la capacidad tampón <sup>36,37</sup>. La consecuencia directa de la disminución de la capacidad tampón de la saliva es el incremento del riesgo de caries <sup>38</sup>, debido a la desmineralización de las superficies dentales <sup>18</sup>. El valor crítico de pH salival a partir del cual existe un riesgo aumentado de producirse la desmineralización del esmalte dentario se ha establecido en 5.5 <sup>39</sup>. Por el contrario, en presencia de valores más alcalinos de pH salival, la placa dental se mineraliza y forma el cálculo, pudiendo aumentar entonces el riesgo de sufrir enfermedades periodontales <sup>40</sup>.

Bajo estas consideraciones, el mantenimiento del pH salival en valores cercanos a la neutralidad contribuye a mantener la homeostasis microbiana de la placa, disminuyendo el riesgo de aparición de caries o enfermedad periodontal <sup>41</sup>.

#### 2.3.2 Medición del pH salival

El estudio de la saliva puede realizarse en su totalidad o bien tomando saliva de una glándula salival mayor concreta, la diferencia radica en la utilidad diagnóstica que se persiga con su

análisis. Así, para el diagnóstico de patologías específicas de una glándula salival (obstrucciones, infecciones...) se utilizarán muestras de saliva específicas de dicha glándula, mientras que para la mayoría de valoraciones se tomarán muestras de saliva total, por su contenido en componentes serosos de los vasos sanguíneos locales <sup>24</sup>.

A su vez, la recogida de muestras salivales puede hacerse de forma estimulada y no estimulada. La saliva estimulada se recoge tras el estímulo de la acción masticatoria (masticando parafina) o bien tras la estimulación gustativa (ácido cítrico), este proceso afecta a la cantidad de saliva y a la concentración de sus componentes y el pH <sup>24</sup>, además su efecto tiene una duración en la cavidad oral de unas dos horas, mientras transcurre el efecto de la estimulación salival <sup>36</sup>. La saliva no estimulada (Figura 4), en cambio, se recoge dejando fluir pasivamente la saliva en el interior de un tubo, sin estímulo alguno <sup>42</sup>, está más indicada para el análisis del estado de las glándulas salivales y el estudio de la función protectora de la saliva <sup>36</sup>.



**Figura 4.** Sujeto de estudio durante la recogida de la secreción salival, sentado, en posición relajada, y dejando fluir pasivamente la secreción salival en el interior de los tubos Salivette® (Sarstedt, Newton, NC) hasta alcanzar un volumen salival de 0,5ml.

Las investigaciones aquí planteadas se han llevado a cabo mediante el análisis de *saliva total*, para el estudio de las modificaciones salivales debidas a cambios a nivel sanguíneo producidas por la realización de ejercicio físico. Además, la recogida de saliva se ha realizado de forma *no*



**Figura 5.** pHmetro digital LTLutron PH-220

*estimulada*, para evitar la alteración de los valores de pH salival con la estimulación. Todas las muestras salivales han sido procesadas inmediatamente después de su recogida, a fin de evitar alteraciones de la saliva por la influencia ambiental. La medición del pH salival, como medida de la acidez o alcalinización de la saliva en respuesta a la realización de

ejercicio físico, se ha realizado utilizando un pH-metro digital (LTLutron PH-220, conforme a la normativa ISO-9001) (Figura 5).

## 2.4 Efecto del ejercicio físico sobre la secreción salival

La realización de ejercicio físico, de carácter aeróbico o anaeróbico, parece influir en la composición cualitativa y cuantitativa de la saliva. Las diferencias fisiológicas existentes entre el ejercicio aeróbico y anaeróbico son bien conocidas en el campo de las Ciencias del deporte, pero menos en el área de la Odontología. Mientras el primero se desarrolla en presencia de oxígeno

como aceptor final de electrones, el ejercicio anaeróbico hace referencia a aquél que se desarrolla sin utilización de oxígeno. A su vez, en función de la intensidad y la duración del ejercicio, el metabolismo anaeróbico puede implicar la activación de la vía láctica o aláctica, que emplearán como fuente principal de energía la glucosa (glucólisis anaeróbica), o el ATP o fosfágenos (creatina o fosfato inorgánico) respectivamente. Ésta última está limitada a acciones de muy corta duración (6-8 segundos) y conlleva una mínima producción de metabolitos <sup>43</sup>.

Durante la realización de un ejercicio incremental, el elevado consumo de oxígeno para la producción de energía aeróbica, conlleva la activación de las vías anaeróbicas que resultan en un incremento de la concentración de metabolitos (entre ellos el lactato), fruto de la glucólisis anaeróbica. Este sistema de producción de energía adicional, necesario para que el ejercicio pueda continuar, tiene importantes implicaciones funcionales, ya que la acidosis metabólica que conlleva produce una aceleración en la ventilación pulmonar y en la producción de CO<sub>2</sub>, que producen en última instancia una disminución de la resistencia al ejercicio <sup>44</sup>.

Las diferentes modificaciones observadas en el medio interno celular en respuesta a la realización de ejercicio aeróbico o anaeróbico podrían hacerse extensivas al medio oral, de modo que pudieran percibirse cambios en la composición salival y el pH tras la realización de ejercicio físico. En este sentido, el ejercicio anaeróbico se ha relacionado con una mayor actividad simpática <sup>45</sup>, de acuerdo al incremento similar en los niveles de lactato sanguíneo y catecolaminas durante la realización de ejercicio incremental <sup>46</sup>. A nivel oral, la estimulación simpática produce también modificaciones en la secreción salival <sup>47</sup>, dando lugar a un menor volumen de flujo salival, rico en componentes inorgánicos.

Históricamente, las modificaciones a nivel oral en respuesta a la realización de ejercicio físico aeróbico y anaeróbico han sido objeto de numerosas investigaciones, si bien no parece existir un claro consenso en los hallazgos cualitativos y cuantitativos (Tabla 2). La diversidad de resultados obtenidos en los distintos estudios puede deberse a los distintos métodos utilizados, tanto a nivel de recogida de muestras (saliva total vs saliva parotídea; secreción estimulada vs no estimulada) como de protocolo de ejercicio (carrera vs cicloergómetro; alta vs baja o moderada intensidad), que podrían dificultar la extracción de datos científicamente aceptables. No obstante, el análisis minucioso de las investigaciones disponibles permite extraer varias conclusiones:

(i) parece existir un acuerdo uniforme en el incremento de las proteínas salivales ( $\alpha$ -amilasa salival y concentración de proteínas totales) tanto después de la realización de ejercicio aeróbico como anaeróbico.



**Tabla 2. Efecto de la realización de ejercicio físico aeróbico (sombreado en gris) y anaeróbico sobre la composición cualitativa y cuantitativa salival.**

AUTOR	PROTOCOLO	SALIVA	RESULTADOS
Salminen et al, 1963 <sup>48</sup>	Marcha (2 horas)	Saliva total	↑proteínas totales, ↑Na <sup>+</sup> , ↑ratio Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup> en saliva, pero NO en suero. Los autores atribuyen estos hallazgos al incremento en la permeabilidad de la barrera plasma-saliva durante el ejercicio.
Shannon I., 1967 <sup>49</sup>	Carrera aeróbica (2 horas)	Saliva parotídea	Cambios NS en la composición de electrolitos (Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> ) ni en el flujo salival.
Gilman et al, 1979 <sup>50</sup>	Carrera	Saliva parotídea	↑α-amilasa salival, ↑K <sup>+</sup> salival
Ljunberg et al, 1997 <sup>51</sup>	Carrera (maratón)	Saliva total estimulada y saliva parotídea	↓flujo salival, ↑proteínas totales, ↑electrolitos (Cl <sup>-</sup> , K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ), ↑ratio Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup> Pequeñas fluctuaciones NS en el pH salival y en la capacidad tampón. Ciertas proteínas (peroxidasa, IgA y α-amilasa) y electrolitos (Na <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , fosfato) seguían elevados 1 hora después, lo que indica que el efecto no es sólo transitorio.
Dawes et al, 1998 <sup>52</sup>	Carrera aeróbica a intensidad media	Saliva parotídea	↑proteínas totales. Cambios NS en la composición de electrolitos ni de bicarbonato.
Mendez y cols, 1976 <sup>53</sup>	Carrera	Saliva total	Fracaso al tratar de establecer una correlación entre las concentraciones de lactato y piruvato en sangre y saliva
Ben-Aryeh y cols, 1989 <sup>54</sup>	Cicloergómetro (test de Wingate)	Saliva total	↑electrolitos (K <sup>+</sup> y Mg <sup>2+</sup> ), ↑lactato, ↑proteínas totales, ↓flujo salival
Blannin y cols, 1998 <sup>55</sup>	Cicloergómetro (ejercicio al 55%VO <sub>2</sub> max y 80%VO <sub>2</sub> max)	Saliva total	Cambios NS en la composición de electrolitos.
Chicharro y cols, 1999 <sup>56</sup>	Cicloergómetro	Saliva total	↑electrolitos (Na <sup>+</sup> y Mg <sup>2+</sup> ), ↓Mn Cambios NS en el resto de electrolitos (Fe <sup>2+</sup> , Cr <sup>3+</sup> , Co <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> , Se <sup>4+</sup> , Ag <sup>+</sup> )
Walsh y cols, 1999 <sup>57</sup>	Cicloergómetro (ejercicio intermitente (1' 100% VO <sub>2</sub> max, recuperando 2' 30% VO <sub>2</sub> max)	Saliva total	↑α-amilasa salival, ↑proteínas totales. Cambios NS s-IgA y volumen de flujo salival.
Allgrove y cols. 2008 <sup>58</sup> .	Cicloergómetro (test incremental hasta el agotamiento)	Saliva total	↑α-amilasa salival, ↑proteínas totales, ↑s-Lys Cambios NS volumen de flujo salival.
Antonelli y cols. 2009 <sup>59</sup> .	Cicloergómetro	Saliva total	↑proteínas totales, ↑sIGF-1

NS, no significativo; ↑, ↓, aumento o disminución significativa; s-Lys, lisozima salival; sIGF-1, factor de crecimiento insulínico tipo 1; electrolitos, consultar lista de abreviaturas.

(ii) pese a la disminución del flujo salival descrita en algunas investigaciones, no se han reportado cambios significativos en el pH salival después de la realización de ejercicio físico.

(iii) los datos relativos a las modificaciones en los electrolitos salivales son inconcluyentes.

## 2.5 Riesgo de caries en la población deportista

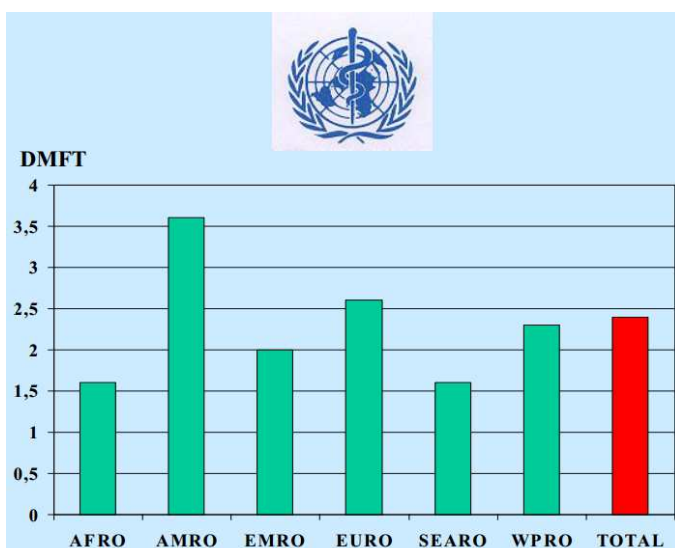
La caries es la enfermedad más frecuente de afectación dentaria y una de las enfermedades crónicas más prevalentes en el mundo (*Apéndice I*). Es una enfermedad infecciosa producida por la proliferación de bacterias sobre la estructura del diente, que desmineralizan y destruyen el tejido inorgánico causando cavidades en la estructura dental <sup>60</sup>.

La población deportista, debido a las elevadas necesidades energéticas y a los hábitos de ingesta relacionados con el entrenamiento y la competición, se encuentra expuesta a un mayor riesgo de desarrollar enfermedades como la caries y la erosión dental.



**Figura 6.** Erosión dental (Fuente: Lussi & Jaeggi, 2008 <sup>61</sup>).

La erosión dental, a diferencia de la caries, es una desmineralización del esmalte y/o la dentina producida por el ataque ácido, pero sin la intervención bacteriana <sup>61</sup> (Figura 6).



**Figura 7.** Índice CAOD en población de 12 años de edad en las diferentes regiones de la O.M.S. en el año 2.000. AFRO, África; AMRO, Américas; EMRO, Mediterráneo Oriental; EURO, Europa; SEARO, Asia Sudoriental; WPRO, Pacífico Occidental (Fuente: WHO Global Oral Health Data Bank and WHO Oral Health Country/Area Profile Programme, 2000) <sup>64</sup>

Para valorar la historia personal de caries se acepta universalmente la medición del índice CAOD (Ecuación 1), que valora la historia de caries a lo largo de la vida en la dentición permanente. Este índice puede evaluarse a modo individual (CAOD *i*) y comunitario (CAOD *c*), según quiera valorarse la experiencia de caries de un único sujeto o de un colectivo, respectivamente. El índice CAOD parece estar influenciado por el nivel socioeconómico del país estudiado (Figura 7), de modo que países más desarrollados exhiben menores índices CAOD que

aquellos en vías de transición socio-económica <sup>62</sup>, lo mismo ocurre al comparar poblaciones urbanas y rurales en una misma zona geográfica <sup>63</sup>. A su vez, el índice CAOD también se encuentra influenciado por la edad, de modo que la población adulta manifiesta una mayor experiencia de caries que la población infantil <sup>64</sup>. Por esta razón, las comparativas del índice CAOD deberían realizarse tomando como referencia los índices CAOD de la población de referencia en cuanto a zona de residencia y edad.

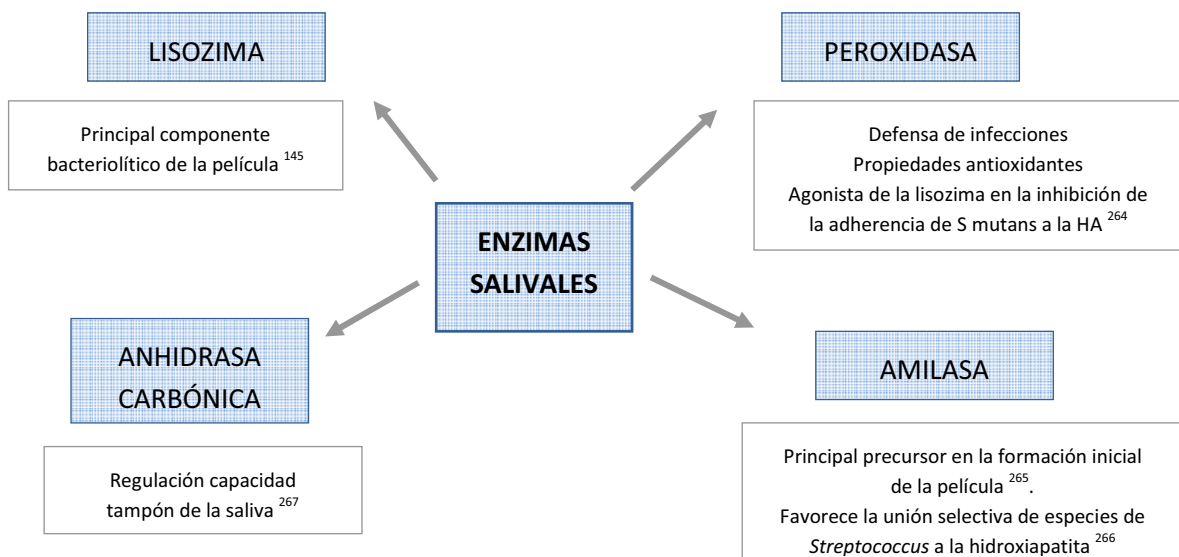
$$CAOD(c) = \frac{\text{dientes cariados} + \text{dientes ausentes} + \text{dientes obturados}}{\text{total de individuos estudiados}}$$

$$CAOD(i) = \text{dientes cariados} + \text{dientes ausentes} + \text{dientes obturados}$$

**Ecuación 1.** Fórmulas para el cálculo del índice CAOD comunitario (c) e individual (i).

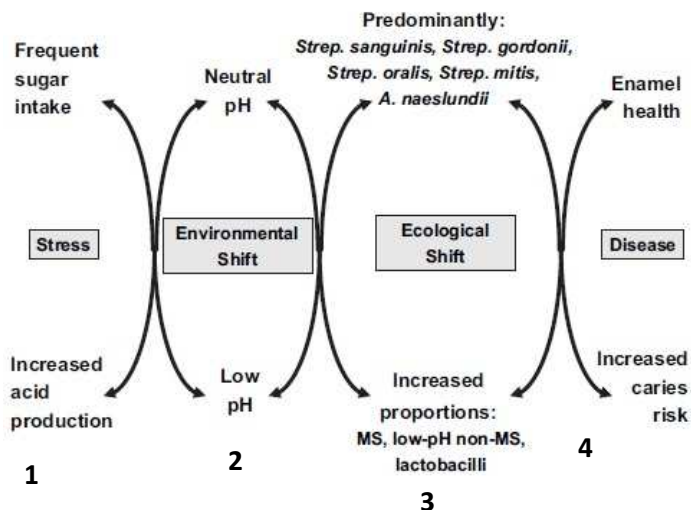
### 2.5.1 Fisiopatología de las caries y su relación con el pH salival

La superficie de los dientes y de los tejidos blandos de la cavidad oral se encuentra recubierta por un *biofilm*, denominado película adquirida, inicialmente libre de bacterias. La película está compuesta por mucinas, glicoproteínas y diversos enzimas con fuertes propiedades antibacterianas (Figura 8) que facilitan la colonización selectiva de las bacterias a los tejidos dentarios <sup>65</sup>.



**Figura 8.** Enzimas salivales de la película adquirida.

La película adquirida es una estructura dinámica, en proceso continuo de adsorción y resorción de biomoléculas, que contribuyen al desarrollo de la placa mediante la colonización bacteriana inicial y la coagregación posterior <sup>66</sup>. Una vez consolidado el *biofilm*, se establece una



**Figura 9.** Teoría de la placa ecológica. Se observa la relación dinámica entre la placa dental y el hábitat de la cavidad oral. Al incrementar la frecuencia de consumo de HC, aumenta el metabolismo de las bacterias y la producción de ácido (1), que provocará una acidificación del pH (2), rompiendo el equilibrio bacteriano y permitiendo el crecimiento de bacterias acidogénicas y acidúricas (3). Esta situación incrementa el riesgo desmineralización y de avance de una lesión cariosa (4) (Tomado de Marsh PD <sup>69</sup>).

alimentación (mayor frecuencia de consumo de HC fermentables) y por la disminución del flujo salival. La exposición a bajos valores de pH produce un doble efecto en la microflora de la placa dental:

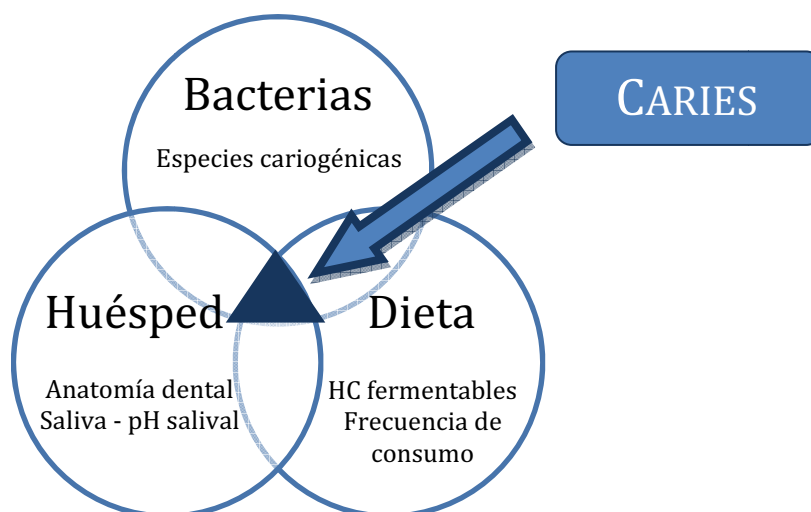
- proliferación de bacterias acidogénicas y acidúricas (*S mutans*, *Lactobacillus*), que rompen el equilibrio hacia la desmineralización.
- aumento en la acidificación del hábitat de la cavidad oral, que favorece la desmineralización, alterando aún más el equilibrio.

Todo ello dará como resultado una mayor presencia de bacterias cariogénicas y un ambiente más acidificado, incrementando por tanto, el riesgo de desmineralización del esmalte dentario <sup>69</sup>.

### 2.5.2 Factores predisponentes

La aparición de la caries es un complejo proceso en el que intervienen multitud de factores. Tradicionalmente, se ha considerado imprescindible, para el desarrollo de la caries dental, la interacción dinámica y simultánea de tres factores definidos y representados como *diagrama de Keyes* (Figura 10): las bacterias de la placa dental, los carbohidratos fermentables de la dieta y el diente como huésped susceptible <sup>70</sup>. De todos ellos, las bacterias juegan un papel principal en el desarrollo de la caries, no existiendo caries en organismos libres de microorganismos, independientemente de su dieta o predisposición genética <sup>71</sup>.

homeostasis bacteriana, de modo que la cantidad y el tipo de microorganismos permanece estable a no ser que haya cambios muy marcados en el ambiente <sup>67</sup>. Esta situación de homeostasis bacteriana es lo que se conoce como la *teoría de la placa ecológica* (Figura 9), que defiende que cambios agresivos en el hábitat de la cavidad oral alterarían la homeostasis bacteriana aumentando el riesgo de caries o enfermedad periodontal en individuos predisuestos <sup>68</sup>. Los cambios en el ambiente se refieren principalmente a la exposición frecuente a valores ácidos de pH que puede estar motivada por cambios en la



**Figura 10.** Representación gráfica del diagrama de *Keyes*. Se observa la interacción de los tres factores determinantes para el desarrollo de la caries dental, ocurriendo caries sólo cuando confluyen los tres factores simultáneamente.

Considerando la triada de factores imprescindibles para el desarrollo de la caries dental, de acuerdo al diagrama de *Keyes*, el mayor riesgo de caries dental en los deportistas podría girar en torno al papel que juegan las bacterias, la dieta y las características de la saliva, en el desarrollo de la caries <sup>72</sup>.

### 2.5.2.a. Las bacterias

La microflora presente en la cavidad oral es altamente diversa, se estima que alrededor de 700 especies bacterianas conviven en la cavidad oral manteniendo una relación íntima y dinámica <sup>69</sup>. No obstante, no todos los microorganismos de la microflora oral presentan propiedades cariogénicas (Figura 11) <sup>73,74</sup>, lo que explica que las bacterias presentes en estado de salud oral sean diferentes de las comúnmente asociadas a patologías como la caries (*S mutans*, *Lactobacillus spp*, *Bifidobacterium spp*, *Atopobium spp*) y la enfermedad periodontal (*Porphyromonas gingivalis*, *Tannerella forsythia*, *Treponema denticola*), que no se encuentran en la placa bacteriana en estado de salud oral <sup>75</sup>.

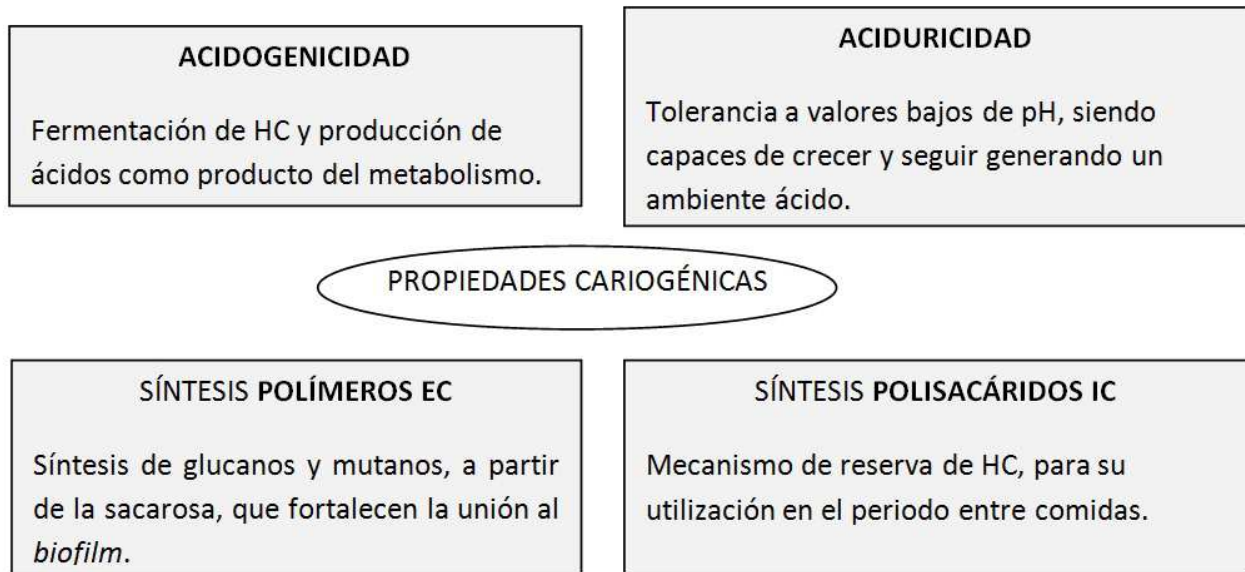


Figura 11. Propiedades cariogénicas de las bacterias.

En la población deportista, gran parte de la ingesta se realiza durante el entrenamiento, por lo tanto es lógico suponer que la ingesta de alimentos cariogénicos no va seguida del cepillado dental, aumentando el riesgo de proliferación bacteriana en la película dental.

### 2.5.2.b. La dieta

Los microorganismos de la placa dental obtienen los nutrientes necesarios para su metabolismo a partir de fuentes endógenas presentes en la saliva, utilizando como principal sustrato los hidratos de carbono fermentables que ingerimos en la dieta. Como resultado del metabolismo bacteriano de los hidratos de carbono se liberan ácidos a la superficie dental, que producen un descenso en el valor del pH y la consiguiente desmineralización del esmalte dentario (*Teoría de Miller*).

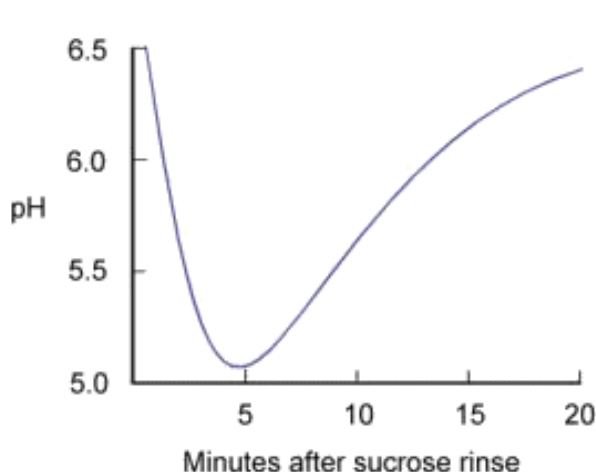


Figura 12. Curva de Stephan para la normalización del pH.

El descenso en los valores de pH se mantiene por un tiempo en la cavidad oral, lo que incrementa el riesgo de desmineralización de las superficies dentales cuando la frecuencia de consumo de HC fermentables es elevada. Stephan, en el año 1940 describió la curva de normalización del valor de pH de la placa después de realizar un enjuague bucal con 10ml de una solución de sacarosa al 10% durante 10

segundos <sup>76</sup>, mostrando cómo el valor de pH no se normalizaba hasta los 20 minutos después de la ingesta (Figura 12).

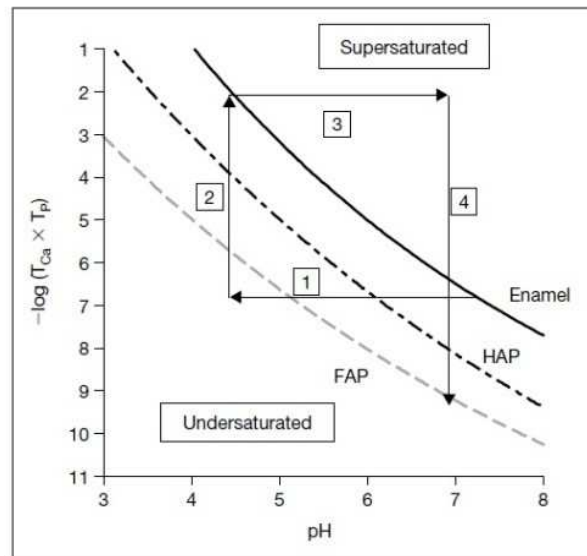
Milosevic y cols. observaron una incidencia de erosión dental y caries mayor en una población de ciclistas de competición que en nadadores. Paralelamente, la mayor incidencia observada correlacionaba con un hábito de consumo de bebidas altas en carbohidratos durante el entreno extendido en prácticamente la totalidad de ciclistas <sup>77</sup>, sugiriendo que el consumo frecuente de bebidas ricas en carbohidratos podrían causar caries y erosión dental, ya que sólo una parte de nadadores manifestaron dicho hábito de consumo. Los hábitos dietéticos cariogénicos relacionados con la práctica deportiva han sido corroborados recientemente por Bryant et al. en una población de triatletas de élite. En esta investigación se observó que un 83,9% de la muestra tenía el hábito de consumir bebidas deportivas durante el entrenamiento, y un 93,5% de la muestra también ingería alimentos. Pese a que el análisis de la dieta consumida por la población de triatletas fue considerada de alto riesgo para la salud oral, sólo el 3,2% de la muestra percibían el entrenamiento y los hábitos asociados como un alto riesgo para la salud oral <sup>78</sup>, revelando un elevado desconocimiento por parte de los deportistas de dicho riesgo.

#### ***2.5.2.b.1 Bebidas para deportistas***

Las bebidas comerciales consumidas mayoritariamente por los deportistas, durante el ejercicio o en su finalización, son generalmente bebidas con pH bajo y un alto contenido en azúcares, que podrían contribuir activamente en los procesos erosivos y cariogénicos <sup>79</sup>, si bien el grado de erosión dental parece variar individualmente <sup>80</sup>. El potencial patógeno asociado al consumo de bebidas energéticas ricas en carbohidratos se centra en los siguientes aspectos:

- el valor de **pH** de la solución. El rango de pH de las bebidas usualmente consumidas por los deportistas generalmente oscila entre 2.38 – 4.46 <sup>81</sup>, valores que se encuentran muy por debajo del valor crítico de pH = 5.5 <sup>39</sup>, a partir del cual se inicia la desmineralización del esmalte dentario. La consecuencia del bajo valor de pH de las bebidas es que podría acelerar los procesos de desmineralización de la superficie dental provocando erosiones dentales. Este hecho se ha comprobado experimentalmente tras el consumo de una bebida deportiva con un 6% de sacarosa y un pH de 3,2 en ratas <sup>82</sup>.
- la **composición** de **carbohidratos**. Los carbohidratos presentes en la solución determinarán también la capacidad cariogénica de la bebida. La sacarosa, que suele ser un componente principal en las bebidas para deportistas, se considera el hidrato de carbono más cariogénico al ser el sustrato principal de las bacterias y favorecer el crecimiento de bacterias cariogénicas <sup>83</sup>.

- la **composición mineral** de la bebida (principalmente  $\text{Ca}^{2+}$ , fosfato y  $\text{F}^-$ ). Determina el grado de saturación con respecto a los minerales del diente, de modo que soluciones sobresaturadas no disuelven el esmalte. Por el contrario, soluciones con un bajo grado de saturación mineral provocarán una desmineralización inicial en la superficie dental, que será seguida de un aumento del pH y del contenido mineral en la película adquirida a fin de impedir el progreso de la desmineralización <sup>84</sup> (Figura 13). Por esta razón, la adición de  $\text{Ca}^{2+}$  y fosfato a las bebidas con bajo valor de pH podría reducir el efecto erosivo al influir en el gradiente de concentración de la bebida <sup>79,85</sup>.
- la **capacidad buffer** de la solución tiene un papel prioritario al evitar el reblandecimiento de los tejidos más internos del diente (dentina) <sup>86</sup>.



**Figura 13.** Esquema de la solubilidad para esmalte (enamel), hidroxiapatita (HAP) y fluorapatita (FAP) en función de la concentración total de calcio (TCa) y fosfato (Tp) en la solución. 1: pérdida mineral cuando el pH en la superficie del esmalte disminuye de 7.3 a 4.5 a medida que el ácido de la bebida ataca la superficie dental; 2: disolución de calcio y fosfato de la superficie dental por el ataque ácido; 3: aumento del flujo salival y el pH en el área afectada; 4: reparación de la superficie reblandecida si hay  $\text{F}^-$  junto con la saliva, formando una superficie mineral cercana a la FAP que requiere una caída mayor del pH para continuar la disolución del esmalte. Si no hay  $\text{F}^-$  el ciclo continúa, produciendo la disolución de la superficie dental. Fuente: Featherstone, 2006<sup>84</sup>

### 2.5.2.b.2 Geles

En la actualidad, en deportes como el ciclismo, el duatlón, triatlón, y en general todos los deportes de resistencia, el consumo de geles se encuentra enormemente extendido por su facilidad de consumo y su rápida asimilación.

El potencial cariogénico o erosivo de los geles podría centrarse en torno a los siguientes aspectos:

- La **adherencia** al esmalte dentario. El grado de adherencia de los alimentos a la superficie dental determina su mayor potencial erosivo. Los geles, por su composición viscosa presentan un alto grado de adherencia a la superficie dental, lo que conlleva que el alimento permanezca en contacto con los tejidos dentales durante largos periodos, aumentando el riesgo de erosión dental y caries <sup>87</sup>.



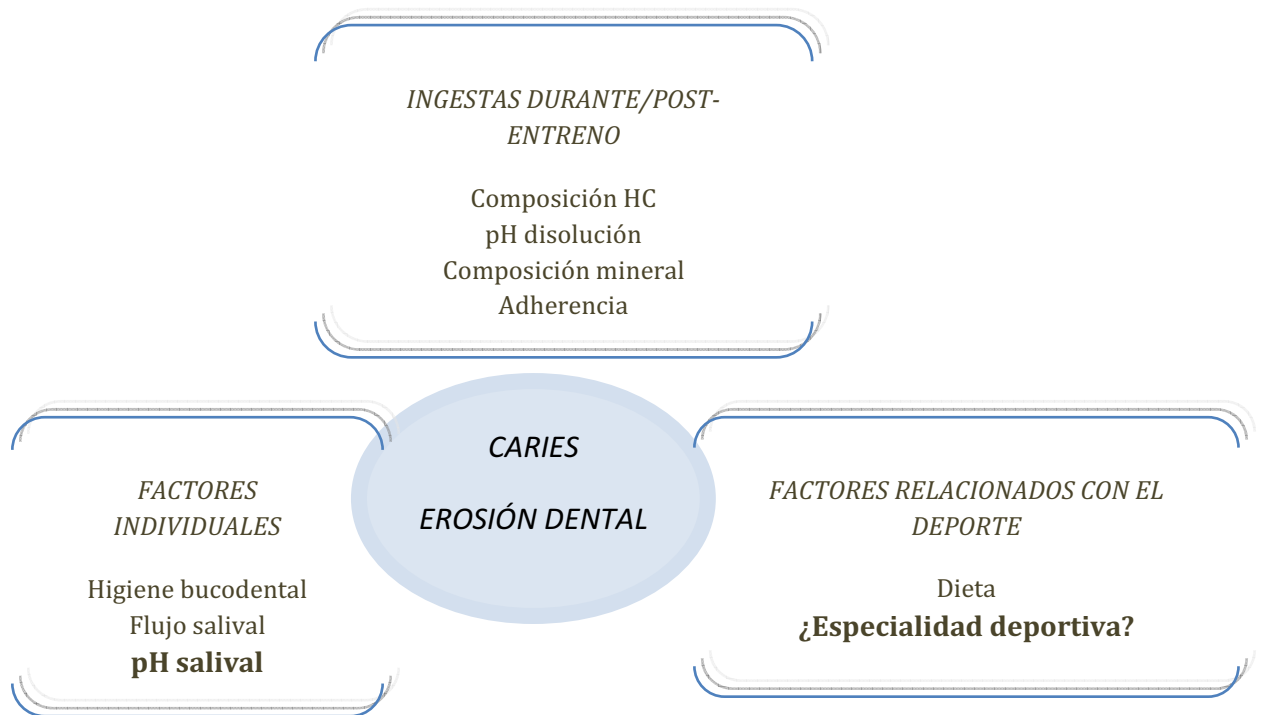
- La **composición** de los geles (*Apéndice II*). El contenido principal de los geles son hidratos de carbono de asimilación rápida, altamente cariogénicos. Además, muchos de ellos contienen ácido cítrico, que tiene propiedades altamente erosivas debido principalmente a dos circunstancias: en primer lugar, el ácido cítrico contiene iones  $H^+$  que atacan directamente a los cristales de la superficie dental; y en segundo lugar, contiene aniones como el citrato que tiene la capacidad de formar complejos con el  $Ca^{2+}$ , removiéndolo de la superficie dental y dejándola más expuesta a la desmineralización <sup>84</sup>.

### **2.5.2.c. El huésped**

Los factores determinantes del riesgo de caries y erosión dental dependientes del huésped incluyen los siguientes aspectos:

- **Anatomía dental.** Cuanto más acentuada sea la anatomía de la superficie dental, existe un mayor riesgo de caries por el aumento de zonas retentivas (fosas, fisuras) expuestas a la colonización bacteriana <sup>88</sup>.
- La saliva. **Flujo salival.** Como se ha comentado anteriormente, valores altos de flujo salival correlacionan con una menor incidencia de caries, por el propio efecto de lavado de la saliva y por su función protectora.
- La saliva. **El valor de pH.** (*Ver: capítulo 2.3.1 El pH salival. Significación clínica*) Valores ácidos de pH facilitan la desmineralización de la superficie dental, correlacionando positivamente con un mayor riesgo de caries.

En conclusión, los alimentos con alto poder erosivo consumidos por los deportistas (bebidas, geles, barritas energéticas...) durante los entrenamientos o competiciones, frecuentemente en un estado de deshidratación que potenciaría aún más su efecto erosivo <sup>61</sup>, la ausencia de cepillado dental después de las ingestas, y las modificaciones salivales durante el desarrollo de la actividad física, situarían al deportista en un riesgo mayor de padecer caries y/o erosión dental (Figura 14). No se ha considerado la actividad física en sí misma como un factor condicionante para el desarrollo de la enfermedad de caries.



**Figura 14.** Esquema-resumen de los factores determinantes del riesgo de caries y erosión dental en el deportista.

## 2.6 Importancia de las infecciones orales en el rendimiento deportivo

La presencia de infecciones orales, como las caries o la enfermedad periodontal, en los atletas debe ser motivo de atención inmediata por las consecuencias que podrían tener sobre el rendimiento deportivo y la salud del sujeto. En este sentido, está bien documentado que las infecciones orales pueden estar causadas por enfermedades sistémicas <sup>89,90</sup>. Sin embargo, parece también posible que las infecciones orales jueguen un papel importante en la etiología de ciertas enfermedades sistémicas <sup>91</sup>.

La caries, como se ha mencionado anteriormente, es una enfermedad infecciosa provocada por bacterias localizadas en la superficie dental. Las enfermedades periodontales, que incluyen las gingivitis y las periodontitis, son también enfermedades infecciosas provocadas por bacterias pero que afectan a los tejidos periodontales, pudiendo afectar el hueso alveolar y causando su destrucción <sup>92</sup>. La degeneración ósea produce una pérdida de soporte, causando una mayor movilidad dentaria e incrementando el riesgo de pérdida de dientes <sup>93</sup>. A su vez, las bacterias presentes en el surco gingival pueden liberar toxinas a la cavidad oral haciendo el ambiente más favorable al desarrollo de infecciones <sup>94</sup>.

La proximidad anatómica de la microflora oral hacia el torrente sanguíneo podría explicar la facilidad para que suceda una bacteriemia y la consiguiente diseminación sistémica de microorganismos patógenos a órganos alejados de la cavidad oral, causando enfermedades sistémicas <sup>91</sup>. La presencia de infecciones orales, junto con una higiene oral deficiente, podrían facilitar la diseminación sistémica de microorganismos orales con la consiguiente proliferación de bacterias o sus toxinas, causando un alto riesgo de infección en los tejidos colonizados <sup>95</sup>. En este sentido, determinadas bacterias de la microflora oral se han visto implicadas en diversas patologías sistémicas, tales como la endocarditis bacteriana <sup>96</sup>, la hiperplasia aórtica <sup>97</sup>, enfermedades cardiovasculares <sup>98</sup>, el cáncer oral <sup>99</sup>, enfermedades respiratorias <sup>100</sup>, neumonía <sup>101</sup>, osteonecrosis mandibular inducida por bifosfonatos <sup>102</sup>, bajo peso al nacer y embarazos pre-término <sup>103</sup>, accidente vascular cerebral <sup>104</sup> y artritis reumatoide <sup>105</sup>. Recientemente, se ha observado una correlación significativa entre diversos índices de salud oral deficiente y enfermedades cardiovasculares <sup>106,107</sup>, artritis <sup>108</sup>, e incluso lesiones musculares <sup>109</sup>. Estos datos sugerirían una posible influencia de la microflora de la cavidad oral en el desarrollo de otras enfermedades sistémicas.

La importancia clínica de las infecciones orales en la población deportista reviste en el riesgo existente de bacteriemia, que es sustancialmente mayor en situaciones de inmunosupresión <sup>110</sup>. La población deportista se encuentra sometida a regímenes estrictos de entrenamiento, en ocasiones con pocos periodos de recuperación, que pueden llevar a la fatiga del organismo y a desarrollar un síndrome de sobreentrenamiento. Esta condición puede resultar no sólo en una disminución del rendimiento del deportista sino también en una alteración de las funciones fisiológicas y una disminución de la función inmunológica <sup>111</sup>, que podría incrementar el riesgo de diseminación bacteriana en presencia de infecciones orales. Por otra parte, la medicación prescrita para el tratamiento de afecciones bucodentales puede también comprometer el rendimiento del deportista <sup>112</sup>. Por lo tanto, es importante una buena prevención en estos sujetos para evitar la diseminación bacteriana y sus consecuencias a nivel, no sólo de rendimiento deportivo por el riesgo de lesiones musculares, sino de enfermedades sistémicas que puedan poner en riesgo la salud del deportista.

### 3. INFLUENCIA DE LA OCLUSIÓN DENTAL SOBRE EL RENDIMIENTO FÍSICO DEL DEPORTISTA

---

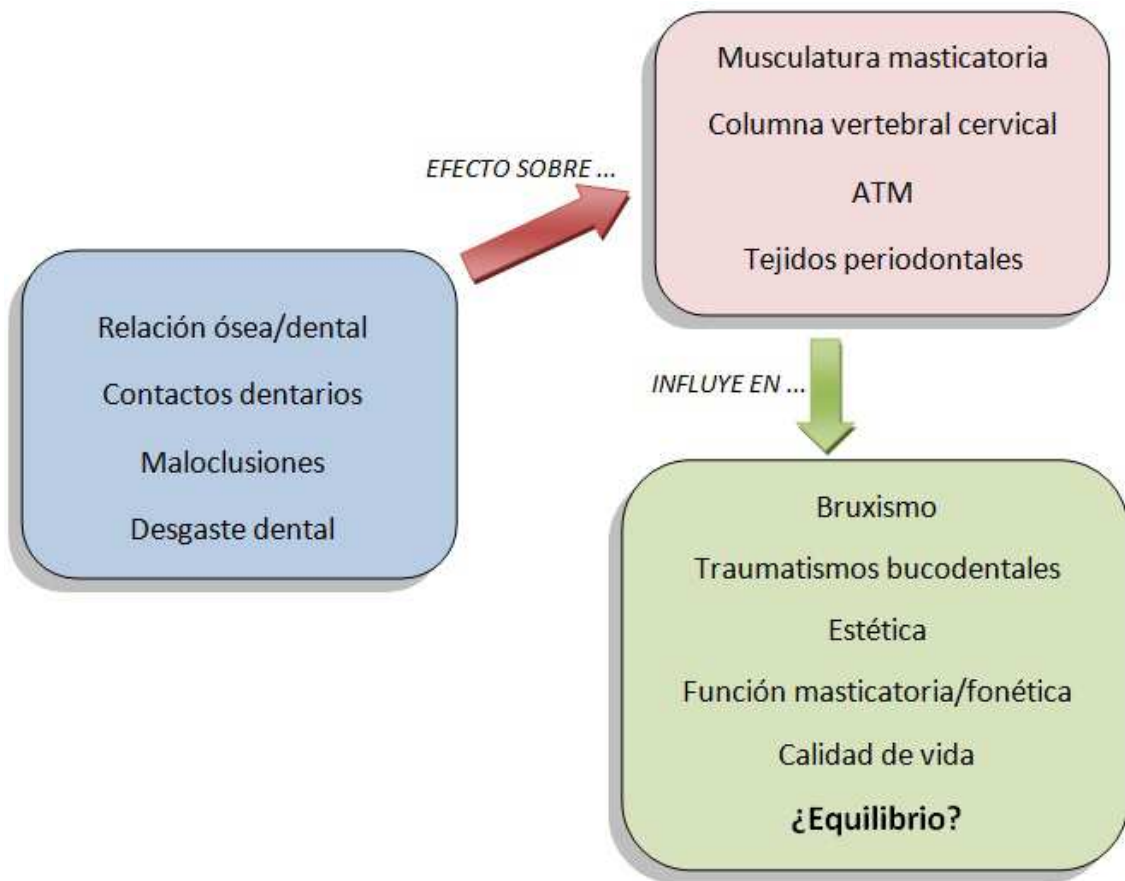
En los últimos años diferentes investigaciones han planteado la posibilidad de que la oclusión dental pudiera afectar negativamente el rendimiento físico del deportista, al alterar el control postural mediante influencias entre las cadenas musculares masticatorias y cervicales.

