

# Estudi anatòmic i histològic de l'origen dels músculs isquiocrurals i del teixit connectiu que els envolta

**Albert Pérez Bellmunt**

Dipòsit Legal: B 8591-2015

**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.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) 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. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (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.tesisenred.net](http://www.tesisenred.net)) 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. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (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.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) service 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 neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This 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.



**Estudi anatòmic i histològic de l'origen dels  
músculs isquiocrurals i del teixit connectiu  
que els envolta**

**Albert Pérez Bellmunt**

**2014**

# **Estudi anatòmic i histològic de l'origen dels músculs isquiocrurals i del teixit connectiu que els envolta**

**Albert Pérez Bellmunt**

Memòria presentada per optar al títol de doctor per la Universitat Internacional de Catalunya. Dintre del programa de doctorat "Recerca en Salut" de la Facultat de Medicina i Ciències de la Salut, de la Universitat Internacional de Catalunya.

Treball dirigit per la Dra. Maribel Miguel Pérez. Unitat d'Anatomia i Embriologia. Departament de Patologia i Terapèutica Experimental. Facultat de Medicina (Campus de Bellvitge). Universitat de Barcelona.

Tutor del treball Dr. Pau Mezquita Mas. Àrea d'Estructura i Funció del Cos Humà, departament de Ciències Bàsiques. Facultat de Medicina i Ciències de la Salut. Universitat Internacional de Catalunya.

A als meus pares per ensenyar-me el camí.

A l'Anna per que vàrem trobar-nos en el mateix camí.

A la Cristina per ser la meva companya de camí.

A l'avi Maurici perquè sempre m'il·lumina el camí.

## **AGRAÏMENTS**

---

La realització del doctorat ha estat un autèntic plaer ja sigui per l'estimulació intel·lectual que m'ha ocasionat o per què com la ciència és activa i un cop has començat a investigar, aquesta ocupa els teus primers pensaments quan et lleves al matí o els darrers quan te'n vas a dormir. Si bé és cert que el camí no ha estat ni ràpid, ni fàcil, també ho és el que durant tot aquest trajecte sempre he trobat persones que m'han ajudat i ensenyat per poder aconseguir el meu objectiu. És per aquesta raó que voldria agrair a totes aquells companys, amics i familiars que amb la seva feina, consells o ajuda han col·laborat directa o indirectament a la confecció d'aquesta tesi doctoral. Sense vosaltres això no hagués estat possible!

Voldria agrair als diferents directors, sotsdirectors i decants que han anat passat pel Departament de Ciències Bàsiques o la Facultat de Medicina i Ciències de la Salut durant el temps més complicat del meu doctorat. Molt especialment a la Dra. María Fernández tant per ajudar-me a realitzar la meva estada pre-doctoral com per escoltar-me, a la Dra. Núria Casals per la seva coherència com a Degana i Directora de l'Escola de doctorat i al Dr. Josep Clotet per transmetre'm el seu amor cap a la Ciència, el seu exemple com investigador i els seus bons consells. També cal agrair la tasca feta pel Dr. Albert Balaguer, que m'ha donat totes les facilitats per a fer ciència i permetre'm teixir la meva primera xarxa de recerca amb la Universitat de Barcelona i la University of Brighton (U.K). Al Dr. Josep Argemí per escoltar-me quan era Rector de la Universitat i per posar totes les facilitats com a Director de l'Institut d'Estudis Superiors de Bioètica. Al Cap de l'Àrea d'Estructura i Funció del Cos Humà i tutor del meu treball, Dr. Pau Mezquita.

Una figura que també ha estat clau en tot el procés, ha estat el Secretari de la Facultat el Sr. Carlos Velilla. Gràcies per la seva feina, no gens fàcil, per la seva grandiosa professionalitat i per estar sempre disponible per a tothom a l'hora de solucionar qualsevol problema. També és d'agrair la tasca duta a terme per la Gerent de la Facultat, Sra. Mercè Ferrer.

A un bon investigador en Antropologia de la Corporalitat i millor professor i persona, Dr. Xavier Escibano. Gracies per tot el que m'ha ensenyat

sobre la antropologia del cos però sobretot per tenir una ment tan oberta i per deixar-me formar part del seu equip investigador.

A les Vicedecanes Dra. Elorduy, Dra. Monforte i Dra. Bagur per la seva confiança en la meva professionalitat però sobretot per ensenyar-me que tan important com fer ciència és l'alumne. A la Coordinadora de Medicina i que és i ha estat pilar fonamental en les diverses titulacions que ha passat, Dra. Vilumbrales. A la Dra. Ricco, actual Cap de Biologia Cel·lular, per la seva ajuda dins del Departament, per se tan bona companya i per deixar-me com exemple formal la seva tesi.