#### 3.1 La oclusión dental

La oclusión dental, de acuerdo al glosario de terminología de Prostodoncia, puede definirse como *“la relación estática entre las superficies incisales u oclusales de los dientes maxilares o mandibulares o dientes análogos”*, e incluye como elementos participativos de la oclusión dental *“la articulación temporomandibular (ATM) y musculatura asociada, los dientes, las superficies de contacto dentales, y las estructuras de soporte dentario”* <sup>113</sup>.

Actualmente, se valora la oclusión dental como una pieza clave en el funcionamiento del aparato estomatognático, participando activamente en las funciones de masticación, deglución y fonación. En este sentido, la oclusión dental podría definirse bajo el concepto de una esfera tridimensional que incluiría, no sólo la posición relativa de los dientes y los huesos maxilares, sino también la influencia de ella en el desarrollo de las funciones orales, y sobre la apariencia física <sup>114</sup>.

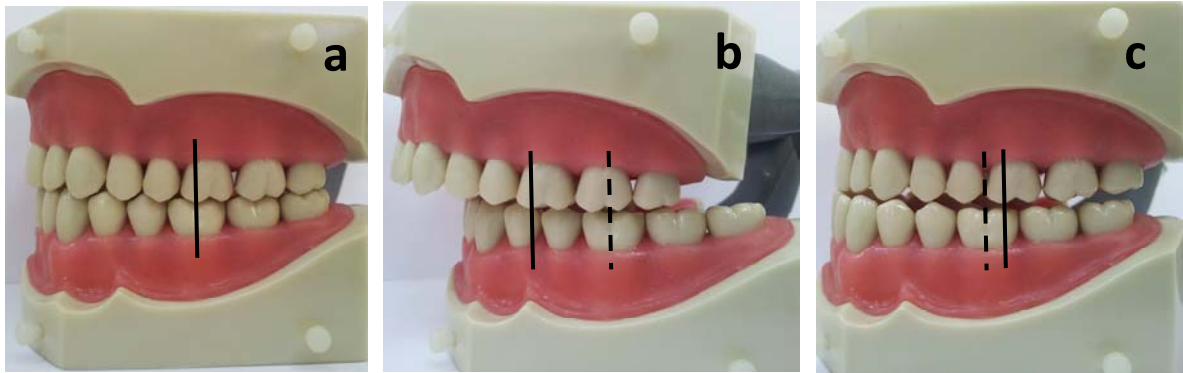
La relevancia de la oclusión dental en el estado de salud de la cavidad oral viene determinada por la influencia que determinadas características oclusales pueden tener sobre ciertas enfermedades orales, trastornos musculares y articulares, alteraciones funcionales (masticación, habla), alteraciones en la apariencia física, además del dolor y la inflamación, que en última instancia repercutirán en la calidad de vida del sujeto <sup>114</sup> (Figura 15).



**Figura 15.** Estudio de la oclusión dental en base a las relaciones con la cavidad oral. Se observa la influencia que puede ejercer la oclusión dental sobre la musculatura masticatoria y cervical, ATM, bruxismo, patologías orales, apariencia física, funciones orales, y calidad de vida. Adaptado de Jokstad, 2012 <sup>114</sup>.

### 3.2 Las maloclusiones

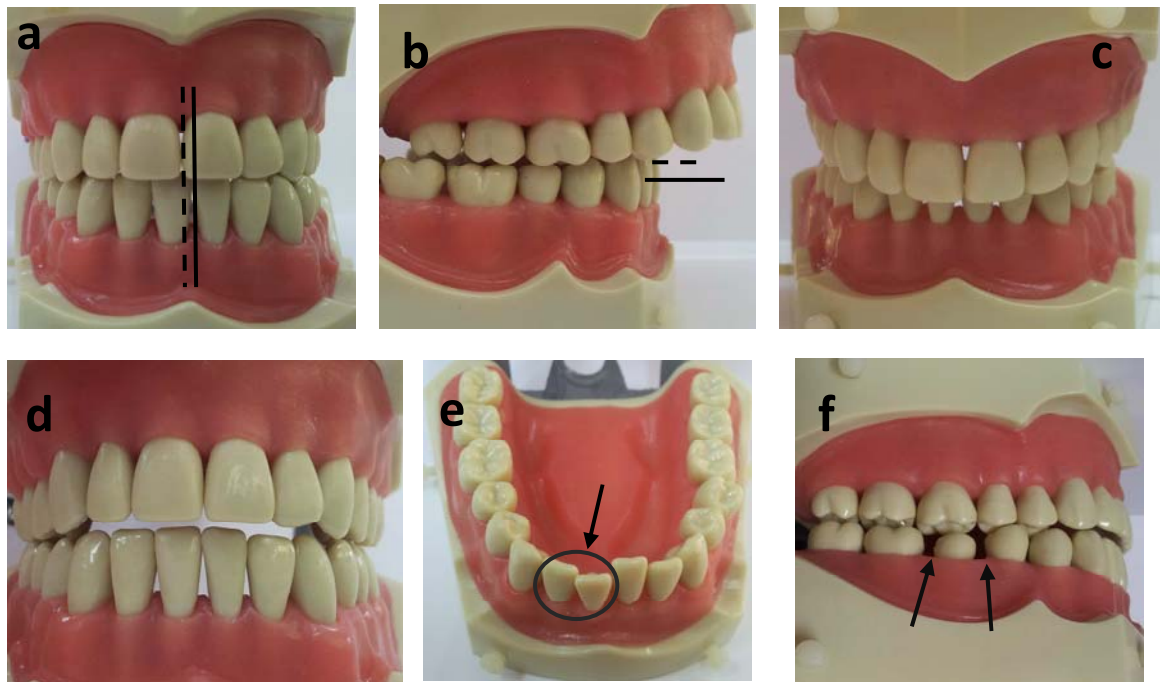
La primera clasificación de las maloclusiones dentales data del año 1899, Edward Angle estableció entonces los parámetros indicativos de la oclusión ideal, así como de las alteraciones de la oclusión que denominó maloclusiones. La definición de oclusión ideal, o normoclusión, se establecía tomando como referencia la interrelación de los primeros molares superior e inferior, de modo que en la clase I de Angle la cúspide mesiovestibular del primer molar superior ocluía en el surco mesial del primer molar inferior, mientras que en las clases II y III dicha cúspide ocluía mesial o distalmente respectivamente <sup>115</sup> (Figura 16). Posteriormente, Lischer denominó a la clase I de Angle neutroclusión, a la clase II distoclusión, y a la clase III mesioclusión <sup>116</sup>.



**Figura 16.** Clasificación de Angle I (a), II (b) y III (c). Se aprecia la oclusión de la cúspide mesiovestibular del primer molar superior con el surco mesial del primer molar inferior (a), mesial (b) y distalmente (c) al surco. En las clases II y III la línea discontinua indica la oclusión ideal en el surco mesial del primer molar inferior.

Además de la clasificación de Angle, que toma en consideración las relaciones intermaxilares sagitales para definir la maloclusión, existen otros tipos de maloclusión dental que consideran otros planos como el horizontal o el vertical (Figura 17). De esta manera, pueden definirse las siguientes alteraciones de la oclusión dental <sup>117</sup>:

- ✓ Desviación de la línea media: alteración en el plano frontal en la que el punto medio (línea entre incisivos centrales superiores) de la arcada superior e inferior no coinciden.
- ✓ Diastema: presencia de espacio entre dos dientes.
- ✓ Apiñamiento: alteración que se produce en la posición de los dientes, donde se encuentran uno o más dientes superpuestos encima de los dientes contiguos.
- ✓ Resalte: exceso de espacio en el plano horizontal entre los dientes anteriores de una arcada dentaria respecto de los dientes antagonistas estando la oclusión en posición de máxima intercuspidación.
- ✓ Mordida abierta: alteración en la relación vertical con ausencia de contacto entre los dientes superiores e inferiores en posición de máxima intercuspidación.
- ✓ Sobremordida: exceso de superposición vertical de los incisivos centrales maxilares sobre los mandibulares en posición de máxima intercuspidación.



**Figura 17.** Desviación de la línea media (a), resalte (b), sobremordida (c), mordida abierta (d), apiñamiento (e) y diastema (f) . La línea discontinua indica la distancia o posición ideal de oclusión dental.

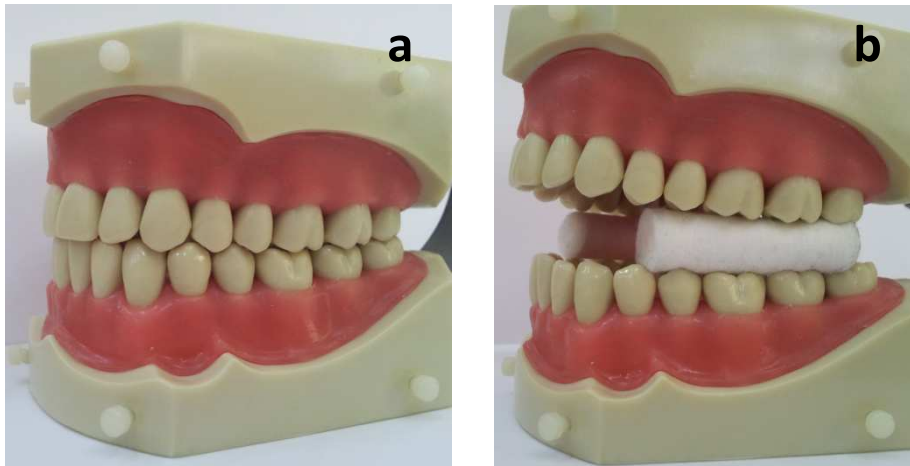
### 3.3 Las posiciones mandibulares

Se han descrito diferentes posiciones mandibulares en función de la relación establecida entre las superficies oclusales de los dientes, que repercuten en el estado de la musculatura masticatoria. Para la realización de esta memoria se tomaron en consideración dos posiciones mandibulares: la posición de máxima intercuspidad, con contacto dentario, y la posición de reposo, sin contacto dentario.

La **posición de máxima intercuspidad (ICP)**, se obtiene pidiendo al sujeto que apriete los dientes en su posición natural (Figura 18a).

La **posición de reposo (RP)**, al ser una posición sin contacto dentario, se obtiene colocando torundas de algodón (8mm de grosor) entre las dos arcadas dentarias, situadas desde los caninos hasta los molares <sup>118</sup>. En esta posición, se ha observado una notoria reducción en la actividad de la musculatura masticatoria y la cervical <sup>119</sup> (Figura 18b).





**Figura 18.** Imagen de la posición mandibular en posición de máxima intercuspidación (a) y en posición de reposo (b).

### **3.4 Influencia de la oclusión dental sobre el rendimiento físico**

La formación de un atleta competitivo implica necesariamente la adquisición de capacidades condicionales y coordinativas. Mientras que las primeras (fuerza, resistencia, velocidad y flexibilidad) dependen en gran medida de los aparatos locomotor, cardiorespiratorio y endocrino; las habilidades coordinativas cuentan con el control neural del movimiento y los procesos de regulación. Estas últimas son también cruciales para el deporte ya que permiten a los atletas controlar sus acciones motoras. Una de los principales componentes de las capacidades coordinativas es el equilibrio <sup>120</sup>. El equilibrio participa en la adecuada ejecución de las acciones deportivas complejas y se encuentra influido por numerosos factores, tales como la información de la visión, el sistema somatosensor y el sistema vestibular. Estas fuentes de información deben ser integradas a nivel del sistema nervioso central para regular la orientación y la estabilización de los segmentos corporales. Además, el control neuromuscular, la fuerza muscular y las anticipaciones para la recuperación del equilibrio después de alteraciones juegan también un papel importante en el control postural <sup>121</sup>. Recientemente, Solovykh et al. propusieron, como un factor más influyente en el equilibrio, la participación del sistema estomatognático, cifrando una contribución del 2% en el control postural <sup>122</sup>. En los últimos años, la posible correlación entre el sistema estomatognático y el control postural ha suscitado un interés creciente debido a las fuertes implicaciones clínicas que dicha correlación podría tener. Sin embargo, la bibliografía disponible no es concluyente y los resultados de revisiones bibliográficas recientes se han posicionado tanto a favor <sup>123,124</sup> como en contra <sup>125</sup> de dicha correlación clínica.

### **3.4.1 Justificación de la relación**

La relación entre los factores que condicionan el control postural y las estructuras orales se fundamenta en la organización neurofuncional del sistema estomatognático, principalmente a nivel de conexiones entre la musculatura masticatoria y la cervical <sup>126</sup> (*Apéndice III*). Además, las interconexiones neuronales observadas entre el nervio trigémino y el núcleo vestibular, que son responsables de la función masticatoria y del control del equilibrio respectivamente <sup>127</sup>, refuerzan la hipótesis de la existencia de una relación entre el sistema estomatognático y el control postural. En este sentido, se ha observado experimentalmente una influencia del nervio trigémino en el control vestibular de los movimientos del cuello y la función de la musculatura cervical <sup>127,128</sup>, en el movimiento de los ojos y de la cabeza <sup>129</sup>, así como en el control postural <sup>130</sup>. En esta línea, Gangloff et al. observaron que había un empeoramiento del control postural cuando se administraba anestesia en el nervio trigémino, concluyendo que la información aferente del V p.c. podría estar relacionada con otras aferencias involucradas en el control del equilibrio <sup>131</sup>. Si tenemos en cuenta que el feedback para el control de los músculos elevadores mandibulares viene a partir de los receptores periodontales <sup>132</sup>, las interconexiones musculares entre la musculatura masticatoria y la cervical, podrían explicar que alteraciones oclusales que perturbaran el patrón de contracción de la musculatura masticatoria tuvieran influencia en las cadenas musculares cervicales, alterando por lo tanto, el control postural (*Apéndices IV y V*).

### **3.5 La importancia de la superficie de soporte**

El control postural puede ser definido como equilibrio estático o la habilidad de mantener una base de soporte con el mínimo movimiento, y como equilibrio dinámico o la habilidad de realizar una actividad mientras se mantiene una posición estable. Esta última condición incluye el reequilibrio posterior a un desplazamiento del centro de gravedad de la base de soporte <sup>133</sup>. Adquirir una óptima capacidad de mantener el equilibrio tanto estático como dinámico en el deportista es de gran interés por una doble razón, en primer lugar porque se ha visto que los mejores atletas tienden a desarrollar un mejor equilibrio <sup>134</sup>, y en segundo lugar, porque parece que el equilibrio es una habilidad determinante para disminuir el riesgo de lesión deportiva <sup>135</sup>.

La información sensora parece contribuir de forma diferente en el control postural del sujeto dependiendo de las condiciones de la superficie. De manera que cuando la base de soporte es estática y firme, la mayor fuente de señales aferentes que contribuyen en

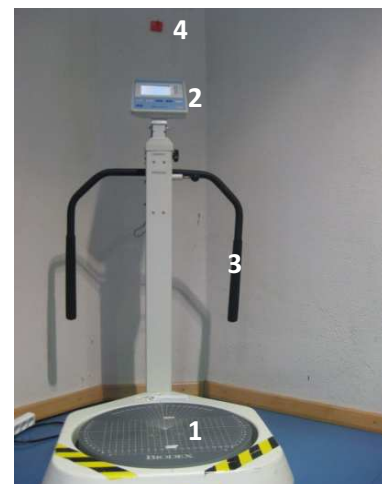
el proceso de control postural proviene de la información del sistema somatosensor, mientras que al cambiar a una superficie inestable se produce un aumento en la importancia de la información procedente de los sistemas visual y vestibular <sup>136</sup>. De una forma similar, este hallazgo puede observarse en condiciones de fatiga, cuando la información visual parece ser un factor determinante en el control postural <sup>137</sup>, lo que sugiere una mayor contribución de otras fuentes de información cuando están presentes condiciones más difíciles para el equilibrio, como la inestabilidad o la fatiga.

La mayoría de bibliografía disponible acerca de la influencia que podría tener la oclusión dental en el control postural, ha analizado la relación evaluando parámetros en condiciones estáticas reportando resultados contradictorios, tanto a favor <sup>118,138,139</sup>, como en contra <sup>140,141</sup> (*Apéndice V*). En la actualidad, diversos autores se han planteado la validez de las plataformas de fuerza, utilizadas en gran parte de la bibliografía sobre el tema, para detectar la relación entre oclusión dental y control postural <sup>140,141</sup>. Sin embargo, menos investigaciones se han centrado en evaluar dicha correlación en condiciones inestables, a pesar de la elevada sensibilidad que ofrecen las plataformas inestables para examinar respuestas individuales a las perturbaciones angulares y transaccionales <sup>142</sup>.

### 3.6 Sistemas de medición del control postural

Las mediciones de equilibrio realizadas en los sujetos de las distintas investigaciones que conforman esta memoria se han realizado bajo condiciones de equilibrio inestable, por su mayor sensibilidad respecto a las plataformas estáticas y su mayor aplicación a la población deportista que desarrolla su actividad en condiciones inestables y dinámicas.

Para tal propósito, se utilizó una plataforma de equilibrio BBS (Biodex Balance System, NY, EEUU) (Figura 19). El BBS consiste en una plataforma circular, móvil, que ofrece un rango de movimiento desde los 20° a los 360° en todas las direcciones. La cantidad de movimiento de la plataforma puede controlarse manualmente mediante la selección de diferentes niveles de estabilidad, desde el 1 (máxima inestabilidad) hasta el 8 (máxima estabilidad),



**Figura 19.** Plataforma de equilibrio BBS. Detalle de los elementos de la plataforma: superficie (1), pantalla LCD (2), agarradera (3). Detalle del punto visual de referencia a un metro de distancia (4).

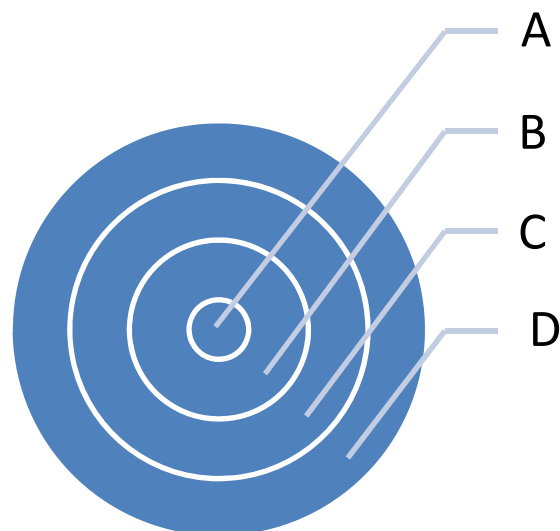
permitiendo medir objetivamente la habilidad del sujeto de mantener el control postural en ambas condiciones, estática y dinámica. A su vez, una pantalla LCD provee información visual a los sujetos de la situación de su centro de masas en relación a la periferia de la plataforma <sup>143</sup>.

La plataforma ofrece, como dato cuantitativo, el *Overall Stability Index* (S.I.) que representa la variación de los desplazamientos de la plataforma (en grados) desde la posición inicial (horizontal) en todas las direcciones durante la medición del test. El S.I. toma en consideración los desplazamientos de la plataforma tanto en el eje anterior/posterior ( $x$ , plano sagital) como en el medio-lateral ( $y$ , plano frontal), de acuerdo a la siguiente ecuación, donde  $x$  representa el eje M/L e  $y$  el A/P:

$$SI = \sqrt{\frac{\sum(0 - X)^2 + \sum(0 - Y)^2}{\text{número de mediciones}}}$$

Altos índices de S.I. indican gran cantidad de movimiento durante el test, y por lo tanto se asocian a una peor capacidad de control postural, mientras que bajos valores de S.I. indican la situación contraria, y son asociados al mantenimiento de una postura más estable durante el test <sup>144</sup>.

El BBS, además de proveer el S.I., proporciona información sobre el porcentaje de tiempo que el sujeto ha pasado durante el test en cuatro diferentes zonas concéntricas de equilibrio (Figura 20). Estas zonas son denominadas A, B, C y D y se sitúan en círculos concéntricos desde el centro de la plataforma, representando los grados de desviación de la plataforma desde el nivel inicial (0°) hasta 5° (zona A), desde 6-10° (zona B), de 11-15° (zona C), y de 16-20° (zona D). Cuanto



**Figura 20.** Esquema de las cuatro zonas concéntricas de la plataforma BBS. Zona A (0-5°), B (6-10°), C (11-14°), y D (16-20°).

más tiempo transcurra el sujeto en la zona A, indica un menor movimiento de la plataforma y por lo tanto mejor capacidad de control postural.



## **2.OBJETIVOS**



El **objetivo general** de esta tesis doctoral se centra en "Analizar y definir la relación entre la práctica de ejercicio físico anaeróbico y la salud oral del deportista". De este objetivo general, se desprenden seis **objetivos específicos**:

1. Estudiar la respuesta fisiológica a nivel oral, mediante la medición del valor de pH salival, tras la realización de ejercicio anaeróbico máximo (*Artículos I y II*). A la vez, estudiar si existe una correlación entre el valor de pH salival con otras medidas fisiológicas relacionadas con el ejercicio como el nivel de lactato sanguíneo (*Artículo I*).
2. Analizar el estado de salud bucodental en atletas de medio-fondo medida a partir del índice CAOD (*Artículo I*).
3. Comprobar si el efecto de la exposición a hipoxia durante la realización de ejercicio anaeróbico es un factor modificador del pH salival. A la vez, valorar si existe una correlación entre el valor de pH salival y la saturación arterial, como medida fisiológica relacionada con la altitud (*Artículo II*).
4. Valorar la influencia de la oclusión dental en el control postural del sujeto bajo diferentes condiciones de estabilidad (estática vs dinámica) (*Artículos III y IV*).
5. Determinar la influencia de la fatiga periférica en el equilibrio y valorar si la oclusión dental es un factor determinante en el equilibrio del sujeto después del ejercicio (*Artículo IV*).





### **3. INFORME DE LOS DIRECTORES DE LA TESIS DEL FACTOR DE IMPACTO DE LOS ARTÍCULOS PUBLICADOS**



Los doctores Ginés Viscor Carrasco y Teresa Pagès Costas, como directores de la Tesis Doctoral presentada por Sonia Julià Sánchez, hacen constar que el doctorando ha participado activamente en los artículos que forman esta memoria, tal y como queda reflejado en el orden y composición del equipo de autores de cada uno de ellos. El doctorando ha tenido un papel fundamental en el diseño experimental, en la ejecución de los trabajos experimentales, en los procesos de análisis y tratamiento de los datos. También ha tenido el principal protagonismo en el proceso de difusión y publicación de los resultados y conclusiones, es decir, en la redacción de los manuscritos y en el proceso de revisión por pares.

Los indicadores de calidad e índices de factor de impacto (IF) de las publicaciones que se han aceptado o enviado los artículos que conforman esta memoria son los siguientes:

*Artículo I. Título de la publicación:* Efecto del ejercicio de capacidad anaeróbica láctica sobre el pH salival.

**Autores** (p.o. de firma): Sonia Julià-Sánchez, Jesús Álvarez-Herms, Aritz Urdampilleta, Francesc Corbi, Teresa Pagès, Ginés Viscor.

**Revista:** Apunts. Medicina de l'Esport **Volumen:** 48 **Páginas:** 83-8 **Año:** 2013 **ISSN:** 1886-6581

**Participación del doctorando:** Participación en el protocolo de ejercicio y recogida de muestras. Realización de las técnicas descritas en el manuscrito. Colaboración en la redacción del manuscrito.

**SJR** (2012): 0.12; **CARHUS+** (2010): B

Times cited: 1

*Artículo II. Título de la publicación:* Salivary pH increases after jump exercises in hypoxia.

**Autores** (p.o. de firma): Sonia Julià-Sánchez, Jesús Álvarez-Herms, Hannes Gatterer, Martin Burtscher, Teresa Pagès, Ginés Viscor.

**Revista:** Science & Sport. **Año:** 2014. "In press", <http://dx.doi.org/10.1016/j.scispo.2013.12.004> **ISSN:** 0765-1597

**Participación del doctorando:** Participación en el protocolo de realización de ejercicio durante la exposición a hipoxia normobárica y recogida de muestras. Realización de las técnicas descritas en el manuscrito. Colaboración en la redacción del manuscrito.

**I.F.** (2012): 0.49

**5 years I.F.** (2012): 0.41

*Eigenfactor* Score (2013): 0.0004

*Article influence* Score (2013): 0.08

Times cited: No aplicable

*Artículo III. Título de la publicación:* Dental occlusion influences on the standing balance on an unstable platform.

**Autores** (p.o. de firma): Sonia Julià-Sánchez, Jesús Álvarez-Herms, Hannes Gatterer, Martin Burtscher, Teresa Pagès, Ginés Viscor.

**Revista:** Motor Control (en proceso de revisión editorial) (ISSN: 1087-1640)

**Participación del doctorando:** Participación en el protocolo de recogida de muestras. Realización de las técnicas descritas en el manuscrito. Colaboración en la redacción del manuscrito.

**I.F.** (2012): 1.39

**5 years I.F.** (2012): 1.71

*Eigenfactor* Score (2012): 0.00

*Article influence* Score (2012): 0.54

Times cited: No aplicable

*Artículo IV. Título de la publicación:* Dental occlusion affects body balance control in different stability conditions after lower limb exercise.

**Autores** (p.o. de firma): Sonia Julià-Sánchez, Jesús Álvarez-Herms, Hannes Gatterer, Martin Burtcher, Teresa Pagès, Ginés Viscor.

**Revista:** Gait & Posture (en proceso de revisión editorial) (ISSN: 0966-6362)

**Participación del doctorando:** Participación en el protocolo de ejercicio y recogida de muestras. Realización de las técnicas descritas en el manuscrito. Colaboración en la redacción del manuscrito.

**I.F.** (2012): 1.97

**5 years I.F.** (2012): 2.63

*Eigenfactor* Score (2012): 0.01

*Article influence* Score (2012): 0.79

Times cited: No aplicable

Dr. Ginés Viscor Carrasco

Dra. Teresa Pagès Costas

Director

Directora

**Otras publicaciones adicionales que no forman parte de la tesis:**

*Artículo I: Título de la publicación:* Importancia de la salud bucodental en el deportista [Abs].

**Autores** (p.o. de firma): Sonia Julià-Sánchez, Jesús Álvarez-Herms, Francesc Corbi, Teresa Pagès, Ginés Viscor.

**Revista:** Archivos de Medicina del Deporte **Volumen:** 27 **Número:** 145 **Páginas:** 346  
**Año:** 2011 **ISSN:** 0212-8799

*Artículo II: Título de la publicación:* La deshidratación en el deportista [Abs].

**Autores** (p.o. de firma): Sonia Julià-Sánchez, Jesús Álvarez-Herms, Francesc Corbi, Teresa Pagès, Ginés Viscor.

**Revista:** Archivos de Medicina del Deporte **Volumen:** 27 **Número:** 145  
**Páginas:** 367 **Año:** 2011 **ISSN:** 0212-8799

*Artículo III: Título de la publicación:* Monitorización de la SaO<sub>2</sub> en ejercicio físico máximo a diferentes altitudes [Abs].

**Autores** (p.o. de firma): Jesús Álvarez-Herms, Sonia Julià-Sánchez, Hannes Gatterer, Francesc Corbi, Ginés Viscor.

**Revista:** Archivos de Medicina del Deporte **Volumen:** 27 **Número:** 145  
**Páginas:** 362-363 **Año:** 2011 **ISSN:** 0212-8799

*Artículo IV: Título de la publicación:* Análisis de un entrenamiento de fuerza resistencia en hipoxia y normoxia en la variabilidad de la frecuencia cardíaca.

**Autores** (p.o. de firma): Jesús Álvarez-Herms, Sonia Julià-Sánchez, Aritz Urdampilleta, Teresa Pagès, Francesc Corbi, Ginés Viscor.

**Revista:** Archivos de Medicina del Deporte **Volumen:** 27 **Número:** 145  
**Páginas:** 363 **Año:** 2011 **ISSN:** 0212-8799

*Artículo V: Título de la publicación:* A program of force training at simulated altitude does not influence postural balance [Abs].

**Autores** (p.o. de firma): Jesús Álvarez-Herms, Sonia Julià-Sánchez, Teresa Pagès, Ginés Viscor, Francesc Corbi.

**Revista:** Sleep & Breath **Volumen:** 16 **Páginas:** 261 **Año:** 2012 **ISSN:** 1520-9512

*Artículo VI: Título de la publicación:* Lactic anaerobic capacity enhancement by explosive-strength endurance training under simulated altitude conditions [Abs].

**Autores** (p.o. de firma): Jesús Álvarez-Herms, Sonia Julià-Sánchez, Teresa Pagès, Ginés Viscor, Francesc Corbi.

**Revista:** Sleep & Breath **Volumen:** 16 **Páginas:** 253 **Año:** 2012 **ISSN:** 1520-9512

*Artículo VII. Título de la publicación:* Changes in heart rate recovery index after a programme of strength/endurance training in hypoxia.

**Autores** (p.o. de firma): Jesús Álvarez-Herms, Sonia Julià-Sánchez, Francesc Corbi, Teresa Pagès, Ginés Viscor.

**Revista:** Apunts. Medicina de l'Esport **Volumen:** 47 **Número:** 173 **Páginas:** 23-9 **Año:** 2012 **ISSN:** 1886-6581

*Artículo VIII: Título de la publicación:* Parámetros bioquímicos sanguíneos y la interpretación de los mismos ante las variaciones inducidas por el ejercicio físico-deportivo [Abs].

**Autores** (p.o. de firma): Saioa Gómez-Zorita; Aritz Urdampilleta; José Miguel Martínez-Sanz; Raúl López-Grueso; Jesús Álvarez-Herms; Sonia Julià-Sánchez; Néstor Vicente-Salar.

**Revista:** Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria **Volumen:** 32 Supl.1 **Páginas:**36 **Año:** 2012 **ISSN:** 0211-6057



*Artículo IX: Título de la publicación:* Preparación física mediante estímulos de hipoxia en el deporte.

**Autores** (p.o. de firma): Aritz Urdampilleta, Jesús Álvarez-Herms, Sonia Julià-Sánchez.

**Revista:** Educación Física y Deportes, Revista digital **Número:** 174 **Año:** 2012 **ISSN:** 1514-3465

*Artículo X: Título de la publicación:* Effectiveness of strength (high repetition-moderate load) training program in normobaric intermittent hypoxia to increase cardiac reserve and performance [Abs].

**Autores** (p.o. de firma): Raúl López-Grueso, Aritz Urdampilleta, Jesús Álvarez-Herms, Sonia Julià-Sánchez, Saioa Gómez-Zorita, José Miguel Martínez-Sanz, Francesc Corbi, Teresa Pagès, Ginés Viscor.

**Revista:** Proceedings of the Physiology Society (Poster communication) 26, PC 45.  
**Año:** 2012 **ISSN:** 1749-6187

*Artículo XI: Título de la publicación:* El consumo máximo de oxígeno, saturación arterial de oxígeno y rendimiento físico a altitudes elevadas.

**Autores** (p.o. de firma): Aritz Urdampilleta, Jesús Álvarez-Herms, Sonia Julià-Sánchez.

**Revista:** Educación Física y Deportes, Revista digital **Número:** 173 **Año:** 2012 **ISSN:** 1514-3465

*Artículo XII: Título de la publicación:* Protocolo de hidratación antes, durante y después de la actividad físico-deportiva.

**Autores** (p.o. de firma): Aritz Urdampilleta, José Miguel Martínez-Sanz, Sonia Julià-Sánchez, Jesús Álvarez-Herms.

**Revista:** Motricidad. European Journal of Human Movement **Volumen:** 31 **Páginas:** 57-76 **Año:** 2013 **ISSN:** 0214-0071

*Artículo XIII. Título de la publicación:* Potenciales aplicaciones del entrenamiento de hipoxia en el fútbol.

**Autores** (p.o. de firma): Jesús Álvarez-Herms, Sonia Julià-Sánchez, Aritz Urdampilleta, Francesc Corbi, Ginés Viscor.

**Revista:** Apunts. Medicina de l'Esport **Volumen:** 48 **Número:** 179 **Páginas:** 103-8  
**Año:** 2013 **ISSN:** 1886-6581

*Artículo XIV. Título de la publicación:* Anaerobic performance after endurance strength training in hypobaric environment.

**Autores** (p.o. de firma): Jesús Álvarez-Herms, Sonia Julià-Sánchez, Francesc Corbi, Teresa Pagès, Ginés Viscor.

**Revista:** Science & Sport **Año:** 2014 "In press:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scispo.2013.11.002>" **ISSN:** 0765-1597

*Artículo XV: Título de la publicación:* Different degrees of acute hypoxia does not influence the maximal anaerobic power capacity.

**Autores** (p.o. de firma): Jesús Álvarez-Herms, Sonia Julià-Sánchez, Hannes Gatterer, Ginés Viscor, Martin Burtscher.

**Revista:** Wilderness & Environmental Medicine **Año:** 2014 **ISSN:** 1080-6032

*Artículo XVI. Título de la publicación:* A program of circuit strength training under hypobaric hypoxia conditions improves the anaerobic performance of athletes.

**Autores** (p.o. de firma): Jesús Álvarez-Herms, Sonia Julià-Sánchez, Francesc Corbi, Teresa Pagès, Ginés Viscor.

**Revista:** Science et Sport (en proceso de revisión editorial) **ISSN:** 0765-1597

*Artículo XVII: Título de la publicación:* Heart rate variability after one session of power strength exercise performed at different hypoxic conditions.

**Autores** (p.o. de firma): Jesús Álvarez-Herms, Sonia Julià-Sánchez, Hannes Gatterer, Francesc Corbi, Teresa Pagès, Ginés Viscor, Martin Burtscher.

**Revista:** Journal of Exercise Science & Fitness (en proceso de revisión editorial) **ISSN:** 1728-869X



## **4.DISCUSIÓN GENERAL**



Aunque la práctica regular de actividad física aporta múltiples beneficios para la salud general del organismo, la implicación que la práctica deportiva puede tener sobre la salud oral, y en consecuencia, su posible repercusión sobre la salud general es, no obstante, poco conocida y puede revestir gran importancia no sólo para la salud del deportista sino también para su rendimiento físico.

La realización de esta tesis doctoral ha pretendido profundizar en el análisis de la posible influencia recíproca del estado de salud bucodental y el ejercicio de carácter máximo y de orientación anaeróbica. Una revisión bibliográfica sobre la temática deja constancia clara de que existe un reducido análisis de las respuestas individuales y específicas en este tipo de especialidades deportivas tanto en el campo de las ciencias de la salud oral como en el deporte. Por esta razón, un objetivo básico de este trabajo ha sido claramente remarcar la importancia del estudio específico de las respuestas fisiológicas en base a las respuestas adaptativas específicas producidas por un ejercicio de carácter anaeróbico y no aeróbico. Después de la lectura de esta tesis doctoral, el especialista en ciencias de la salud oral o del deporte debería extraer conclusiones claras acerca de la necesidad imperiosa de prestar mayor atención a la medición y el control específico de las respuestas fisiológicas en la cavidad oral por la influencia de las patologías bucodentales en el rendimiento deportivo.

Para llevar a cabo este objetivo, se han llevado a cabo varios estudios, que han dado lugar a diferentes publicaciones, los cuales han ampliado y profundizado en el conocimiento específico de la relación entre ejercicio anaeróbico y la salud bucodental. Nuestros resultados apuntan globalmente hacia dos puntos clave: 1) el ejercicio físico modifica el valor de pH salival, siendo más alcalino a medida que la intensidad del ejercicio aumenta y, 2) parece existir una relación clara entre la oclusión dental y las capacidades estática y dinámica de reequilibrio, lo cual tiene considerable interés práctico, siendo este parámetro de gran importancia en este tipo de deportes. Por ello, los resultados generales amplían y extienden los objetivos descritos en el contexto expuesto para este trabajo: a) análisis y valoración de la respuesta fisiológica en la cavidad oral después de ejercicio máximo de carácter anaeróbico; y b) valoración de la influencia del estado de salud bucodental (oclusión dental) en una capacidad coordinativa básica y específica de este tipo de deportes (equilibrio estático y dinámico).

Un aspecto clave de este trabajo ha sido la valoración del pH salival en deportistas de disciplinas anaeróbicas en condiciones basales y después de la realización de ejercicio. La valoración del pH salival es de gran importancia clínica para describir la mayor o menor susceptibilidad de desarrollar caries o enfermedad periodontal. El frágil equilibrio de la microflora oral puede romperse en presencia de alteraciones ambientales con la consiguiente colonización de bacterias patógenas, modificando la ecología habitual de la placa dental y haciendo al huésped más susceptible a desarrollar enfermedades infecciosas. La exposición a bajos valores de pH es el principal factor ambiental responsable de la modificación de la flora bacteriana oral, y se debe fundamentalmente al aumento en la frecuencia de consumo de hidratos de carbono fermentables y a la disminución del volumen de flujo salival, ambos factores presentes durante el desarrollo de actividad física. La producción de saliva es una función de las glándulas salivales, que se encuentran bajo el control del sistema nervioso autónomo, mientras que el SNPS controla principalmente el volumen de secreción salival, el SNS regula la secreción proteica <sup>145</sup>. Durante la actividad física se produce un predominio en la actividad del SNS, que se traduce en cambios a nivel cuantitativo y cualitativo de la saliva. Tradicionalmente, la disminución del flujo salival, durante la práctica deportiva intensa y continuada, se ha asociado a la disminución de la vascularización sanguínea a las glándulas salivales bajo el efecto de la mayor secreción de catecolaminas <sup>55</sup>. A la vez, la estimulación simpática produce un aumento en la concentración de proteínas, que contribuye a incrementar la viscosidad de la saliva <sup>52</sup>. Sin embargo, actualmente se defiende que las alteraciones del flujo salival relacionadas con el ejercicio son debidas más a una disminución del estímulo parasimpático que a un incremento en la actividad simpática <sup>146</sup>. Por otra parte, las modificaciones de la saliva, tanto a nivel cuantitativo (volumen de flujo salival) como cualitativo (composición de electrolitos) parecen ser diferentes según el tipo de actividad física realizada (*Ver Introducción, Tablas 3 y 4*).

La disminución del flujo salival se asocia a una disminución en la capacidad amortiguadora (*buffer*) de la acidez de la saliva y por lo tanto a una disminución del valor de pH salival <sup>36</sup>. Desafortunadamente, existen pocos estudios que valoren específicamente las modificaciones en el valor de pH salival después de la realización de ejercicio físico tanto de carácter aeróbico como anaeróbico. En esta línea, Ljungberg et al. <sup>51</sup> valoraron diferentes parámetros salivales (concentración de proteínas, pH salival y capacidad *buffer*), inmediatamente después de realizar un maratón y durante la hora

subsiguiente, sin describir diferencias estadísticamente significativas en el valor de pH salival ni en la capacidad *buffer*. En contraposición, los resultados obtenidos en nuestras investigaciones describieron un incremento en el valor del pH salival después de la realización de ejercicio de capacidad anaeróbica láctica, tanto de carrera mediante series de 300m en pista (*Artículo I*), como de saltos (CMJ) (*Artículo II*). Posteriormente, Frese et al. corroboraron nuestros resultados al observar un incremento significativo en el pH salival después de la realización de un test incremental de carrera en atletas <sup>147</sup>. Esta diferencia en el comportamiento del pH salival con el ejercicio aeróbico y anaeróbico podría deberse al aumento en la capacidad *buffer* de la saliva con el ejercicio anaeróbico, como ha sido descrito después de la realización de ejercicio físico máximo <sup>148</sup>. Esto podría explicar que el valor de pH salival alcanzara valores más alcalinos durante el desarrollo de nuestros protocolos de ejercicio, caracterizados por una intensidad máxima y una recuperación incompleta entre acciones. El comportamiento en la capacidad *buffer* ha sido ampliamente reportado en la fisiología del ejercicio en su análisis de las respuestas musculares asociadas al ejercicio anaeróbico láctico. Los deportistas que realizan un entrenamiento sistemático en condiciones anaeróbicas están sometidos repetidamente a altos niveles de acidificación por la acumulación muscular de metabolitos (lactato e hidrogeniones) derivados de la glucólisis anaeróbica <sup>149</sup>. En el músculo, este proceso se traduce en un descenso del pH muscular que reduce la eficacia de las contracciones por diversos mecanismos entre los cuales destacan una menor actividad de las enzimas glucolíticas o un descenso en la regulación de iones y proteínas contráctiles <sup>150</sup>. Sahlin et al. <sup>151</sup> describieron una mayor eficacia en la capacidad *buffer* muscular al ejercicio anaeróbico en sujetos entrenados en deportes anaeróbicos en comparación con sedentarios o deportistas especializados en disciplinas aeróbicas. La mejora de la capacidad *buffer* muscular se traduce en una reducción en la acumulación de lactato y hidrogeniones intra- y extracelular, además de ayudar en la regulación del pH intracelular <sup>149</sup>. Por todo ello se considera que los deportistas con altas demandas anaeróbicas (ejercicios máximos hasta 2 minutos) o con esfuerzos máximos (<30 segundos) repetidos sin recuperaciones completas (deportes colectivos: fútbol, baloncesto, balonmano) tienen potenciada su capacidad *buffer* muscular <sup>149</sup> en comparación con deportistas no específicos de estas disciplinas (rendimiento aeróbico).

En base a esta respuesta específica a nivel muscular podría especularse que a nivel oral existiera una respuesta en paralelo con una mejora en la capacidad *buffer* de la saliva y



en consecuencia una alcalinización del pH salival. A la vez, el hecho de que durante la ejecución de ejercicio prolongado (ejercicio aeróbico) se produzca un reemplazo de bicarbonato por cloruro, provocando en consecuencia una disminución del pH salival, corrobora ésta hipótesis <sup>152,153</sup>.

La medida de la intensidad de la actividad física se ha valorado desde diferentes vertientes fisiológicas de mayor o menor complejidad. La determinación del valor del lactato sanguíneo es una medida comúnmente utilizada por la facilidad de obtención y análisis de muestras. En el estudio realizado con series hasta el agotamiento (series de 300m en pista con recuperaciones incompletas de 3 minutos al 90% de la máxima potencia) se obtuvieron valores superiores a los 14 mmol/L al finalizar la última serie. Este dato describe un importante carga de trabajo anaeróbica que ha sido descrita ampliamente en deportistas de pruebas de resistencia a la velocidad <sup>154</sup>. Se observó además una tendencia paralela entre los valores de lactato sanguíneo y el pH salival, aumentando ambos a medida que se realizaba un mayor número de series. Sin embargo, pese a observar diferencias estadísticamente significativas en una de las dos sesiones realizadas ( $p=0.04$ ), la correlación no fue corroborada en la segunda sesión. Pese a estos datos inconcluyentes, se podría especular sobre la existencia de una respuesta orientada hacia la mejora de la capacidad *buffer* tanto a nivel muscular como salival.

Un dato interesante de los resultados de nuestras investigaciones (*Artículo II*) fue que al valorar el estímulo de la hipoxia sobre el valor del pH salival durante la realización de un protocolo de ejercicio anaeróbico, encontramos que el pH salival adquiriría valores significativamente más alcalinos al desarrollar la actividad física en condiciones de hipoxia, tanto a moderada (2.500 m,  $p < 0.01$ ) como a alta altitud (4.000 m,  $p < 0.05$ ) que al realizar el mismo protocolo de ejercicio en normoxia. Se ha descrito ampliamente cómo las condiciones de hipoxia producen un mayor estrés fisiológico sobre el organismo <sup>155,156</sup>, produciendo una serie de respuestas fisiológicas asociadas como son la disminución de la saturación arterial de oxígeno <sup>157</sup> o la mayor participación del metabolismo anaeróbico para generar energía (incluso en reposo) <sup>158</sup>. A su vez, el contenido arterial de oxígeno parece ser un estímulo para un incremento en la concentración de mioglobina <sup>159</sup> y de la capacidad *buffer* muscular <sup>160,161</sup>. En esta línea, nosotros encontramos una correlación significativa entre la saturación arterial de oxígeno y el pH salival ( $r = - 0.66$ ,  $p < 0.005$  y  $r = - 0.51$ ,  $p < 0.05$  para 2.500m y 4.000m respectivamente), sugiriendo una posible relación entre el contenido de gases en

sangre y el pH salival. En nuestro conocimiento, no existen estudios previos que hayan descrito dicha correlación, siendo por tanto éste un hallazgo pionero en el área de la fisiología de la altitud, si bien estos datos deberían ser interpretados con cierta cautela debido a la falta de estudios en esta línea que permitieran extrapolar datos de manera contrastada y fiable.

Atendiendo a los resultados observados en los artículos *I* y *II*, se puede sugerir que la intensidad del ejercicio está relacionada con la alcalinización del pH salival. Por esta razón, la realización de ejercicio en hipoxia, que incrementaría la intensidad del ejercicio realizado por la mayor deuda de oxígeno, podría intensificar la respuesta de las glándulas salivales al ejercicio. La no significancia observada durante la ejecución del mismo protocolo de ejercicio en normoxia corrobora esta posibilidad y describe el único estudio hasta la fecha con estas conclusiones.

Los resultados de nuestras investigaciones muestran de manera práctica que, *a priori*, la realización de ejercicio anaeróbico podría hacer pensar en un posible efecto protector para el desarrollo de la caries dental. Algunos estudios previos refuerzan esta hipótesis señalando que la práctica de ejercicio físico intenso de corta duración podría contribuir al mantenimiento de la salud oral a partir de la expresión de enzimas con propiedades antibacterianas como la lisozima y la  $\alpha$ -amilasa salival<sup>57</sup>. La lisozima actúa mediante la destrucción del componente polisacárido de la pared celular bacteriana<sup>145</sup>, y la  $\alpha$ -amilasa salival inhibiendo la adhesión bacteriana a las superficies orales<sup>162</sup>. Por otra parte, es importante destacar que el valor de pH salival basal ( $6.9 \pm 0.3$ ) registrado en nuestra muestra de atletas de medio-fondo (disciplinas de carácter anaeróbico), se encontraba en el rango alto de los valores normales de pH salival (6.2 - 7.4).

Respecto a la incidencia de caries en la población deportista, existen pocos estudios que hayan valorado la experiencia de caries (índice CAOD) en comparación con población sedentaria de referencia o con otras disciplinas deportivas entre sí, sin atender al nivel competitivo ni a la especialidad deportiva. Tradicionalmente, se ha atribuido un alto riesgo de caries en la población deportista por la elevada ingesta de hidratos de carbono fermentables. En este sentido, las especialidades deportivas que engloban ejercicio de resistencia de larga duración (aeróbicas) requieren un gran consumo de hidratos de carbono para satisfacer las altas necesidades de reposición debido al elevado grado de degradación de glucógeno por el músculo durante el ejercicio. Esta ingesta se realiza a

lo largo de todo el día e incluso durante el ejercicio, incrementando el riesgo de caries y erosión dental <sup>163</sup>. Investigaciones en este área permiten observar diferencias en el índice CAOD entre deportistas de resistencia aeróbica (a) y otras especialidades deportivas de carácter intermitente (b) y anaeróbicas (c):

a) Milosevic et al. reportaron valores de índice CAOD significativamente mayores en una población de ciclistas (CAOD = 11,6) que de nadadores profesionales (CAOD = 6,2), indicando un mayor riesgo de sufrir caries dental en el ciclismo de competición que en la natación <sup>77</sup>. Nuevamente, los autores atribuyeron las diferencias observadas al mayor consumo de HC por parte de los ciclistas.

b) Gay et al. observaron valores de índice CAOD en futbolistas de competición mayores que en la población sedentaria <sup>109</sup>, corroborando los hallazgos de Ljungberg et al. que hallaron mayor índice CAOD, aunque no significativo, en futbolistas élite respecto a la población sedentaria de la misma edad, sexo y condición social <sup>72</sup>.

c) Por el contrario, el índice CAOD obtenido en nuestra muestra de atletas de medio-fondo ( $2.83 \pm 3.71$ ) (*Artículo I*) fue más bajo que el índice de referencia de la población general, e inferior también a la población de futbolistas del estudio de Gay et al <sup>109</sup>.

Si bien el componente dietético podría explicar gran parte de las diferencias observadas entre la población deportista (disciplinas aeróbicas vs anaeróbicas), el menor índice CAOD observado en nuestra muestra de atletas de medio-fondo (anaeróbico) respecto a la población general sugiere que la especialidad deportiva desarrollada podría también ser determinante para el mayor o menor riesgo de desarrollar patologías bucodentales. Las diferentes modificaciones cualitativas y de pH salival que suceden con el ejercicio aeróbico y anaeróbico podrían jugar un papel importante al respecto.

Pese a los resultados aportados por los citados estudios, en ningún caso se describen específicamente las características individuales de cada sujeto sugiriendo que ciclistas corresponde a ejercicio aeróbico y futbolistas a rendimiento anaeróbico. En este punto, debería ser remarcado que de manera individual existen ciclistas con características más anaeróbicas destacando en pruebas de velocidad y futbolistas caracterizados por tener una gran capacidad aeróbica. Este aspecto es importante de cara a reforzar el análisis de las respuestas fisiológicas a nivel deportivo y clínico.

En un intento de contribuir a la valoración individual de cada especialidad deportiva, un segundo eje clave de este trabajo ha consistido en valorar la influencia que el estado de salud bucodental puede tener en el rendimiento deportivo específico de disciplinas anaeróbicas. Deportes que se caracterizan por depender en una alta proporción de la obtención de energía a través del metabolismo anaeróbico requieren una alta competencia de las capacidades coordinativas y de elementos técnicos que en gran medida contribuyen a mejorar el rendimiento específico. La capacidad de equilibrio y el balance postural es de vital importancia en deportes individuales (la gimnasia, el patinaje, el esquí, los saltos de trampolín...) o colectivos (futbol, baloncesto, balonmano, voleibol...) en los cuales existen constantes cambios de orientación, contactos directos con otros sujetos, saltos, recepciones, superficies de contacto inestables que continuamente requieren procesos de reequilibración y control postural para encadenar acciones de juego (caídas de saltos, remates, reequilibración frente a contacto con rivales...). A la vez, en deportes cíclicos como la carrera, el control postural puede tener una relación directa entre la economía de carrera y la estabilidad del centro de masas y sus oscilaciones <sup>164</sup>.

Es motivo de debate desde estudios pioneros de Allen et. al <sup>165</sup> la relación existente entre la armonía oclusal, la capacidad de desarrollo de fuerza muscular y el control postural. Desde entonces, esta relación se ha hecho extensiva en el ámbito deportivo sugiriendo que la oclusión dental podría contribuir en la habilidad del deportista en el desarrollo de disciplinas deportivas que precisaran de un elevado equilibrio o control postural <sup>138</sup>. Por otro lado, está bien documentado que las maloclusiones dentales son un factor de riesgo para los traumatismos bucodentales relacionados con el deporte <sup>166</sup>. El resultado de estos estudios científicos ha facilitado el uso de férulas de reposicionamiento mandibular con el objetivo de conseguir una relación más armónica entre las estructuras de la ATM. Estos dispositivos han mostrado una mejora en los resultados deportivos a nivel de coordinación muscular en atletas de competición <sup>167</sup>, en el desarrollo de la fuerza muscular <sup>168</sup> y en la propiocepción en profesionales de tiro <sup>138</sup> (*Apéndice VI*).

Otro aspecto que ha sido estudiado en relación al control del equilibrio es la posible influencia que podría tener la fatiga inducida durante el ejercicio. Pese a existir un amplio número de investigaciones en el tema, la alteración del equilibrio debido a la fatiga continúa siendo objeto de debate. Aunque se han descrito alteraciones en el

equilibrio después de la realización de actividad física prolongada (fatiga central y periférica) <sup>169</sup>, el modo en que la fatiga puede alterar el equilibrio no está claro y parece que podría inducir algunos cambios en el sistema sensoriomotor <sup>170</sup>. En nuestras investigaciones, el control postural no fue alterado después de la realización de ejercicio de carácter máximo anaeróbico (fatiga periférica). Sin embargo debería tenerse en cuenta a la hora de valorar estos datos que la realización de un ejercicio de carácter aeróbico (larga duración, intensidad moderada) difiere ampliamente de otro anaeróbico (corta duración, intensidad máxima o supramáxima) en relación al efecto que puede producir la fatiga (central o periférica) sobre el control del equilibrio u otros componentes coordinativos. Aún así está claramente documentado cómo el control postural es dependiente de ambos sistemas (central y periférico) <sup>171</sup>.

Atendiendo al objetivo altamente específico de nuestras investigaciones, nos planteamos valorar el control postural estático y dinámico después de ejercicio máximo anaeróbico (*Artículo IV*). Para el diseño experimental se tomaron en consideración las siguientes premisas: 1) el control del equilibrio dinámico es fundamental en el rendimiento específico de deportes anaeróbicos; y (2) la superficie de soporte puede determinar la diferente contribución de las fuentes de información sensorial para el control del equilibrio <sup>136</sup>. En base a estas premisas, se desarrolló un protocolo experimental de dos sesiones para valorar el equilibrio, en condiciones estáticas y dinámicas separadamente, después de la realización de un ejercicio anaeróbico máximo y de corta duración (series de salto vertical en contramovimiento (CMJ15)). El equilibrio se valoró mediante la plataforma inestable Biodex Balance System SD (BBS), que permitía estudiar el equilibrio en condiciones estables e inestables mediante la selección manual del nivel de estabilidad. Podemos considerar que el nivel de fatiga alcanzado fue similar en las dos sesiones atendiendo a los valores de lactato sanguíneo, frecuencia cardíaca, percepción psicológica de esfuerzo (Escala de Borg) y potencia mecánica desarrollada. En ninguna de las dos sesiones encontramos una limitación significativa en el control del equilibrio de los sujetos, indicando que el control postural tanto estático como dinámico permanecía inalterado inmediatamente después de la fatiga periférica alcanzada con el protocolo realizado. En esta línea, investigaciones previas refuerzan nuestros resultados concluyendo que incluso en condiciones de fatiga los músculos son capaces de mantener la misma estructura de movimiento y control postural <sup>172</sup>. Una posible justificación para ello atribuye una mayor contribución del

sistema nervioso central en el control del equilibrio para contrarrestar el deterioro en el control motor periférico <sup>173</sup>.

Aunque los resultados obtenidos mostraron que la fatiga no alteraba la capacidad de mantener el equilibrio, nos planteamos si la oclusión dental podría contribuir a mejorar el control postural de los sujetos tanto en condiciones de reposo como de fatiga, como se había sugerido en diversas investigaciones <sup>118,138,139</sup>. Al analizar el efecto de la oclusión dental sobre el control postural encontramos que ésta influía de forma diferente en función de la superficie de soporte. De manera que en condiciones de inestabilidad se observaba una mejora significativa al posicionar la mandíbula en posición de reposo, tanto en las mediciones antes del ejercicio ( $p=0.03$ ) como en las de después del ejercicio ( $p=0.02$ ). El mejor control postural obtenido a partir del índice de estabilidad fue corroborado mediante la observación de que los sujetos permanecían un mayor tiempo en la zona de menor movimiento de la plataforma. La mejora del equilibrio con la oclusión dental en posición de reposo podría ser atribuible a las conexiones neuroanatómicas existentes entre la musculatura masticatoria y la cervical <sup>126</sup> (*Apéndice III*) de modo que al posicionar la mandíbula en una relación más armónica, la actividad de la musculatura masticatoria y cervical podría reducirse, adoptando a su vez un patrón de contracción más equilibrado <sup>119</sup>. Pese a la evidencia de la interrelación a nivel anatómico, existe controversia acerca de la influencia de la oclusión dental sobre el equilibrio y aunque diversos autores han reportado mejoras significativas en RP, muchos otros no corroboran dicha correlación (*Apéndice IV*). La mayoría de investigaciones al respecto han valorado el equilibrio de los sujetos en condiciones estables, sin embargo pocos estudios han evaluado el equilibrio en condiciones de inestabilidad pero la mayoría de éstos han reportado una influencia significativa de la posición mandibular sobre el control postural <sup>174,175</sup>. Tardieu et al., en coincidencia con los resultados obtenidos en nuestra investigación, encontraron una influencia significativa de la oclusión dental sobre el control postural del sujeto sólo en condiciones de inestabilidad, pero no en condiciones estables <sup>174</sup>. Este hallazgo permite sugerir que las señales aferentes de la oclusión dental contribuyen más eficazmente en el proceso de control postural cuanto más difíciles sean las condiciones para el mantenimiento del equilibrio.

Otro aspecto importante que aporta nuestra investigación es que la muestra incluyó sujetos físicamente activos sin ser deportistas de élite. Estos sujetos manifestaron un

cambio en el equilibrio por la posición mandibular sólo en las condiciones más inestables. Por otra parte, Alpini et al. observaron que los atletas entrenados eran más sensibles a los cambios externos y que manifestaban un mejor equilibrio en RP que ICP también en condiciones estáticas, hallazgo que no se reportaba en la población de grupo control (no atleta) <sup>176</sup>. Los autores lo atribuyeron a que los atletas eran capaces de procesar e integrar la información sensorial más eficazmente. Estos resultados sugieren que mientras la población general podría manifestar cambios en el control postural sólo en presencia de condiciones difíciles para el mantenimiento del equilibrio, la población deportista altamente entrenada podría responder también en condiciones estáticas. Este hallazgo debe ser remarcado porque en el deporte de alto rendimiento la mejora más mínima en cualquier componente que afecte al desempeño físico específico puede significar la diferencia entre la victoria y la derrota.

Teniendo en cuenta la influencia de la posición mandibular en el control postural observada en las investigaciones descritas, nos planteamos si las características oclusales por sí solas podrían contribuir negativamente en el equilibrio (*Artículo III*). Para ello, desarrollamos un protocolo de investigación que valoraba el equilibrio en plataforma inestable (Biodex Balance System SD (BBS), NY, USA) a dos niveles opuestos de estabilidad (estable vs inestable), de acuerdo al protocolo empleado en la investigación anterior. A su vez, se realizó una exploración bucodental para registrar las características oclusales de los sujetos a fin de evaluar su grado de influencia sobre el equilibrio. Los resultados mostraron una influencia significativa para las siguientes características: apiñamiento  $\geq 3\text{mm}$ , resalte  $\geq 4\text{mm}$ , mordida cruzada, desviación de la línea media, mordida abierta anterior y clase de Angle. Pese a que la influencia de la oclusión dental, medida a partir de la posición mandibular, se ha investigado ampliamente, existen pocas investigaciones que hayan estudiado la influencia de las características de la oclusión en el equilibrio. En línea con nuestros resultados, Perinetti et al. observaron una influencia significativa del resalte y la desviación de la línea media sobre el equilibrio <sup>177</sup>, que coincide plenamente con la influencia observada en nuestra investigación. Además, y a diferencia de nuestros resultados, encontraron también una correlación significativa para la sobremordida.

Una posible explicación para la alteración del control postural de los sujetos con las características oclusales mencionadas anteriormente podría deberse a las alteraciones que la oclusión dental puede inducir en la postura de la cabeza y el cuello que podrían,

presumiblemente, alterar la integración de las vías propioceptivas y el control del equilibrio (*Apéndice V*). A pesar de que la correlación entre la oclusión dental y los problemas ortopédicos no está clara <sup>124</sup>, existen diversas investigaciones que han reportado patologías a nivel de la columna vertebral en presencia de determinadas maloclusiones dentales. En este sentido, diferentes estudios han relacionado las maloclusiones

a) El resalte, que en nuestra investigación influyó significativamente en el equilibrio ( $p=0.01$ ), se ha correlacionado con una posición de la cabeza más flexionada y una mayor curvatura posterior de la columna vertebral <sup>178</sup>.

b) El apiñamiento también influyó significativamente en el equilibrio ( $p=0.006$ ). Diversas investigaciones han correlacionado este rasgo oclusal con una posición más extendida de la cabeza <sup>179,180</sup>.

c) La mordida abierta influyó discretamente en el equilibrio ( $p=0.05$ ). Saccucci et al. observaron que la presencia de mordida abierta podía producir una alteración en el patrón de la marcha <sup>181</sup> que podría atribuirse a la diferente distribución de estrés en la región cervical de la columna vertebral observada en sujetos con esta maloclusión dental <sup>182</sup>.

d) Respecto a la mordida cruzada, en nuestro estudio se apreció una alta significación de este factor en el control del equilibrio ( $p<0.001$ ). Existe controversia respecto a la posible influencia de la mordida cruzada sobre la columna vertebral y por extensión en el equilibrio. Por un lado encontramos que puede existir una alteración en el patrón funcional de la actividad muscular masticatoria en sujetos afectados de dicha maloclusión <sup>183</sup>. En este punto, se puede especular acerca del papel de las conexiones a nivel de la musculatura masticatoria y la cervical que podrían interferir con la musculatura de control postural, y en última instancia sobre el equilibrio del sujeto (*Apéndice III*). Además, Ben-Bassat et al. reportaron en una revisión reciente la existencia de una posible relación entre la mordida cruzada y la escoliosis idiopática <sup>184</sup>, que reforzaría la hipótesis de la influencia de la oclusión dental sobre la columna vertebral. En el lado opuesto, Michelotti et al. <sup>185</sup> no encontraron alteraciones en el equilibrio estático en sujetos que presentaban mordida cruzada. La diferencia en la metodología empleada en estos trabajos (equilibrio estable vs plataforma de equilibrio inestable en nuestra



investigación) podría explicar, al menos en parte, los resultados discrepantes entre ambos estudios.

e) La desviación de la línea media fue otro factor que alcanzó una alta significación en el equilibrio de los sujetos ( $p < 0.001$ ). A nuestro conocimiento, no existen estudios previos que hayan reportado alteraciones en el equilibrio en presencia de este rasgo oclusal. Sin embargo, y de igual modo que en presencia de mordida cruzada, parece existir un alto riesgo de padecer desviación de la línea media en niños afectados por escoliosis idiopática<sup>184</sup>, lo que refuerza la hipótesis de una posible relación entre dichas características oclusales y el estado fisiopatológico de la columna vertebral.

f) Finalmente, la clase de Angle fue otro rasgo de la oclusión dental con influencia significativa ( $p < 0.001$ ) en el equilibrio. En este sentido, el análisis de las tres clases de Angle entre sí permite observar que sólo influyó negativamente la clase II (clase I vs III,  $p = 0.08$ ; clase I vs II,  $p = 0.002$ ; clase II vs III,  $p = 0.3$ ). Es ampliamente conocido que la clase I de Angle es la relación oclusal con mayor equilibrio en la musculatura masticatoria, mientras que la clase II se ha correlacionado con alteraciones en la posición de la cabeza y la actividad muscular<sup>186</sup> que podrían resultar en los desequilibrios posturales hallados en nuestros estudios. Las diferencias observadas en el equilibrio entre las clases I y II de Angle corroboran esta posibilidad. Además, la clase II de Angle parece tener relación con diferentes alteraciones tanto en la posición de la cabeza<sup>186,187</sup> como a nivel vertebral (hiperlordosis cervical<sup>188,189</sup> y la escoliosis idiopática<sup>184,190</sup>). Por el contrario, y en la misma línea que nuestros resultados, la clase III de Angle no se ha correlacionado con cambios en el control postural, que sí han sido reportados en sujetos con clase II<sup>191</sup>.

Las otras características oclusales examinadas en el estudio influyeron débilmente o de forma inapreciable en el control postural de los sujetos. Sería razonable esperar que una corrección previa de las maloclusiones con tratamiento ortodóntico correlacionara con un mejor control postural de los sujetos. Sin embargo, el 56% de los sujetos de nuestra investigación que habían llevado tratamiento de ortodoncia presentaban alguna característica oclusal de las que influían negativamente en el equilibrio. Así pues, la hipótesis de que el tratamiento ortodóntico podría correlacionarse con un mejor control del equilibrio no pudo ser demostrada, ya que los sujetos de nuestra muestra presentaban maloclusiones dentales pese a la corrección ortodóntica previa. Por esta

razón, los resultados obtenidos al respecto no expusieron datos concluyentes sobre el beneficio del tratamiento de ortodoncia sobre la oclusión dental y el control del equilibrio.

En resumen, los resultados obtenidos en esta tesis doctoral muestran claramente una influencia recíproca entre la salud bucodental y el ejercicio físico anaeróbico. Específicamente se constata:

1) La necesidad de valorar de manera individual el estado de salud bucodental en cada sujeto a fin de valorar la posible influencia de éste en el rendimiento deportivo. Es ampliamente discutida la influencia de la oclusión dental en el rendimiento físico y en especial en disciplinas que requieren un alto porcentaje de precisión en sus acciones, incluyendo el control postural y de elementos técnicos influidos todos ellos por el control del equilibrio estático y dinámico. Los resultados de este trabajo refuerzan la hipótesis de la necesidad de un correcto análisis individual, a nivel oclusal y postural, que podría contribuir a la mejora de los resultados deportivos en este aspecto.

2) Las características específicas de cada disciplina deportiva requieren que tanto los profesionales del entrenamiento deportivo como los especialistas en ciencias médicas evalúen de manera específica e individual a los deportistas. Específicamente en este trabajo esto ha englobado la medición de la respuesta del pH salival después de la realización de un ejercicio anaeróbico láctico. La contribución de estos resultados a la ciencia deportiva puede ser importante de cara a conocer de modo más específico la influencia del ejercicio de carácter anaeróbico sobre las respuestas en la cavidad oral. Específicamente, se ha constatado que: (i) después de realizar ejercicio anaeróbico se produce una alcalinización del pH salival; (ii) el pH salival basal de los sujetos de disciplinas anaeróbicas se sitúa en el límite superior del rango de valores normales de pH; y (iii) el índice CAOD de sujetos de especialidades anaeróbicas es inferior al de la población general. Por todo ello, se podría sugerir que el ejercicio anaeróbico produce respuestas a nivel oral que pueden ser beneficiosas para la salud bucodental.



## **5. CONCLUSIONES**



### **Conclusión general:**

La práctica de ejercicio físico anaeróbico de alta intensidad podría influir en la salud oral. A la vez, la salud oral (oclusión dental) podría influir en el rendimiento deportivo (control del equilibrio).

### **Conclusiones específicas:**

1. La realización de ejercicio anaeróbico láctico provoca una respuesta alcalinizante de las glándulas salivales sobre el valor de pH salival (*Artículo I*).
2. Parece existir un incremento paralelo en los valores de lactato sanguíneo y de pH salival, aunque los datos son inconcluyentes para confirmar una correlación entre ambos valores (*Artículo I*).
3. La población atleta de disciplinas de medio-fondo manifiesta una menor experiencia de caries medida con el índice CAOD (*Artículo I*).
4. La realización de ejercicio físico intenso en condiciones de hipoxia también es un factor alcalinizador del valor de pH salival (*Artículo II*).
5. Parece existir una correlación negativa estadísticamente significativa entre la SaO<sub>2</sub> y el pH salival durante la realización de ejercicio anaeróbico de alta intensidad en hipoxia normobárica (*Artículo II*).
6. La información aferente de la oclusión dental podría contribuir en mayor medida en el proceso de control postural en presencia de mayores condiciones de inestabilidad, lo que es altamente deseable para atletas de alto nivel (*Artículos III y IV*).
7. Existen determinadas características de la oclusión dental que influyen negativamente en el control postural del sujeto: el resalte, la desviación de la línea media, la clase de Angle, la mordida abierta anterior, la mordida cruzada, y el apiñamiento (*Artículo III*).
8. La fatiga muscular resultante de la realización de un ejercicio de saltos en contramovimiento no altera el control del equilibrio de manera inmediata (*Artículo IV*).



## **6. BIBLIOGRAFÍA**





1. Komi P V, Rusko H, Vos J, Vihko V. Anaerobic performance capacity in athletes. *Acta Physiol. Scand.* 1977;100:107–114.
2. Bangsbo J, Graham T, Johansen L, Strange S, Christensen C, Saltin B. Elevated muscle acidity and energy production during exhaustive exercise in humans. *Am J Physiol Regul. Integr. Comp Physiol.* 1992;263(4):R891–899.
3. Rho MB, Deschler. DG. Salivary Gland Anatomy. In: Witt RL, ed. *Salivary Gland Diseases: surgical and medical management*. Vol 1. New York: Thieme Medical Publishers; 2005:1–16.
4. Moore KL, Dalley AF, Aggur AMR. *Clinically Oriented Anatomy*. 7th ed. (Taylor C, ed.). Lippincot Williams & Wilkins; 2013.
5. Kaplan MD, Baum BJ. The functions of saliva. *Dysphagia.* 1993;8(3):225–229.
6. Baum BJ. Salivary gland fluid secretion during aging. *J. Am. Geriatr. Soc.* 1989;37(5):453.
7. Emmelin N. Nerve interactions in salivary glands. *J. Dent. Res.* 1987;66(2):509–517.
8. Nissim KR, Witt RL, Ship JA. Embriology, Physiology, and Biochemistry of the Salivary Glands. In: Witt RL, ed. *Salivary Gland Diseases: surgical and medical management*. New York: Thieme Medical Publishers; 2005:27–43.
9. Schlesinger DH, Hay DI. Complete covalent structure of a proline-rich phosphoprotein, PRP-2, an inhibitor of calcium phosphate crystal growth from human parotid saliva. *Int. J. Pept. Protein Res.* 1986;27(4):373–379.
10. Amerongen A V, Bolscher JG, Veerman EC. Salivary mucins: protective functions in relation to their diversity. *Glycobiology.* 1995;5(8):733–740.
11. Amerongen AN, Veerman E. Saliva the defender of the oral cavity. *Oral Dis.* 2002;8(1):12–22.
12. Royce LS, Baum BJ. Physiologic levels of salivary epidermal growth factor stimulate migration of an oral epithelial cell line. *Biochim. Biophys. Acta.* 1991;1092(3):401–403.
13. Clayton DJ. SALIVA--a forgotten fluid. *J. R. Nav. Med. Serv.* 2011;97(1):16–20.
14. McGhee JR, Mestecky J, Dertzbaugh MT, Eldridge JH, Hirasawa M, Kiyono H. The mucosal immune system: from fundamental concepts to vaccine development. *Vaccine.* 1992;10(2):75–88.

15. Torres SR, Garzino-Demo A, Meiller TF, Meeks V, Jabra-Rizk MA. Salivary histatin-5 and oral fungal colonisation in HIV+ individuals. *Mycoses*. 2009;52(1):11–15.
16. Mai J, Tian XL, Gallant JW, et al. A novel target-specific, salt-resistant antimicrobial peptide against the cariogenic pathogen *Streptococcus mutans*. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2011;55(11):5205–5213.
17. Simpson WA, Hasty DL, Beachey EH. Binding of fibronectin to human buccal epithelial cells inhibits the binding of type 1 fimbriated *Escherichia coli*. *Infect. Immun.* 1985;48(2):318–323.
18. Nauntofte B, Tenevuo JO, Lagerlöf F. Secretion and composition of saliva. In: Fejerskov O, Kidd E, eds. *Dental Caries. The disease and its clinical management*. Oxford: Blackwell Munksgard; 2003:7–29.
19. Seif TR. Saliva su rol en la salud y en la enfermedad. In: Seif T, ed. *Cariología. Prevención, diagnóstico y tratamiento de la caries dental*. Caracas: Actualidades Médico odontológicas Latinoamericanas; 1997:217–240.
20. Wiesner J, Vilcinskis A. Antimicrobial peptides: the ancient arm of the human immune system. *Virulence*. 2010;1(5):440–464.
21. Inzitari R, Cabras T, Rossetti D V, et al. Detection in human saliva of different statherin and P-B fragments and derivatives. *Proteomics*. 2006;6(23):6370–6379.
22. Dodds MW, Johnson DA, Yeh CK. Health benefits of saliva: a review. *J. Dent.* 2005;33(3):223–233.
23. Bornhorst GM, Singh RP. Bolus Formation and Disintegration during Digestion of Food Carbohydrates. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2012;11(2):101–118.
24. Kaufman E, Lamster IB. The diagnostic applications of saliva--a review. *Crit. Rev. Oral Biol. Med.* 2002;13(2):197–212.
25. Papacosta E, Nassis GP. Saliva as a tool for monitoring steroid, peptide and immune markers in sport and exercise science. *J. Sci. Med. Sport.* 2011;14(5):424–34.
26. Port K. Serum and saliva cortisol responses and blood lactate accumulation during incremental exercise testing. *Int. J. Sports Med.* 1991;12(5):490–494.
27. Nieuw Amerongen A V, Ligtenberg AJ, Veerman EC. Implications for diagnostics in the biochemistry and physiology of saliva. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 2007;1098:1–6.

28. Lee Y-H, Wong DT. Saliva: an emerging biofluid for early detection of diseases. *Am. J. Dent.* 2009;22(4):241–8.
29. Chicharro JL, Lucia A, Perez M, Vaquero AF, Urena R. Saliva composition and exercise. *Sports Med.* 1998;26(1):17–27.
30. Segura R, Javierre C, Ventura JL, Lizarraga MA, Campos B, Garrido E. A new approach to the assessment of anaerobic metabolism: measurement of lactate in saliva. *Br. J. Sports Med.* 1996;30(4):305–309.
31. Lippi G, De Vita F, Salvagno GL, Gelati M, Montagnana M, Guidi GC. Measurement of morning saliva cortisol in athletes. *Clin. Biochem.* 2009;42(9):904–6.
32. Bortolini MS, De Agostini GG, Reis IT, Silva Lamounier RPM, Blumberg JB, Espindola FS. Total Protein of Whole Saliva as a Biomarker of Anaerobic Threshold. *Res. Q. Exerc. Sport.* 2009;80(3):604–610.
33. De Oliveira VN, Bessa A, Lamounier RPMS, de Santana MG, de Mello MT, Espindola FS. Changes in the salivary biomarkers induced by an effort test. *Int. J. Sports Med.* 2010;31(6):377–81.
34. Voet D, Voet JG, Pratt CW. *Fundamentos de Bioquímica. La vida a nivel molecular.* Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana S.A.; 2009.
35. Lagerlöf F, Dawes R, Dawes C. Salivary Clearance of Sugar and its Effect on pH Changes by *Streptococcus mitior* in an Artificial Mouth. *J. Dent. Res.* 1984;63:1266–1270.
36. Fenoll-Palomares C, Munoz Montagud J V, Sanchiz V, et al. Unstimulated salivary flow rate, pH and buffer capacity of saliva in healthy volunteers. *Rev. Esp. Enferm. Dig.* 2004;96(11):773–783.
37. Bardow A, Moe D, Nyvad B, Nauntofte B. The buffer capacity and buffer systems of human whole saliva measured without loss of CO<sub>2</sub>. *Arch. Oral Biol.* 2000;45(1):1–12.
38. Stephan RM. Intra-Oral Hydrogen-Ion Concentrations Associated With Dental Caries Activity. *J. Dent. Res.* 1944;23:257.
39. Dawes C. What is the critical pH and why does a tooth dissolve in acid? *J. Can. Dent. Assoc.* 2003;69(11):722–724.
40. Sbordone L, Bortolaia C. Oral microbial biofilms and plaque-related diseases: microbial communities and their role in the shift from oral health to disease. *Clin. Oral Investig.* 2003;7(4):181–188.

41. Marsh PD. Dental plaque as a biofilm: the significance of pH in health and caries. *Compend. Contin. Educ. Dent. (Jamesburg, N.J. 1995)*. 2009;30(2):76–8, 80, 83–7; quiz 88, 90.
42. Navazesh M. Methods for collecting saliva. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1993;694:72–77.
43. Bangsbo J, Graham TE, Kiens B, Saltin B. Elevated muscle glycogen and anaerobic energy production during exhaustive exercise in man. *J. Physiol.* 1992;451:205–227.
44. Wasserman K. The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1984;129(2 Pt 2):S35–40.
45. Yamamoto Y, Hughson RL, Nakamura Y. Autonomic Nervous System Responses to Exercise in Relation to Ventilatory Threshold. *Chest J.* 1992;101(5):206S–210S.
46. Lehmann M, Keul J. Capillary-venous differences of free plasma catecholamines at rest and during graded exercise. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 1985;54(5):502–505.
47. Levin SL, Khaikina LI. Is there neural control over electrolyte reabsorption in the human salivary gland? *Clin. Sci.* 1987;72(Pt 5):541–548.
48. Salminen S, Kontinen A. Effect of exercise on Na and K concentrations in human saliva and serum. *J. Appl. Physiol.* 1963;18:812–814.
49. Shannon IL. Effect of exercise on parotid fluid corticosteroids and electrolytes. *J. Dent. Res.* 1967;46(3):608–610.
50. Gilman S, Thornton R, Miller D, Biersner R. Effects of exercise stress on parotid gland secretion. *Horm. Metab. Res.* 1979;11(7):454.
51. Ljungberg G, Ericson T, Ekblom B, Birkhed D. Saliva and marathon running. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 1997;7(4):214–219.
52. Dawes C. The effects of exercise on protein and electrolyte secretion in parotid saliva. *J. Physiol.* 1998;320:139–148.
53. Mendez J, Franklin B, Kollias J. Relationship of blood and saliva lactate and pyruvate concentrations. *Biomedicine.* 1976;25(9):313–314.
54. Ben-Aryeh H, Roll N, Lahav M, et al. Effect of exercise on salivary composition and cortisol in serum and saliva in man. *J. Dent. Res.* 1989;68(11):1495–1497.

55. Blannin AK, Robson PJ, Walsh NP, Clark AM, Glennon L, Gleeson M. The effect of exercising to exhaustion at different intensities on saliva immunoglobulin A, protein and electrolyte secretion. *Int. J. Sports Med.* 1998;19(8):547–552.
56. Chicharro JL, Serrano V, Urena R, et al. Trace elements and electrolytes in human resting mixed saliva after exercise. *Br. J. Sports Med.* 1999;33(3):204–207.
57. Walsh NP, Blannin AK, Clark AM, Cook L, Robson PJ, Gleeson M. The effects of high-intensity intermittent exercise on saliva IgA, total protein and alpha-amylase. *J. Sports Sci.* 1999;17(2):129–134.
58. Allgrove JE, Gomes E, Hough J, Gleeson M. Effects of exercise intensity on salivary antimicrobial proteins and markers of stress in active men. *J. Sports Sci.* 2008;26(6):653–661.
59. Antonelli G, Gatti R, Prearo M, De Palo EF. Salivary free insulin-like growth factor-i levels: effects of an acute physical exercise in athletes. *J. Endocrinol. Invest.* 2009;32(1):1–5.
60. Selwitz RH, Ismail AI, Pitts NB. Dental caries. *Lancet.* 2007;369(9555):51–59.
61. Lussi, A. Jaeggi T. Erosion—diagnosis and risk factors. *Clin. Oral Investig.* 2008;12(1):5–13.
62. Lalloo R, Myburgh NG, Hobdell MH. Dental caries, socio-economic development and national oral health policies. *Int. Dent. J.* 1999;49(4):196–202.
63. Perinetti G, Varvara G, Esposito P. Prevalence of Dental Caries in Schoolchildren Living in Rural and Urban Areas: Results from the First Region-Wide Italian Survey. *Oral Health Prev. Dent.* 2006;4(3):199–207.
64. Petersen PE. The World Oral Health Report 2003: continuous improvement of oral health in the 21st century--the approach of the WHO Global Oral Health Programme. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2003;31(1):3-23.
65. Hannig C, Hannig M, Attin T. Enzymes in the acquired enamel pellicle. *Eur. J. Oral Sci.* 2005;113(1):2–13.
66. Rosan B, Lamont RJ. Dental plaque formation. *Microbes Infect.* 2000;2(13):1599–1607.
67. Marsh PD. Dental plaque as a biofilm and a microbial community - implications for health and disease. *BMC Oral Health.* 2006;6 Suppl 1:S14.

68. Marsh PD. Microbial ecology of dental plaque and its significance in health and disease. *Adv. Dent. Res.* 1994;8(2):263–271.
69. Marsh PD. Microbiology of dental plaque biofilms and their role in oral health and caries. *Dent. Clin. North Am.* 2010;54(3):441–454.
70. Keyes PH, Jordan H V. Factors influencing the initiation, transmission and inhibition of dental caries. In: Sognnaes RF, ed. *Mechanisms of hard tissue destruction*. New York, NY: American Association for the Advancement of Science; 1963:261–283.
71. Tanzer JM, Livingston J, Thompson AM. The microbiology of primary dental caries in humans. *J. Dent. Educ.* 2001;65(10):1028–1037.
72. Ljungberg G, Birkhed D. Dental caries in players belonging to a Swedish soccer team. *Swed. Dent. J.* 1990;14(6):261–266.
73. De Soet JJ, Nyvad B, Kilian M. Strain-related acid production by oral streptococci. *Caries Res.* 2000;34(6):486–490.
74. Lemos JA, Abranches J, Burne RA. Responses of cariogenic streptococci to environmental stresses. *Curr. Issues Mol. Biol.* 2005;7(1):95–107.
75. Aas JA, Paster BJ, Stokes LN, Olsen I, Dewhirst FE. Defining the normal bacterial flora of the oral cavity. *J. Clin. Microbiol.* 2005;43(11):5721–5732.
76. Stephan RM. Changes in the hydrogen ion concentration on tooth surfaces and in carious lesions. *J. Am. Dent. Assoc.* 1940;27:718.
77. Milosevic A, Kelly MJ, McLean AN. Sports supplement drinks and dental health in competitive swimmers and cyclists. *Br. Dent. J.* 1997;182(8):303–308.
78. Bryant S, McLaughlin K, Morgaine K, Drummond B. Elite athletes and oral health. *Int. J. Sports Med.* 2011;32(9):720–4.
79. Hooper S, West NX, Sharif N, et al. A comparison of enamel erosion by a new sports drink compared to two proprietary products: a controlled, crossover study in situ. *J. Dent.* 2004;32(7):541–545.
80. Hooper SM, Hughes JA, Newcombe RG, Addy M, West NX. A methodology for testing the erosive potential of sports drinks. *J. Dent.* 2005;33(4):343–8.
81. Milosevic A. Sports drinks hazard to teeth. *Br. J. Sports Med.* 1997;31(1):28–30.

82. Sorvari R. Effects of various sport drink modifications on dental caries and erosion in rats with controlled eating and drinking pattern. *Proc. Finnish Dent. Soc. Hammaslaakariseuran Toim.* 1989;85(1):13–20.
83. Minah GE, Lovekin GB, Finney JP. Sucrose-induced ecological response of experimental dental plaques from caries-free and caries-susceptible Human volunteers. *Infect. Immun.* 1981;34(3):662–675.
84. Featherstone JDB, Lussi A. Understanding the chemistry of dental erosion. In: Whitford G, ed. *Dental erosion: from diagnosis to therapy*. Basel: Karger; 2006:66–76.
85. Hughes JA, West NX, Parker DM, Newcombe RG, Addy M. Development and evaluation of a low erosive blackcurrant juice drink. 3. Final drink and concentrate, formulae comparisons in situ and overview of the concept. *J. Dent.* 1999;27(5):345–50.
86. Mahoney E, Beattie J, Swain M, Kilpatrick N. Preliminary in vitro assessment of erosive potential using the ultra-micro-indentation system. *Caries Res.* 37(3):218–24.
87. Ireland AJ, McGuinness N, Sherriff M. An investigation into the ability of soft drinks to adhere to enamel. *Caries Res.* 1995;29(6):470–476.
88. Ahovuo-Saloranta A, Forss H, Walsh T, et al. Sealants for preventing dental decay in the permanent teeth. *Cochrane database Syst. Rev.* 2013;3:CD001830.
89. Kinane DF. Periodontitis modified by systemic factors. *Ann. Periodontol.* 1999;4(1):54–64.
90. Arowojolu MO, Dosumu EB, Onyeaso CO, Lawoyin JO. Effects of some risk factors and immunodeficiencies on the periodontium--a review. *Afr. J. Med. Med. Sci.* 2002;31(3):195–199.
91. Navazesh M, Mulligan R. Systemic dissemination as a result of oral infection in individuals 50 years of age and older. *Spec. Care Dentist.* 1995;15(1):11–19.
92. Carranza FA, Sznajder NG. Patología periodontal. In: *Compendio de Periodoncia*. Vol 5<sup>a</sup>. Buenos Aires: Médica Panamericana S.A.; 1999:49–62.
93. Darveau RP. Periodontitis: a polymicrobial disruption of host homeostasis. *Nat. Rev.* 2010;8(7):481–490.
94. Page RC. The role of inflammatory mediators in the pathogenesis of periodontal disease. *J. Periodontal Res.* 1991;26(3 Pt 2):230–242.
95. Gendron R, Grenier D, Maheu-Robert L. The oral cavity as a reservoir of bacterial pathogens for focal infections. *Microbes Infect.* 2000;2(8):897–906.



96. Berbari EF, Cockerill 3rd FR, Steckelberg JM. Infective endocarditis due to unusual or fastidious microorganisms. *Mayo Clin. proceedings.Mayo Clin.* 1997;72(6):532–542.
97. Hokamura K, Umemura K. Roles of oral bacteria in cardiovascular diseases--from molecular mechanisms to clinical cases: Porphyromonas gingivalis is the important role of intimal hyperplasia in the aorta. *J. Pharmacol. Sci.* 2010;113(2):110–114.
98. Leishman SJ, Do HL, Ford PJ. Cardiovascular disease and the role of oral bacteria. *J. Oral Microbiol.* 2010;2:10.3402/jom.v2i0.5781.
99. Chocolatewala N, Chaturvedi P, Desale R. The role of bacteria in oral cancer. *Indian J. Med. Paediatr. Oncol.* 2010;31(4):126–131.
100. Azarpazhooh A, Leake JL. Systematic review of the association between respiratory diseases and oral health. *J. Periodontol.* 2006;77(9):1465–1482.
101. Scannapieco FA. Pneumonia in nonambulatory patients. The role of oral bacteria and oral hygiene. *J. Am. Dent. Assoc.* 2006;137 Suppl:21S–25S.
102. Mawardi H, Giro G, Kajiya M, et al. A role of oral bacteria in bisphosphonate-induced osteonecrosis of the jaw. *J. Dent. Res.* 2011;90(11):1339–1345.
103. Shira Davenport E. Preterm low birthweight and the role of oral bacteria. *J. Oral Microbiol.* 2010;2:10.3402/jom.v2i0.5779.
104. Wu T, Trevisan M, Genco RJ, Dorn JP, Falkner KL, Sempos CT. Periodontal disease and risk of cerebrovascular disease: the first national health and nutrition examination survey and its follow-up study. *Arch. Intern. Med.* 2000;160(18):2749–2755.
105. Loyola-Rodriguez JP, Martinez-Martinez RE, Abud-Mendoza C, Patino-Marin N, Seymour GJ. Rheumatoid arthritis and the role of oral bacteria. *J. Oral Microbiol.* 2010;2:10.3402/jom.v2i0.5784.
106. Genco R, Offenbacher S, Beck J. Periodontal disease and cardiovascular disease: epidemiology and possible mechanisms. *J. Am. Dent. Assoc.* 2002;133 Suppl:14S–22S.
107. Spahr A, Klein E, Khuseyinova N, et al. Periodontal infections and coronary heart disease: role of periodontal bacteria and importance of total pathogen burden in the Coronary Event and Periodontal Disease (CORODONT) study. *Arch. Intern. Med.* 2006;166(5):554–559.
108. Scannapieco FA. Position paper of The American Academy of Periodontology: periodontal disease as a potential risk factor for systemic diseases. *J. Periodontol.* 1998;69(7):841–850.