Durant tot el procés doctoral, la recerca bibliogràfica és fonamental. Gràcies al Sr. Lluís Álvarez (del servei de la biblioteca de la UIC) per la seva professionalitat, rapidesa i ajuda a l'hora de buscar tots els articles que he necessitat (fins i tots aquells que semblaven impossibles de trobar). Però sobretot gràcies per la seva actitud de servei que sempre mostra a tothom que visita la biblioteca de la nostra Facultat.

També voldria agrair al servei d'informàtica de la UIC, en especial a al Sr. Edu Arcusa i al Sr. Idelfonso Aranda, per estar sempre disponibles davant problemes informàtics o millor dit, limitacions informàtiques i tècniques del doctorant. Així com a tot l'equip de seguretat per fer, dels festius o de les nits que treballava fins tard més segurs i agradables. També cal agrair als senyors Antonio, Miguel i Estefano per tot el suport tècnic que m'han ofert durant tots aquests anys, sobretot durant els primers anys de doctorat.

Arribar a treballar a primera hora del matí i trobar les cares amables de la Nati o de l'Assum, sempre és un plaer. Gràcies a la Sra. Encarna pels cafès compartits i a la resta de l'equip de neteja de la Facultat (Sra. Neus, Sra. Olga...) per que amb la seva feina sempre és encara més agradable arribar al despatx. Agraixo també a les senyores Maria Ponce, Bea, Maite, Queralt i Elena per ajudar-me a solucionar qualsevol problema burocràtic o administratiu que hagi anat sorgint durant tot el procés del doctorat. També és de lloar la bona feina feta per tot l'equip de Vicerectorat de Recerca de la UIC, gràcies a tots els

seus membres (Dr. Marimon, Sra. Lorda, Sra. Soriano...) per tots els problemes que solucionen i tota l'ajuda que ens ofereixen.

Als nous companys (Lourdes, Laura, Maria, Juan Carlos, Ignacio...) del Departament i a tots els caps d'Àrees pels cafès i les xerrades compartides mentre feia la tesi. Gràcies també a tots els companys de Departament que esteu a "l'altre costat" per la companyia que feu quan et toca treballar un cap de setmana o un festiu. Gràcies també a l'estadístic Martí, per rebre'm en el seu despatx i solucionar-me els dubtes numèrics que en un moment van aparèixer.

Però aquest projecte de recerca s'ha pogut desenvolupar gràcies també a la col·laboració amb altres institucions, tant de dins com de fora de Catalunya. Per aquesta raó també voldria agrair la feina feta per tots els professors i professionals de la University of Brighton, per fer-me possible una estada pre-doctoral molt profitosa i per la seva gentilesa, ajuda i assessorament durant tot el procés.

La histologia tot i ser molt interessant, en alguns casos també pot ser molt complicada. Gràcies a la Unitat d'Histologia del departament de Patologia i Terapèutica Experimental de la Facultat de Medicina-Campus Bellvitge de la Universitat de Barcelona. Gràcies per la vostra ajuda, el vostre treball i la vostra humilitat quan veníem amb els nostres dubtes.

A tot l'equip de la Sala de Dissecció del Campus de Bellvitge de la Universitat de Barcelona, en especial a la Sra. Nieves Cayuela i al Sr. Josep Lluís Ramón. Gràcies per la seva ajuda desinteressada, per tot el material que m'han proporcionat i sobretot per la estima i professionalitat vers la feina que fan. Així mateix gràcies a la senyora Alicia, als senyors Cristòbal i al Néstor per la seva tasca al la Sala.

Gràcies al meu amic i company de fàscies i professor d'anatomia, Marc Blasi. Mercès pel teu suport en els moments complicats i la teva feina. Gràcies també per que si les teves observacions sempre milloren la investigació, els teus coneixements en llengua anglesa no únicament ajuden a publicar articles sinó també han fet possible que marxés a Brighton!!



Continuant amb la resta d'amics gràcies per tot el suport i estima que m'heu donat. En especial al meu amic Marc Grau, doctorant com jo i més que un amic un germà. Futur Dr. Grau mercès per totes les visites familiars i tot els consells personals i acadèmics que m'has donat!! Moltes gràcies també als meus grans amics Jordi, Joan Miquel, Núria, Queralt... la seva amistat sempre ajuda quan la recerca es complica!!!

Als meus tiets i tietes Manel, Empar i Mercè i les seves respectives parelles per totes les bones estones que he passat a casa vostra amb l'Avi Maurici. A la tieta Encarna i Paquita per venir a l'hospital mentre finalitzava aquest estudi. A la meva cosina Mireia per tots els jocs que hem compartit.