109. Gay-Escoda C, Vieira-Duarte-Pereira DM, Ardevol J, Pruna R, Fernandez J, Valmaseda-Castellon E. Study of the effect of oral health on physical condition of professional soccer players of the Football Club Barcelona. *Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal.* 2010.
110. Li X, Kolltveit KM, Tronstad L, Olsen I. Systemic diseases caused by oral infection. *Clin. Microbiol. Rev.* 2000;13(4):547–558.
111. Angeli A, Minetto M, Dovio A, Paccotti P. The overtraining syndrome in athletes: a stress-related disorder. *J. Endocrinol. Invest.* 2004;27(6):603–612.
112. Alaranta A, Alaranta H, Helenius I. Use of prescription drugs in athletes. *Sports Med.* 2008;38(6):449–63.
113. Prosthodontics. A of. The glossary of Prosthodontic Terms. *J Prosthet Dent.* 2005;94:10–92.
114. Jokstad A. Methodological challenges in the study of dental occlusion. *J. Oral Rehabil.* 2012;39(7):480–488.
115. Angle EH. Classification of Malocclusion. *Dent. Cosm.* 1899;41:248–264.
116. Graber TM, Vanarsdall RLJ, Vig KWL. *Ortodoncia: Principios y técnicas actuales.* Barcelona (España): Elsevier España, S.L.; 2013.
117. International Academy of Gnatology. The glossary of occlusal terms. 1985; [http://www.gnathologyusa.org/got\\_a-q.html](http://www.gnathologyusa.org/got_a-q.html)
118. Bracco P, Deregibus A, Piscetta R. Effects of different jaw relations on postural stability in human subjects. *Neurosci. Lett.* 2004;356(3):228–230.
119. Tecco S, Crincoli V, Di Bisceglie B, et al. Signs and symptoms of temporomandibular joint disorders in Caucasian children and adolescents. *Cranio.* 2011;29(1):71–79.
120. Ricotti L, Rigosa J, Niosi A, Menciassi A. Analysis of balance, rapidity, force and reaction times of soccer players at different levels of competition. *PLoS One.* 2013;8(10):e77264.
121. Lord SR, Sturnieks DL. The physiology of falling: assessment and prevention strategies for older people. *J. Sci. Med. Sport.* 2005;8(1):35–42.
122. Solovykh EA, Bugrovetskaya OG, Maksimovskaya LN. Information value of functional status of the stomatognathic system for postural balance regulation. *Bull. Exp. Biol. Med.* 2012;153(3):401–405.

123. Cuccia A, Caradonna C. The relationship between the stomatognathic system and body posture. *Clinics (Sao Paulo)*. 2009;64(1):61–66.
124. Hanke BA, Motschall E, Turp JC. Association between orthopedic and dental findings: what level of evidence is available? *J. Orofac. Orthop.* 2007;68(2):91–107.
125. Manfredini D, Castroflorio T, Perinetti G, Guarda-Nardini L. Dental occlusion, body posture and temporomandibular disorders: where we are now and where we are heading for. *J. Oral Rehabil.* 2012;39(6):463–471.
126. Pallegama RW, Ranasinghe AW, Weerasinghe VS, Sitheequ MA. Influence of masticatory muscle pain on electromyographic activities of cervical muscles in patients with myogenous temporomandibular disorders. *J. Oral Rehabil.* 2004;31(5):423–429.
127. Devoize L, Domejean S, Melin C, Raboisson P, Artola A, Dallel R. Organization of projections from the spinal trigeminal subnucleus oralis to the spinal cord in the rat: a neuroanatomical substrate for reciprocal orofacial-cervical interactions. *Brain Res.* 2010;1343:75–82.
128. Alstermark B, Pinter MJ, Sasaki S, Tantisira B. Trigeminal excitation of dorsal neck motoneurons in the cat. *Exp. brain Res. Hirnforschung.Experimentation cerebrale.* 1992;92(2):183–193.
129. Pinganaud G, Bourcier F, Buisseret-Delmas C, Buisseret P. Primary trigeminal afferents to the vestibular nuclei in the rat: existence of a collateral projection to the vestibulo-cerebellum. *Neurosci. Lett.* 1999;264(1-3):133–136.
130. Delfini C, Diagne M, Angaut P, Buisseret P, Buisseret-Delmas C. Dentatovestibular projections in the rat. *Exp. brain Res. Hirnforschung.Experimentation cerebrale.* 2000;135(3):285–292.
131. Gangloff P, Perrin PP. Unilateral trigeminal anaesthesia modifies postural control in human subjects. *Neurosci. Lett.* 2002;330(2):179–182.
132. Bakke M. Mandibular elevator muscles: physiology, action, and effect of dental occlusion. *Scand. J. Dent. Res.* 1993;101(5):314–331.
133. Winter DA, Patla AE, Frank JS. Assessment of balance control in humans. *Med. Prog. Technol.* 1990;16(1-2):31–51.
134. Hrysmallis C. Balance ability and athletic performance. *Sport. Med.* 2011;41(3):221–232.
135. Meininger AK, Koh JL. Evaluation of the injured runner. *Clin. Sports Med.* 2012;31(2):203–215.

136. Peterka RJ. Sensorimotor Integration in Human Postural Control. *J Neurophysiol.* 2002;88(3):1097–1118.
137. Vuillerme N, Burdet C, Isableu B, Demetz S. The magnitude of the effect of calf muscles fatigue on postural control during bipedal quiet standing with vision depends on the eye-visual target distance. *Gait Posture.* 2006;24(2):169–172.
138. Gangloff P, Louis JP, Perrin PP. Dental occlusion modifies gaze and posture stabilization in human subjects. *Neurosci. Lett.* 2000;293(3):203–206.
139. Sakaguchi K, Mehta NR, Abdallah EF, et al. Examination of the relationship between mandibular position and body posture. *Cranio.* 2007;25(4):237–249.
140. Baldini A, Nota A, Tripodi D, Longoni S, Cozza P. Evaluation of the correlation between dental occlusion and posture using a force platform. *Clinics (Sao Paulo).* 2013;68(1):45–49.
141. Perinetti G, Marsi L, Castaldo A, Contardo L. Is postural platform suited to study correlations between the masticatory system and body posture? A study of repeatability and a meta-analysis of reported variations. *Prog. Orthod.* 2012;13(3):273–280.
142. Baloh RW, Fife TD, Zwerling L, et al. Comparison of static and dynamic posturography in young and older normal people. *J. Am. Geriatr. Soc.* 1994;42(4):405–412.
143. Hinman MR. Factors Affecting Reliability of the Biodex Balance System: A Summary of Four Studies. *J. Sport Rehabil.* 2000;9(3):240–252.
144. Arnold BL, Schmitz RJ. Examination of balance measures produced by the biodex stability system. *J. Athl. Train.* 1998;33(4):323–327.
145. Bosch JA, Ring C, de Geus EJC, Veerman ECI, Nieuw Amerongen A V. Stress and secretory immunity. *Int. Rev. Neurobiol.* 2002;52:213–253.
146. Bishop NC, Gleeson M. Acute and chronic effects of exercise on markers of mucosal immunity. *Front. Biosci.* 2009;14:4444–4456.
147. Frese C, Frese F, Kuhlmann S, et al. Effect of endurance training on dental erosion, caries, and saliva. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2014.
148. Nakagawa M, Mizuma K, Inui T. Changes in taste perception following mental or physical stress. *Chem. Senses.* 1996;21(2):195–200.
149. Edge J, Bishop D, Goodman C. The effects of training intensity on muscle buffer capacity in females. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2006;96(1):97–105.

150. Fabiato A, Fabiato F. Effects of pH on the myofilaments and the sarcoplasmic reticulum of skinned cells from cardiac and skeletal muscles. *J. Physiol.* 1978;276:233–55.
151. Sahlin K, Henriksson J. Buffer capacity and lactate accumulation in skeletal muscle of trained and untrained men. *Acta Physiol. Scand.* 1984;122(3):331–9.
152. Lagerlof F, Oliveby A. Caries-protective factors in saliva. *Adv. Dent. Res.* 1994;8(2):229–238.
153. Weissenbach M, Chau N, Benamghar L, Lion C, Schwartz F, Vadot J. Oral health in adolescents from a small French town. *Community Dent. Oral Epidemiol.* 1995;23(3):147–154.
154. Billat L V. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sports Med.* 2001;31(1):13–31.
155. Levine BD, Friedman DB, Engfred K, et al. The effect of normoxic or hypobaric hypoxic endurance training on the hypoxic ventilatory response. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1992;24(7):769–775.
156. Saltin B. Exercise and the environment: focus on altitude. *Res. Q. Exerc. Sport.* 1996;67:1–10.
157. Katayama K, Sato Y, Morotome Y, et al. Intermittent hypoxia increases ventilation and Sa(O<sub>2</sub>) during hypoxic exercise and hypoxic chemosensitivity. *J. Appl. Physiol. (Bethesda, Md. 1985).* 2001;90(4):1431–1440.
158. Katayama K, Goto K, Ishida K, Ogita F. Substrate utilization during exercise and recovery at moderate altitude. *Metabolism.* 2010;59(7):959–966.
159. Terrados N, Jansson E, Sylven C, Kaijser L. Is hypoxia a stimulus for synthesis of oxidative enzymes and myoglobin? *J. Appl. Physiol.* 1990;68(6):2369–2372.
160. Terrados N, Melichna J, Sylven C, Jansson E, Kaijser L. Effects of training at simulated altitude on performance and muscle metabolic capacity in competitive road cyclists. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 1988;57(2):203–209.
161. Saltin B, Kim CK, Terrados N, Larsen H, Svedenhag J, Rolf CJ. Morphology, enzyme activities and buffer capacity in leg muscles of Kenyan and Scandinavian runners. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2007;5(4):222–230.

162. Scannapieco FA, Solomon L, Wadenya RO. Emergence in Human Dental Plaque and Host Distribution of Amylase-binding Streptococci. *J. Dent. Res.* 1994;73(10):1627–1635.
163. Burke LM. Energy needs of athletes. *Can. J. Appl. Physiol.* 2001;26 Suppl:S202–19.
164. Anderson T. Biomechanics and running economy. *Sports Med.* 1996;22(2):76–89.
165. Allen ME, Walter P, McKay C, Elmajian A. Occlusal splints (MORA) vs. placebos show no difference in strength in symptomatic subjects: double blind/cross-over study. *Can. J. Appl. Sport Sci.* 1984;9(3):148–52.
166. Forsberg CM, Tedestam G. Etiological and predisposing factors related to traumatic injuries to permanent teeth. *Swed. Dent. J.* 1993;17(5):183–190.
167. D’Erme V, Basile M, Rampello A, Di Paolo C. Influence of occlusal splint on competitive athletes performances. *Ann. Stomatol. (Roma)*. 2012;3(3-4):113–118.
168. Gelb H, Mehta NR, Forgione AG. The relationship between jaw posture and muscular strength in sports dentistry: a reappraisal. *Cranio*. 1996;14(4):320–325.
169. Vuillerme N, Hintzy F. Effects of a 200 W-15 min cycling exercise on postural control during quiet standing in healthy young adults. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2007;100(2):169–175.
170. Corbeil P, Blouin JS, Begin F, Nougier V, Teasdale N. Perturbation of the postural control system induced by muscular fatigue. *Gait Posture*. 2003;18(2):92–100.
171. Stein RB. Peripheral control of movement. *Physiol. Rev.* 1974;54(1):215–43.
172. Rodacki AL, Fowler NE, Bennett SJ. Vertical jump coordination: fatigue effects. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2002;34(1):105–116.
173. Horita T, Komi P V, Nicol C, Kyrolainen H. Stretch shortening cycle fatigue: interactions among joint stiffness, reflex, and muscle mechanical performance in the drop jump [corrected]. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 1996;73(5):393–403.
174. Tardieu C, Dumitrescu M, Giraudeau A, Blanc JL, Cheynet F, Borel L. Dental occlusion and postural control in adults. *Neurosci. Lett.* 2009;450(2):221–224.
175. Wakano S, Takeda T, Nakajima K, Kurokawa K, Ishigami K. Effect of experimental horizontal mandibular deviation on dynamic balance. *J. Prosthodont. Res.* 2011;55(4):228–33.

176. Alpini DC, Berardino F, Mattei V, Cesarani A. The correlation between dental occlusion and posture is different in trained versus nontrained subjects. *Sport Sci. Health*. 2012;7(2-3):83–86.
177. Perinetti G, Contardo L, Silvestrini-Biavati A, Biasati AS, Perdoni L, Castaldo A. Dental malocclusion and body posture in young subjects: a multiple regression study. *Clinics (Sao Paulo)*. 2010;65(7):689–95.
178. Huggare J, Harkness E. Associations between head posture and dental occlusion. *J. Dent. Res.* 1993;72:255.
179. Pachi F, Turla R, Checchi AP. Head posture and lower arch dental crowding. *Angle Orthod.* 2009;79(5):873–879.
180. Solow B, Sonnesen L. Head posture and malocclusions. *Eur. J. Orthod.* 1998;20(6):685–693.
181. Saccucci M, Tettamanti L, Mummolo S, et al. Scoliosis and dental occlusion: a review of the literature. *Scoliosis*. 2011;6(1):15.
182. Motoyoshi M, Shimazaki T, Hosoi K, Wada M, Namura S. Stresses on the cervical column associated with vertical occlusal alteration. *Eur. J. Orthod.* 2003;25(2):135–138.
183. Ferrario VF, Sforza C, Serrao G. The influence of crossbite on the coordinated electromyographic activity of human masticatory muscles during mastication. *J. Oral Rehabil.* 1999;26(7):575–581.
184. Ben-Bassat Y, Yitschaky M, Kaplan L, Brin I. Occlusal patterns in patients with idiopathic scoliosis. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 2006;130(5):629–633.
185. Michelotti A, Buonocore G, Farella M, et al. Postural stability and unilateral posterior crossbite: is there a relationship? *Neurosci. Lett.* 2006;392(1-2):140–144.
186. Gadotti IC, Berzin F, Biasotto-González D. Preliminary rapport on head posture and muscle activity in subjects with class I and II. *J. Oral Rehabil.* 2005;32(11):794–799.
187. Festa F, Tecco S, Dolci M, et al. Relationship between cervical lordosis and facial morphology in Caucasian women with a skeletal class II malocclusion: a cross-sectional study. *Cranio*. 2003;21(2):121–9.
188. Pirttiniemi P, Lahtela P, Huggare J, Serlo W. Head posture and dentofacial asymmetries in surgically treated muscular torticollis patients. *Acta Odontol. Scand.* 1989;47(4):193–197.

189. Huggare J. Postural disorders and dentofacial morphology. *Acta Odontol. Scand.* 1998;56(6):383–386.
190. Lippold C, van den Bos L, Hohoff A, Danesh G, Ehmer U. Interdisciplinary study of orthopedic and orthodontic findings in pre-school infants. *J. Orofac. Orthop.* 2003;64(5):330–340.
191. Sinko K, Grohs J-G, Millesi-Schobel G, et al. Dysgnathia, orthognathic surgery and spinal posture. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2006;35(4):312–7.
192. Davies PL. Electromyographic study of superficial neck muscles in mandibular function. *J. Dent. Res.* 1979;58(1):537–538.
193. Kiliaridis S, Katsaros C, Karlsson S. Effect of masticatory muscle fatigue on crano-vertical head posture and rest position of the mandible. *Eur. J. Oral Sci.* 1995;103(3):127–132.
194. Ehrlich R, Garlick D, Ninio M. The effect of jaw clenching on the electromyographic activities of 2 neck and 2 trunk muscles. *J. Orofac. Pain.* 1999;13(2):115–120.
195. Kibana Y, Ishijima T, Hirai T. Occlusal support and head posture. *J. Oral Rehabil.* 2002;29(1):58–63.
196. Svensson P, Wang K, Sessle BJ, Arendt-Nielsen L. Associations between pain and neuromuscular activity in the human jaw and neck muscles. *Pain.* 2004;109(3):225–232.
197. Ceneviz C, Mehta NR, Forgione A, et al. The immediate effect of changing mandibular position on the EMG activity of the masseter, temporalis, sternocleidomastoid, and trapezius muscles. *Cranio.* 2006;24(4):237–244.
198. Sforza C, Tartaglia GM, Solimene U, Morgun V, Kaspranskiy RR, Ferrario VF. Occlusion, sternocleidomastoid muscle activity, and body sway: a pilot study in male astronauts. *Cranio.* 2006;24(1):43–49.
199. Bergamini M, Pierleoni F, Gizdulich A, Bergamini C. Dental occlusion and body posture: a surface EMG study. *Cranio.* 2008;26(1):25–32.
200. Politti F, Amorim CF, Sales Oliveira LH, Guerra FD, Souza Pieres IL, Palomari ET. Maximal clenching effort influence on the electromyographic activity of the trapezius muscle in healthy subjects. *J. Bodyw. Mov. Ther.* 2010;14(4):346–51.



201. Hellmann D, Giannakopoulos NN, Schmitter M, Lenz J, Schindler HJ. Anterior and posterior neck muscle activation during a variety of biting tasks. *Eur. J. Oral Sci.* 2012;120(4):326–34.
202. Sims AB, Stack BC, Demerjian GG. Spasmodic torticollis: the dental connection. *Cranio.* 2012;30(3):188–93.
203. Wiesinger B, Häggman-Henrikson B, Hellström F, Wänman A. Experimental masseter muscle pain alters jaw-neck motor strategy. *Eur. J. Pain.* 2013;17(7):995–1004.
204. Giannakopoulos NN, Schindler HJ, Rammelsberg P, Eberhard L, Schmitter M, Hellmann D. Co-activation of jaw and neck muscles during submaximum clenching in the supine position. *Arch. Oral Biol.* 2013;58(12):1751–60.
205. Häggman-Henrikson B, Nordh E, Eriksson P-O. Increased sternocleidomastoid, but not trapezius, muscle activity in response to increased chewing load. *Eur. J. Oral Sci.* 2013;121(5):443–9.
206. Khan MT, Verma SK, Maheshwari S, Zahid SN, Chaudhary PK. Neuromuscular dentistry: Occlusal diseases and posture. *J. Oral Biol. Craniofacial Res.* 2013;3(3):146–150.
207. Sierpinska T, Kuc J, Golebiewska M. Morphological and Functional Parameters in Patients with Tooth Wear before and after Treatment. *Open Dent. J.* 2013;7:55–61.
208. Torisu T, Tanaka M, Murata H, et al. Modulation of neck muscle activity induced by intra-oral stimulation in humans. *Clin. Neurophysiol.* 2014;125(5):1006–11.
209. Palano D, Molinari G, Cappelletto M, Guidetti G, Vernole B. The role of stabilometry in assessing the correlations between craniomandibular disorders and equilibrium disorders. *Bull. Group. Int. Rech. Sci. Stomatol. Odontol.* 1994;37(1-2):23–26.
210. Ferrario VF, Sforza C, Schmitz JH, Taroni A. Occlusion and center of foot pressure variation: is there a relationship? *J. Prosthet. Dent.* 1996;76(3):302–308.
211. Bracco P, Deregibus A, Piscetta R, Ferrario G. Observations on the correlation between posture and jaw position: a pilot study. *Cranio.* 1998;16(4):252–258.
212. Michelotti A, Manzo P, Farella M, Martina R. Occlusion and posture: is there evidence of correlation? *Minerva Stomatol.* 1999;48(11):525–534.
213. Milani RS, De Periere DD, Lapeyre L, Pourreyron L. Relationship between dental occlusion and posture. *Cranio.* 2000;18(2):127–134.

214. Fujimoto M, Hayakawa L, Hirano S, Watanabe I. Changes in gait stability induced by alteration of mandibular position. *J. Med. Dent. Sci.* 2001;48(4):131–136.
215. Yoshino G, Higashi K, Nakamura T. Changes in weight distribution at the feet due to occlusal supporting zone loss during clenching. *Cranio.* 2003;21(4):271–278.
216. Perinetti G. Dental occlusion and body posture: no detectable correlation. *Gait Posture.* 2006;24(2):165–168.
217. Hosoda M, Masuda T, Isozaki K, et al. Effect of occlusion status on the time required for initiation of recovery in response to external disturbances in the standing position. *Clin. Biomech. (Bristol, Avon).* 2007;22(3):369–73.
218. Perinetti G. Correlations between the stomatognathic system and body posture: biological or clinical implications? *Clinics.* 2009;64(2):77–78.
219. Tecco S, Polimeni A, Saccucci M, Festa F. Postural loads during walking after an imbalance of occlusion created with unilateral cotton rolls. *BMC Res. Notes.* 2010;3:141.
220. Michelotti A, Buonocore G, Manzo P, Pellegrino G, Farella M. Dental occlusion and posture: an overview. *Prog. Orthod.* 2011;12(1):53–58.
221. Cuccia AM. Interrelationships between dental occlusion and plantar arch. *J. Bodyw. Mov. Ther.* 2011;15(2):242–250.
222. Marini I, Gatto MR, Bartolucci ML, Bortolotti F, Alessandri Bonetti G, Michelotti A. Effects of experimental occlusal interference on body posture: an optoelectronic stereophotogrammetric analysis. *J. Oral Rehabil.* 2013;40(7):509–518.
223. Perinetti G, Primožic J, Manfredini D, Di Lenarda R, Contardo L. The diagnostic potential of static body-sway recording in orthodontics: a systematic review. *Eur. J. Orthod.* 2013;35(5):696–705.
224. Silvestrini-Biavati A, Migliorati M, Demarziani E, et al. Clinical association between teeth malocclusions, wrong posture and ocular convergence disorders: an epidemiological investigation on primary school children. *BMC Pediatr.* 2013;13:12.
225. Solow B, Tallgren A. Head posture and craniofacial morphology. *Am. J. Phys. Anthropol.* 1976;44(3):417–35.
226. Solow B, Tallgren A. Dentoalveolar Morphology in Relation to Craniocervical Posture. *Angle Orthod.* 1977;47(3):157–164.

227. Rocabado M, Johnston Jr BE, Blakney MG. Physical therapy and dentistry: an overview. *J. Craniomandibular. Pract.* 1982;1(1):46–49.
228. Hellsing E, McWilliam J, Reigo T, Spangfort E. The relationship between craniofacial morphology, head posture and spinal curvature in 8, 11 and 15-year-old children. *Eur. J. Orthod.* 1987;9(4):254–264.
229. Huggare J, Pirttiniemi P, Serlo W. Head posture and dentofacial morphology in subjects treated for scoliosis. *Proc. Finnish Dent. Soc. Hammaslaakariseuran Toim.* 1991;87(1):151–158.
230. Huggare JA, Raustia AM. Head posture and cervicovertebral and craniofacial morphology in patients with craniomandibular dysfunction. *Cranio.* 1992;10(3):173–179.
231. Nobili A, Adversi R. Relationship between posture and occlusion: a clinical and experimental investigation. *Cranio.* 1996;14(4):274–285.
232. Shimazaki T. The effect of occlusal alteration and masticatory imbalance on the cervical spine. *Eur. J. Orthod.* 2003;25(5):457–463.
233. D’Attilio M, Epifania E, Ciuffolo F, et al. Cervical lordosis angle measured on lateral cephalograms; findings in skeletal class II female subjects with and without TMD: a cross sectional study. *Cranio.* 2004;22(1):27–44.
234. Korbmacher H, Eggers-Stroeder G, Koch L, Kahl-Nieke B. Correlations between dentition anomalies and diseases of the of the postural and movement apparatus--a literature review. *J. Orofac. Orthop.* 2004;65(3):190–203.
235. D’Attilio M, Filippi MR, Femminella B, Festa F, Tecco S. The influence of an experimentally-induced malocclusion on vertebral alignment in rats: a controlled pilot study. *Cranio.* 2005;23(2):119–129.
236. D’Attilio M, Caputi S, Epifania E, Festa F, Tecco S. Evaluation of cervical posture of children in skeletal class I, II, and III. *Cranio.* 2005;23(3):219–228.
237. Lippold C, Danesh G, Hoppe G, Drerup B, Hackenberg L. Sagittal Spinal Posture in Relation to Craniofacial Morphology. *Angle Orthod.* 2006;76(4):625–631.
238. Michelotti A, Farella M, Buonocore G, Pellegrino G, Piergentili C, Martina R. Is unilateral posterior crossbite associated with leg length inequality? *Eur. J. Orthod.* 2007;29(6):622–6.

239. Motta LJ, Fernandes KPS, Mesquita-Ferrari RA, Biasotto-Gonzalez DA, Bussadori SK. Temporomandibular dysfunction and cervical posture and occlusion in adolescents. *Brazilian J. Oral Sci.* 2012;11(3):401–405.
240. Forgione AG, Mehta NR, Westcott WL. Strength and Bite, Part I: An Analytical Review. *J. cranio-mandibular Pract.* 1991;9(4):305–315.
241. Forgione AG, Mehta NR, McQuade CF, Westcott WL. Strength and bite, Part 2: Testing isometric strength using a MORA set to a functional criterion. *Cranio.* 1992;10(1):13–20.
242. Gelb H, Mehta NR, Forgione AG. Relationship of muscular strength to jaw posture in sports dentistry. *N. Y. State Dent. J.* 1995;61(9):58–66.
243. Ishijima T, Hirai T, Koshino H, Konishi Y, Yokoyama Y. The relationship between occlusal support and physical exercise ability. *J. Oral Rehabil.* 1998;25(6):468–471.
244. Ferrario VF, Sforza C, Serrao G, Fragnito N, Grassi G. The influence of different jaw positions on the endurance and electromyographic pattern of the biceps brachii muscle in young adults with different occlusal characteristics. *J. Oral Rehabil.* 2001;28(8):732–739.
245. Egret C, Leroy D, Loret A, Chollet D, Weber J. Effect of mandibular orthopedic repositioning appliance on kinematic pattern in golf swing. *Int. J. Sports Med.* 2002;23(2):148–52.
246. Yamaga T, Yoshihara A, Ando Y, et al. Relationship between dental occlusion and physical fitness in an elderly population. *journals Gerontol. A, Biol. Sci. Med. Sci.* 2002;57(9):M616–20.
247. Abdallah EF, Mehta NR, Forgione AG, Clark RE. Affecting upper extremity strength by changing maxillo-mandibular vertical dimension in deep bite subjects. *Cranio.* 2004;22(4):268–75.
248. Lai V, Deriu F, Chessa G. [The influence of occlusion on sporting performance]. *Minerva Stomatol.* 2004;53(1-2):41–7.
249. Ebben WP, Flanagan EP, Jensen RL. Jaw Clenching Results in Concurrent Activation Potentiation During the Countermovement Jump. *J. Strength Cond. Res.* 2008;22(6):1850–1854.
250. Cetin C, Keçeci AD, Erdoğan A, Baydar ML. Influence of custom-made mouth guards on strength, speed and anaerobic performance of taekwondo athletes. *Dent. Traumatol.* 2009;25(3):272–6.

251. Manfredi M, Lombardo L, Bragazzi R, Gracco A, Siciliani G. An investigation into explosive force variation using occlusal bites. *Prog. Orthod.* 2009;10(2):54–63.
252. Baldini A, Cravino G. Occlusione dentale e prestazione sportiva: revisione della letteratura. *Mondo Ortod.* 2011;36(3):131–141.
253. Okuyama N, Yamaga T, Yoshihara A, et al. Influence of dental occlusion on physical fitness decline in a healthy Japanese elderly population. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 2011;52(2):172–176.
254. Baldini A, Beraldi A, Nota A, Danelon F, Ballanti F, Longoni S. Gnathological postural treatment in a professional basketball player: a case report and an overview of the role of dental occlusion on performance. *Ann. Stomatol. (Roma).* 2012;3(2):51–58.
255. Dunn-Lewis C, Luk H-Y, Comstock BA, et al. The effects of a customized over-the-counter mouth guard on neuromuscular force and power production in trained men and women. *J. Strength Cond. Res.* 2012;26(4):1085–1093.
256. Jung J-K, Chae W-S, Lee K-B. Analysis of the characteristics of mouthguards that affect isokinetic muscular ability and anaerobic power. *J. Adv. Prosthodont.* 2013;5(4):388–95.
257. Lee S-Y, Hong M-H, Park M-C, Choi S-M. Effect of the Mandibular Orthopedic Repositioning Appliance on Trunk and Upper Limb Muscle Activation during Maximum Isometric Contraction. *J. Phys. Ther. Sci.* 2013;25(11):1387–9.
258. Pae A, Yoo R-K, Noh K, Paek J, Kwon K-R. The effects of mouthguards on the athletic ability of professional golfers. *Dent. Traumatol.* 2013;29(1):47–51.
259. Grosdent S, O’Thanh R, Domken O, Lamy M, Croisier J-L. Dental Occlusion Influences Knee Muscular Performances in Asymptomatic Females. *J. Strength Cond. Res.* 2014;28(2):492–498.
260. Hoa N Van, Hoa LM, Hai NT, Toi V Van. Knowledge and Systems Engineering. In: Huynh VN, Denoeux T, Tran DH, Le AC, Pham SB, eds. *Knowledge and Systems Engineering. Proceedings of the Fifth International Conference KSE 2013, Volume 2.* Vol 245. Cham: Springer International Publishing; 2014:399–410.
261. Holloszy JO, Coyle EF. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J Appl Physiol.* 1984;56(4):831–838.
262. Green S, Dawson B. Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems. *Sports Med.* 1993;15(5):312–327.

263. Bialek EJ, Jakubowski W, Zajkowski P, Szopinski KT, Osmolski A. US of the Major Salivary Glands: Anatomy and Spatial Relationships, Pathologic Conditions, and Pitfalls1. *Radiographics*. 2006;26(3):745–763.
264. Roger V, Tenovuo J, Lenander-Lumikari M, Soderling E, Vilja P. Lysozyme and lactoperoxidase inhibit the adherence of *Streptococcus mutans* NCTC 10449 (serotype c) to saliva-treated hydroxyapatite in vitro. *Caries Res*. 1994;28(6):421–428.
265. Al-Hashimi I, Levine MJ. Characterization of in vivo salivary-derived enamel pellicle. *Arch. Oral Biol*. 1989;34(4):289–295.
266. Nikitkova AE, Haase EM, Scannapieco FA. Taking the starch out of oral biofilm formation: molecular basis and functional significance of salivary  $\alpha$ -amylase binding to oral streptococci. *Appl. Environ. Microbiol*. 2013;79(2):416–23.
267. Parkkila S, Kaunisto K, Rajaniemi L, Kumpulainen T, Jokinen K, Rajaniemi H. Immunohistochemical localization of carbonic anhydrase isoenzymes VI, II, and I in human parotid and submandibular glands. *J. Histochem. Cytochem*. 1990;38(7):941–947.



## **7. PUBLICACIONES**

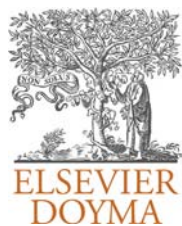




**PUBLICACIÓN I**  
**Efecto del ejercicio anaeróbico láctico sobre el pH salival**

Apunts. Medicina de l'Esport. 2013; 48 (179):83-88





apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

[www.apunts.org](http://www.apunts.org)



ORIGINAL

## Efecto del ejercicio anaeróbico láctico sobre el pH salival

Sonia Julià-Sánchez<sup>a,\*</sup>, Jesús Álvarez-Herms<sup>a</sup>, Aritz Urdampilleta<sup>b</sup>, Francesc Corbi<sup>c</sup>,  
Teresa Pagès<sup>a</sup> y Ginés Viscor<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Departament de Fisiologia i Immunologia, Universitat de Barcelona (UB), Barcelona, España

<sup>b</sup> Departamento de Nutrición, Facultad de Farmacia, Universidad del País Vasco (UPV), Vitoria-Gasteiz, España

<sup>c</sup> Facultat de Ciències de l'Activitat Física i l'Esport - Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya, Centre de Lleida, Universitat de Lleida (UdL), Lleida, España

Recibido el 7 de noviembre de 2012; aceptado el 14 de mayo de 2013

Disponible en Internet el 30 de julio de 2013

### PALABRAS CLAVE

pH salival;  
Ejercicio anaeróbico;  
Caries

### Resumen

**Introducción:** Valores bajos del pH salival están fuertemente relacionados con un mayor riesgo de caries dental. El objetivo del presente estudio fue valorar los cambios en los valores del pH salival tras la realización de ejercicio anaeróbico máximo, su posible relación con el valor de lactato sanguíneo, y el análisis del estado de la cavidad bucal en atletas de disciplinas de carácter anaeróbico.

**Material y métodos:** Estudio de naturaleza experimental, con la participación de 6 sujetos (3 hombres, 3 mujeres; edad  $21,67 \pm 5,32$  años; peso  $61 \pm 7,18$  kg; altura  $1,70 \pm 0,05$  m), atletas de nivel alto, no de élite. Los sujetos realizaron 2 sesiones (S1, S2) de ejercicio anaeróbico láctico con los mismos criterios (máximo número de series de 300 m en pista al 90% de la intensidad máxima individual). Se tomaron muestras de saliva total, no estimulada, en 3 momentos: a) justo antes del ejercicio; b) inmediatamente después de cada serie, y c) transcurridos 30 min después del ejercicio, para la medición del pH salival. También se tomaron muestras de lactato sanguíneo inmediatamente después de cada serie.

**Resultados:** La variación del pH salival basal respecto al pH de la última serie es estadísticamente significativa en ambas sesiones (S1:  $p=0,028$ ; S2:  $p=0,044$ ).

**Conclusiones:** Los datos obtenidos sugieren una respuesta alcalinizante de las glándulas salivales durante la realización de ejercicio anaeróbico láctico. Sería interesante estudiar las modificaciones cualitativas en la composición de la saliva durante la realización de ejercicio anaeróbico y la prolongación del efecto de dichas modificaciones en el tiempo.

© 2012 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [soniajulia@hotmail.com](mailto:soniajulia@hotmail.com) (S. Julià-Sánchez).

**KEYWORDS**

Salivary pH;  
Anaerobic exercise;  
Caries

**The effect of anaerobic lactic acid-producing exercise on salivary pH****Abstract**

*Introduction:* A low salivary pH is strongly associated with the incidence of dental caries. The aim of this study was to determine if high intensity anaerobic exercise could affect the salivary pH response, and to determine if there is correlation between salivary pH and blood lactate values. Additionally, we also aim to determine the state of oral health in anaerobic events athletes.

*Material and methods:* Six healthy and physically active subjects, high-level athletes (3 men and 3 women; age  $21.67 \pm 5.32$  years; weight  $61 \pm 7.18$  kg; height  $1.70 \pm 0.05$  m) performed a clinical trial consisting of two sessions of anaerobic lactic acid-producing exercise. Each session consisted of running the maximum number of sets of 300 meters at 90% of the individual maximal intensity. Non-stimulated whole saliva samples were collected from all subjects at three different times: (i) before the exercise; (ii) immediately after each 300 m set, and (iii) 30 minutes after the exercise. Blood lactate was measured after each 300 m set to assess the anaerobic character of the test.

*Results:* Salivary pH increased significantly after the exercise in both sessions of the study (S1:  $P = .028$ ; S2:  $P = .044$ ).

*Conclusion:* Our results suggest that performing anaerobic lactic acid-producing exercise has an effect on saliva alkalization. More research is needed to assess the qualitative modifications in saliva due to performing anaerobic exercise and their effect on dental health.

© 2012 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

**Introducción**

La saliva es un fluido orgánico con funciones imprescindibles para el mantenimiento de la salud oral<sup>1,2</sup>: participa en la eliminación de hidratos de carbono cariogénicos<sup>3,4</sup>, en la neutralización de ácidos mediante mecanismos tampón<sup>5</sup>, en la remineralización de la superficie dental<sup>6</sup>, y además posee una potente acción antimicrobiana<sup>7,8</sup>.

La secreción salival primaria es un fluido isotónico procedente de la filtración del plasma de la vascularización local, los iones se reabsorben posteriormente en los conductos glandulares produciendo un fluido salival hipotónico respecto al plasma<sup>9</sup>. El pH salival se modifica a lo largo de este proceso, siendo de 7,0 en la secreción primaria, y oscilando en un rango de 6,2 a 7,4 en el pH salival<sup>10,11</sup>. La importancia del valor del pH en la salud bucodental es bien conocida, de modo que valores de pH más ácidos se asocian con un mayor riesgo de caries dental<sup>11,12</sup>.

La composición y la tasa de flujo salival dependen de diversos transmisores químicos, pero también el estrés y el ejercicio físico pueden modificar la composición de electrolitos y proteínas salivales<sup>13</sup>. La mayoría de investigaciones que han estudiado la saliva y sus componentes lo han valorado en ejercicio aeróbico<sup>14-18</sup>, si bien los resultados obtenidos no logran concluir una tendencia uniforme en la respuesta de la saliva al ejercicio. La bibliografía en cuanto a ejercicio anaeróbico es más reducida y los resultados, más contradictorios, registrándose modificaciones cualitativas en la saliva<sup>19</sup> que no se observan en otras investigaciones<sup>20</sup>.

La diferencia fisiológica entre el ejercicio aeróbico y el anaeróbico es muy amplia. Cuando la intensidad del ejercicio aumenta, el metabolismo anaeróbico tiene un papel primordial en la generación de energía por vía anaeróbica<sup>21</sup>. Existen cambios en la regulación de la actividad celular,

mayor tolerancia a productos del metabolismo anaeróbico<sup>22</sup> y mejora de la capacidad tampón en el sistema muscular<sup>23</sup>.

El objetivo principal del estudio se centra en analizar los posibles cambios en el pH salival bajo la influencia de la realización de ejercicio anaeróbico de alta intensidad, así como valorar el estado de salud bucodental en atletas de disciplinas de carácter predominantemente anaeróbico en cuanto a la prevalencia de caries.

**Material y métodos****Sujetos**

El diseño del estudio fue de tipo experimental, con unos criterios específicos de inclusión de la muestra: atletas de nivel alto, de disciplinas atléticas de 400 y 800 m, no fumadores, no estar bajo prescripción médica que afectara la secreción salival y no padecer enfermedades agudas o crónicas de la mucosa oral y/o glándulas salivares.

Se seleccionaron 6 sujetos (3 hombres y 3 mujeres), de raza caucásica (edad  $21,67 \pm 5,32$  años; peso  $61 \pm 7,18$  kg; altura  $1,70 \pm 0,05$  m) para participar en el estudio.

Los sujetos asistieron a 2 sesiones informativas antes de comenzar el estudio. En la primera sesión fueron informados sobre los objetivos del estudio, la naturaleza y los riesgos del entrenamiento y las pruebas de evaluación que se les aplicarían, y firmaron un consentimiento informado. El estudio se diseñó de acuerdo con los estándares del Comité de Bioética de la Universidad de Barcelona y de acuerdo con los principios de la Declaración de Helsinki de 1975, revisada en 2008. Los sujetos fueron advertidos de no consumir alimentos ni bebidas, a excepción de agua, durante la hora previa a la realización de la sesión, de acuerdo con el tiempo

requerido para la normalización del pH salival después de la ingesta de alimentos<sup>24</sup>. En la segunda sesión los sujetos se familiarizaron con los procedimientos de entrenamiento y se realizó un test inicial a fin de ajustar la intensidad individualmente.

### Equipamiento y protocolo de entrenamiento

Todos los sujetos fueron sometidos a una exploración de la cavidad oral por el mismo odontólogo, para evitar el sesgo interexaminador, a fin de detectar enfermedades orales y el estado de la cavidad oral. Se registraron la edad, el sexo, la talla, el peso y los hábitos tabáquicos, dietéticos y de higiene oral, y se valoró el índice CAOD (dientes cariados, ausentes por caries y obturados) para estimar la prevalencia de caries.

El estudio se llevó a cabo en 2 sesiones con una separación de 6 semanas, para valorar el factor de repetición y comprobar la fiabilidad de los resultados obtenidos. El protocolo consistió en la realización de ejercicio anaeróbico láctico mediante la realización de series de 300 m en pista. La intensidad de realización de las series fue ajustada individualmente en base a un test de 300 m realizado en la sesión de familiarización. Durante las sesiones, los sujetos realizaron el máximo número de series de 300 m al 90% de intensidad, con recuperación de 3 min entre series. El ejercicio finalizaba cuando el sujeto no podía mantener la intensidad prescrita en 2 series consecutivas.

En cada sesión se tomaron muestras de saliva total no estimulada en 3 momentos diferentes: a) justo antes del ejercicio; b) inmediatamente después de cada serie (durante el tiempo de recuperación), y c) transcurridos 30 min después de finalizada la prueba.

La secreción de saliva se tomó de saliva total no estimulada, a fin de no alterar la cantidad de la saliva ni sus componentes y el pH<sup>10</sup>. Las muestras salivales se tomaron con los sujetos sentados, en posición relajada, inclinando la cabeza levemente hacia delante y dejando fluir la saliva pasivamente al interior de los tubos colectores de saliva (Salivette<sup>®</sup>) hasta alcanzar un volumen de 0,5 ml<sup>25</sup>. Las muestras fueron tomadas entre las 17.00 y las 20.30 h, en condiciones de temperatura similares en todos los casos (20-24 °C).

Se tomaron muestras de sangre capilar 3 min después de cada serie realizada para el análisis de la concentración de lactato sanguíneo (Lactate Pro ARKRAY, Kyoto, Japón).

### Análisis del valor del pH

La medición del pH de las muestras salivales se realizó in situ e inmediatamente después de su recogida para evitar modificaciones de la composición de la saliva por temperatura o humedad. Para la medición del valor del pH de las muestras salivales se empleó un pH-metro digital (LTLutron PH-220 que cumple la norma ISO-9001), que de forma automatizada ofrece el valor del pH de forma digital con 2 decimales. Todas las mediciones se realizaron por el mismo operador y con la misma metodología: a) calibración del pH-metro; b) inmersión del electrodo en el tubo colector de saliva; c) esperar 5 s desde la estabilización de la lectura del pH;

d) lavado del electrodo con agua destilada, y e) conservación en una solución tampón.

### Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el software SigmaPlot versión 11.0 (SYSTAT Software Inc, San Jose, CA, EE. UU.). El análisis de los valores del pH salival se contrastó mediante un test t de Student de 2 variables para muestras pareadas, con el fin de comparar las muestras de antes y de después del ejercicio. Se utilizó el coeficiente de correlación (Pearson) para examinar relaciones entre variables.

Los resultados se expresan como media  $\pm$  desviación estándar. Los valores de  $p < 0,05$  fueron considerados estadísticamente significativos.

## Resultados

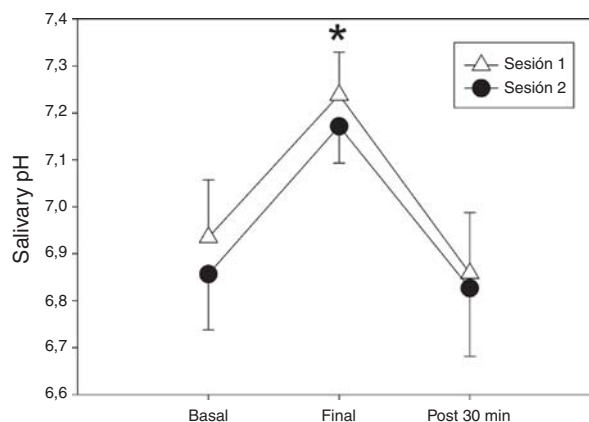
### Estado de salud bucodental

El índice CAOD de los sujetos fue de  $2,83 \pm 3,71$ . El 50% de los sujetos presentaron sarro a nivel sublingual.

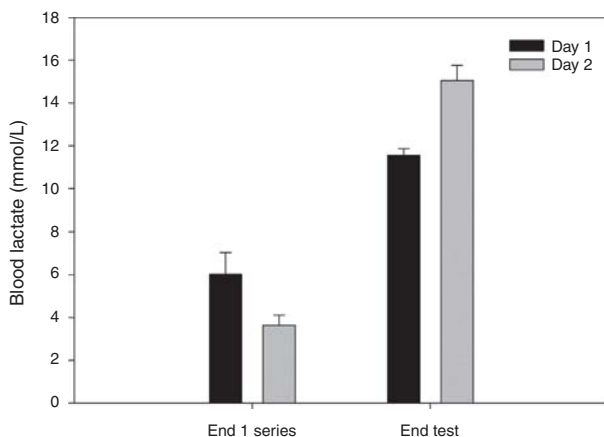
### Análisis del valor del pH salival

El análisis de las muestras salivales mostró una tendencia al incremento gradual del valor del pH salival después de cada serie de ejercicio anaeróbico. Existe un incremento estadísticamente significativo en el valor del pH salival al comparar los valores basales con los valores alcanzados al finalizar la última serie de ejercicio, tanto en la primera sesión ( $p = 0,028$ ) como en la segunda sesión ( $p = 0,044$ ), mientras que a los 30 min de finalizar el ejercicio los valores del pH salival se encuentran próximos a los valores basales en ambas sesiones (fig. 1).

No se ha cuantificado el valor de flujo salival, pero sí se ha observado el aspecto macroscópico de la saliva, observándose un aspecto más denso y viscoso en las últimas series, en comparación con la saliva fluida de las muestras basales.



**Figura 1** Valores promedio (las líneas verticales indican el error estándar de la media) del pH salival basal (Basal), tras la realización de la última serie de ejercicio (Final), y a los 30 min de finalizar el ejercicio (Post 30 min). \*  $p < 0,05$ .



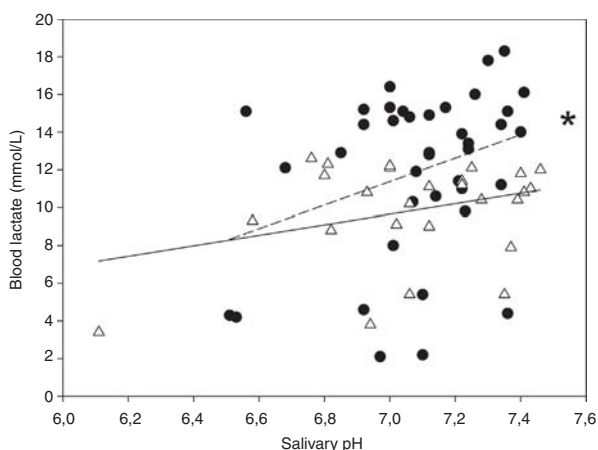
**Figura 2** Valores promedio (las líneas verticales indican el error estándar de la Media) de lactato sanguíneo tras la realización la primera (End 1 Series) y la última serie de ejercicios (End Test). Barras negras para la sesión 1 y barras grises para la sesión 2.

### Análisis del lactato sanguíneo

Las mediciones del lactato sanguíneo (fig. 2) muestran un incremento progresivo del valor del lactato en todos los sujetos a lo largo de las series en las 2 sesiones. Los valores obtenidos individualmente por los sujetos demuestran el carácter anaeróbico del ejercicio realizado, llegando a superar los 10 mmol en todos los sujetos en las últimas series en ambas sesiones.

### Correlación entre el lactato sanguíneo y el pH salival

La correlación entre los valores del lactato sanguíneo y del pH salival (fig. 3) es estadísticamente significativa para los valores de la segunda sesión (coeficiente de



**Figura 3** Correlación entre valores del lactato sanguíneo y del pH salival. Los triángulos indican los valores para la sesión 1 (línea de regresión continua) y los círculos para la sesión 2 (línea de regresión a trazos). \*  $p < 0,05$ .

correlación = 0,327;  $p = 0,04$ ), mientras que a pesar de apreciarse una tendencia paralela en el incremento de lactato sanguíneo y del pH salival, no se ha encontrado una correlación estadísticamente significativa para dichas variables en la primera sesión (coeficiente de correlación = 0,332;  $p = 0,09$ ).

### Deshidratación

Los niveles de deshidratación observados en los sujetos, en ambas sesiones, no alcanzan en ningún caso el 2% de deshidratación ( $S1 = 0,96 \pm 0,36\%$ ;  $S2 = 1,03 \pm 0,28\%$ ). La pérdida de peso experimentada por los sujetos es estadísticamente significativa al finalizar tanto la primera sesión (peso pre,  $61 \pm 7,18$  kg; peso post,  $60,71 \pm 7,26$  kg;  $p = 0,026$ ), como la segunda (peso pre,  $60,85 \pm 7,35$  kg; peso post,  $60,53 \pm 7,33$  kg;  $p = 0,010$ ).

### Discusión

Los resultados observados en nuestro estudio muestran una tendencia incremental de los valores del pH salival durante la realización de ejercicio de capacidad anaeróbica láctica, de intensidad máxima y limitante.

El análisis macroscópico de la saliva muestra una disminución del flujo salival, así como un aspecto más denso de la saliva, especialmente en las últimas series de las sesiones. La disminución del flujo salival durante el ejercicio intenso se atribuye a un menor aporte sanguíneo a las glándulas salivales, debido a la redistribución de flujo regional causada por el aumento en la secreción de catecolaminas<sup>20</sup>. La mayor viscosidad de la saliva se puede explicar por el aumento en el contenido proteico de la saliva durante el ejercicio<sup>16</sup>. También la deshidratación se ha atribuido como un factor causal, de la disminución del flujo salival durante el ejercicio, incluso manteniendo una ingesta hídrica regular<sup>26,27</sup>, y los resultados de la deshidratación en los sujetos muestran valores menores del 2% en ambas sesiones.

Se ha descrito que la disminución del flujo salival es una causa de acidificación del pH salival<sup>28</sup>. Por el contrario, en nuestro estudio encontramos un aumento de su valor tras la realización de ejercicio de capacidad anaeróbica láctica y limitante. Investigaciones anteriores han demostrado que el valor del pH salival disminuye por la influencia de estimulaciones prolongadas, debido a que el cloruro reemplaza al bicarbonato<sup>29,30</sup>. Sin embargo, después de la realización de ejercicio físico intenso se ha reportado un aumento en la capacidad tampón de la saliva<sup>31</sup>, lo que podría explicar el aumento del pH salival que encontramos en nuestro estudio, donde predomina una estimulación de intensidad máxima, con alta intensidad de ejecución y recuperaciones incompletas.

En el periodo de tiempo comprendido entre la primera y la segunda sesión los sujetos realizaron un entrenamiento de capacidad láctica, y por esta razón el número de series realizado por los sujetos en la segunda sesión ( $6,5 \pm 2,17$ ) es mayor que el registrado en la primera ( $4,33 \pm 1,21$ ). El análisis de los valores del lactato muestra a la vez que se alcanzan valores mucho mayores que en la primera sesión.

Existe una tendencia paralela entre los valores del lactato sanguíneo y del pH salival, aumentando ambos con la

intensidad del ejercicio. La correlación entre los valores del lactato sanguíneo y del pH salival es inconcluyente, siendo estadísticamente significativa para los valores de la segunda sesión ( $p=0,04$ ).

La prevalencia de caries de los sujetos, medida con el CAOD ( $2,83 \pm 3,71$ ), refleja un buen estado de la cavidad oral en sujetos de disciplinas atléticas de medio fondo. Este CAOD es menor que el registrado en otros deportes como el fútbol (índice:  $5,7 \pm 4,1$ )<sup>32</sup>. Estudios en la población general española en el año 2005 muestran un CAOD de 2,18 en sujetos de 15 años, y de 9,61 en adultos jóvenes (35-44 años); no se dispone de datos en grupos de población de edades entre los 15 y los 35 años<sup>33</sup>. Podemos observar que nuestra muestra registra unos valores de CAOD bajos en comparación con la población de adultos jóvenes españoles, lo que indica una menor prevalencia de caries dental en los sujetos del estudio.

Los efectos del ejercicio sobre la salud general son bien conocidos, pero no así su implicación sobre la salud oral. Existen estudios que señalan el ejercicio anaeróbico como factor protector frente a la actividad cariogénica de los microorganismos salivales<sup>34</sup>; además, el aumento de la  $\alpha$ -amilasa después del ejercicio podría contribuir a inhibir la formación de placa bacteriana<sup>35</sup>. En nuestro estudio observamos una alcalinización incremental del pH salival a lo largo del ejercicio, si bien los valores del pH salival a los 30 min se encuentran normalizados y cercanos a los valores basales individuales.

Cabe resaltar que en la muestra de sujetos, atletas de disciplinas de carácter anaeróbico, el valor del pH salival basal ( $6,9 \pm 0,3$ ) se encuentra próximo a los valores máximos del rango del pH cervical, que oscila entre 6,2 y 7,4<sup>10,11</sup>, y que valores del pH cercanos a la neutralidad contribuyen a mantener la homeostasis microbiana de la placa<sup>36-38</sup>, mientras que valores del pH más ácido se asocian a un mayor riesgo de caries<sup>11,12</sup>.

Se precisa más trabajo para poder concluir los efectos del ejercicio anaeróbico sobre la respuesta del pH salival. Desafortunadamente, en el presente estudio no se realizó un análisis de la composición salival. Sería interesante valorar la respuesta del pH salival tras la realización de ejercicio anaeróbico a largo plazo, así como valorar posibles cambios en los valores basales del pH salival y su implicación sobre la salud dental en deportistas de diferentes disciplinas.

## Financiación

Estudio realizado sin la ayuda de apoyo externo.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Información no presentada previamente ni total ni parcialmente.

## Agradecimientos

Los autores agradecen la generosa colaboración de todos los sujetos voluntarios.

## Bibliografía

1. Saliva: Its role in health and disease. Working group 10 of the Commission on Oral health, Research and Epidemiology (CORE). *Int Dent J.* 1992;42 Suppl 2:287-304.
2. Sreebny LM, Baum BJ, Edgar WM, Epstein J, Fox PC, Larmas M. Saliva: Its role in health and diseases. *Int Dent J.* 1992;42:291-304.
3. Abelson DC, Mandel ID. The effect of saliva on plaque pH in vivo. *J Dent Res.* 1981;60:1634-8.
4. Turtola LO, Luoma H. Plaque pH in caries-active and inactive subjects modified by sucrose and fluoride, with and without bicarbonate-phosphate. *Scand J Dent Res.* 1972;80:334-43.
5. Nauntofte B, Tenevuo J, Lagerlöf F. Secretion and composition of saliva. En: Fejerskov O, Kidd E, editores. *Dental caries. The disease and its clinical management.* Oxford: Blackwell Munksgard; 2003.
6. Seif TR. Saliva: su rol en la salud y en la enfermedad. En: Seif T, editor. *Cariología. Prevención, diagnóstico y tratamiento de la caries dental.* Caracas: Actualidades Médico-odontológicas Latinoamericanas; 1997.
7. Bernimoulin JP. Recent concepts in plaque formation. *J Clin Periodontol.* 2003;30 Suppl 5:7-9.
8. Liébana J, González M, Liébana M, Parra L. Composición y ecología de la microbiota oral. En: Liébana J, editor. *Microbiología oral.* 2.ª ed. Madrid: MacGraw-Hill-Interamericana; 2002.
9. Baum BJ. Principles of saliva secretion. *Ann N Y Acad Sci.* 1993;694:17-23.
10. Kaufman E, Lamster IB. The diagnostic applications of saliva—a review. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2002;13:197-212.
11. Swerdlove CK. Relation between the incidence of dental caries and the pH of normal resting saliva. *J Dent Res.* 1942;21:73.
12. Stephan R. Intra-oral hydrogen-ion concentrations associated with dental caries activity. *J Dent Res.* 1944;23:257.
13. Emmelin N. Nerve interactions in salivary glands. *J Dent Res.* 1987;66:509-17.
14. Salminen S, Kontinen A. Effect of exercise on Na and K concentrations in human saliva and serum. *J Appl Physiol.* 1963;18:812-4.
15. Ljungberg G, Ericson T, Ekblom B, Birkhed D. Saliva and marathon running. *Scand J Med Sci Sports.* 1997;7:214-9.
16. Dawes C. The effects of exercise on protein and electrolyte secretion in parotid saliva. *J Physiol.* 1998;320:139-48.
17. Gilman S, Thornton R, Miller D, Biersner R. Effects of exercise stress on parotid gland secretion. *Horm Metab Res.* 1979;11:454.
18. Shannon IL. Effect of exercise on parotid fluid corticosteroids and electrolytes. *J Dent Res.* 1967;46:608-10.
19. Chicharro JL, Serrano V, Urena R, Gutierrez AM, Carvajal A, Fernandez-Hernando P, et al. Trace elements and electrolytes in human resting mixed saliva after exercise. *Br J Sports Med.* 1999;33:204-7.
20. Blannin AK, Robson PJ, Walsh NP, Clark AM, Glennon L, Gleeson M. The effect of exercising to exhaustion at different intensities on saliva immunoglobulin A, protein and electrolyte secretion. *Int J Sports Med.* 1998;19:547-52.
21. Weyand PG, Lee CS, Martinez-Ruiz R, Bundle MW, Bellizzi MJ, Wright S. High-speed running performance is largely unaffected by hypoxic reductions in aerobic power. *J Appl Physiol.* 1999;86:2059-64.
22. Stathis CG, Febbraio MA, Carey MF, Snow RJ. Influence of sprint training on human skeletal muscle purine nucleotide metabolism. *J Appl Physiol.* 1994;76:1802-9.
23. Terrados N, Melichna J, Sylven C, Jansson E, Kaijser L. Effects of training at simulated altitude on performance and muscle metabolic capacity in competitive road cyclists. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1988;57:203-9.



24. Stephan R. Changes in the hydrogen ion concentration on tooth surfaces and in carious lesions. *J Am Dent Assoc.* 1940; 27:718.
25. Navazesh M. Methods for collecting saliva. *Ann N Y Acad Sci.* 1993;694:72–7.
26. Walsh NP, Montague JC, Callow N, Rowlands AV. Saliva flow rate, total protein concentration and osmolality as potential markers of whole body hydration status during progressive acute dehydration in humans. *Arch Oral Biol.* 2004;49:149–54.
27. Walsh NP, Laing SJ, Oliver SJ, Montague JC, Walters R, Bilzon JL. Saliva parameters as potential indices of hydration status during acute dehydration. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36:1535–42.
28. Moss SJ. Dental erosion. *Int Dent J.* 1998;48:529–39.
29. Lagerlof F, Oliveby A. Caries-protective factors in saliva. *Adv Dent Res.* 1994;8:229–38.
30. Weissenbach M, Chau N, Benamghar L, Lion C, Schwartz F, Vadot J. Oral health in adolescents from a small French town. *Community Dent Oral Epidemiol.* 1995;23:147–54.
31. Nakagawa M, Mizuma K, Inui T. Changes in taste perception following mental or physical stress. *Chem Senses.* 1996;21:195–200.
32. Gay-Escoda C, Vieira-Duarte-Pereira DM, Ardevol J, Pruna R, Fernandez J, Valmaseda-Castellon E. Study of the effect of oral health on physical condition of professional soccer players of the Football Club Barcelona. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2011;16:e436–9.
33. Bravo-Pérez M, Casals-Peidro E, Cortés-Martícorena FJ, Llodra-Calvo JC, Álvarez-Arenas Pardina I, Hermo-Señariz P, et al. Encuesta de salud oral en España 2005. *RCOE.* 2006;11:409–56.
34. Fernández Fraga F, Suárez Quintanilla JA. Estudio comparativo de parámetros salivares en relación al test de Alban, en reposo y en ejercicio. A Coruña: Universidade da Coruña; 1996.
35. Walsh NP, Blannin AK, Clark AM, Cook L, Robson PJ, Gleeson M. The effects of high-intensity intermittent exercise on saliva IgA, total protein and alpha-amylase. *J Sports Sci.* 1999;17:129–34.
36. Blasco Sansano R, Castellar Ponce M, Llorca Salort N, Valero Rosique J, García Espinosa R. Study on risk factors of caries and evaluation of a test indicating dental plaque pH values, the revealed of the plaque and the buffer capacity of the saliva. *Rev Pediatr Aten Primaria.* 2009;11:33–47.
37. Marsh PD. Dental plaque as a biofilm: The significance of pH in health and caries. *Compend Contin Educ Dent.* 2009;30:83–7, 76, 78, 80, quiz 88, 90.
38. Thaweboon S, Thaweboon B, Nakornchai S, Jitmaitree S. Salivary secretory IgA, pH, flow rates, mutans *Streptococci* and *Candida* in children with rampant caries. *Southeast Asian J Trop Med Public Health.* 2008;39:893–9.

**PUBLICACIÓN II**  
**Salivary pH increases after jump exercises in hypoxia**

Science & Sport. 2014; <http://dx.doi.org/10.1016/j.scispo.2013.12.004>





Disponible en ligne sur

**ScienceDirect**  
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

**EM|consulte**  
www.em-consulte.com



ORIGINAL ARTICLE

# Salivary pH increases after jump exercises in hypoxia

## *Exercice de haute intensité et variations du pH salivaire en hypoxie*

S. Julià-Sánchez<sup>a</sup>, J. Álvarez-Herms<sup>a</sup>, H. Gatterer<sup>b</sup>,  
M. Burtcher<sup>b</sup>, T. Pagès<sup>a</sup>, G. Viscor<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> *Departament de Fisiologia i Immunologia, Universitat de Barcelona (UB), Avda. Diagonal 643, Edifici Ramon Margalef 3A, E-08028, Barcelona, Spain*

<sup>b</sup> *Department of Sport Science, University of Innsbruck, Innsbruck, Austria*

Received 15 July 2013; accepted 31 December 2013

### KEYWORDS

Salivary pH;  
Exercise;  
Hypoxia;  
Anaerobic  
metabolism

### Summary

**Objectives.** – The purpose of the present study was to determine if high intensity exercise performed in hypoxia could affect the salivary pH response in comparison to normoxia.

**Methods.** – Eight healthy and physically active subjects performed a randomized single blinded protocol consisting in six sets of 15 seconds stretch-shortening-cycles (SSC) jumping at three different conditions: (T1) baseline test at 550m altitude, (T2) at 2500m simulated altitude ( $O_2 = 16.4\%$ ), and (T3) at 4000m simulated altitude ( $O_2 = 13.4\%$ ). Non-stimulated whole saliva samples were collected for all subjects before and after the exercise. Blood lactate, oxygen saturation and heart rate were measured to assess the anaerobic character of the test.

**Results.** – The results revealed an increase in salivary pH values after the exercise, only reaching significance for altitude conditions (T2,  $P = 0.009$ ; T3,  $P = 0.026$ ). No significant differences in blood lactate were detected when comparing the three experimental conditions.

**Conclusions.** – Our results suggest that exercise performed in normobaric hypoxia has stronger effects in saliva alkalization than when performed under normoxia. As salivary pH is strongly associated with caries incidence, more research is needed to assess the clinical significance of changes in salivary pH due to intense exercise in normobaric hypoxia.

© 2014 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

\* Corresponding author.

E-mail addresses: [gviscor@ub.edu](mailto:gviscor@ub.edu), [gviscor@gmail.com](mailto:gviscor@gmail.com) (G. Viscor).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.scispo.2013.12.004>

0765-1597/© 2014 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

## MOTS CLÉS

pH salivaire ;  
Exercice ;  
Hypoxie ;  
Métabolisme  
anaérobique

## Résumé

**Objectifs.** – Le but de notre étude était de déterminer si l'exercice de haute intensité réalisé en hypoxie peut affecter la réponse du pH salivaire par rapport à la normoxie.

**Sujets et méthodes.** – Huit sujets ont participé à un protocole simple et aléatoire à l'aveugle. Le protocole d'exécution composé de six séries de cycles d'étirement-raccourcissement, de 15 secondes d'écart, sous trois conditions différentes: (T1) test de référence à 550 m d'altitude, (T2) en simulation d'altitude 2500 m ( $O_2 = 16,4\%$ ) et (T3) à l'altitude simulée 4000 m ( $O_2 = 13,4\%$ ). Des échantillons de salive non stimulés ont été recueillis avant et après l'exercice. Le lactate de sang, la saturation en oxygène et la fréquence cardiaque ont été mesurés afin d'évaluer le caractère anaérobique de l'essai.

**Résultats.** – Nos résultats ont révélé une augmentation des valeurs de pH salivaire après l'exercice, atteignant la signification statistique pour des tests développés en altitude (T2,  $p = 0,009$ ; T3,  $p = 0,026$ ).

**Conclusion.** – Nos résultats suggèrent que l'exercice en hypoxie normobarique provoque une alcalinisation accrue de la salive que lorsqu'elles sont réalisées sous normoxie. Le pH salivaire étant fortement associé à l'incidence des caries, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour évaluer la signification clinique des modifications de pH salivaire dû à un exercice intense en hypoxie normobarique.

© 2014 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

## 1. Introduction

Saliva is an important fluid with essential functions in maintaining oral health, digestive process and antimicrobial function [1]. It is well known that low salivary pH values are correlated with higher risk of dental caries, because of the tooth surface demineralization [2]. Thus, when there are low pH values, saliva plays an important role in the protection against dental caries, because of the surface remineralization through buffer mechanisms [3].

Different physiological situations can increase [4] or decrease [5] salivary flow. In addition, stress and physical aerobic [6,7] and anaerobic exercise [8–10] can modify quantitative and qualitative salivary parameters.

Hypoxia is an environmental factor that causes severe physiological stress on the human body, and the effects of altitude exposure have been widely described [11,12]. When altitude increases, a higher contribution of the anaerobic pathways to provide mechanic energy may occur [13], thus increasing the glycolysis mechanisms [14]. After performing exercise at altitude, improved buffer capacity in muscles [15], due to higher tolerance to anaerobic metabolites [16] and indeed an improvement in the heart rate recovery index [17] have been described. Regarding the responses of salivary pH to exercise performed in hypoxia, we have not found previous reports studying the salivary pH trend to high intensity exercise performed at different altitudes.

We hypothesized that anaerobic exercise itself, likely increased by an excessive oxygen debt generated in hypoxia, would change saliva composition and therefore salivary pH. The main aim of this study was to evaluate salivary pH before and after performing high intensity anaerobic exercise bouts (i.e. six sets, each lasting 15 seconds, of stretch-shortening cycles jumping [CMJ15]) in normoxia and at moderate (2.500 m) and high (4.000 m) simulated altitudes.

## 2. Methods

### 2.1. Subjects

Eight healthy, non-smoking, and physically active subjects were enrolled to participate in the study (Table 1). Subjects were advised not to consume any kind of food or drink but water during the 1-h period prior to the test, according to the required time to normalize the salivary pH after the food intake [18]. All subjects signed a consent form agreeing to participate in the study, which was according the Declaration of Helsinki as modified by the 59th WMA General Assembly, Seoul, Korea, October 2008. The study was carried out at the Department of Sport Science (Medical Section) of the Innsbruck University.

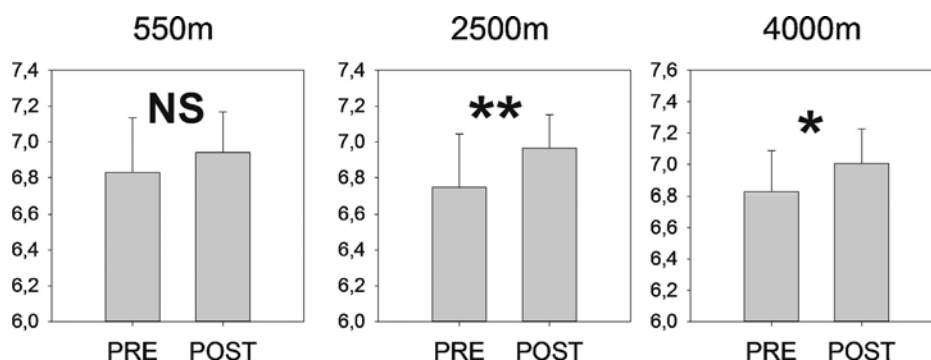
### 2.2. Study design

The study involved three experimental sessions (T1, T2, and T3), with at least three recovery days between successive tests. The exercise consisted of six sets of 15 seconds stretch-shortening cycles (SSC) jumping according to Bosco protocol [19] at a different simulated altitudes. A hypoxicator (b-cat HA6500 M, Tiel, Netherlands) was used to produce

Table 1 Anthropometric data of the subjects.

Characteristics	Total (n = 8)
Age, yrs	33.62 ± 4.07
Height, m	1.77 ± 0.05
Weight, kg	74.38 ± 6.86
BMI, kg/m <sup>2</sup>	23.75 ± 2.17

BMI: body mass index.



**Figure 1** Salivary pH values before and after the exercise at the three different altitudes (m). Mean  $\pm$  SD ( $n=8$ ). \* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ .

simulated altitude conditions. T1 was performed at the laboratory real altitude of 550 m (Innsbruck), T2 at 2500 m simulated altitude ( $O_2 = 16.4\%$ ), and T3 at simulated altitude of 4000 m ( $O_2 = 13.4\%$ ). Subjects were randomly assigned to the three different conditions and the degree of hypoxia of each test was unknown for the subjects.

In each test, salivary samples of non-stimulated whole saliva were collected before and after the exercise to measure salivary pH. Non-stimulated whole saliva secretion does not alter quantitative and qualitative salivary parameters and pH [20]. Salivary samples were collected without stimulus, with subjects sitting in a relaxed position, and leaving saliva flow passively into the Salivette® collecting tubes until reaching a 0.5 mL flow [21]. A digital pH-meter (Lutron PH-220, Taipei, Taiwan; according ISO-9001) was used to measure salivary pH values.

Blood capillary samples were collected from a finger tip three minutes after the exercise to measure blood lactate levels (Biosen C-Line analyser, EKF, Barleben, Germany) in order to evaluate the anaerobic character of the exercise. Oxygen saturation ( $SaO_2$ ) was taken at the end of each set of exercise with a pulse oximeter ONYX II 9550 (NONIN, Plymouth, USA) to assess the individual arterial oxygen saturation changes in response to exercise in hypoxia. Heart rate was monitored during the exercise with a POLAR RS800CX (POLAR, Kempele, Finland).

### 2.3. Statistical analysis

All values are expressed as mean  $\pm$  SD. ANOVA for repeated measures with Holm-Sidak correction was used to evaluate hypoxia-dependent changes of salivary pH, blood lactate, arterial oxygen saturation and heart rates between rest and exercise. Correlation analyses (Pearson) were applied to examine relations between variables. A  $P$  value of  $< 0.05$  was considered significant. Statistical analysis was performed using SigmaPlot statistical software version 11 (SYSTAT Software Inc, San Jose, CA, USA).

### 3. Results

Salivary pH values significantly increased after exercise at 2.500 ( $P=0.009$ ) and 4.000 m ( $P=0.026$ ) simulated altitude but, although showing a similar trend, do not significantly changed under normoxia conditions (Fig. 1).

Table 2 shows the overall of physiological measurements. As expected, after the SSC exercise, blood lactate levels were increased in all conditions, although no statistically significant differences were observed among the three post-test conditions. Obviously, heart rate was significantly increased after the exercise for the three experimental tests ( $P < 0.001$ ). However, no statistically significant differences were noted among the experimental conditions neither after the exercise nor before the tests. Oxygen saturation data showed statistically significant differences between pre-test and post-test for tests performed under simulated hypoxia conditions ( $P=0.001$ ;  $P < 0.001$  for T2 and T3 respectively) whereas marginally significant differences were found for the normoxia condition ( $P=0.056$ ). Interaction between groups showed statistically significant differences among the three groups for post-values: T1vsT2 ( $P < 0.001$ ); T1 vs. T3 ( $P < 0.001$ ); T2 vs. T3 ( $P < 0.001$ ). Whereas for pre-values, statistically significant differences were found between T1 and T2 ( $P=0.009$ ) and also between T1 and T3 ( $P=0.010$ ), but not between the two tests developed in hypoxia, T2 and T3 ( $P=0.83$ ).

Interestingly, a significant negative correlation was found between salivary pH and arterial oxygen saturation levels for the tests performed under hypoxia conditions (T2;  $P=0.0049$  and T3;  $P=0.043$ ), whereas no correlation was found for the test performed in normoxia (T1;  $P=0.47$ ) (Fig. 2).

### 4. Discussion

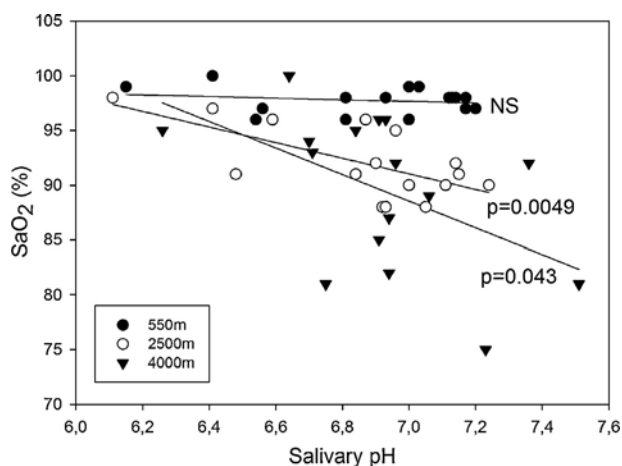
The main novel finding of this study was that maximal intensity anaerobic exercise significantly increased the salivary pH values when performed at simulated altitude conditions (T2 and T3), whereas not reaching significance at low altitude of Innsbruck city (T1).

An interesting finding in our study was that salivary pH correlated negatively with the oxygen saturation post exercise under both hypoxia conditions ( $r = -0.66$ ,  $P < 0.005$  and  $r = 0.51$ ,  $P < 0.05$  for 2.500 m and 4.000 m respectively), but not during normoxia exercise. Thus, in hypoxia, lower arterial oxygen saturation at the end of jumping test could be associated with more alkaline saliva. The decrease in arterial oxygen saturation after performing high-intensity exercise in hypoxia is supported by previous investigators [22].

**Table 2** Heart rate (bpm), arterial oxygen saturation (SaO<sub>2</sub>, %) and lactate concentration (mmol/L) before (pre) and after (post) the exercise under the different conditions tested. Mean ± SD (n = 8).

	T1 (500 m)		T2 (2500 m)		T3 (4000 m)	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Heart rate	80.4 ± 14.8	143 ± 12.6*	79.8 ± 11.3	144 ± 10.6*	78.5 ± 13.9	143 ± 10.0*
SaO <sub>2</sub>	98.6 ± 0.7 <sup>a,b</sup>	96.9 ± 0.8 <sup>aa,bb</sup>	94.8 ± 2.4	90.8 ± 2.6 <sup>*c</sup>	95 ± 2.6	84.1 ± 5.6*
Lactate	—	7.5 ± 3.0	—	7.7 ± 4.0	—	7.9 ± 3.0

\*P ≤ 0.001 for pre-post contrast; T1 vs. T2: <sup>a</sup>P < 0.01, <sup>aa</sup>P < 0.001; T1 vs. T3: <sup>b</sup>P ≤ 0.01, <sup>bb</sup>P < 0.001; T2 vs. T3: <sup>c</sup>P < 0.001.



**Figure 2** Regression lines between salivary pH and arterial oxygen saturation levels after the exercise tests at three different altitudes.

Historically, altitude research regarding changes in aerobic pathway to altitude have been widely investigated. However, more recent interest has grown in the effects on the anaerobic metabolism [23]. The results of the present study demonstrated that salivary pH increased significantly after performing anaerobic exercise in moderate and high altitude. Previously, no changes in salivary pH, or even a slightly trend to decreased values, after performing aerobic exercise [7,24] were reported. In contrast, an increase in salivary pH values has been reported after performing anaerobic exercise [25]. In the present study, a maximal intensity anaerobic exercise, divided in short sets, allowed to all subjects to overreach the classic 4 mmol lactate threshold [26]. Although not showing statistical differences in lactate values between the three tests, values for T2 and T3 were higher than values for T1. Regarding salivary pH values, our results show a significant increase after exercise developed at simulated altitude conditions (T2 and T3), whereas not reaching significance at low altitude of Innsbruck city (T1). The increase in salivary pH observed in all tests could be due to the performance of maximal anaerobic exercise. Maybe an excessive oxygen debt after exercise in hypoxia, thus intensifying the exercise performed, could markedly change qualitative composition of saliva and pH.

It has been shown that prolonged stimulation exercise causes a replacement of bicarbonate for chloride, therefore the salivary pH decreases [27]. In contrast, Nakagawa et al. found a markedly enhancement in the buffering

capacity of saliva after performing hard physical exercise [28]. At peripheral level, an enhancement in the buffering capacity has also been observed in muscles after exercise in hypoxia [29]. Therefore, our finding of higher post-test values of salivary pH, could be a consequence of the increased buffering capacity of saliva, in a similar way as has been found in skeletal muscle tissue, after performing maximal short stimulation exercise. Further evidences for these shift come from the substantial increases in the blood lactate production after anaerobic exercise in hypoxia comparing to normoxia. We observed high blood lactate levels (mean values ± SD: T1 = 7.5 ± 3.0, T2 = 7.7 ± 4.0, and T3 = 7.9 ± 3.0) that could be accompanied by an increased utilization of carbohydrates during exercise in hypoxia [30]. Despite correlation between blood and salivary lactate observed in several studies [31,32], we have not found any correlation between capillary blood lactate concentration and salivary pH. Regarding this finding, we hypothesize that salivary pH values are independent of salivary and blood lactate values. This hypothesis agrees with Mendez who found that salivary lactate production could be generated by salivary gland anaerobic metabolism [33]. Other parameters measured in the study were not considered relevant to evaluate salivary pH changes.

## 5. Conclusion

The beneficial effects of exercise on the human body are well known, but much less research exists on the involvement on oral health. Saliva has been considered one of the most important determinant caries factors and it is well known that higher salivary pH values strongly correlate to fewer incidence of caries. In this way, we have found an alkalization in salivary pH after the performance of intense anaerobic exercise, more markedly when developed under hypoxia conditions. Therefore, instead of its characteristic metabolic acidification, a healthy effect of the anaerobic exercise regarding caries risk could be suggested. More investigation is needed to conclude the effects of anaerobic exercise and salivary pH response and their implication in oral health.

## Disclosure of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest concerning this article.

## Acknowledgements

S.J.S. and J.A.H. would thank the Department of Sports Science of the University of Innsbruck for providing all the facilities. We are also grateful to all the volunteers participating in the study for their hard commitment and enthusiasm.

## References

- [1] Bernimoulin JP. Recent concepts in plaque formation. *J Clin Periodontol* 2003;30 Suppl. 5:7–9.
- [2] Nauntofte B, Tenevuo J, Lagerlöf F. Secretion and composition of saliva. In: Fejerskov O, Kidd E, editors. *Dental caries. The disease and its clinical management*. Oxford: Blackwell Munksgard; 2003. p. 7–29.
- [3] Edgar WM. Saliva: its secretion, composition and functions. *Br Dent J* 1992;172(8):305–12.
- [4] Meningaud JP, Pitak-Arnop P, Chikhani L, Bertrand JC. Drooling of saliva: a review of the etiology and management options. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;101(1):48–57.
- [5] Dodds MW, Johnson DA, Yeh CK. Health benefits of saliva: a review. *J Dent* 2005;33(3):223–33.
- [6] Dawes C. The effects of exercise on protein and electrolyte secretion in parotid saliva. *J Physiol* 1998;320:139–48.
- [7] Ljungberg G, Ericson T, Ekblom B, Birkhed D. Saliva and marathon running. *Scand J Med Sci Sports* 1997;7(4):214–9.
- [8] Ben-Aryeh H, Roll N, Lahav M, Dlin R, Hanne-Paparo N, Szargel R, et al. Effect of exercise on salivary composition and cortisol in serum and saliva in man. *J Dent Res* 1989;68(11):1495–7.
- [9] Chicharro JL, Serrano V, Urena R, Gutierrez AM, Carvajal A, Fernandez-Hernando P, et al. Trace elements and electrolytes in human resting mixed saliva after exercise. *Br J Sports Med* 1999;33(3):204–7.
- [10] Walsh NP, Blannin AK, Clark AM, Cook L, Robson PJ, Gleeson M. The effects of high-intensity intermittent exercise on saliva IgA, total protein and alpha-amylase. *J Sports Sci* 1999;17(2):129–34.
- [11] Levine BD, Friedman DB, Engfred K, Hanel B, Kjaer M, Clifford PS, et al. The effect of normoxic or hypobaric hypoxic endurance training on the hypoxic ventilatory response. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24(7):769–75.
- [12] Saltin B. Exercise and the environment: focus on altitude. *Res Q Exerc Sport* 1996;67:1–10.
- [13] Weyand PG, Lee CS, Martinez-Ruiz R, Bundle MW, Bellizzi MJ, Wright S. High-speed running performance is largely unaffected by hypoxic reductions in aerobic power. *J Appl Physiol* 1999;86(6):2059–64.
- [14] Wolski LA, McKenzie DC, Wenger HA. Altitude training for improvements in sea level performance. Is the scientific evidence of benefit? *Sports Med* 1996;22(4):251–63.
- [15] Terrados N, Melichna J, Sylven C, Jansson E, Kaijser L. Effects of training at simulated altitude on performance and muscle metabolic capacity in competitive road cyclists. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1988;57(2):203–9.
- [16] Stathis CG, Febbraio MA, Carey MF, Snow RJ. Influence of sprint training on human skeletal muscle purine nucleotide metabolism. *J Appl Physiol* 1994;76(4):1802–9.
- [17] Álvarez-Herms J, Julià-Sánchez S, Corbi F, Pagès T, Viscor G. Changes in heart rate recovery index after a programme of strength/endurance training in hypoxia. *Apunts Medicina de l'Esport* 2012;47(173):23–9.
- [18] Stephan R. Changes in the hydrogen ion concentration on tooth surfaces and in carious lesions. *J Am Dent Assoc* 1940;27:718.
- [19] Bosco C, Luhtanen P, Komi PV. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1983;50(2):273–82.
- [20] Kaufman E, Lamster IB. The diagnostic applications of saliva—a review. *Crit Rev Oral Biol Med* 2002;13(2):197–212.
- [21] Navazesh M. Methods for collecting saliva. *Ann N Y Acad Sci* 1993;694:72–7.
- [22] Katayama K, Sato Y, Morotome Y, Shima N, Ishida K, Mori S, et al. Intermittent hypoxia increases ventilation and SaO<sub>2</sub> during hypoxic exercise and hypoxic chemosensitivity. *J Appl Physiol* 2001;90:1431–40.
- [23] Hamlin MJ, Marshall HC, Hellemans J, Ainslie PN, Anglem N. Effect of intermittent hypoxic training on 20 km time trial and 30 s anaerobic performance. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20(4):651–61.
- [24] Horswill CA, Stofan JR, Horn MK, Eddy DE, Murray R. Effect of exercise and fluid consumption on salivary flow and pH. *Int J Sports Med* 2006;27(6):500–4.
- [25] Julià-Sánchez S, Álvarez-herms J, Urdampilleta A, Corbi F, Pagès T, Viscor G. The effect of lactic anaerobic exercise on salivary pH. *Apunts. Medicina de l'Esport* 2013;48:83–8.
- [26] Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/L lactate threshold. *Int J Sports Med* 1985;6(3):117–30.
- [27] Lagerlof F, Oliveby A. Caries-protective factors in saliva. *Adv Dent Res* 1994;8(2):229–38.
- [28] Nakagawa M, Mizuma K, Inui T. Changes in taste perception following mental or physical stress. *Chem Senses* 1996;21(2):195–200.
- [29] Gore CJ, Hahn AG, Aughey RJ, Martin DT, Ashenden MJ, Clark SA, et al. Live high: train low increases muscle buffer capacity and submaximal cycling efficiency. *Acta Physiol Scand* 2001;173(3):275–86.
- [30] Peronnet F, Massicotte D, Folch N, Melin B, Koulmann N, Jimenez C, et al. Substrate utilization during prolonged exercise with ingestion of 13C-glucose in acute hypobaric hypoxia (4300 m). *Eur J Appl Physiol* 2006;97(5):527–34.
- [31] Segura R, Javierre C, Ventura JL, Lizarraga MA, Campos B, Garrido E. A new approach to the assessment of anaerobic metabolism: measurement of lactate in saliva. *Br J Sports Med* 1996;30(4):305–9.
- [32] Ohkuwa T, Itoh H, Yamazaki Y, Sato Y. Salivary and blood lactate after supramaximal exercise in sprinters and long-distance runners. *Scand J Med Sci Sports* 1995;5(5):285–90.
- [33] Mendez J, Franklin B, Kollias J. Relationship of blood and saliva lactate and pyruvate concentrations. *Biomedicine* 1976;25(9):313–4.





**PUBLICACIÓN III**  
**Dental occlusion influences on the standing balance on an  
unstable platform**

Motor Control (sometido a segunda revisión editorial)



## **Dental occlusion influences on the standing balance on an unstable platform**

Running head: DENTAL OCCLUSION INFLUENCES DYNAMIC BALANCE

Sonia Julià-Sánchez<sup>1</sup>; Jesús Álvarez-Herms<sup>1</sup>; Hannes Gatterer<sup>2</sup>; Martin Burtscher<sup>2</sup>;  
Teresa Pagès<sup>1</sup>; Ginés Viscor<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departament de Fisiologia i Immunologia, Universitat de Barcelona (UB), Avda. Diagonal 643, Edifici Ramon Margalef 3A, Barcelona, E-08028, Spain.

<sup>2</sup> Department of Sport Science, Medical Section, University Innsbruck, Fürstenweg 185, 6020 Innsbruck, Austria.

E-mail address:

Sonia Julià-Sánchez; soniajulia@ub.edu

Jesús Álvarez-Herms; jesusalvarez@ub.edu

Dra. Teresa Pagès; tpages@ub.edu

Dr. Ginés Viscor; gviscor@ub.edu

Dr. Hannes Gatterer; hannes.gatterer@uibk.ac.at

Dr. Martin Burtscher; martin.burtscher@uibk.ac.at

Corresponding author: Mrs. S. Julià-Sánchez; Universitat de Barcelona, Departament de Fisiologia i Immunologia, Avda. Diagonal 643, Edifici Ramon Margalef 3A, Barcelona, E-08028, Spain; 0034 934 021 086, fax 934 021 132; soniajulia@ub.edu

Date of manuscript submission: 09/03/2014

## Abstract

Contradictory results are still reported on the influence of dental occlusion on the balance control. We attempted to determine whether there are differences in balance between opposed dental occlusion (Intercuspal position/Rest position) for two extreme levels of stability (stable/unstable). Twenty-five subjects were monitored under both dental occlusion and level of stability conditions using an unstable platform Balance System SD. The resulting stability index suggests that body balance is significantly better when dental occlusion is set in Rest position ( $p < 0.001$ ) in unstable but not in stable conditions. Occlusal traits significantly influencing postural control were Angle Class ( $p < 0.001$ ), crowding ( $p = 0.006$ ), midline deviation ( $p < 0.001$ ), crossbite ( $p < 0.001$ ), anterior open bite ( $p = 0.05$ ), and overjet ( $p = 0.01$ ). It could be concluded that the sensory information linked to the dental occlusion for the balance control comes strongly into effect in unstable conditions.

## Introduction

Postural control is a complex function that involves different sensory inputs from the visual, somatosensory and vestibular systems. These sources of sensory information must be integrated at the central nervous system in order to regulate the orientation and stabilization of the body segments (Lord and Sturnieks, 2005). Recently, it has been proposed that the stomatognathic system may also contribute (~2%) to the postural balance regulation (Solovykh, Bugrovetskaya, & Maksimovskaya, 2012).

Over the last few years, a growing interest has focused on the potential correlation between the stomatognathic system and the body posture. However, scientific literature available to date is not conclusive, and results of recent reviews have benchmarked for (Cuccia & Caradonna, 2009; Hanke, Motschall, & Turp, 2007) and against (Manfredini, Castroflorio, Perinetti, & Guarda-Nardini, 2012) this clinical correlation.

The neurofunctional organization of the stomatognathic system mainly supports the possible influence of this system on the balance control. The relationship may involve the association between the masticatory and cervical muscles (Pallegama, Ranasinghe, Weerasinghe, & Sitheequ, 2004) throughout feedback of periodontal pressoreceptors that control the elevator mandibular muscles (Bakke, 1993). In addition, the neuronal links of the trigeminal nerve to the vestibular nuclei, which are responsible of the masticatory function and equilibrium control, respectively (Devoize et al., 2010), reinforce the argument for a relationship between the stomatognathic system and balance control. Thus, neurofunctional organization may explain why malocclusal traits altering the masticatory muscles pattern could also influence cervical chains, and presumably result in the reorganization of postural control.

Sensory information seems to contribute differently on the postural balance regulation depending on the conditions of surface area. So when standing on a firm support base, the

major source of afferent signals used in the process of balance control comes from somatosensory information; whereas when changing to an unstable support base, the importance of sensory information from the vestibular and visual systems increases (Peterka, 2002). This evidence suggests therefore a higher contribution of other sources of sensory information when more difficult conditions for the balance control are present.

Most literature involving the hypothetical influence of dental occlusion on the balance control have evaluated posturographic parameters in static conditions reporting contrasting conclusions in favor (Bracco, Deregibus, & Piscetta, 2004; Gangloff, Louis, & Perrin, 2000; Sakaguchi et al., 2007) or against (Baldini, Nota, Tripodi, Longoni, & Cozza, 2013; G Perinetti, Marsi, Castaldo, & Contardo, 2012). In fact, some criticism on the sensitivity of the force platforms to detect the relationship between dental occlusion and body posture has been recently addressed (Baldini et al., 2013; G Perinetti et al., 2012). However, less research has focused on the correlation of dental occlusion and balance control at unstable condition, even though the high sensitivity of the unstable platforms to examine individual responses to translational and angular perturbations (Baloh et al., 1994).

The present study focused on the influence of dental occlusion and specific occlusal traits on the body balance control at extreme levels of stability. The main aim was to test the hypothesis that individual occlusal traits influence postural control and to elucidate if the dental occlusion affects differently to the body balance control according to the stability condition.

## Methods

### Participants

Twenty-five physically active subjects (15 males, 10 females; age  $32.04 \pm 6.9$  years; height  $1.75 \pm 0.08$  m; body mass  $71.96 \pm 11.37$  kg; BMI  $23.36 \pm 2.26$ ) with different occlusal

traits participated in the study. None of the subjects presented any history of musculoskeletal problems or vestibular impairment. Exclusion criteria were: regular medication, smoking and drinking habits and pathophysiological factors affecting normal body balance capacity (i.e. scoliosis, neck or spine disorders, regular back pain or discomfort). Table 1 shows the occlusal characteristics of each participant.

Subjects were advised to avoid excitatory substances and physical activity for 72 hours before the test. All the participants gave their written informed consent according to the updated Declaration of Helsinki and the project protocol was approved by the university's ethics review board.

### **Experimental Design**

**Testing Apparatus.** A body balance platform model Balance System SD (Biodex, NY, USA) was used to measure postural control. The reliability and applications for clinical testing of the body balance system (BBS) are well documented (Hinman, 2000).

The BBS consists in a circular movable platform that provides a range of motion from 20° until 360° in all directions. The amount of stiffness in the platform is controlled mechanically and ranges from stability level 8 (stiffest) to stability level 1 (loosest), allowing the examiner to objectively measure the ability of a subject to maintain postural stance under both static and dynamic conditions. An LCD screen provides subjects with visual feedback on the situation of their centre of mass in relation to the periphery of the platform (Hinman, 2000).

The platform provides, as a quantitative data, an overall Stability Index (SI) that represents the variance of foot platform displacement in degrees, from a level platform position, in all motions during a test. The SI takes into account the displacement from level in the following directions: Anterior/Posterior (A/P)-Sagittal Plane, and Medial/Lateral (M/L)-



Frontal Plane; and it is calculated using the following equation, where  $x$  represents the M/L plane and  $y$  the A/P plane:

$$SI = \sqrt{\frac{\sum(0 - X)^2 + \sum(0 - Y)^2}{\text{number of samples}}}$$

A high number is indicative of a lot of movement during a test, thus it is associated with poor balance capacity, whereas a low SI indicates little body movement and it is associated with a more stable posture during testing (Hinman, 2000).

In addition to the SI, the system provides data of the percentage of test time the patient spends in four concentric different zones of balance during test. The zones A, B, C and D radiate in concentric circles from the centre of foot platform and represent the degrees of foot platform deflection from level to 0-5° (zone A); 6-10° (zone B); 11-15° (zone C); and 16-20° (zone D). The longer the time spent in zone A, the less foot platform deflection and the better body balance ability.

**Testing Procedure.** Subjects reported to the laboratory on two days separated by 48 hours. The first day was a familiarization session, while the second was the experimental session.

The tests were carried out for two dental occlusion conditions: (i) dental contact, setting dental occlusion in Intercuspal Position (ICP) by asking the subject to clench his/her teeth; and (ii) without dental contact, setting dental occlusion in Rest Position (RP) by using cotton rolls (8mm thick) between the two dental arches, placed from the canines to the molars.

Both dental occlusion conditions were tested on a unstable condition by selecting level 2 (L2) and on a stable condition by selecting level 8 (L8) from the different levels provided by the platform, according to the protocol used previously by other investigators (Arnold & Schmitz, 1998). The testing protocol consisted of four consecutive trials (L2RP, L2ICP, L8RP and L8ICP) with 30 seconds of duration each one and a five minutes in between (Arnold &

Schmitz, 1998). The order of the dental occlusion and level of stability for the four consecutive trials was randomly assigned. All measurements were performed with subjects standing barefoot with their arms unfolded by their sides and shoulders relaxed. The foot placement was maintained throughout all trials. Subjects were instructed to look at a reference point placed at their eye level and distant one meter, in order to keep the head in a natural position (Solow & Sonnesen, 1998). No verbal feedback was given during the testing and the control screen was covered during all trials in order to avoid visual feedback.

**Occlusal Analysis.** The analysis of the oral cavity was recorded by the same dentist to avoid inter-examiner variability. Different occlusal traits were recorded: Angle Classification according to Class I: neutroclusion, Class II: retrognathism and Class III: prognathism; crowding  $\geq 3$  mm; midline deviation; presence of space or gap between two teeth (diastema); missing teeth (excluding third molars); tooth closer to the cheek or to the tongue than its corresponding antagonist (crossbite); incomplete contact between front upper and lower teeth (open bite); extent of vertical overlap of the maxillary central incisors over the mandibular central incisors (overbite); distance between the maxillary anterior teeth and the mandibular anterior teeth in the anterior-posterior axis (overjet  $\geq 4$  mm), as well as previous orthodontic treatment.

**Statistical Analysis.** A two-way repeated measures analysis of variance (ANOVA) with Holm-Sidak correction was carried out to analyse the effect of the dental occlusion (RP/ICP) and the stability conditions (L2/L8) on the stability index. A second two-way repeated measures ANOVA was performed to test differences in percentage of time in each zone (4 levels) according to the dental occlusion condition.

Additionally, the assessment of the influence of occlusal traits on the stability index disregarding of dental occlusion (RP/ICP) and level of stability (L2/L8) was analyzed by nested variance analysis. Four factors were then considered: occlusal trait, level of stability,

dental occlusion and subject (random). Three main factors (occlusal trait, level of stability and dental occlusion) and one nested factor (subject) within each level of individual occlusal traits were considered.

This design included both crossed and nested factor. The subject factor is nested in occlusal traits; because we have completely different subjects for each occlusal traits. Occlusal traits factor is then a unit to which we apply one of the two levels of stability factor, because one occlusal trait from each subject occurs with both levels of stability. Thus occlusal traits and stability level factor are crossed and subject and stability level factor are crossed to. Similarly, occlusal traits and dental occlusion factor are crossed and subject and dental occlusion are crossed to. For each dental occlusion factor we apply one of the two levels of stability factor. Thus dental occlusion and level of stability factor are crossed.

If we let occlusal traits, stability level, dental occlusion and subject be factors A, B, C and D, then an appropriate model for the responses can be expressed according to the following equation, where  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $\gamma$  represent continuous values for A, B and C factors:

$$y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + D_{l(i)} + e_{ijkl}$$

$$i, j, k = 1, 2. \quad l = 1, \dots,$$

$$D \sim N(0, \sigma_D), \quad e_{ijkl} \sim N(0, \sigma^2)$$

Statistical significance was fixed at  $\alpha = 0.05$  for all inferences and the null equality hypothesis was rejected below that value.

Data analysis and plotting was carried out by means of SigmaPlot version 11 (SYSTAT Software Inc, San Jose, CA, USA). Data are presented as mean  $\pm$  SD.

## Results

***Effect of dental occlusion on the Stability Index.*** For both dental occlusion conditions the stability index was higher for L2 when compared to L8 ( $4.5 \pm 2.41$  vs.  $2.04 \pm 0.61$ ,  $p < 0.001$ )

for RP and  $5.51 \pm 2.73$  vs.  $2.35 \pm 0.66$ ,  $p < 0.001$  for ICP). The effect of dental occlusion on the Stability Index showed a marked dependence according to the level tested (Figure 1). For the L2, the Stability Index was lower when dental occlusion was set in RP than in ICP ( $p < 0.001$ ). At the L8 a tendency of better stability in RP when compared to ICP was detected ( $p = 0.06$ ).

**Percentage of time in zones.** Overall, the percentage of time spent in zone A ( $0-5^\circ$ ) was significantly greater than that of the other three zones for L2 and L8 regardless of the dental occlusion ( $p < 0.001$ ).

Dental occlusion influenced on the percentage of time spent by the subjects in each zone (Figure 2). At unstable level, the percentage of time in zone A was significantly greater ( $p < 0.001$ ) when dental occlusion was set in RP ( $79.56 \pm 22.19$  %) than in ICP ( $71 \pm 24$  %). Whereas the percentage of time spent in zone B was significantly greater ( $p < 0.001$ ) when dental occlusion was set in ICP ( $20.36 \pm 15.68$  %) than in RP ( $14.2 \pm 12.9$  %). No statistically significant differences were found between RP and ICP for the time spent in zones C ( $p = 0.31$ ) and D ( $p = 0.49$ ).

At stable level, the dental occlusion condition did not influence the percentage of time remained by subjects in the four concentric zones ( $p = 1.00$ ). So, for both RP and ICP conditions, the time spent in zone A (RP, 100%; ICP,  $99.9 \pm 0.28$ %) was significantly greater than that spent on the other zones ( $p < 0.001$ ).

**Occlusal traits and Stability Index.** Table 2 shows an overview of the Stability Index when grouping the data according to the experimental design and considering the different occlusal traits of the subjects. The nested variance analysis revealed that crowding, midline deviation, crossbite, anterior open bite, and overjet influenced the stability index. Normal probability of residuals was checked. An overall influence of the Angle Class on stability index was detected. People with Angle Class I showed a better balance ability when compared to Class

II and a tendency towards better stability when compared to Class III. Diastema and missing teeth showed a tendency. Neither orthodontic treatment nor overbite had influence on the stability index.

## Discussion

The present study compared stability index on unstable platform under opposing dental occlusion (RP/ICP) for two extreme levels of stability (stable/unstable). The main findings were that: (i) the body balance was significantly better when dental occlusion was set in RP in unstable conditions, and (ii) occlusal traits significantly influencing postural control under experimental conditions were: Angle Class, crowding, midline deviation, crossbite, anterior open bite and overjet.

Our results showed that dental occlusion differentially contributed to the postural control, with no effect in stable condition but an improvement in unstable condition when dental occlusion was set in RP ( $p < 0.001$ ). Specifically, we observed that the percentage of time spent by the subjects in zone A ( $0-5^\circ$ ) was greater for the RP than for the ICP condition, thus indicating very little movement from the level platform when testing in RP. Whereas for the ICP condition, the percentage of time spent in zone B ( $6-10^\circ$ ) was significantly greater than for the RP condition. This is likely to be responsible for significant differences in the stability index between ICP and RP, as the longer the time spent in zones B, C and D, the higher degrees of deflection of the foot platform and hence, the worst balance control. The better stability observed for the RP occlusion could possibly be explained by the reduction of masticatory and cervical muscle activity achieved in such condition (Tecco, Crincoli, Di Bisceglie, Caputi, & Festa, 2011). In contrast, at stable level, the subjects remained the 100% of the time testing in zone A and no differences in balance control were observed between both dental occlusion conditions. This finding appears to support Tardieu's contention that

dental occlusion impaired body balance in unstable but not in stable conditions (Tardieu et al., 2009).

Regarding the influence of occlusal characteristics on balance, our findings indicate that only a selection of occlusal traits influenced negatively on the balance control. In particular, dental crowding  $\geq 3$  mm, overjet  $\geq 4$  mm, crossbite, midline deviation, anterior open bite and Angle Class. However, these results must be interpreted with some caution because of the small sample size of subjects with each of the occlusal traits. Similarly, a study by Perinetti et al. showed that overjet and midline deviation significantly influenced postural control. Additionally, but in contrast to our results, they also found significant correlation for overbite and they found no significant differences in balance control between RP and ICP (Giuseppe Perinetti et al., 2010). However, the tests were performed in static conditions, thus the differences in experimental design may explain these contradictory results. A possible explanation for the impairment in balance control observed in presence of the above mentioned occlusal traits may arise from the contention that dental occlusion could induce altered head and neck posture or disturbance in the muscle activity that presumably might alter the equilibrioception. In this respect, overjet has been correlated to a more flexed head position and backward bend of the spine (Huggare & Harkness, 1993), dental crowding to a more extended head position (Pachi, Turla, & Checchi, 2009) and open bite to influence the stress distribution in the spine (Motoyoshi, Shimazaki, Hosoi, Wada, & Namura, 2003) and gait (Saccucci et al., 2011). Similarly, crossbite has been suggested to alter the functional pattern of the masticatory muscle activity (Ferrario, Sforza, & Serrao, 1999). In addition, a recent review pointed out an increased risk of suffering crossbite and midline deviation in children affected by idiopathic scoliosis (Ben-Bassat, Yitschaky, Kaplan, & Brin, 2006) probably indicating a relationship between these occlusal traits and the spine. Angle Class II also influenced negatively on the balance control. Previously, Angle Class II had been

correlated to alterations in the head posture and the masticatory muscles activity (Gadotti, Berzin, & Biasotto-González, 2005). Thus, neuroanatomical connections between masticatory and cervical muscles activity may presumably result in the postural imbalance observed in our study. The differences in balance between Class I, which correlates to a more balanced muscle activity, and Class II subjects corroborate this possibility. In addition, Class II has been correlated to cervical hyperlordosis (Huggare, 1998) and weak body posture (Ben-Bassat et al., 2006) that reinforces our findings of weak balance control. The other occlusal traits examined weakly influenced on the postural control. It would be reasonable to expect that subjects with previous orthodontic treatment presumably achieved better postural control because of occlusal traits should have been corrected by treatment. Surprisingly, note that 56% of the subjects with previous orthodontic treatment presented some occlusal traits of those which negatively influenced on balance control. Thus, this could be the reason why orthodontic treatment did not affect significantly the body balance ability in our study.

### **Conclusion**

This study shows some relation between dental occlusion and body posture. Occlusal perturbation might modify the sensorial inputs for balance control in people with dental malocclusion. In addition, the stability condition seems to strengthen the influence of dental occlusion on balance, as the RP condition only influenced balance in unstable conditions. Therefore, we speculate that the afferent signals from dental occlusion may contribute most effectively in the process of balance control at more pronounced instability conditions. Future investigations should focus on the effects of different dental malocclusion or different conditions of stability analyses.

## References

- Arnold, B. L., & Schmitz, R. J. (1998). Examination of balance measures produced by the biodex stability system. *Journal of athletic training*, 33(4), 323–327.
- Bakke, M. (1993). Mandibular elevator muscles: physiology, action, and effect of dental occlusion. *Scandinavian journal of dental research*, 101(5), 314–331.
- Baldini, A., Nota, A., Tripodi, D., Longoni, S., & Cozza, P. (2013). Evaluation of the correlation between dental occlusion and posture using a force platform. *Clinics (Sao Paulo, Brazil)*, 68(1), 45–49.
- Baloh, R. W., Fife, T. D., Zwerling, L., Socotch, T., Jacobson, K., Bell, T., & Beykirch, K. (1994). Comparison of static and dynamic posturography in young and older normal people. *Journal of the American Geriatrics Society*, 42(4), 405–412.
- Ben-Bassat, Y., Yitschaky, M., Kaplan, L., & Brin, I. (2006). Occlusal patterns in patients with idiopathic scoliosis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 130(5), 629–633. doi:10.1016/j.ajodo.2005.01.032
- Bracco, P., Deregibus, A., & Piscetta, R. (2004). Effects of different jaw relations on postural stability in human subjects. *Neuroscience letters*, 356(3), 228–230. doi:10.1016/j.neulet.2003.11.055
- Cuccia, A., & Caradonna, C. (2009). The relationship between the stomatognathic system and body posture. *Clinics (Sao Paulo, Brazil)*, 64(1), 61–66.
- Devoize, L., Domejean, S., Melin, C., Raboisson, P., Artola, A., & Dallel, R. (2010). Organization of projections from the spinal trigeminal subnucleus oralis to the spinal cord in the rat: a neuroanatomical substrate for reciprocal orofacial-cervical interactions. *Brain research*, 1343, 75–82. doi:10.1016/j.brainres.2010.04.076



- Ferrario, V. F., Sforza, C., & Serrao, G. (1999). The influence of crossbite on the coordinated electromyographic activity of human masticatory muscles during mastication. *Journal of oral rehabilitation*, *26*(7), 575–581.
- Gadotti, I. C., Berzin, F., & Biasotto-González, D. (2005). Preliminary rapport on head posture and muscle activity in subjects with class I and II. *Journal of oral rehabilitation*, *32*(11), 794–799.
- Gangloff, P., Louis, J. P., & Perrin, P. P. (2000). Dental occlusion modifies gaze and posture stabilization in human subjects. *Neuroscience letters*, *293*(3), 203–206.
- Hanke, B. A., Motschall, E., & Turp, J. C. (2007). Association between orthopedic and dental findings: what level of evidence is available? *Journal of orofacial orthopedics = Fortschritte der Kieferorthopädie: Organ/official journal Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie*, *68*(2), 91–107. doi:10.1007/s00056-007-0634-0
- Hinman, M. R. (2000). Factors Affecting Reliability of the Biodex Balance System: A Summary of Four Studies. *Journal of Sport Rehabilitation*, *9*(3), 240–252.
- Huggare, J. (1998). Postural disorders and dentofacial morphology. *Acta Odontologica Scandinavica*, *56*(6), 383–386.
- Huggare, J., & Harkness, E. (1993). Associations between head posture and dental occlusion. *Journal of Dental Research*, *72*, 255.
- Manfredini, D., Castroflorio, T., Perinetti, G., & Guarda-Nardini, L. (2012). Dental occlusion, body posture and temporomandibular disorders: where we are now and where we are heading for. *Journal of oral rehabilitation*, *39*(6), 463–471. doi:10.1111/j.1365-2842.2012.02291.x; 10.1111/j.1365-2842.2012.02291.x
- Motoyoshi, M., Shimazaki, T., Hosoi, K., Wada, M., & Namura, S. (2003). Stresses on the cervical column associated with vertical occlusal alteration. *European journal of orthodontics*, *25*(2), 135–138.

- Pachi, F., Turla, R., & Checchi, A. P. (2009). Head posture and lower arch dental crowding. *The Angle Orthodontist*, *79*(5), 873–879. doi:10.2319/060708-595.1; 10.2319/060708-595.1
- Pallegama, R. W., Ranasinghe, A. W., Weerasinghe, V. S., & Sitheequ, M. A. (2004). Influence of masticatory muscle pain on electromyographic activities of cervical muscles in patients with myogenous temporomandibular disorders. *Journal of oral rehabilitation*, *31*(5), 423–429. doi:10.1111/j.1365-2842.2004.01266.x
- Perinetti, G, Marsi, L., Castaldo, A., & Contardo, L. (2012). Is postural platform suited to study correlations between the masticatory system and body posture? A study of repeatability and a meta-analysis of reported variations. *Progress in orthodontics*, *13*(3), 273–280. doi:10.1016/j.pio.2011.12.003; 10.1016/j.pio.2011.12.003
- Perinetti, Giuseppe, Contardo, L., Silvestrini-Biavati, A., Biasati, A. S., Perdoni, L., & Castaldo, A. (2010). Dental malocclusion and body posture in young subjects: a multiple regression study. *Clinics (São Paulo, Brazil)*, *65*(7), 689–95. doi:10.1590/S1807-59322010000700007
- Peterka, R. J. (2002). Sensorimotor Integration in Human Postural Control. *J Neurophysiol*, *88*(3), 1097–1118. Retrieved from <http://jn.physiology.org/content/88/3/1097.short>
- Saccucci, M., Tettamanti, L., Mummolo, S., Polimeni, A., Festa, F., Salini, V., & Tecco, S. (2011). Scoliosis and dental occlusion: a review of the literature. *Scoliosis*, *6*(1), 15.
- Sakaguchi, K., Mehta, N. R., Abdallah, E. F., Forgione, A. G., Hirayama, H., Kawasaki, T., & Yokoyama, A. (2007). Examination of the relationship between mandibular position and body posture. *Cranio : the journal of craniomandibular practice*, *25*(4), 237–249.
- Solovykh, E. A., Bugrovetskaya, O. G., & Maksimovskaya, L. N. (2012). Information value of functional status of the stomatognathic system for postural balance regulation. *Bulletin of experimental biology and medicine*, *153*(3), 401–405.

- Solow, B., & Sonnesen, L. (1998). Head posture and malocclusions. *European journal of orthodontics*, 20(6), 685–693.
- Tardieu, C., Dumitrescu, M., Giraudeau, A., Blanc, J. L., Cheynet, F., & Borel, L. (2009). Dental occlusion and postural control in adults. *Neuroscience letters*, 450(2), 221–224. doi:10.1016/j.neulet.2008.12.005
- Tecco, S., Crincoli, V., Di Bisceglie, B., Caputi, S., & Festa, F. (2011). Relation between facial morphology on lateral skull radiographs and sEMG activity of head, neck, and trunk muscles in Caucasian adult females. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(2), 298–310.

## Acknowledgements

SJS and JAH would thank the Department of Sports Science of the University of Innsbruck for providing all the facilities. The authors thank Dr. Martin Ríos Alcolea (Departament d'Estadística, Universitat de Barcelona) for his statistical advice. Authors are also grateful to all the volunteers participating in the study for their hard commitment and enthusiasm.

This research was carried out without funding. No conflicts of interest declared.

**Figure captions****Figure 1.**

Stability index for L2 and L8 when comparing dental occlusion in Rest position (black bars) and Intercuspal position (grey bars). Values are represented as Mean  $\pm$  SE (n=25). Asterisk indicates statistically significant differences for  $p < 0.001$ ; NS: Non-significant differences.

**Figure 2.**

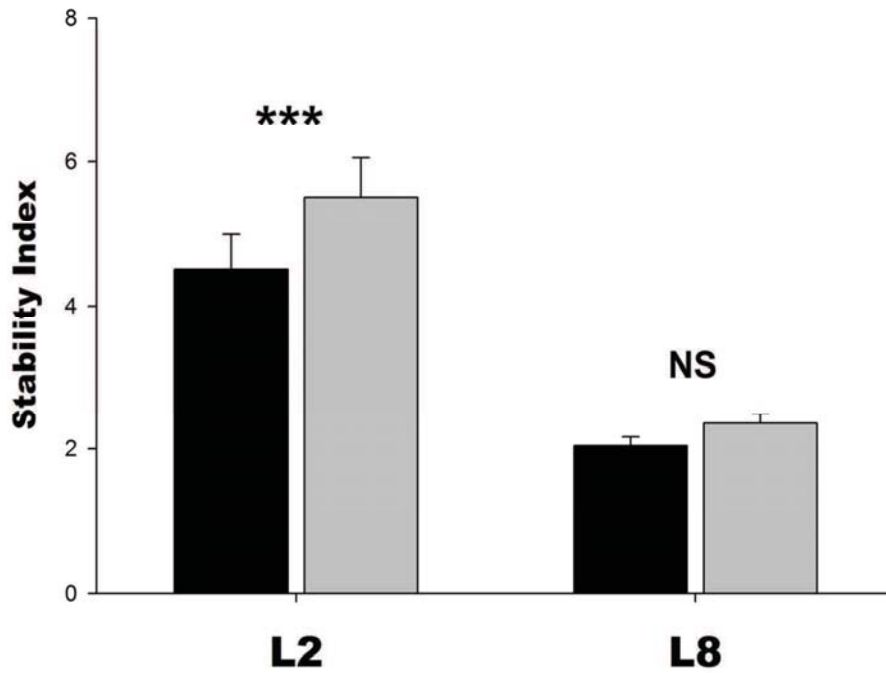
Percentage of time in each zone when comparing dental occlusion in Rest position (black bars) and Intercuspal position (grey bars) during testing at L2 and L8. Values are represented as Mean  $\pm$  SE (n=25). Asterisk indicates statistically significant differences for  $p < 0.001$ ; NS: Non-significant differences.

**Table 1.** Occlusal traits of the subjects (ORT: orthodontic treatment; MLD: midline deviation; CRW: crowding; DIA: diastema; MT: missing teeth; ANGLE: Angle Class; CRB: crossbite; OPB: open bite; OVB: overbite; OVJ: overjet)

Subject ID	ORT	MLD	CRW	DIA	MT	ANGLE	CRB	OPB	OVB	OVJ
1	+	-	-	-	+	III	-	-	-	-
2	+	-	-	+	+	I	-	-	-	-
3	-	+	+	-	-	III	-	+	-	-
4	-	-	-	+	-	I	-	-	-	-
5	-	+	+	-	-	III	+	-	-	-
6	-	+	+	-	-	II	-	-	+	+
7	+	+	+	-	+	III	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	I	-	-	-	+
9	-	-	-	-	-	I	-	-	-	-
10	-	-	-	-	+	III	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	III	-	-	-	-
12	-	-	-	+	+	II	+	-	+	+
13	-	+	-	-	-	III	-	-	-	-
14	+	+	+	-	-	I	-	-	-	-
15	+	-	-	-	-	III	-	+	-	-
16	+	-	-	-	-	I	-	-	-	-
17	-	+	-	-	-	III	-	-	+	-
18	-	+	+	-	-	III	-	-	-	-
19	+	-	-	-	-	III	-	-	-	-
20	+	-	-	-	-	I	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	I	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	II	-	-	-	+
23	-	+	-	-	-	II	+	-	-	+
24	-	-	-	-	-	I	-	-	-	-
25	+	-	-	-	-	I	-	-	-	-

**Table 2.** Stability index for all tested conditions with attention to the examined occlusal traits (Mean  $\pm$  SD). Superscripts indicate *p* value according the following schema: a: Angle I vs Angle II; b: Angle II vs Angle III; c: Angle I vs Angle III. *N*: sample size.

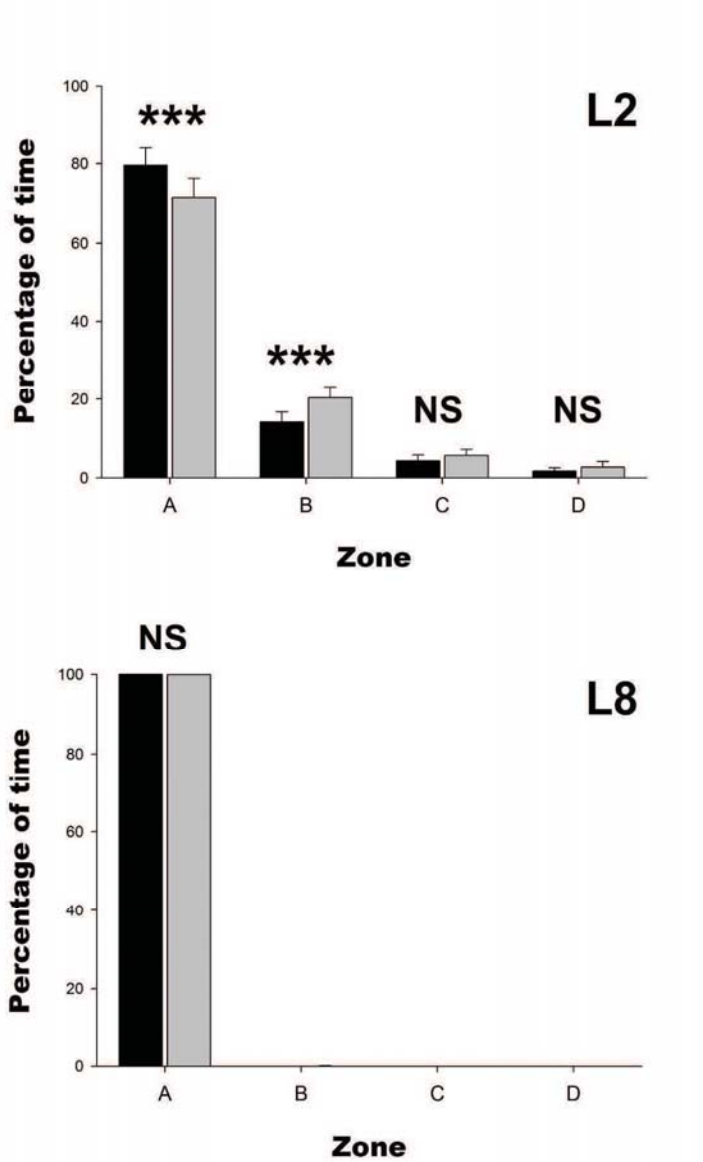
	N	L2CR	L2ICP	L8CR	L8ICP	<i>P</i> Value
Angle I	10	3.5 $\pm$ 1.4	4.5 $\pm$ 1.7	1.9 $\pm$ 0.5	2.1 $\pm$ 0.7	0.002 <sup>a</sup>
Angle II	4	6.7 $\pm$ 1.7	7.6 $\pm$ 2.8	2.5 $\pm$ 0.25	2.9 $\pm$ 0.6	0.3 <sup>b</sup> <0.001
Angle III	11	4.6 $\pm$ 2.9	5.6 $\pm$ 3.2	1.8 $\pm$ 0.6	2.2 $\pm$ 0.6	0.08 <sup>c</sup>
Orthodontics	9	3.6 $\pm$ 1.6	4.3 $\pm$ 1.6	1.9 $\pm$ 0.4	1.9 $\pm$ 0.42	0.67
No Orthodontics	16	5.1 $\pm$ 2.7	6.1 $\pm$ 3.0	1.9 $\pm$ 0.6	2.5 $\pm$ 0.8	
Crowding	6	5.1 $\pm$ 3.1	5.8 $\pm$ 4.0	2.2 $\pm$ 0.6	2.3 $\pm$ 0.7	0.006
No crowding	19	4.4 $\pm$ 2.2	5.4 $\pm$ 2.3	1.9 $\pm$ 0.5	2.3 $\pm$ 0.7	
Midline deviation	9	5.5 $\pm$ 3.3	6.2 $\pm$ 3.9	2.1 $\pm$ 0.6	2.5 $\pm$ 0.7	<0.001
No midline deviation	16	4.0 $\pm$ 1.5	5.1 $\pm$ 1.8	1.9 $\pm$ 0.5	2.2 $\pm$ 0.7	
Diastema	3	6.5 $\pm$ 2.7	8.0 $\pm$ 3.5	2.4 $\pm$ 0.5	3.3 $\pm$ 0.4	0.06
No diastema	22	4.3 $\pm$ 2.3	5.1 $\pm$ 2.5	1.9 $\pm$ 0.5	2.1 $\pm$ 0.6	
Missing teeth	5	4.5 $\pm$ 1.8	6.2 $\pm$ 2.6	2.0 $\pm$ 0.6	2.2 $\pm$ 0.6	0.07
No missing teeth	20	4.5 $\pm$ 2.5	5.4 $\pm$ 2.8	2.0 $\pm$ 0.6	2.3 $\pm$ 0.7	
Crossbite	3	9.0 $\pm$ 2.2	11.2 $\pm$ 2.2	2.8 $\pm$ 0.1	3.3 $\pm$ 0.4	<0.001
No crossbite	22	4.0 $\pm$ 1.7	4.7 $\pm$ 1.7	1.8 $\pm$ 0.5	2.1 $\pm$ 0.6	
Anterior open bite	2	4.6 $\pm$ 1.3	4.8 $\pm$ 1.6	1.9 $\pm$ 0.7	1.8 $\pm$ 0.1	0.05
No anterior open bite	23	4.5 $\pm$ 2.5	5.6 $\pm$ 2.8	2.0 $\pm$ 0.6	2.3 $\pm$ 0.7	
Overbite	3	4.7 $\pm$ 2.7	5.5 $\pm$ 3.7	2.0 $\pm$ 1.0	2.4 $\pm$ 0.4	0.16
No overbite	22	4.5 $\pm$ 2.4	5.5 $\pm$ 2.7	1.9 $\pm$ 0.5	2.2 $\pm$ 0.7	
Overjet	5	6.2 $\pm$ 1.9	7.6 $\pm$ 2.4	2.4 $\pm$ 0.4	2.9 $\pm$ 0.5	0.01
No overjet	20	4.1 $\pm$ 2.4	5.0 $\pm$ 2.6	1.8 $\pm$ 0.5	2.1 $\pm$ 0.7	



Stability index for L2 and L8 when comparing dental occlusion in Rest position (black bars) and Intercuspal position (grey bars). Values are represented as Mean ± SE (n=25). Asterisk indicates statistically significant differences for  $p < 0.001$ ; NS: Non-significant differences.  
110x87mm (300 x 300 DPI)

view





Percentage of time in each zone when comparing dental occlusion in Rest position (black bars) and Intercuspal position (grey bars) during testing at L2 and L8. Values are represented as Mean  $\pm$  SE (n=25). Asterisk indicates statistically significant differences for  $p < 0.001$ ; NS: Non-significant differences. 181x295mm (300 x 300 DPI)

**PUBLICACIÓN IV**  
**Dental occlusion affects body balance control in different  
stability conditions after lower limb exercise**

Gait & Posture (en proceso de revisión editorial)



Manuscript Number:

Title: Dental occlusion affects body balance control in different stability conditions after lower limb exercise

Article Type: Original Paper

Keywords: Balance control; Exercise; Intercuspal position; Rest position; Static and dynamic balance.

Corresponding Author: Prof. Ginés Viscor, Ph.D.

Corresponding Author's Institution: Universitat de Barcelona

First Author: Sonia Julià-Sánchez, MSc

Order of Authors: Sonia Julià-Sánchez, MSc; Jesús Álvarez-Herms, MSc.; Hannes Gatterer, PhD; Martin Burtcher, PhD., MD.; Teresa Pagès, PhD; Ginés Viscor, PhD

Abstract: We attempted to determine whether: (i) there are differences in balance between opposed dental occlusion: Intercuspal Position (ICP) and Rest Position (RP), for two extreme levels of stability (stable/unstable), and (ii) the muscle fatigue affects stability and if it differs between both dental occlusion conditions. To this aim, various measures for assessing postural control in eight physically active subjects were obtained prior to and following a maximal lower limbs exercise consisting in six sets of fifteen seconds stretch-shortening cycle jumping. Balance control at stable and unstable condition was evaluated on an unstable platform Balance System SD by selecting level 2 (unstable) and level 8 (stable) of the levels provided by the platform. Each measurement was performed in ICP and RP at random order. Metabolic (heart rate and blood lactate concentration) and psychological (rate of perceived exertion) measurements ensured the high intensity of the exercise. With respect to level 2 measures, body balance significantly improved for RP condition both before ( $p=0.026$ ) and after the exercise ( $p=0.020$ ) comparing to ICP condition. Whereas for level 8 measures, RP influenced significantly postural control only for pre-exercise values ( $p=0.016$ ). No significant impairment of postural control after the exercise was detected at any level of stability. It could be concluded that the sensory information linked to the dental occlusion for the balance control comes strongly into effect at unstable conditions.

Suggested Reviewers: Corinne Tardieu PhD  
Full Professor, Faculté d'Odontologie, Aix-Marseille Université  
corinne.tardieu@univ-amu.fr

Dr. Tardieu is expert in the study of the effect of dental occlusion on the balance control on different surfaces.

Vittorio D'Erme MD, PhD  
Department of Oral and Maxillofacial Sciences, Sapienza University of Rome  
vittorioderme@libero.it

Dr Vittorio D'Erme is an expert in the postural control evaluation in athletes and the influence of dental occlusion in the postural control.

# Dental occlusion affects body balance control in different stability conditions after lower limb exercise

Sonia Julià-Sánchez<sup>a</sup>, Jesús Álvarez-Herms<sup>a</sup>, Hannes Gatterer<sup>b</sup>, Martin Burtscher<sup>b</sup>, Teresa Pagès<sup>a</sup>, Ginés Viscor<sup>a</sup>.

## Affiliations

<sup>a</sup> Departament de Fisiologia i Immunologia, Universitat de Barcelona (UB), Avda. Diagonal 643, Edifici Ramon Margalef 3A, E-08028, Barcelona, Spain.

<sup>b</sup> Department of Sport Science, Medical Section, University Innsbruck, Fürstenweg 185, 6020 Innsbruck, Austria.

## Corresponding author:

Dr. Ginés Viscor. Universitat de Barcelona, Departament de Fisiologia i Immunologia, Avda. Diagonal 643, Edifici Ramon Margalef 3A, E-08028, Barcelona, Spain; 0034 934 021 086, fax 934 021 132; [gviscor@ub.edu](mailto:gviscor@ub.edu)

## Acknowledgements

SJS and JAH would thank the Department of Sports Science of the University of Innsbruck for providing all the facilities. Authors are also grateful to all the volunteers participating in the study for their hard commitment and enthusiasm.

1 Introduction

2  
3 The formation of a competitive athlete necessarily entails the acquisition of conditional  
4 and coordinative capacities. Conditional abilities (i.e. force, endurance, speed and  
5 flexibility) are strongly dependent on the locomotor, cardiorespiratory and metabolic  
6 systems. Whereas coordinative abilities rely on the movement control and regulation  
7 processes. One of the main components of coordinative abilities is balance [1]. Balance  
8 is involved in the proper execution of complex sport tasks and it is influenced by  
9 sensory information from the visual, somatosensory and vestibular systems that must be  
10 integrated at the central nervous system in order to regulate orientation and stabilization  
11 of the body segments. Moreover, neuromuscular control, muscle strength and  
12 anticipations for balance recovery after disturbance play also an important role in the  
13 process of postural regulation [2].

14  
15 Recently, it has been proposed that the stomatognathic system may also contribute (~2%)  
16 to the postural balance regulation [3]. From a neurophysiological perspective, the motor  
17 influences between the masticatory and cervical muscles may explain the influence of  
18 dental occlusion on the body balance [4]. The neuronal links of the trigeminal nerve to  
19 the vestibular nuclei, which are responsible of the masticatory function and equilibrium  
20 control respectively, support this hypothesis [5]. Regarding this topic, several studies  
21 reported that postural control may be influenced by the proprioceptive information of  
22 dental occlusion [6,7]. However, the relationship between dental occlusion and balance  
23 control remains still unclear [8].

24  
25 Balance control can be defined statically as the ability to maintain a base of support  
26 with minimal movement, and dynamically as the ability to perform a task while  
27 maintaining a stable position, this includes the equilibration following the displacement  
28 of the center of gravity on the support base [9]. The contribution of static and dynamic

1 balance in sport may vary greatly depending on the specific skills required in the sport  
2 discipline and the environmental conditions in which each sport takes place. The  
3 influence of balance ability on the athletic performance is of interest and concern, as the  
4 more proficient athletes tend to display a greater balance ability [10] and it seems to be  
5 determinant to diminish sport injury risk [11]. However, the effects of the exercise and  
6 fatigue on the body balance are still a matter of debate, and individual factors involved  
7 in the postural control of athletes should be assessed. Although an impairment in  
8 standing balance after prolonged exercise has been reported [12], the way in which  
9 fatigue affects balance is not clear, and it seems it could induce some changes in the  
10 sensorimotor system [13].

11 The major source of afferent signals used in the process of balance control when  
12 standing on a firm support base comes from somatosensory information; whereas when  
13 changing the firm support base to an unstable one, the importance of sensory  
14 information from the vestibular and visual systems increases [14]. This also occurs in  
15 fatigue condition, when the visual information seems to be determinant for the postural  
16 control [15], evidencing a higher contribution of other sources of sensory information  
17 when more difficult conditions for the balance control are present.

18 Therefore, we hypothesized that the dental occlusion may contribute differently on the  
19 body balance control depending on the stability condition measured (stable versus  
20 unstable). The aim of the present study was to determine whether: (i) dental occlusion  
21 influences balance for two extreme levels of stability (stable/unstable), and (ii) the  
22 lower limbs muscle fatigue affects body balance and if it differs according to the dental  
23 occlusion condition.

## Material & Methods

### Participants

Eight healthy and physically active male subjects (age,  $33.62 \pm 4.07$  yr; height,  $1.77 \pm 0.05$  m; body weight,  $74.38 \pm 6.86$  kg; body mass index,  $23.75 \pm 2.17$  kg/m<sup>2</sup>), participated in the study.

None of the subjects presented any history of musculoskeletal problems or vestibular impairment. Exclusion criteria were: regular medication, smoking and drinking habits and pathophysiological factors affecting normal body balance capacity. Subjects were advised to avoid excitant substances (e.g. caffeine, chocolate...) and strenuous physical activity for 72 hours before the test. All the participants gave their written informed consent according to the updated Declaration of Helsinki and the project protocol was approved by the corresponding Institutional Review Board.

### Testing Apparatus

A body balance platform model Balance System SD (Biodex, NY, USA) was used to measure postural control. The reliability and applications for clinical testing of the body balance system (BBS) are well documented [16].

The BBS consists in a circular movable platform that provides a range of motion from 20° until 360° in all directions. The amount of stiffness in the platform is controlled mechanically and ranges from stability level 8 (stiffest) to stability level 1 (loosest), allowing the examiner to objectively measure the ability of a subject to maintain postural stance under both static and dynamic conditions. An LCD screen provides subjects with visual feedback on the situation of their centre of mass in relation to the periphery of the platform [16].

The platform provides, as a quantitative data, an overall Stability Index (SI) that represents the variance of foot platform displacement in degrees, from a level platform



1 position, in all motions during a test. The SI takes into account the displacement from  
2 level in the following directions: Anterior/Posterior (A/P)-Sagittal Plane, and  
3  
4 Medial/Lateral (M/L)-Frontal Plane; and it is calculated using the following equation,  
5  
6  
7 where  $x$  represents the M/L plane and  $y$  the A/P plane:  
8  
9

$$10 \quad SI = \sqrt{\frac{\sum(0 - X)^2 + \sum(0 - Y)^2}{11 \quad \text{number of samples}}}$$

12  
13  
14 A high number is indicative of a lot of movement during a test, thus it is associated with  
15 poor balance capacity, whereas a low SI indicates little body movement and it is  
16 associated with a more stable posture during testing [16].  
17  
18

19 In addition to the SI, the system provides data of the percentage of test time the patient  
20 spends in four concentric different zones of balance during test. The zones A, B, C and  
21 D radiate in concentric circles from the centre of foot platform and represent the degrees  
22 of foot platform deflection from level to 5° (zone A); 6-10° (zone B); 11-15° (zone C);  
23 and 16-20° (zone D). The longer the time spent in zone A, the less foot platform  
24 deflection and the better body balance ability.  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36

### 37 Testing Procedure

38  
39 Subjects reported to the laboratory on three days separated by 72 hours. The first day  
40 was a familiarization session, while the other two were the experimental sessions  
41 (Figure 1).  
42  
43  
44

45  
46 The tests were carried out for two types of dental occlusion condition. The testing  
47 protocol for each session consisted of two consecutive trials, with 30 seconds of  
48 duration each one [17] and a five minutes in between. The order of the two different  
49 dental occlusion conditions for the two consecutive trials was randomly assigned. In one  
50 trial, the subjects performed the test without dental contact, setting dental occlusion in  
51 rest position (RP) by using cotton rolls (8mm thick) between the two dental arches,  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1 placed from the canines to the molars. The rest position is the habitual position of the  
2 mandible at rest and it appears to be correlated to a decrease in the masticatory and  
3  
4 cervical muscle activity [18]. In the other trial, the subjects performed the test with  
5  
6 dental contact, setting dental occlusion in intercuspal position (ICP) by asking the  
7  
8 subject to clench his/her teeth. Both options required subjects to stand barefoot, with  
9  
10 their arms unfolded by their sides, shoulders relaxed, and looking at a reference point to  
11  
12 eye level placed at one meter distance. The eye-visual target distance was chosen to  
13  
14 minimize the retinal shifts of the visual image [15] and to keep the head in a natural  
15  
16 position. No verbal feedback was given during the testing and the control screen was  
17  
18 covered during testing procedures in order to avoid visual feedback.  
19  
20  
21  
22  
23

24 Both dental occlusion conditions were tested on a unstable condition by selecting level  
25  
26 2 (L2), and on a stable condition by selecting level 8 (L8) from the levels provided by  
27  
28 the platform, according to the protocol used previously by other investigators [17]. To  
29  
30 avoid repeated measures and potential fatigue masking, the different stability conditions  
31  
32 were tested on two days separated by 72 hours. So that L2 was evaluated on the first  
33  
34 experimental session (S1) and L8 was evaluated on the second experimental session  
35  
36 (S2).  
37  
38  
39  
40

41 For each experimental session, a first individual measurement of balance was made at  
42  
43 rest. After that, all subjects performed the same exercise protocol aimed to induce lower  
44  
45 limbs muscle fatigue. The exercise protocol consisted of six sets of fifteen seconds  
46  
47 stretch-shortening cycles (SSC) jumping according to Bosco protocol [19] with a three-  
48  
49 minute recovery time between successive sets. The exercise was performed on a force  
50  
51 platform to evaluate the mechanical power decay along the sets of the exercise. The  
52  
53 reliability and validity of force platforms to measure force and power output during SSC  
54  
55 is well documented [20].  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1 A second measurement of balance was then made at fatigue condition. Measurements  
2 were obtained immediately after the exercise with no more than 10 minutes after  
3 finishing exercise, as it has showed previously that the effect of fatigue remains present  
4 until 13 minutes after the exercise finishes [21].  
5  
6  
7

8  
9 Heart rate was monitored during the exercise with a POLAR RS800CX (POLAR,  
10 Kempele, Finland). Blood capillary samples were collected from a finger tip three  
11 minutes after the exercise to measure blood lactate concentration (Biosen C-Line  
12 analyser, EKF, Barleben, Germany) in order to check the anaerobic character of the  
13 exercise. Furthermore, a modified Borg Fatigue Scale, as a sensitive method to evaluate  
14 fatigue, was used to measure perceived exertion of the subjects after the execution of  
15 the exercise.  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26

## 27 Data analysis

28 Two-way repeated measures analysis of variance (ANOVA) with Holm-Sidak  
29 correction was carried out to determine the effect of the exercise and the dental  
30 occlusion condition on the balance control, the influence of the dental occlusion on the  
31 distribution in zones of stability during the testing time, and to compare the output  
32 mechanical power along the sets on the two experimental sessions. All values are  
33 expressed as mean  $\pm$  SD. A *P* value  $< 0.05$  was accepted as the significance level.  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44 Statistical analysis was carried out using SigmaPlot version 11 (SYSTAT Software Inc,  
45 San Jose, CA, USA).  
46  
47  
48  
49

## 50 Results

### 51 Stability Index and exercise

52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1 The analyses of the effect of the exercise on the balance control, disregarding the dental  
2 occlusion condition, did not show an impairment of the stability index after the exercise  
3 protocol neither at the level 2 ( $p=0.84$ ) nor at the level 8 ( $p=0.58$ ) (Figure 2).  
4  
5  
6

#### 7 8 Stability Index and dental occlusion 9

10 At unstable level 2, balance control was significantly better when dental occlusion was  
11 set in RP for both rest ( $p=0.03$ ) and fatigue conditions ( $p=0.02$ ). Whereas for the level 8,  
12 balance control was significantly better when dental occlusion was set in RP for rest  
13 ( $p=0.02$ ) but not for fatigue values ( $p=0.15$ ) (Figure 2).  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20

#### 21 Percentage of time in zones 22

23 Overall, the percentage of time spent in zone A ( $0-5^\circ$ ) was significantly greater than that  
24 of the other three zones for L2 and L8 disregarding the jaw position and fatigue  
25 condition ( $p=0.00$ ).  
26  
27  
28  
29

30 At L2, dental occlusion significantly influenced on the time spent in each zone for pre-  
31 ( $p=0.02$ ) and post-exercise ( $p=0.01$ ) measurements. So that the percentage of time spent  
32 in zone A was significantly greater when dental occlusion was set in RP than in ICP for  
33 both rest ( $p=0.003$ ) and fatigue ( $p=0.002$ ) measurements. Whereas the percentage of  
34 time spent in zone B was significantly greater when dental occlusion was set in ICP  
35 than in RP for both rest ( $p=0.04$ ) and fatigue ( $p=0.05$ ) measurements. The percentage of  
36 time spent in zones C and D was not significant different among the two dental  
37 occlusion and fatigue conditions (Figure 3).  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47

48 At L8, the dental occlusion did not influence the percentage of time remained by  
49 subjects in the four concentric zones ( $p=1.00$ ). So, for both RP and ICP conditions,  
50 subjects remained the 100% of the time testing in zone A for the rest and fatigue  
51 measurements (Figure 3).  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

## Exercise-related measurements

Heart rate, blood lactate, and modified Borg Fatigue Scale are shown in table 1. Obviously, heart rate was significantly increased after the exercise for the two experimental tests ( $p < 0.001$ ), not showing statistically significant differences among the two experimental sessions neither after nor before the tests. As expected, after the SSC exercise, subjects reached high blood lactate levels. No statistically significant differences were noted among the two post-test conditions. Likewise, values obtained from the modified Borg Fatigue Scale did not show statistically significant differences among the two post-test conditions.

The mean of the mechanical power along the six sets of SSC was  $3187.06 \pm 664.745$  W for S1, while a mean power of  $3285.46 \pm 745.42$  W was register for S2. No statistically significant difference was found between the mean mechanical power for S1 and S2 ( $p = 0.17$ ). The decay of mechanical power along the sets for each exercise was not statistically significant neither for S1 ( $p = 0.42$ ) nor for S2 ( $p = 0.50$ ) (Table 2).

## Discussion

The present study compared the postural control of physically active subjects on unstable platform under opposing dental occlusion (ICP/RP) and fatigue (rest/fatigue) conditions for two extreme levels of stability (stable/unstable). Measures of the body balance were obtained before and after exhausting maximal exercise. The main findings were that: (i) there were no impairment of the stability index after performing the exercise protocol; and (ii) the body balance was significantly better when dental occlusion was set in RP at unstable condition.

In our study, postural regulation was not affected by the exercise-induced fatigue at any level of stability when comparing the rest and fatigue conditions. We can consider that the level of fatigue reached by the subjects after the exercise protocol was similar for

1 both experimental sessions, as lactate values, perception of effort reported and  
2 mechanical power output were not statistically significant between S1 and S2. One  
3  
4 might assume that exercise would affect balance of the subjects, because fatigue mainly  
5 alters muscles effectors and proprioception [12]. However, results of mechanical power  
6  
7 in our study showed that subjects were able to maintain power during the exercise, as no  
8  
9 significant decline of mechanical power was found during the sets of the exercise  
10  
11 neither for S1 nor for S2. As the ability to generate mechanical power can be used as an  
12  
13 indicator of muscle fatigue [22], it can be speculated that the lower limbs muscles were  
14  
15 still able to sustain postural control under the fatigue level used in this study. In agree,  
16  
17 previous researchers support the hypothesis that even under fatigue conditions, lower  
18  
19 limbs muscles are able to follow the same structure of movement in comparison with  
20  
21 the non-fatigued muscles [23]. Moreover, the capacity to maintain balance control after  
22  
23 the exercise might be due to a reflex and joint stiffness modulation as well as  
24  
25 compensation by central motor command [24].  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32

33 A remarkable finding of the present study was that the dental occlusion condition  
34 significantly influenced the balance control of the subjects. This finding is supported by  
35  
36 previous researches revealing a tendency of better postural control when dental  
37  
38 occlusion was set in RP [6,7,25]. However, the influence of dental occlusion on the  
39  
40 stability index was different in the two extreme levels of stability tested. So that at  
41  
42 stable level (L8), the dental occlusion only influenced stability of the subjects for  
43  
44 measurements at rest. Whereas, at the unstable level (L2), differences of balance control  
45  
46 between ICP and RP reached significance at both rest and fatigue conditions. Analysis  
47  
48 of the percentage of time spent by the subjects in each of the four concentric zones  
49  
50 during the testing time helps to explain the higher stability index registered for the ICP  
51  
52 than for the RP condition. So that in L2, the time spent by the subjects in zone A (0-5°)  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1 was significantly greater when dental occlusion was set in RP than in ICP for both rest  
2 and fatigue measurements, thus indicating very little movement from the level platform  
3 when testing in RP. Whereas for the ICP condition, the percentage of time spent in zone  
4 B (6-10°) was significantly greater than for the RP condition disregarding the fatigue  
5 condition. This is likely to be responsible for considerably differences in the stability  
6 index between ICP and RP, as the longer the time spent in zones B, C and D, the higher  
7 degrees of deflection of the foot platform and hence, the worst balance control. In  
8 contrast, at stable level, the subjects remained the 100% of the time testing in zone A  
9 disregarding the dental occlusion condition. Therefore, we can speculate that the  
10 afferent signals from dental occlusion may contribute most effectively in the process of  
11 balance control at more pronounced instability conditions. This finding agrees with  
12 Tardieu et al. who observed that dental occlusion impaired body balance in unstable but  
13 not in stable conditions [26].

14 Some limitations in this study have to be mentioned. We cannot exclude a learning  
15 effect throughout the study. It was to avoid this that we performed the balance  
16 measurements for both dental occlusion conditions in random order. Although the  
17 improvement observed in the stability index when dental occlusion was set in RP, this  
18 finding should be confirmed for already well-trained athletes, as it did in the present  
19 study among physically active subjects. It is important to note that previous studies in  
20 athletes using occlusal splints to repositioning mandible reported an improvement in the  
21 neuromuscular coordination [27] and proprioception [25]. However, we were not able to  
22 perform individualized occlusal splints for the subjects in our study, but instead cotton  
23 rolls between the two arches were used as previously used in previous researches [6].  
24 The results obtained in the study lead to speculate that dental occlusion may greater  
25 contribute to the better balance control when more difficult conditions are present

1 (unstable conditions and muscle fatigue), which is highly desirable for high level  
2 athletes.

3  
4 In conclusion, the observed improvement on the balance control when dental occlusion  
5 was set in a rest position should not be underestimated in high-level sport competitors  
6 requiring a refined body balance capacity. Future investigations are needed to elucidate  
7 the effects of dental occlusion and the execution of different exercises on the balance  
8 ability.  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16

## 17 References

- 18  
19  
20 [1] Ricotti L, Rigosa J, Niosi A, Menciassi A. Analysis of balance, rapidity, force  
21 and reaction times of soccer players at different levels of competition. PLoS One  
22 2013; 8: e77264.  
23  
24  
25  
26  
27 [2] Lord SR, Sturnieks DL. The physiology of falling: assessment and prevention  
28 strategies for older people. J Sci Med Sport 2005; 8: 35–42.  
29  
30  
31 [3] Solovykh EA, Bugrovetskaya OG, Maksimovskaya LN. Information value of  
32 functional status of the stomatognathic system for postural balance regulation.  
33 Bull Exp Biol Med 2012; 153: 401–5.  
34  
35  
36  
37  
38 [4] Pallegama RW, Ranasinghe AW, Weerasinghe VS, Sitheeque MA. Influence of  
39 masticatory muscle pain on electromyographic activities of cervical muscles in  
40 patients with myogenous temporomandibular disorders. J Oral Rehabil 2004; 31:  
41 423–9.  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49 [5] Devoize L, Domejean S, Melin C, Raboisson P, Artola A, Dallel R. Organization  
50 of projections from the spinal trigeminal subnucleus oralis to the spinal cord in  
51 the rat: a neuroanatomical substrate for reciprocal orofacial-cervical interactions.  
52 Brain Res 2010; 1343: 75–82.  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65



- 1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65
- [6] Bracco P, Deregibus A, Piscetta R. Effects of different jaw relations on postural stability in human subjects. *Neurosci Lett* 2004; 356: 228–30.
  - [7] Sakaguchi K, Mehta NR, Abdallah EF, Forgione AG, Hirayama H, Kawasaki T, et al. Examination of the relationship between mandibular position and body posture. *Cranio* 2007; 25: 237–49.
  - [8] Manfredini D, Castroflorio T, Perinetti G, Guarda-Nardini L. Dental occlusion, body posture and temporomandibular disorders: where we are now and where we are heading for. *J Oral Rehabil* 2012; 39: 463–71.
  - [9] Winter DA, Patla AE, Frank JS. Assessment of balance control in humans. *Med Prog Technol* 1990; 16: 31–51.
  - [10] Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance. *Sport Med* 2011; 41: 221–32.
  - [11] Meininger AK, Koh JL. Evaluation of the injured runner. *Clin Sports Med* 2012; 31: 203–15.
  - [12] Vuillerme N, Hintzy F. Effects of a 200 W-15 min cycling exercise on postural control during quiet standing in healthy young adults. *Eur J Appl Physiol* 2007; 100: 169–75.
  - [13] Corbeil P, Blouin JS, Begin F, Nougier V, Teasdale N. Perturbation of the postural control system induced by muscular fatigue. *Gait Posture* 2003; 18: 92–100.
  - [14] Peterka RJ. Sensorimotor Integration in Human Postural Control. *J Neurophysiol* 2002; 88: 1097–118.
  - [15] Vuillerme N, Burdet C, Isableu B, Demetz S. The magnitude of the effect of calf muscles fatigue on postural control during bipedal quiet standing with vision depends on the eye-visual target distance. *Gait Posture* 2006; 24: 169–72.

- 1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65
- [16] Hinman MR. Factors Affecting Reliability of the Biodex Balance System: A Summary of Four Studies. *J Sport Rehabil* 2000; 9: 240–52.
- [17] Arnold BL, Schmitz RJ. Examination of balance measures produced by the biodex stability system. *J Athl Train* 1998; 33: 323–7.
- [18] Tecco S, Crincoli V, Di Bisceglie B, Caputi S, Festa F. Relation between facial morphology on lateral skull radiographs and sEMG activity of head, neck, and trunk muscles in Caucasian adult females. *J Electromyogr Kinesiol* 2011; 21: 298–310.
- [19] Bosco C, Luhtanen P, Komi P V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1983; 50: 273–82.
- [20] Hori N, Newton RU, Kawamori N, McGuigan MR, Kraemer WJ, Nosaka K. Reliability of performance measurements derived from ground reaction force data during countermovement jump and the influence of sampling frequency. *J Strength Cond Res* 2009; 23: 874–82.
- [21] Fox ZG, Mihalik JP, Blackburn JT, Battaglini CL, Guskiewicz KM. Return of postural control to baseline after anaerobic and aerobic exercise protocols. *J Athl Train* 2008; 43: 456–63.
- [22] Lara AJ, Abian J, Alegre LM, Jimenez L, Aguado X. Assessment of power output in jump tests for applicants to a sports sciences degree. *J Sports Med Phys Fitness* 2006; 46: 419–24.
- [23] Rodacki AL, Fowler NE, Bennett SJ. Vertical jump coordination: fatigue effects. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 105–16.

- 1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65
- [24] Horita T, Komi P V, Nicol C, Kyrolainen H. Stretch shortening cycle fatigue: interactions among joint stiffness, reflex, and muscle mechanical performance in the drop jump [corrected. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1996; 73: 393–403.
- [25] Gangloff P, Louis JP, Perrin PP. Dental occlusion modifies gaze and posture stabilization in human subjects. *Neurosci Lett* 2000; 293: 203–6.
- [26] Tardieu C, Dumitrescu M, Giraudeau A, Blanc JL, Cheynet F, Borel L. Dental occlusion and postural control in adults. *Neurosci Lett* 2009; 450: 221–4.
- [27] D’Erme V, Basile M, Rampello A, Di Paolo C. Influence of occlusal splint on competitive athletes performances. *Ann Stomatol (Roma)* 2012; 3: 113–8.

**Table 1.** Heart rate, blood lactate, and modified Borg Fatigue Scale values (Mean  $\pm$  SD) for S1 (experimental session 1) and S2 (experimental session 2). PRE: before; POST: after the exercise. \*\*\*  $p \leq 0.001$  for Pre VS Post comparison. NS: Non-significant differences for Post S1 VS Post S2 comparison.

	S1		S2	
	PRE	POST	PRE	POST
Heart rate (bpm)	79.8 $\pm$ 11.3***	144 $\pm$ 10.6	78.5 $\pm$ 13.9***	143 $\pm$ 10.0 <sup>NS</sup>
Lactate (mmol/L)	-	7.7 $\pm$ 4.0	-	7.9 $\pm$ 3.0 <sup>NS</sup>
Borg Fatigue Scale	-	8.3 $\pm$ 1.4	-	8.4 $\pm$ 2.1 <sup>NS</sup>

**Table 2.** Values of mechanical power (W) (Mean  $\pm$  SD) along the sets for S1 (experimental session 1) and S2 (experimental session 2). N: sample size; S1-S6: sets of SSC.

	<i>N</i>	S1	S2
S1	8	3228.12 $\pm$ 704.06	3306.72 $\pm$ 735.75
S2	8	3160.89 $\pm$ 665.63	3210.77 $\pm$ 797.68
S3	8	3253.89 $\pm$ 758.23	3297.39 $\pm$ 778.58
S4	8	3189.34 $\pm$ 705.71	3310.67 $\pm$ 802.85
S5	8	3147.14 $\pm$ 652.86	3326.25 $\pm$ 807.38
S6	8	3142.98 $\pm$ 719.13	3260.97 $\pm$ 800.11

Figure 1  
[Click here to download high resolution image](#)

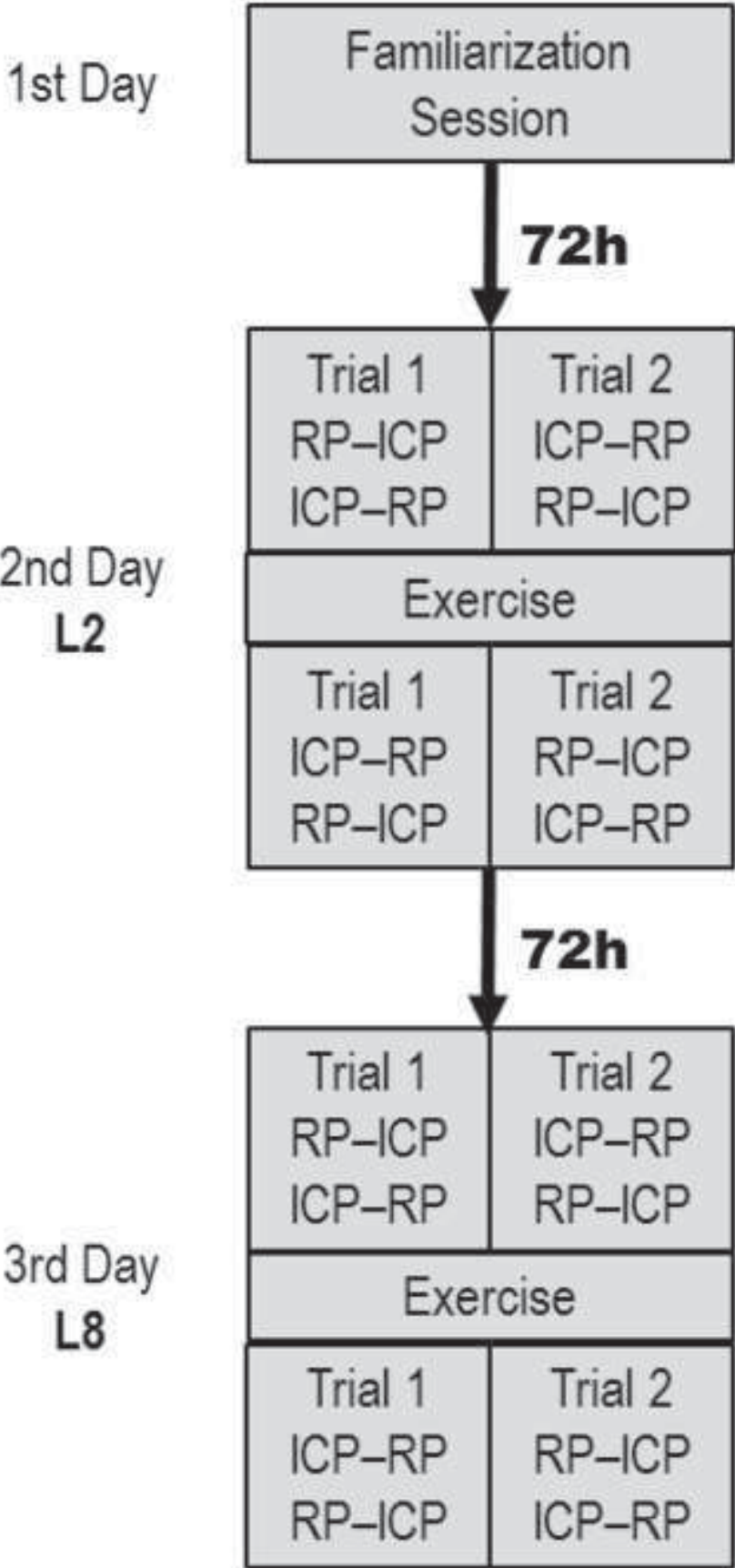


Figure 2

[Click here to download high resolution image](#)

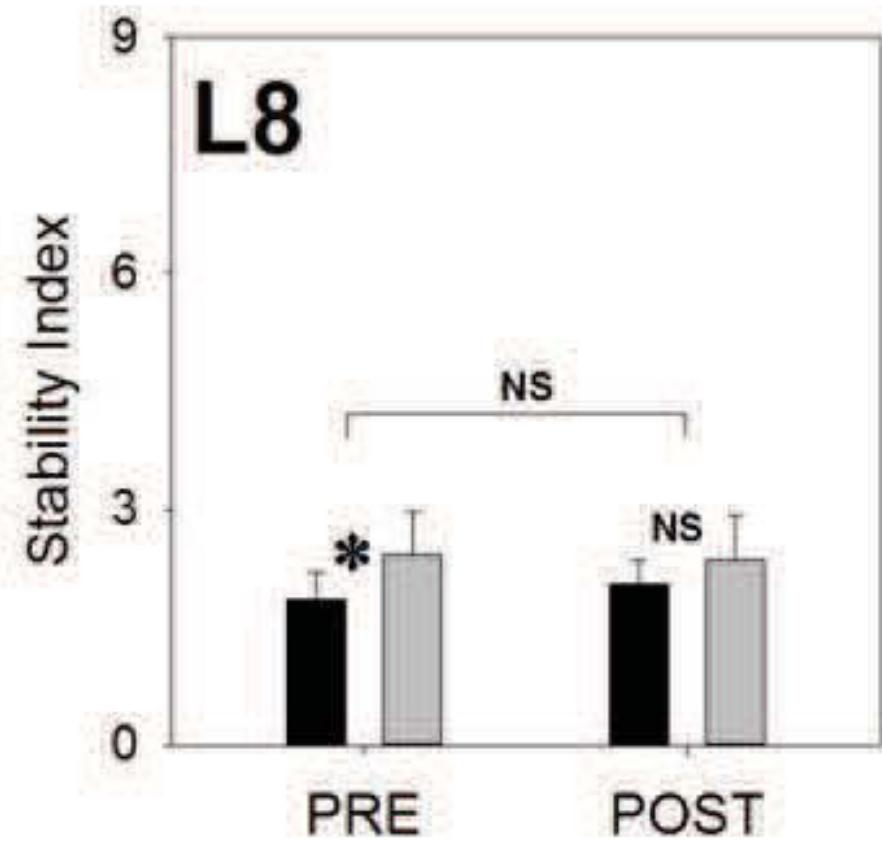
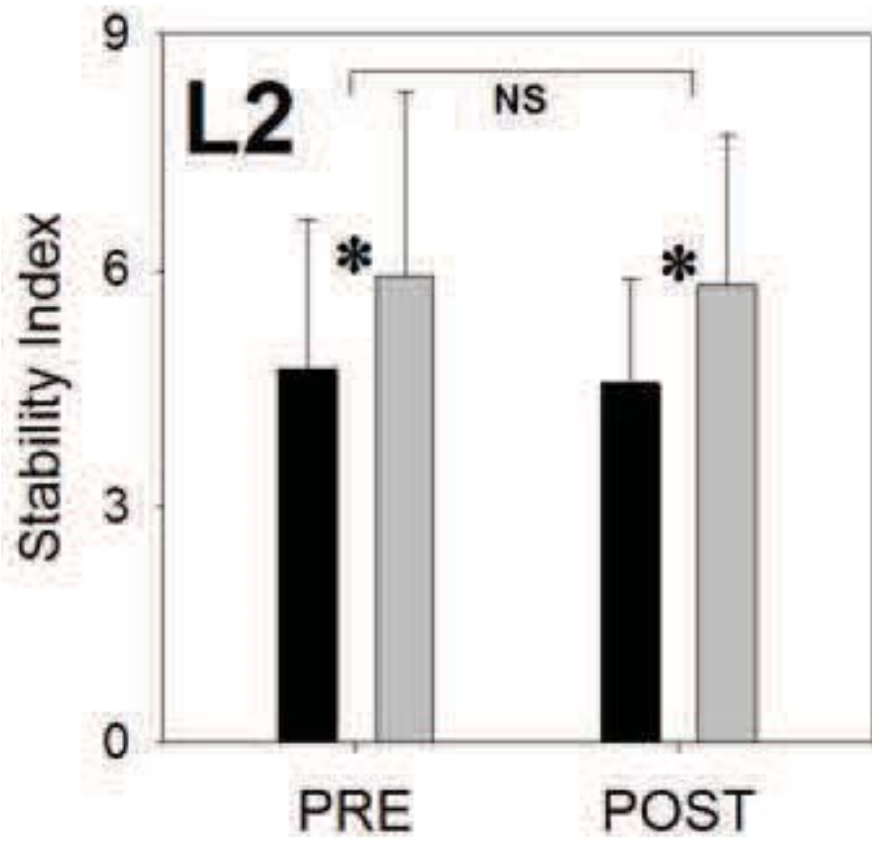
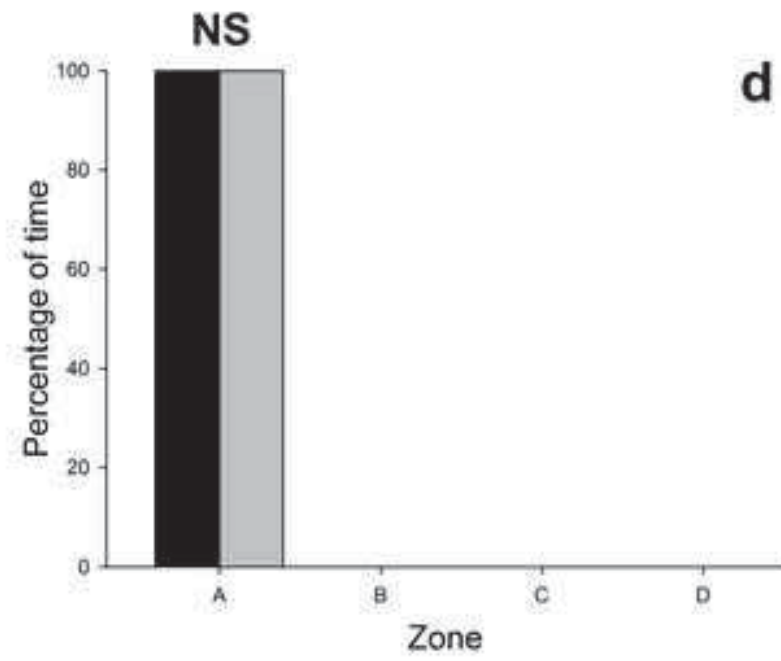
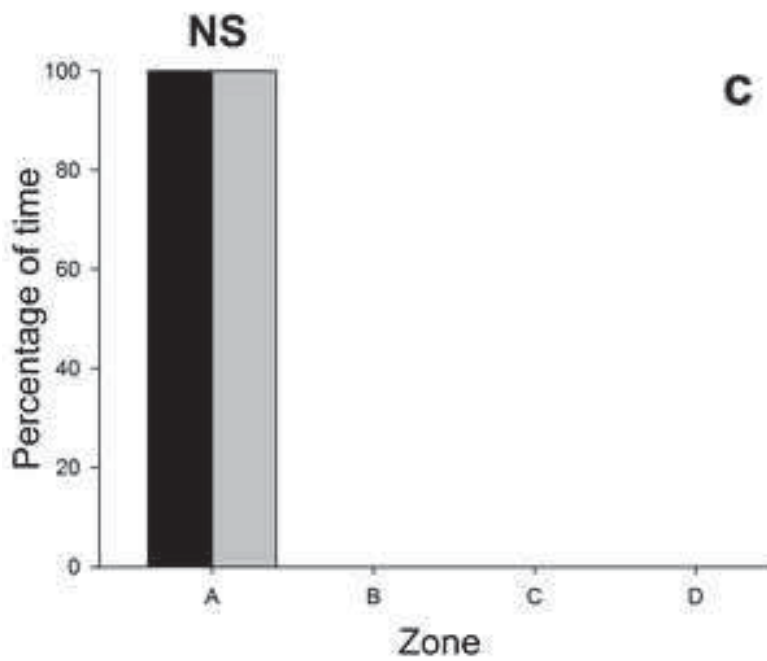
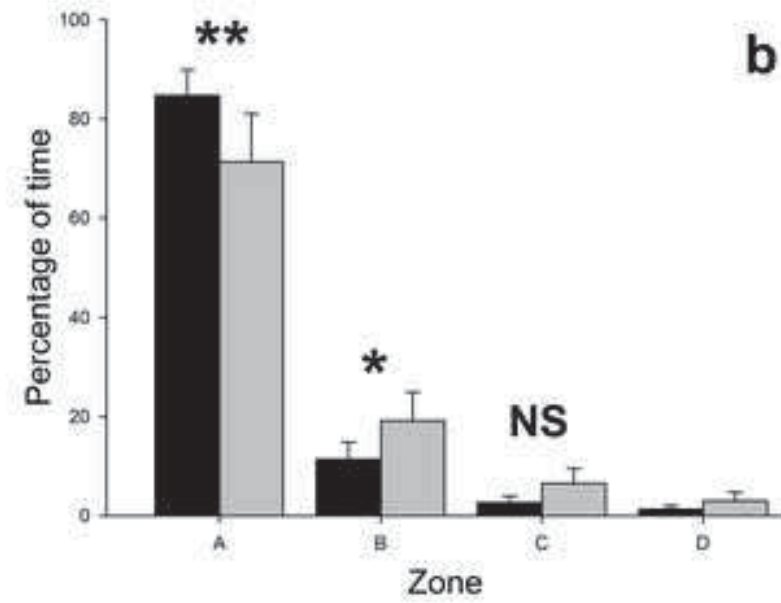
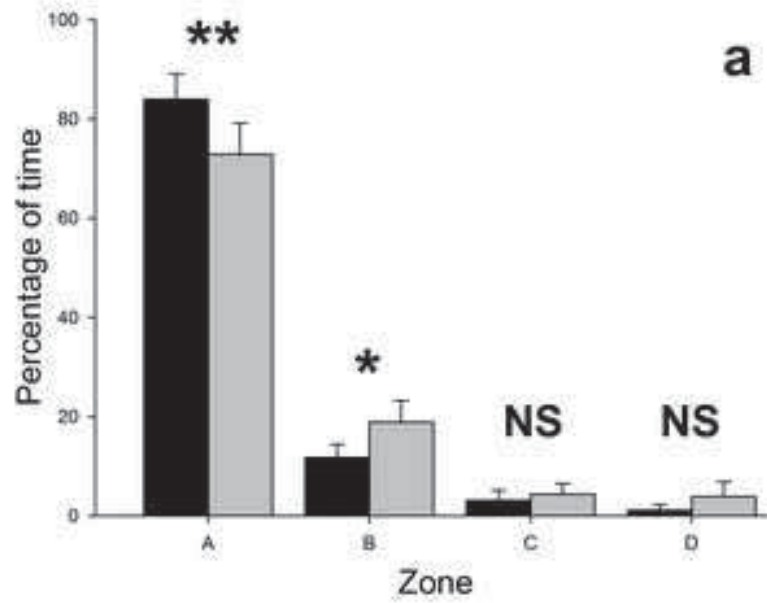


Figure 3

[Click here to download high resolution image](#)





The relationship between dental occlusion and balance control remains unclear.

8 physically active subjects were analyzed prior to and following a maximal exercise.

Body balance was evaluated in stable and unstable levels with occlusion in ICP and RP.

No significant impairment of postural control after the exercise was detected.

Dental occlusion only influenced balance control at unstable conditions.

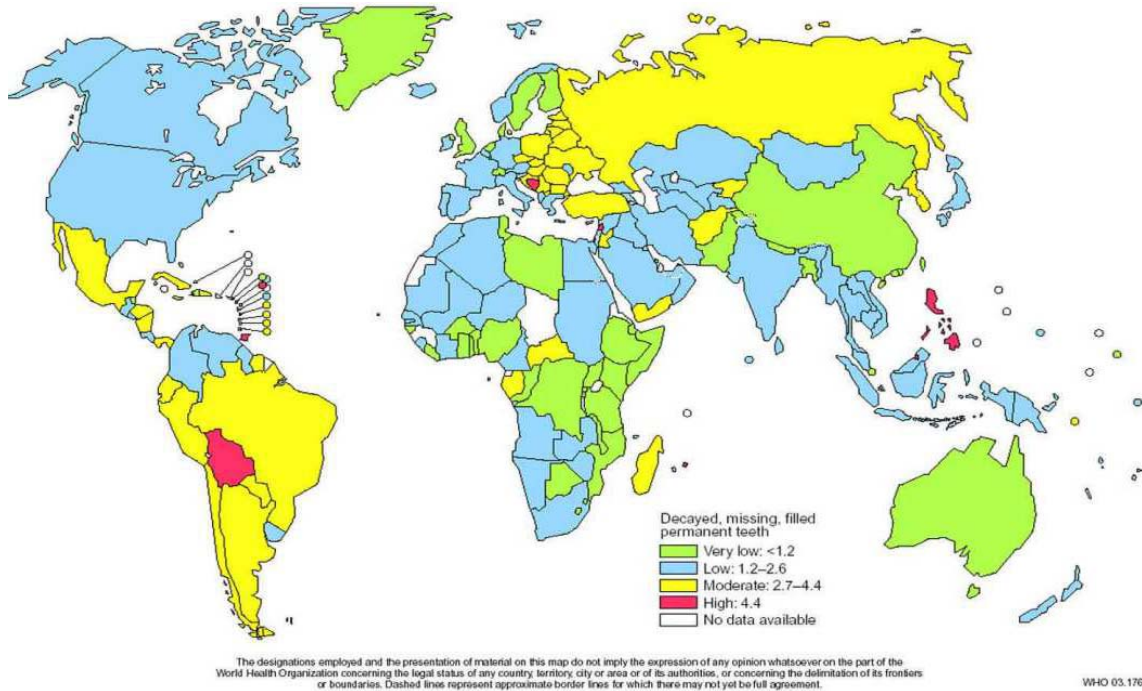
## **APÉNDICES**



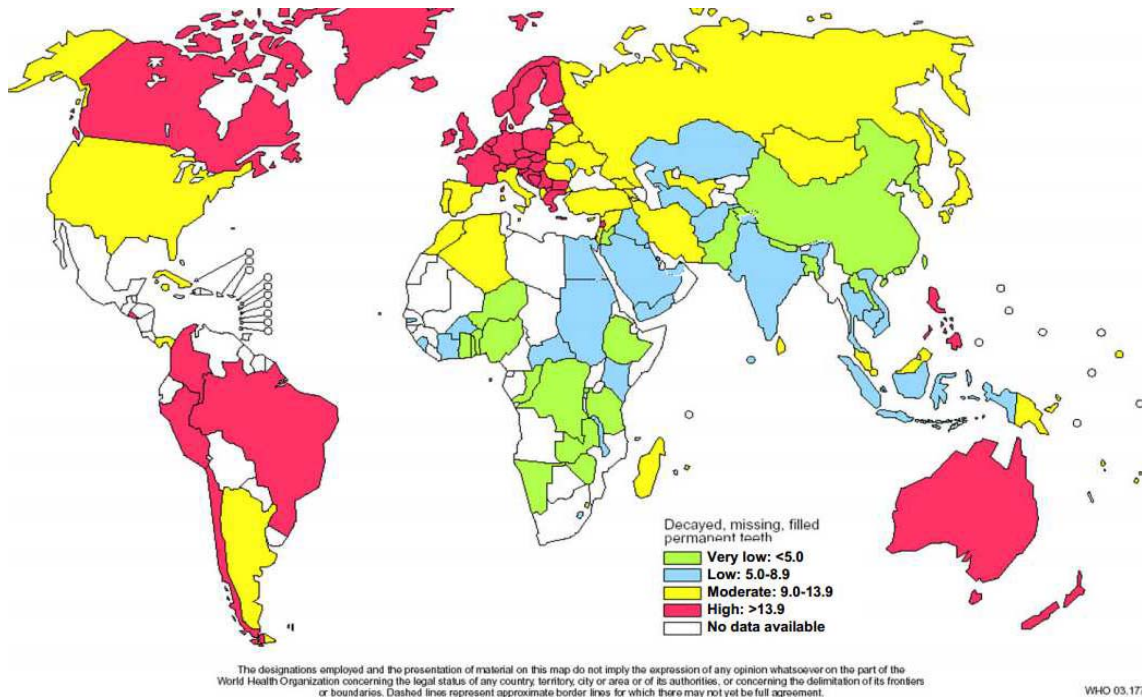
**APÉNDICE I**  
**Experiencia de caries medida con el índice CAOD a nivel mundial**



Experiencia de caries medida con el índice CAOD en dos grupos de edad (12 años, 35-44 años) a nivel mundial (Fuente: WHO Oral Health Programme, Geneva, Switzerland). Datos de 2003 <sup>64</sup>.



**Figura 21.** Índice CAOD en la población de 12 años.



**Figura 22.** Índice CAOD en la población de 35-44 años.



**APÉNDICE II**  
**Composición nutricional de diversos geles energéticos**





	Gel energy manzana isostar®	Gel energy booster isostar®	PowerGel® Original	PowerGel® Fruit	PowerGel® Hydro	PowerGel® Shots	PumpGel Victory Endurance®	EnergyBoostGel Victory Endurance®	EnergyBoost Gel + cafeina Victory Endurance®	EnergyUp Gel Victory Endurance®	Gel energético Aptonia®
Kcal	322	312	261	261	156	350	232	231,6	231,6	250	296
HC (g)	80,4	78	65	65,2	38	80	58	57	57	62,5	74
Azúcares (g)	45	48,6	24	35,5	19,5	60	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	43
P (g)	0	0	<0,6	<1	<1	6,3	0,3	0,9	0,9	<1	<0,5
L (g)	0	0	0	0	0	<0,5	0	0	0	0	<0,5
Fibra (g)	0	0	0	0	0	<0,5	0	0	0	<0,01	<0,5
Minerales (mg)	Na <sup>+</sup> 230	Na <sup>+</sup> 100	Na <sup>+</sup> 500 Cl <sup>-</sup> 660	Na <sup>+</sup> 740	Na <sup>+</sup> 440	Na <sup>+</sup> <100	Na <sup>+</sup> <100	Na <sup>+</sup> 150 K <sup>+</sup> 220 Mg <sup>2+</sup> 100	Na <sup>+</sup> 150 K <sup>+</sup> 220 Mg <sup>2+</sup> 100	Na <sup>+</sup> 250	Na <sup>+</sup> 100
Vitaminas (mg)	C 43,54 B1 0,91	B1 0,50 B2 1,286 B6 1,51 PP 13,584				C 45	B1 1,7 B6 2,4	B1 1,66 B6 2,38	B1 1,66 B6 2,38		B1 0,6
Acidificantes	Ác.cítrico	Ác.cítrico	Ác.cítrico		Ác.fosfórico	Ác.cítrico Ác.málico	Ác.cítrico	Ác.cítrico	Ác.cítrico	Ác.cítrico	Ác.cítrico
Correctores acidez		Citrato K	Citrato Na	Citrato Na	Citrato de Na	Ác.tartárico Citrato de Na				Citrato de Na	
Carbohidratos	Jarabe glc	Jarabe glc	Maltodextrina Fructosa	Maltodextrina Fructosa Concentrado zumo (40,9%)	Maltodextrina Fructosa Concentrado zumo (12%)	Glucosa Jarabe glc Concentrado zumo	Jarabe glc Maltodextrina	Jarabe glc Maltodextrina	Maltodextrina Fructosa Dextrosa	Glucosa Fructosa Dextrosa Sacarosa	Jarabe glc Maltodextrina
Conservantes Sorbato K <sup>+</sup> Benzoato Na <sup>+</sup>	Sí		Sí Sí	Sí Sí	Sí Sí		Sí Sí	Sí Sí	Sí	Sí Sí	
Electrolitos		NaCl	NaCl, KCl	NaCl	NaCl			NaCl Gluconato de Mg Fosfato Di-potásico	NaCl KCl Carbonato de Mg	NaCl	
Otros (además de agua y aromas)	Extracto de pasas y manzana.	Colorante (E150b, E150c)			Cafeína	Gelatina, Glicerol, Estabilizadores, Cera de carnauba	Aminoácidos, Estabilizante, Extracto de manzana y uva.	Aminoácidos Estabilizante	Aminoácidos Guaraná Cafeína	Gelificante (Goma Xantana)	

**Tabla 3. Composición nutricional de diversos geles energéticos.** Fuente: elaboración propia con los datos disponibles de las distintas marcas comerciales. Los componentes principalmente cariogénicos se encuentran remarcados.



**APÉNDICE III**  
**Relación entre la oclusión dental y la musculatura masticatoria y cervical.**



AUTOR	REGISTRO	RESULTADOS	CONCLUSIONES
Davies P.L., 1979 <sup>192</sup>	EMG de los músculos ECM, semiespinoso de la cabeza, esternohioideo, temporal y masetero.	Se registró actividad paralela de los músculos del cuello durante los ciclos de movimientos mandibulares (apertura-cierre, protrusión-retrusión, lateralidades).	Fuertes influencias motoras en común entre músculos masticatorios y del cuello.
Kiliaridis et al, 1995 <sup>193</sup>	Fotografías de perfil (análisis mediante método optoelectrónico) para valorar si la fatiga inducida de la musculatura masticatoria influye en la postura de la cabeza.	NS	La fatiga de la musculatura masticatoria no influye en la postura de la cabeza.
Ehrlich et al, 1999 <sup>194</sup>	EMG de musculatura masticatoria, cervical (ECM, trapecio) y del tronco (recto abdominal, paravertebral) en reposo y durante máxima ICP.	La acción de masticación máxima provocó un incremento en la actividad muscular del cuello (+ 7.6-33) y tronco (+ 1.4-3.3).	Se añade nueva información acerca de la correlación entre la actividad muscular de la mandíbula, el cuello y el tronco.
Ferrario et al, 1999 <sup>183</sup>	EMG de los músculos temporal y masetero durante 15" de masticación unilateral en sujetos con maloclusión (mordida cruzada).	Patrón de contracción alterado y asimétrico en los músculos de sujetos con mordida cruzada.	La relación oclusal alterada influye en la coordinación de los músculos masticatorios durante la masticación, más fuertemente cuando el lado de la maloclusión está implicado en la masticación.
Kibana et al, 2002 <sup>195</sup>	EMG de los músculos elevadores de la mandíbula y ECM para valorar contracción muscular. Posición de la cabeza registrada con medios electromagnéticos (POLHEMUS Co. 3 SPACE-WIN®).	Correlación entre la contracción de la musculatura masticatoria y el ECM. Desequilibrios en el soporte oclusal provocan alteraciones en la actividad del ECM provocando una posición más ladeada del cuello.	Existe una relación íntima entre el soporte oclusal y la posición de la cabeza.
Pallegama et al, 2004 <sup>126</sup>	EMG de la musculatura del cuello (ECM y trapecio) en sujetos con TMD y asintomáticos.	Mayor actividad muscular en pacientes con TMD.	La asociación entre la musculatura cervical y el TMD puede deberse a la conexión funcional entre la musculatura masticatoria y la cervical.
Svensson et al, 2004 <sup>196</sup>	EMG de la musculatura masticatoria (maseteros) y del cuello (ECM y esplenio) en tres posiciones diferentes de cabeza e ICP, y bajo la evocación de dolor en la mandíbula o cuello con glutamato.	La actividad de la musculatura estudiada varía en función de la posición de la cabeza y de la percepción dolorosa.	El dolor inducido en la musculatura masticatoria (maseteros) se asocia a un incremento en la actividad de la musculatura cervical, pero no al revés.
Ceneviz et al, 2006 <sup>197</sup>	EMG de la musculatura masticatoria (maseteros, temporales) y del cuello (ECM y trapecios) en diferentes posiciones mandibulares (ICP vs RP) con y sin MORA.	MORA redujo la actividad bilateralmente de todos los músculos en ICP, y del trapecio en RP. Sin MORA se redujo la actividad del trapecio en ICP, y en RP del trapecio y ECM.	Alteraciones en la posición mandibular alteran el sistema cráneo-cervical, siendo el músculo trapecio el más respondedor.
Sforza et al, 2006 <sup>198</sup>	Registro de la actividad muscular (EMG) del ECM, y de las variaciones posturales (estabilometría) durante máxima ICP en dos condiciones oclusales (con vs sin férula para oclusión neuromuscularmente balanceada).	El patrón de actividad muscular del ECM fue más simétrico con férula que sin. De igual modo, el equilibrio con férula fue mejor que sin férula.	Una condición oclusal con mayor simetría de la musculatura masticatoria resulta en una contracción más simétrica del ECM y una mejora del equilibrio.

Bergamini et al, 2008 <sup>199</sup>	EMG de diversos músculos posturales (ECM, erector espinal a nivel de L4 y soleo) en sujetos con maloclusión en diferentes condiciones oclusales (con vs sin férula para oclusión neuromuscularmente balanceada).	Reducción de la actividad muscular después de 15' de llevar la férula.	Una oclusión simétrica produce un efecto beneficioso sobre diversos músculos posturales (ECM, erector espinal y soleo).
Politti et al, 2010 <sup>200</sup>	EMG trapecio durante máxima masticación en CR.	La actividad electromiográfica de los músculos trapecios no varió significativamente entre el reposo e ICP.	La masticación máxima en CR no altera la actividad muscular del trapecio.
Hellmann et al, 2012 <sup>201</sup>	EMG de músculos ECM, supra/infracioideos, semispinalis capitis, semispinalis cervicis.	Existe co-contracción de los músculos del cuello durante los movimientos de cierre mandibular.	Relación entre la masticación y la actividad muscular del cuello.
Sims et al, 2012 <sup>202</sup>	Revisión bibliográfica	La torticolis espasmódica se caracteriza por contracciones musculares anormales en la cabeza y cuello, resultando en alteraciones en la postura de la cabeza. Parece que el tratamiento con férula oclusal, para aumentar la dimensión vertical de oclusión, mejora la sintomatología.	Se sugiere que en caso de neuritis de la rama auriculotemporal del Vpc, que lleva información a la formación reticular, podría activar células de la región pontina, que modulan el control y la desviación de la postura de la cabeza.
Wiesinger et al, 2012 <sup>203</sup>	Valorar el efecto de dolor inducido en el músculo masetero en los movimientos de la mandíbula y cuello durante apertura-cierre mandibular.	Mayor amplitud de movimiento de la cabeza durante movimientos de apertura-cierre mandibular con dolor inducido en el masetero.	Un dolor inducido en el masetero afecta los movimientos de cabeza-cuello mediante el incremento de la actividad muscular del cuello.
Giannakopoulos et al, 2013 <sup>204</sup>	Valorar co-contracción de la musculatura masticatoria y del cuello en posición supina mediante registro con EMG.	Co-contracciones de la musculatura del cuello y masticatoria durante movimientos mandibulares.	La musculatura del cuello se contrae paralelamente a la masticatoria durante fuerzas submáximas de elevación mandibular, indicando una interacción neuromuscular de ambos grupos musculares.
Häggman-Henrikson et al, 2013 <sup>205</sup>	EMG de músculos masticatorios (masetero y digástrico) y del cuello (ECM y trapecio) durante movimientos de elevación-depresión mandibular.	Se registran contracciones concomitantes de la musculatura masticatoria y del cuello. Además, las actividades del ECM y masetero incrementan al aumentar la fuerza masticatoria.	Existe una íntima conexión funcional entre el sistema motor de la mandíbula y del cuello durante los movimientos mandibulares.
Khan et al, 2013 <sup>206</sup>	Revisión bibliográfica	Existe una relación estrecha entre el aparato estomatognático, el cráneo y el sistema muscular cervical.	
Sierpinska et al, 2013 <sup>207</sup>	Análisis cefalométrico y EMG de la musculatura masticatoria (ECM, temporal, masetero, y digástrico) para valorar cambios en el sistema esquelético facial después de tratamiento para aumentar la DVO perdida.	La pérdida de dimensión vertical de oclusión mostró una disminución de la altura facial y un menor valor de los ángulos esqueléticos, que revirtieron después del tratamiento. Los valores de actividad funcional eléctrica durante la masticación también incrementaron después del tratamiento.	El incremento de la dimensión vertical de oclusión a parte de mejorar la estética facial y restaurar los ángulos de morfología facial, produce un incremento de la actividad muscular a los 3 meses de adaptación al tratamiento.
Torisu et al, 2014 <sup>208</sup>	EMG de los músculos dorsales del cuello tras estimulación eléctrica intraoral.	Inhibición de la actividad muscular del cuello un 80% tras la estimulación eléctrica.	La información intraoral nociceptiva puede inhibir la actividad muscular del cuello, indicando una posible conexión neural entre la región del trigémino y la cervical.

**Tabla 4. Relación entre la oclusión dental y la musculatura masticatoria y cervical.** Se encuentran remarcados en gris los artículos que no encuentran cambios significativos en la relación estudiada. (MORA, Mandibular orthopedic repositioning appliance; DVO, dimensión vertical de oclusión; EMG, electromiografía; ECM, esternocleidomastoideo; RP, posición de reposo; ICP, posición de máxima intercuspidadación; CR, relación céntrica; Vpc, nervio trigémino).

---

**PUNTOS CLAVE A FAVOR DE LA CORRELACIÓN OCLUSIÓN DENTAL Y LA MUSCULATURA MASTICATORIA Y CERVICAL**

---

3. *Alteración del patrón de contracción de la musculatura masticatoria en sujetos con mordida cruzada* <sup>183</sup>.
  4. *Actividad de la musculatura del cuello paralela a la musculatura masticatoria durante los movimientos mandibulares* <sup>192,194,195,201,204,205</sup>.
  5. *Mayor actividad de la musculatura cervical en sujetos con TMD* <sup>126</sup>.
  6. *Una relación oclusal con mayor simetría de la musculatura masticatoria provoca una contracción más simétrica de la musculatura cervical y postural* <sup>197-199</sup>.
  7. *Disminución de las contracciones musculares de cabeza y cuello en la tortícolis espasmódica al aumentar la dimensión vertical de oclusión* <sup>202</sup>.
  8. *Incremento de la actividad de la musculatura masticatoria al restaurar la dimensión vertical de oclusión* <sup>207</sup>.
  9. *El dolor evocado a nivel intraoral o en la musculatura masticatoria produce una alteración en la actividad de la musculatura cervical* <sup>196,203,208</sup>.
  10. *Revisiones recientes afirman la existencia de una relación entre el sistema estomatognático, el cráneo, y la musculatura cervical* <sup>206</sup>.
- 

---

**PUNTOS CLAVE EN CONTRA DE LA CORRELACIÓN OCLUSIÓN DENTAL Y LA MUSCULATURA MASTICATORIA Y CERVICAL**

---

1. *La fatiga de la musculatura masticatoria NO influye en la postura de la cabeza* <sup>193</sup>.
  2. *La actividad muscular del trapecio no varía al realizar una máxima masticación en CR* <sup>200</sup>.
-





**APÉNDICE IV**  
**Relación entre la posición mandibular y la postura**



AUTOR	REGISTRO	RESULTADOS	CONCLUSIONES
Palano et al, 1994 <sup>209</sup>	Estabilometría. Medición inicial en sujetos con TMD y después de 6 meses de tratamiento con férula de estabilización oclusal.	Reducción de las oscilaciones posturales tras el tratamiento.	
Ferrario et al, 1996 <sup>210</sup>	Plataforma de fuerzas en sujetos con maloclusión en diferentes posiciones mandibulares.	NS	Maloclusiones ni posición mandibular influyeron sobre el COP.
Bracco et al, 1998 <sup>211</sup>	Estabilometría en sujetos en diferentes posiciones mandibulares.	Mejora del equilibrio en posición miocéntrica respecto ICP. No significativo para RP respecto ICP.	La posición mandibular influye en el equilibrio del sujeto.
Michelotti et al, 1999 <sup>212</sup>	Revisión bibliográfica.	NS	Existen evidencias de la existencia de una correlación entre la oclusión y la postura, pero parece estar limitada al tracto cervical.
Milani et al, 2000 <sup>213</sup>	Valoración equilibrio dinámico (Fukuda-Unterberger stepping test) en sujetos con y sin MORA.	Existen fluctuaciones en el equilibrio dinámico en función de llevar o no MORA	
Gangloff et al, 2000 <sup>138</sup>	Tarea visual-motora (puntería del disparo) para valorar estabilización visual. Posturografía en diferentes posiciones mandibulares con férula.	El control postural y la estabilización visual mejoraron, del mejor al peor, con RP, ICP, oclusión lateral, oclusión contralateral.	Se sugiere una repercusión de la oclusión dental sobre la propiocepción y la estabilización visual.
Fujimoto et al, 2001 <sup>214</sup>	Variables de la marcha en diferentes posiciones mandibulares.	Cambios significativos en el ciclo de marcha, velocidad y coeficiente de variación en las diferentes posiciones mandibulares.	La posición mandibular afecta la estabilidad de la marcha.
Yoshino et al, 2003 <sup>215</sup>	Análisis posturométrico en sujetos con pérdida de soporte oclusal unilateral y bilateral.	El COP se modifica al masticar independientemente de las condiciones de oclusión. En ausencia de soporte oclusal se produce una modificación en la distribución del centro de presiones.	El control postural puede afectarse cuando hay pérdida de soporte oclusal tanto unilateral como bilateral.
Bracco et al, 2004 <sup>118</sup>	Análisis posturométrico y estabilométrico en diferentes posiciones mandibulares (RP, ICP, miocéntrica).	Variaciones en el mantenimiento de la postura con las diferentes posiciones mandibulares. Diferencias entre ICP-M, no diferencias entre RP-ICP. En el eje y diferencias también en RP-ICP.	La relación oclusal miocéntrica, determinada en función de la contracción muscular, mejoró el control postural en comparación con las otras relaciones oclusales.
Michelotti et al, 2006 <sup>185</sup>	Plataforma de estabilometría ( <i>weight distribution on foot area y speed of body sway</i> ) para valorar control postural en sujetos con mordida cruzada posterior unilateral respecto grupo control, en dos condiciones oclusales (RP/ICP).	NS	Los parámetros estabilométricos no se hayan influidos por la presencia de mordida cruzada unilateral ni la condición oclusal (RP/ICP). El tratamiento de la oclusión para corregir alteraciones posturales no está justificado.
Perinetti G., 2006 <sup>216</sup>	Posturografía bajo condiciones visuales opuestas (ojos abiertos/cerrados) y oclusión dental (RP/ICP).	NS	No se detecta correlación entre la oclusión dental y el equilibrio. La información visual sí que determina un mejor equilibrio.
Hosoda et al, 2007 <sup>217</sup>	EquiTest® system, para la medición del equilibrio en	A mayor inestabilidad, mayor influencia	La oclusión contribuye al mantenimiento del control postural y a

	condiciones inestables a diferentes niveles de intensidad. EMG para valorar la actividad muscular de la oclusión dental.	de la oclusión dental para el control del equilibrio. Interacción significativa entre la oclusión dental y las condiciones de inestabilidad para el control del equilibrio.	la mejora de la estabilidad.
Sakaguchi et al, 2007 <sup>139</sup>	Evaluar influencia recíproca entre la oclusión dental y la postura corporal. MatScan para valorar cambios en la postura. T-Scan II para valorar la distribución oclusal de fuerzas.	La relación oclusal modifica el COP. Cambios en la posición corporal modifican la distribución oclusal de fuerzas.	El cambio en la oclusión dental afecta la postura corporal. Del mismo modo, el cambio en la postura corporal afecta la posición mandibular.
Tardieu et al, 2009 <sup>174</sup>	Plataforma estática y dinámica en diferentes condiciones oclusales.	NS en plataforma estática. <b>Significativo en dinámica.</b>	La oclusión dental afecta de forma diferente al control postural, dependiendo de las condiciones estáticas o dinámicas.
Cuccia et al, 2009 <sup>123</sup>	Revisión bibliográfica	La bibliografía sugiere que la tensión en el sistema estomatognático contribuye a alterar el control neural para el control de la postura.	Numerosas conexiones anatómicas entre la información aferente propioceptiva del sistema estomatognático y estructuras nerviosas implicadas en la postura (cerebelo, núcleo vestibular y oculomotor, colículo superior). Si la información propioceptiva del SS es "inaccurate" puede afectarse el control de la postura de la cabeza y del cuerpo.
Perinetti G, 2009 <sup>218</sup>	Revisión bibliográfica	Aunque se pueda detectar una correlación experimentalmente, eso no implica que pueda tener relevancia clínica. Una correlación entre el sistema estomatognático y la postura de la cabeza y cuello no implica que la postura del cuerpo pueda estar también influida. La mayoría de literatura en el tema se ha desarrollado con diseños experimentales de baja calidad.	
Perinetti et al, 2010 <sup>177</sup>	Plataforma de fuerzas (posturografía estática) en ICP y RP en sujetos con maloclusiones.	Los parámetros estudiados fueron similares en ICP y RP. Se observó una correlación débil pero significativa para la sobremordida y la fase de dentición con el equilibrio.	No existe una correlación clínica relevante entre las maloclusiones y el control postural. La ICP no tiene efectos inmediatos en la postura corporal.
Tecco et al, 2010 <sup>219</sup>	Ejercicio de marcha para valorar correlación entre SS y alteraciones en la locomoción. Investigar si una maloclusión inducida provoca alteraciones en la carga postural de los pies durante la marcha.	Alteraciones en la superficie de carga en los pies con las modificaciones en la oclusión dental.	Una maloclusión inducida experimentalmente se asocia a alteraciones detectables en la distribución de la carga en la superficie de los pies durante la marcha.
Michelotti et al, 2011 <sup>220</sup>	Revisión bibliográfica.	NS	Existen algunas evidencias de asociación entre factores oclusales y alteraciones posturales, pero no existe suficiente evidencia científica para apoyar una relación causa-efecto.
Cuccia A.M., 2011 <sup>221</sup>	Plataforma baropodométrica en tres condiciones oclusales (ICP, RP, sin contacto) en sujetos con TMD vs control.	Análisis intragrupo TMD diferencias entre CR vs ICP y sin contacto. Entre grupos, diferencias entre TMD y control.	Existen diferencias en la distribución de carga del arco plantar entre el grupo con TMD y el control, y por la oclusión dental. El SS parece influir en la postura.
Wakano et al, 2011 <sup>175</sup>	Plataforma inestable en tres condiciones oclusales (RP, RP con férula, desviación experimental de la mandíbula).	La desviación horizontal de la mandíbula interfiere en la estabilidad de la postura en bipedestación.	Los cambios en el SS afectan el equilibrio dinámico.

Alpini et al, 2012 <sup>176</sup>	Posturografía estática en ICP y RP en atletas y sedentarios al provocar cambios experimentales en la oclusión dental.	NS en el grupo de sedentarios. <b>Significativo en el grupo de atletas.</b>	Los cambios en la oclusión en el grupo de atletas resultaron en una reorganización sensora, con un incremento del componente visual y una reducción del somatosensor.
Manfredini et al, 2012 <sup>125</sup>	Revisión bibliográfica.	Las técnicas de posturografía no han mostrado una asociación válida entre la postura del cuerpo y la oclusión dental, probablemente debido a la gran cantidad de mecanismos compensatorios del sistema neuromuscular para el control postural. Por otra parte, los TMD frecuentemente no están relacionados con la condición oclusal, y tampoco se detecta una correlación con la postura de la cabeza y del cuerpo.	
Solovykh et al, 2012 <sup>122</sup>	Análisis de estabilometría mediante cuatro métodos diferentes.	El SS afecta el control postural como un sensor postural.	La contribución del SS en el control postural es de alrededor un 2%.
Baldini et al, 2013 <sup>140</sup>	Plataforma de estabilometría para detectar modificaciones en la postura como consecuencia de cambios en la oclusión dental.	Fuerte influencia entre el control postural y la información visual. Débil correlación entre la posición mandibular y la postura (sólo significativo para el "sway area").	La posición mandibular parece influir débilmente en el control postural de sujetos asintomáticos. Además, la plataforma de fuerzas no parece ser un método válido para detectar la relación entre el SS y la postura corporal.
Marini et al, 2013 <sup>222</sup>	Plataforma de fuerzas.	NS	Incremento transitorio de la actividad de la musculatura masticatoria después de una interferencia oclusal experimental (0-2mm composite).
Perinetti et al, 2013 <sup>223</sup>	Revisión bibliográfica	A pesar de que la bibliografía existente ha reportado la existencia de una correlación significativa entre la postura corporal y la posición mandibular o TMD, la calidad de los estudios disponibles no permite establecer conclusiones firmes al respecto. En la actualidad, la monitorización del equilibrio no parece ser un método de ayuda en el área de la Ortodoncia.	
Silvestrini et al, 2013 <sup>224</sup>	Diversos índices para medición del control postural y estado oclusal.	Anomalías verticales de la oclusión dental correlacionan con alteraciones en la postura.	

**Tabla 5. Relación entre la posición mandibular y la postura.** Se encuentran remarcados en gris los artículos que no encuentran cambios significativos en la relación estudiada. (MORA, Mandibular orthopedic repositioning appliance; EMG, electromiografía; ECM, esternocleidomastoideo; RP, posición de reposo; ICP, posición de máxima intercuspidadación; TMD, trastorno temporo-mandibular; COP, centro de presiones; SS, sistema estomatognático).

---

**PUNTOS CLAVE A FAVOR DE LA CORRELACIÓN POSICIÓN MANDIBULAR/MALOCCLUSIÓN - POSTURA CORPORAL**

---

2. El tratamiento con férula de estabilización oclusal reduce las oscilaciones posturales en sujetos con TMD<sup>209</sup>.
  3. Mejora del equilibrio en posición miocéntrica<sup>118,211</sup>.
  4. Mejora del equilibrio dinámico con MORA<sup>175,213</sup>.
  5. Mejora del equilibrio estático con férula en RP<sup>138</sup>.
  6. Diferencias en la distribución de cargas del arco plantar por la oclusión dental<sup>221</sup>.
  7. La posición mandibular repercute en el patrón de la marcha<sup>214</sup>, así como las maloclusiones inducidas<sup>219</sup>.
  8. En ausencia de soporte oclusal se modifica la distribución del COP<sup>215</sup>.
  9. La mandíbula parece influir en el control postural más que otros parámetros cráneo-faciales<sup>237</sup>.
  10. Influencia recíproca entre la oclusión dental y la postura corporal<sup>139</sup>.
  11. Revisión bibliográfica<sup>123</sup>.
  12. El sistema estomatognático contribuye en un 2% en el control postural<sup>122</sup>.
  13. Anomalías verticales de la oclusión dental correlacionan con alteraciones en la postura<sup>224</sup>.
- 

---

**PUNTOS CLAVE EN CONTRA DE LA CORRELACIÓN POSICIÓN MANDIBULAR/MALOCCLUSIÓN - POSTURA CORPORAL**

---

1. Cambios en la posición mandibular NO influyen sobre el equilibrio (COP)<sup>140,177,185,210,216</sup>.
  2. La correlación entre la oclusión dental y la postura parece estar limitada sólo al tracto cervical<sup>212</sup>.
  3. La mordida cruzada unilateral no influye en el equilibrio estático<sup>185</sup>, así como tampoco influye una interferencia oclusal inducida<sup>222</sup>.
  4. La oclusión dental afecta al control postural sólo en condiciones dinámicas o de alta inestabilidad<sup>174,217</sup>.
  5. Revisión bibliográfica<sup>125,218,220,223</sup>.
  6. La oclusión dental afecta al control postural sólo en atletas<sup>176</sup>.
-

**APÉNDICE V**  
**Relación entre la oclusión dental y las alteraciones en la posición  
de la cabeza**





AUTOR	REGISTRO	RESULTADOS	CONCLUSIONES
Solow and Tallgren, 1976 <sup>225</sup>	Radiografía lateral de cráneo para la medición de 42 variables angulares y lineales de morfología craneofacial, y 18 variables angulares para la postura.	Correlación entre la morfología cráneo-facial y la postura de la cabeza, especialmente a nivel de la columna cervical.	Parece existir una relación entre la morfología cráneo-facial y la postura, probablemente mediada por factores funcionales.
Solow et al, 1977 <sup>226</sup>	Radiografía lateral de cráneo para la medición de 17 variables de morfología dentoalveolar y 18 variables angulares para la postura.	La posición de la cabeza en relación con la columna cervical mostró una correlación positiva con la altura dentoalveolar anterior superior e inferior y con la inclinación del plano oclusal. No correlación entre prognatismo maxilar (clase II) y ángulo cráneo-cervical.	Parece existir una correlación entre la postura de la cabeza y la altura dentoalveolar, pero no con la relación sagital maxilar.
Rocabado et al, 1982 <sup>227</sup>			Asociación entre la clase II de Angle y una posición más adelantada de la cabeza.
Hellsing et al, 1987 <sup>228</sup>	Radiografía lateral de cráneo para la medición de diversas variables (morfología craneofacial, postura de la cabeza, lordosis cervical). Medición de la cifosis torácica y lordosis lumbar con un cifómetro.	Correlación entre la lordosis cervical y la posición de la cabeza. Aumento de la cifosis torácica relacionada con aumento en el prognatismo facial y una mayor dimensión antero-posterior de la mandíbula.	Parece existir una asociación entre la morfología cráneo-facial, la postura de la cabeza y las curvaturas de la columna vertebral.
Huggare et al, 1991 <sup>229</sup>	Clínico y radiológico de pacientes tratados de escoliosis.	Aumento en el ángulo cráneo-cervical en el grupo de escoliosis respecto del control. Elevada prevalencia de clase de Angle II y mordida cruzada entre los pacientes escolióticos.	
Huggare and Raustia, 1992 <sup>230</sup>	Cefalograma antes y después de tratamiento estomatognático en sujetos con alteraciones cráneo-mandibulares vs control.	Disminución de la lordosis cervical después del tratamiento estomatognático.	Relación estrecha entre la musculatura masticatoria y los músculos posturales de la cabeza.
Nobili et al, 1996 <sup>231</sup>	Revisión + investigación clínica del equilibrio (plataforma de equilibrio) en sujetos con las 3 clases de Angle.	Sujetos con maloclusión de Angle II muestran una postura más anterior. Mientras que la maloclusión de Angle III correlaciona con una postura más posterior.	
Huggare J., 1998 <sup>189</sup>	Revisión bibliográfica.	Evidencia de elevada prevalencia de Angle II asociada a hiperlordosis cervical. Evidencia de un mayor riesgo de mordida cruzada lateral en sujetos con escoliosis y tortícolis. Posible asociación entre mordida cruzada anterior y alteraciones en la postura de la cabeza.	
Solow et al, 1998 <sup>180</sup>	Radiografía lateral en sujetos bajo tratamiento ortodóntico con severa maloclusión, para valorar asociación entre la postura de cabeza y cuello y las maloclusiones.	Asociación entre apiñamiento >2mm y una postura cráneo-cervical más extendida.	
Festa et al, 2003 <sup>187</sup>	Radiografía de perfil en sujetos con clase II de Angle y esquelética para valorar la asociación entre la lordosis cervical y la longitud mandibular, y la relación entre la retrusión mandibular y la disminución de lordosis cervical.	Se encontró una correlación negativa entre la lordosis cervical y la longitud mandibular, y una correlación positiva entre la base anterior del cráneo y la longitud maxilar.	Se observó una curvatura compensatoria de la columna cervical en presencia de retrusión mandibular. Más estudios son necesarios para evaluar la influencia ambiental y genotípica en la influencia de la lordosis cervical.

Lippold et al, 2003 <sup>190</sup>	Examen ortodóntico y ortopédico en sujetos de edad infantil.	Correlación estadísticamente significativa entre escoliosis y clase de Angle II ( $p=0.033$ ), y también entre débil control postural y clase de Angle II ( $p=0.028$ ).	Clase de Angle II en población infantil es un factor potencial para malformaciones ortopédicas.
Shimazaki et al, 2003 <sup>232</sup>	Modelo finito tridimensional (3D FEM) para simular movimientos masticatorios (distribución de estrés oclusal) y comparar la distribución de estrés y el desplazamiento de la columna cervical.	Modelo estándar simétrico manifestó una distribución simétrica del estrés oclusal, mientras que los modelos con desequilibrios en la fuerza muscular masticatoria o en el plano oclusal manifestaron alteraciones a nivel muscular y en la postura de la cabeza.	Inclinaciones laterales del plano oclusal y el desequilibrio bilateral entre la musculatura masticatoria actúan de forma antagonista en el desplazamiento de la columna cervical. Las características morfológicas y funcionales en pacientes con desplazamiento mandibular lateral pueden actuar con un papel compensatorio en el control postural.
D'Attilio et al, 2004 <sup>233</sup>	Análisis cefalométrico de Rx de sujetos con TMD y control para la medición del ángulo de lordosis cervical.	Correlación significativa entre el ángulo de lordosis cervical y longitud mandibular, posición mandibular, divergencia mandibular y resalte tanto en el grupo con TMD como en el control. Entre grupos, diferencias en el ángulo de lordosis cervical, protrusión maxilar, longitud y divergencia mandibular, y resalte.	El ángulo de lordosis cervical puede relacionarse con la presencia de TMD.
Korbmacher et al, 2004 <sup>234</sup>	Revisión bibliográfica.	A pesar de la abundante literatura científica en el área, no se disponen recomendaciones uniformes para la cooperación en el ámbito ortodóntico y ortopédico.	
D'Attilio et al, 2005 <sup>235</sup>	Análisis de la posible alteración en la alineación de la columna vertebral a consecuencia de una interferencia oclusal inducida experimentalmente en ratas (test vs control). Valoración mediante Rx (pre-test, post-test).	Todas las ratas del grupo experimental desarrollaron una curva escoliótica, que se revirtió en un 83% de los casos al eliminar la interferencia.	La alineación de la columna vertebral parece estar influenciada por la oclusión dental.
D'Attilio et al, 2005 <sup>236</sup>	Radiografía de perfil de sujetos con diferente clase esquelética admitidos para tratamiento ortodóntico (sin TMD) para determinar diferencias en la postura cervical asociadas a la morfología facial.	La clase III mostró menor lordosis cervical que las clases I y II. La clase II mostró una mayor extensión de la cabeza respecto la columna cervical que las clases I y III. Diferencias en la inclinación de los maxilares superior e inferior respecto la columna vertebral entre las tres clasificaciones.	La postura del cuello parece estar fuertemente asociada con la estructura sagital y vertical de la cara.
Gadotti et al, 2005 <sup>186</sup>	Análisis de la postura de la cabeza y actividad de los músculos temporal y masetero (EMG) en sujetos con clase de Angle I y II.	La actividad EMG muestra que la respuesta de los músculos temporal y masetero se modifican con oclusión de Angle tipo II.	La clase Angle II correlaciona con mayor ocurrencia de postura más adelantada de la cabeza y alteraciones en el patrón muscular de los maseteros y temporales.
Ben-Bassat et al, 2006 <sup>184</sup>	Examen oclusal y ortopédico de pacientes con escoliosis idiopática para valorar parámetros de maloclusión en pacientes ortopédicos respecto grupo control.	El grupo de pacientes ortopédicos manifestó mayor clase de Angle II, mayor frecuencia de desviación de la línea media superior e inferior, y mayor frecuencia de mordida cruzada anterior y posterior. No se pudo establecer ninguna asociación entre el tipo de maloclusión y la localización o severidad de la	Los pacientes con escoliosis idiopática muestran parámetros de maloclusión más asimétricos que la población general (grupo control).

		escoliosis.	
Lippold et al, 2006 <sup>237</sup>	Determinar correlaciones entre parámetros de control postural en el perfil sagital ( <i>Fleche Cervicale</i> y <i>Lombaire</i> , inclinación del tronco) y la posición mandibular sagital ( <i>Facial Axis</i> , <i>Mandibular Plane</i> , <i>Facial Depth</i> ) mediante la obtención de medidas 3D (rasterstereography) en sujetos con maloclusión de clase II o III.	Correlaciones significativas entre <i>Facial Axis</i> y <i>Fleche Cervicale</i> , <i>Mandibular Plane angle</i> y <i>Fleche Cervicale</i> , y entre <i>Facial Depth</i> y <i>Fleche Cervicale</i> .	La mandíbula parece tener un mayor efecto en la postura corporal que otros parámetros cráneo-faciales.
Sinko et al, 2006 <sup>191</sup>	Evaluación de la columna vertebral mediante vídeo antes y después de cirugía ortognática en sujetos con clase esquelética de Angle II, III y asimetría mandibular.	El tratamiento quirúrgico de la clase II reportó cambios significativos en la postura del sujeto, pero sin consecuencias ortopédicas. NS La cirugía de la clase III y asimetría mandibular no provocó cambios en la postura de los sujetos.	La cirugía ortognática causa pocos cambios o ninguno sobre la postura del sujeto.
Hanke et al, 2007 <sup>124</sup>	Revisión bibliográfica de 355 publicaciones.	Existe un interés creciente en la posible correlación entre hallazgos ortopédicos y dentales. Sin embargo, la mayoría de la bibliografía disponible no logra aportar conclusiones determinantes ni cumple requisitos de investigación de alta calidad.	
Michelotti et al, 2007 <sup>238</sup>	Examen clínico ortodóntico y ortopédico para evaluar asociación entre disimetría de EEII y mordida cruzada unilateral posterior.	NS	La mordida cruzada unilateral posterior no parece estar asociada a disimetría de las EEII en sujetos jóvenes.
Motta et al, 2012 <sup>239</sup>	Evaluar la posible correlación de TMD (Helkimo questionnaire) y clase de Angle sobre la postura cervical (photogrammetry y software Alcimage®).	La clase II mostró un valor de ángulo cervical más elevado que las clases I y III. De igual manera, la severidad de TMD se asoció a mayor angulación cervical.	Sujetos con TMD presentan más alteración en la postura de la cabeza que los sujetos sin TMD. La clase II de Angle correlacionó con TMD y con alteraciones en la postura cervical.

**Tabla 6. Relación entre la oclusión dental y las alteraciones en la posición de la cabeza.** Se encuentran remarcados en gris los artículos que no encuentran cambios significativos en la relación estudiada. (EMG, electromiografía; TMD, trastorno temporo-mandibular; Rx, radiografía; EEII, extremidades inferiores).

---

**PUNTOS CLAVE A FAVOR DE LA CORRELACIÓN  
OCLUSIÓN DENTAL-POSTURA CABEZA**

---

1. *Existencia de una relación entre la morfología cráneo-facial y la postura de la cabeza* <sup>225,228</sup>.
  2. *Existencia de una correlación entre la clase de Angle y la postura de la cabeza y lordosis cervical* <sup>231,236,237</sup>.
  3. *Asociación entre maloclusiones dentales (apiñamiento) y alteración en la postura cráneo-cervical* <sup>180</sup>.
  4. *Asociación entre hiperlordosis cervical y alteraciones cráneo-mandibulares* <sup>230</sup> *y clase de Angle II* <sup>186,187,189,227,239</sup>.
  5. *Elevada incidencia de maloclusiones y clase de Angle II en sujetos con escoliosis idiopática* <sup>184,189,190,229</sup>.
  6. *Asociación entre ángulo de lordosis cervical y TMD* <sup>233</sup>.
  7. *Desequilibrios en la fuerza muscular masticatoria o en el plano oclusal repercuten en la postura de la cabeza* <sup>232</sup>.
  8. *Desarrollo de escoliosis a consecuencia de una interferencia oclusal inducida* <sup>235</sup>.
- 

---

**PUNTOS CLAVE EN CONTRA DE LA CORRELACIÓN  
OCLUSIÓN DENTAL-POSTURA CABEZA**

---

1. *No existe correlación entre el prognatismo maxilar (clase II) y la postura de la cabeza* <sup>226</sup>.
  2. *Revisión bibliográfica apuntando una posible correlación entre hallazgos ortodónticos y ortopédicos pero sin conclusiones definitivas por la falta de requisitos de calidad de la bibliografía disponible* <sup>124,234</sup>.
  3. *La cirugía ortognática no provoca beneficios ortopédicos en sujetos con clase esquelética de Angle II y III* <sup>191</sup>.
  4. *No existe asociación entre disimetría de las EEII y la mordida cruzada unilateral posterior* <sup>238</sup>.
-

**APÉNDICE VI**  
**Influencia de la oclusión dental en el rendimiento físico**



AUTOR	REGISTRO	RESULTADOS	CONCLUSIONES
Allen et al, 1984 <sup>165</sup>	Dinamómetro Cybex II en cuatro grupos musculares, en sujetos con TMD con MORA y placebo.	NS	El uso de MORA no mejora la fuerza muscular.
Forgione et al, 1991 <sup>240</sup>	Revisión bibliográfica.	Incremento en la fuerza muscular isométrica con MORA.	Existe una relación entre la oclusión dental y la fuerza isométrica.
Forgione et al, 1992 <sup>241</sup>	Fuerza isométrica con diferentes posiciones mandibulares mediante férula oclusal.	Incremento significativo de la fuerza isométrica con MORA que con placebo.	Existe una relación entre la oclusión dental y la fuerza isométrica.
Gelb et al, 1995 <sup>242</sup> , 1996 <sup>168</sup>	Revisión bibliográfica sobre el uso de protector bucal sólo o en conjunción con MORA sobre el rendimiento atlético.	Los resultados de la revisión refuerzan la hipótesis que el reposicionamiento mandibular puede mejorar la fuerza muscular y el rendimiento atlético.	La musculatura maxilofacial establece relaciones complejas con el resto del organismo. Por lo tanto, la corrección de relaciones inapropiadas entre maxilar y mandíbula puede contribuir en la obtención de un status fisiológico más efectivo.
Ishijima et al, 1998 <sup>243</sup>	Salto vertical en plataforma de fuerzas con y sin soporte oclusal en sujetos edéntulos.	El tiempo de reacción fue significativamente mayor en ausencia de soporte oclusal.	La reconstrucción del soporte oclusal en una posición mandibular adecuada mejora no sólo la restauración de la función masticatoria sino también contribuye al mantenimiento de las cualidades físicas.
Gangloff et al, 2000 <sup>138</sup>	Tarea visual-motora (puntería de disparo) para valorar estabilización visual en tiradores. Posturografía en diferentes posiciones mandibulares con férula.	El control postural y la estabilización visual mejoraron, del mejor al peor, con RP, ICP, oclusión lateral, oclusión contralateral.	Se sugiere una repercusión de la oclusión dental sobre la propiocepción y la estabilización visual. La mejora del control postural fue paralelo a una mejora en la eficacia de tiro.
Ferrario et al, 2001 <sup>244</sup>	Análisis de la relación funcional entre el SS y la musculatura de otras zonas del organismo durante el ejercicio de fuerza en sujetos divididos en dos grupos (oclusión normal/maloclusión) bajo diferentes posiciones mandibulares. EMG bíceps braquial para medir fuerza desarrollada.	El grupo con maloclusión desarrolló el test durante un periodo más largo que el grupo con neutroclusión. La posición mandibular influyó en el tiempo de desarrollo del test, pero no en la fuerza generada en ningún grupo.	Un desequilibrio en la oclusión no siempre empeora el rendimiento muscular de otras regiones del cuerpo. A la vez, el uso de torundas de algodón entre las arcadas dentarias no es siempre beneficioso.
Egret et al, 2002 <sup>245</sup>	Análisis del uso de MORA sobre la estabilidad del patrón cinemático del swing en golfistas profesionales. Mediciones cinéticas con el sistema optoelectrónico VICON <sup>TM</sup>	NS en el patrón cinético del swing con o sin MORA. Diferencias en la velocidad de impacto de la pelota con o sin MORA.	La velocidad de impacto de la pelota es más regular con MORA que sin.
Yamaga et al, 2002 <sup>246</sup>	Índice Eichner para valorar condición oclusal (contactos dentarios intermaxilares). Diversos test de fuerza muscular y velocidad.	Correlación significativa entre el índice Eichner y la fuerza de extensión de EEII, en el "stepping rate" (velocidad al subir-bajar escaleras) y en el equilibrio sobre una pierna.	La oclusión dental se asocia a la fuerza dinámica de las EEII, a la agilidad y al control postural en sujetos de la tercera edad.
Abdallah et al, 2004 <sup>247</sup>	Análisis del efecto de la dimensión vertical de oclusión sobre la fuerza isométrica del deltoides en sujetos con sobremordida en diferentes posiciones mandibulares (ICP, RP, férula para aumentar la dimensión vertical, placebo).	La fuerza isométrica del deltoides fue menor en ICP que en RP. La fuerza generada con la férula de elevación de la dimensión vertical fue mayor que en el resto de condiciones. NS ICP y placebo.	Cambios en la dimensión vertical de oclusión pueden afectar la fuerza isométrica de las EESS.
Lai et al, 2004 <sup>248</sup>	CMJ y test de potencia mecánica en plataforma Ergo-	En general, el rendimiento del grupo con	La misma patología puede causar diferentes alteraciones en el



	jump en dos grupos de sujetos (patología cervicofacial y asintomáticos). Al grupo de patología se le colocó una férula para corregir maloclusiones, y al grupo de asintomáticos se le creó una interferencia oclusal experimentalmente.	maloclusión mejoró con la férula, mientras que el grupo con neutroclusión empeoró con la interferencia inducida.	rendimiento en diferentes sujetos. No todas las alteraciones cráneo-mandibulares tienen repercusiones en la postura.
Ebben et al, 2008 <sup>249</sup>	CMJ en plataforma de fuerzas en dos condiciones (contacto dental máximo en férula y sin contacto dental).	El porcentaje de fuerza desarrollado con contacto dental fue un 19,5% mayor que el desarrollado sin contacto dental. NS en fuerza máxima con y sin contacto dental.	Parece existir una activación concurrente al apretar fuertemente los dientes durante el CMJ.
Cetin et al, 2009 <sup>250</sup>	Capacidad y potencia anaeróbica, fuerza muscular EEII y lumbares, sprint, CMJ con y sin protector bucal individualizado en competidores de taekwondo.	NS en sprint, CMJ y fuerza muscular. Mejora en test de Wingate y Hamstring Isokinetic Peak Torque.	CMMG no produce efectos negativos en la fuerza ni rendimiento anaeróbico en competidores de taekwondo.
Manfredi et al, 2009 <sup>251</sup>	EMG y examen kinesiógráfico con TENS para confección de férula en posición miocéntrica. Evaluación fuerza explosiva mediante CMJ en jugadores profesionales de baloncesto.	Mejora 2 meses después de usar la férula respecto la medida inicial en el grupo experimental y control.	La férula de reposición miocéntrica no tuvo efecto en el rendimiento deportivo.
Baldini et al, 2011 <sup>252</sup>	Revisión bibliográfica.	La musculatura de la región cráneo-cervico-mandibular se encuentra implicada en diversas actividades deportivas. No está claro si llevar una férula en la cavidad oral puede mejorar el rendimiento atlético.	Los atletas deberían ser evaluados individualmente para valorar el posible beneficio de la colocación de una férula oclusal.
Okuyama et al, 2011 <sup>253</sup>	Índice Eichner para valorar condición oclusal (contactos dentarios intermaxilares). Diversos test de fuerza muscular y velocidad.	Correlación significativa entre el índice Eichner y la fuerza de extensión de EEII y en el equilibrio sobre una pierna.	El mantenimiento de la oclusión dental puede favorecer el desarrollo de las actividades de la vida diaria en sujetos de la tercera edad.
Alpini et al, 2012 <sup>176</sup>	Posturografía estática en ICP y RP en atletas y sedentarios al provocar cambios experimentales en la oclusión dental.	NS en el grupo de sedentarios. <b>Significativo en el grupo de atletas.</b>	Los cambios en la oclusión en el grupo de atletas resultaron en una reorganización sensora, con un incremento del componente visual y una reducción del somatosensor.
Baldini et al, 2012 <sup>254</sup>	Plataforma de estabilometría y T-Scan III para valorar la postura y la condición oclusal en un jugador de baloncesto profesional y confeccionar una férula oclusal.	Tras el tratamiento (férula oclusal + fisioterapia) mejoró lumbalgia y fuerza de cuádriceps.	Los atletas deberían ser analizados individualmente para valorar las posibilidades de eficacia de la férula en el control postural y el rendimiento deportivo.
D'Erme et al, 2012 <sup>167</sup>	Test objetivos de rendimiento atlético con y sin férula oclusal en atletas de competición. Plataforma de estabilometría y radiografías para el examen postural.	Mejora en todos los test y variables fisiológicas (descenso en la producción de lactato y fc) con férula. Mejora de la postura con férula. Desviación de la posición ideal (50% carga en cada pie) de un 1,7% sin férula y de un 0,4% con férula.	El uso de una férula oclusal individualizada puede optimizar la coordinación neuromuscular y mejorar el rendimiento deportivo en atletas.
Dunn-Lewis et al, 2012 <sup>255</sup>	Diversos test de rendimiento físico al utilizar tres tipos de protector bucal (PBMG, regular MG, sin protector).	Mejora de la potencia de lanzamiento y la fuerza con PBMG, y del salto vertical en hombres. NS en flexibilidad, equilibrio, tiempo de reacción	El PBMG mejora la potencia muscular de ejercicios de tronco en hombres y mujeres, y de EEII sólo en hombres. En ningún caso compromete el rendimiento ni otras cualidades físicas.

		visual o sprint.	
Jung et al, 2013 <sup>256</sup>	Test de Wingate y de fuerza muscular.	NS entre ICP y férula de arcada completa. Diferencias entre ICP y férula de arcada parcial para el rendimiento muscular de extensión y flexión de EEII. Diferencias entre férula completa y parcial para la potencia muscular de extensión EEII.	La elevación de la dimensión vertical de oclusión tiene poco efecto en la fuerza muscular de las EEII. Sin embargo, la distribución de la fuerza oclusal parece tener efecto sobre la musculatura.
Lee et al, 2013 <sup>257</sup>	EMG para el registro de la actividad de la musculatura del tronco y EESS durante máxima contracción isométrica con y sin MORA.	Incremento significativo, con MORA, en la contracción isométrica máxima de los músculos: ECM, cervical and lumbar erector spinae, upper trapezius, biceps, triceps, rectus abdominis and internal oblique and external oblique muscles	MORA mejora la estabilidad de la ATM, que a su vez mejora no sólo la fuerza de la musculatura del resto del organismo sino también la estabilidad durante el ejercicio.
Pae et al, 2013 <sup>258</sup>	Análisis del uso de MORA y protectores bucales sobre la habilidad atlética en golfistas profesionales.	Diversas variables del swing (distancia y velocidad de golpeo) fueron mejor con férula o protector bucal que sin dispositivo oral cuando se establecía un contacto molar bilateral. No se encontraron diferencias en el uso de protector bucal o férula.	La estabilización oclusal que resulta de las férulas oclusales y protectores bucales parece incrementar la distancia y la velocidad del golpeo en golfistas profesionales.
Grosdent et al, 2014 <sup>259</sup>	Influencia de la oclusión dental en la fuerza muscular concéntrica y excéntrica de la rodilla (cuádriceps y tendón rotuliano) en tres posiciones mandibulares (ICP, MORA, férula simulando maloclusión).	NS en rendimiento concéntrico entre las 3 posiciones mandibulares. En rendimiento excéntrico, disminución del 9% con la férula simulando maloclusión respecto de las otras dos condiciones. El pico de fuerza máxima del tendón también disminuyó un 7% con la férula de maloclusión respecto a MORA.	Una alteración de la oclusión inducida experimentalmente induce una alteración inmediata y significativa de la fuerza excéntrica de la musculatura de la rodilla.
Hoa et al, 2014 <sup>260</sup>		Un desequilibrio mandibular inducido puede provocar una pérdida en la fuerza de las EESS.	

**Tabla 7. Influencia de la oclusión dental en el rendimiento físico.** Se encuentran remarcados en gris los artículos que no encuentran cambios significativos en la relación estudiada. (TMD, trastorno temporo-mandibular; MORA, Mandibular orthopedic repositioning appliance; RP, posición de reposo; ICP, posición de máxima intercuspidadación; EEII, extremidades inferiores; EESS, extremidades superiores; EMG, electromiografía; SS, sistema estomatognático; CMJ, salto en contra-movimiento; TENS, Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation; PBMG, power balance performance mouth guard).

---

**PUNTOS CLAVE A FAVOR DE LA CORRELACIÓN OCLUSIÓN DENTAL-EJERCICIO**

---

1. *Revisión bibliográfica concluyendo la existencia de una relación entre la oclusión dental y la fuerza isométrica* <sup>240,242</sup>.
  2. *Incremento de la fuerza isométrica* <sup>241,257</sup>, *potencia de lanzamiento y salto vertical* <sup>255</sup> *y coordinación muscular* <sup>167</sup> *al usar MORA.*
  3. *En la tercera edad, correlación entre las cualidades físicas (fuerza dinámica, agilidad) y control postural y el estado oclusal* <sup>246,253</sup> *y mejora del tiempo de reacción al restaurar la pérdida de soporte oclusal* <sup>243</sup>.
  4. *Mejor control postural y estabilización visual con MORA* <sup>138</sup>.
  5. *Mayor regularidad en la velocidad de golpeo de la pelota de golf con MORA* <sup>245,258</sup>.
  6. *Mejora de la fuerza isométrica al restaurar la dimensión vertical de oclusión en sujetos con sobremordida* <sup>247</sup>.
  7. *Mejora del rendimiento* <sup>248</sup> *y mayor fuerza de EESS* <sup>254</sup> *tras tratamiento corrector con férula oclusal.*
  8. *Mayor aplicación de fuerza en un CMJ con contacto dental con férula que sin contacto dental* <sup>249</sup>.
  9. *Mejora en el Wingate al llevar protector bucal individualizado* <sup>250</sup>.
  10. *Influencia de una maloclusión inducida sobre la fuerza muscular excéntrica* <sup>259</sup> *y la fuerza de las EESS* <sup>260</sup>.
- 

---

**PUNTOS CLAVE EN CONTRA DE LA CORRELACIÓN OCLUSIÓN DENTAL-EJERCICIO**

---

1. *El uso de MORA no mejora la fuerza muscular* <sup>165,251</sup>.
  2. *Un desequilibrio en la oclusión no siempre empeora el rendimiento muscular de otras regiones del cuerpo* <sup>244</sup>.
  3. *No hay diferencias en el patrón cinético del swing con o sin MORA* <sup>245</sup>.
  4. *Revisión bibliográfica concluyendo que a pesar de la implicación de la musculatura de la región cráneo-cervico-mandibular en las actividades deportivas, no está clara la mejoría del rendimiento al llevar férula* <sup>252</sup>.
  5. *Mejora del control postural en RP sólo en atletas* <sup>176</sup>.
  6. *La elevación de la dimensión vertical de oclusión tiene poco efecto en la fuerza muscular de las EEII* <sup>256</sup>.
-