Però si haig d'agrair algú, a part de la meva família, la realització d'aquesta tesi el mèrit se l'ha de endú la directora d'aquest projecte i mentora meva, Dra. Miguel. Gràcies Maribel per fer-me un apassionat de l'anatomia, per tot el que m'has ensenyat com a professora, investigadora però sobretot pel que ensenyes com a persona a tots els que et venim a demanar ajuda!! Sempre t'estaré agraït per haver-me obert les portes de casa teva (fins i tot diumenges al matí) i per tota la teva ajuda en el moment de de millorar la meva trajectòria professional i personal. També vull agrair-li al seu marit, Dr. Joan Carles Ortiz, per la "llauna" que he donat durant la tesis, la seva ajuda durant la tesina va ser fonamental per poder-la entregar i els seus increïbles dibuixos imprescindibles per publicar el Manual de Miologia. Sara i Alicia perdoneu per robar-vos temps de la vostra mare i gràcies per ser tan simpàtiques amb mi encara que us fes llevar d'hora els diumenges al matí! Família Ortiz-Miguel, de tot cor moltes gràcies.

Però si finalment en la vida personal o professional he aconseguit o aconsegueixo algun fruit més que mèrit personal és familiar. Gràcies Anna per tot el que m'aportes i per ser qui ets. Gràcies papas i avi per tot el vostre amor, suport incondicional i sobretot pel sacrifici que heu fet sempre per a mi. Mama i avi no hi ha paraules per agrair tot el que m'heu ensenyat i m'ensenyau. Sense vosaltres això no hagués estat possible!!!! Papa, tu esfuerzo trabajador siempre ha sido un ejemplo para mí. Gràcies a tots tres per tots els sacrificis que heu fet

per que nosaltres poguéssim arribar on som. Mai podré recompensar tot el que ens heu donat. A la meua estimada companya de camí i futura senyora de "Pérez"!!! Gracies Cristina pel teu amor, per tot el que m'ensenyes com a persona, per que estic super orgullós de tu i per la teva paciència en tot aquest procés i per la que hauràs de tenir en tots els projectes que em queden per iniciar!!!

Aquest apartat d'agraïments no pot finalitzar sense el reconeixement vers a dos col·lectius molt importants per la meua trajectòria personal i professional. El primer és el format pels donants de cos, persones desinteressades que cedeixen el cos a les Facultats per fer recerca i docència i sense les quals aquesta investigació no hagués estat possible. I el segon col·lectiu és al grup d'estudiants amb qui he compartit i compartiré aula, gràcies per tot el que ensenyeu als docents i sobretot mercès per tots els dubtes que plantegeu!!! Són aquests interrogants els que contribueixen a fer ciència!!!

## **ÍNDEX**

---

<b>INTRODUCCIÓ .....</b>	<b>9</b>
1. PRESENTACIÓ I JUSTIFICACIÓ DELS APARTATS .....	10
2. FONAMENTS I JUSTIFICACIÓ DE LA INVESTIGACIÓ .....	11
3. FORMACIÓ DE L'EXTREMITAT INFERIOR .....	13
4. ANATOMIA DE L'EXTREMITAT INFERIOR .....	19
ANATOMIA DESCRIPTIVA DE LA ZONA GLÚTIA I DE LA CUIXA .....	19
ANATOMIA DELS ISQUIOCRURALS .....	25
ANATOMIA DEL NERVI CIÀTIC .....	29
5. ANATOMIA I HISTOLOGIA DEL TEIXIT FASCIAL.....	31
ANATOMIA DE LA FÀSCIA .....	31
HISTOLOGIA DE LA FÀSCIA .....	34
FUNCIONS DE LA FÀSCIA .....	37
FÀSCIES DE LA ZONA GLÚTIA I DE L'EXTREMITAT INFERIOR.....	39
6. FONAMENTS DEL TREBALL.....	42
<b>HIPÒTESIS .....</b>	<b>44</b>
<b>OBJECTIUS.....</b>	<b>46</b>
<b>MATERIAL I MÈTODES.....</b>	<b>48</b>
ESTUDI ANATÒMIC.....	49
ESTUDI HISTOLÒGIC .....	52
<b>RESULTATS .....</b>	<b>53</b>
7. ESTUDI ANATÒMIC.....	54
RESULTATS OBTINGUTS MITJANÇANT LA DISSECCIÓ .....	54
RESULTATS OBTINGUTS MIJTANÇANT L'ANATOMIA SECCIONAL.....	82
8. ESTUDI HISTOLÒGIC .....	95

<b>DISCUSSIÓ.....</b>	<b>102</b>
9. FÀSCIA. FÀSCIA GLÚTIA I FÀSCIA DE LA CUIXA.....	103
10. ORIGEN DE LA M. ISQUIOCRURAL I EL TEIXIT CONNECTIU QUE EL COBREIX.....	106
11. ORIGEN DELS MÚSCULS ISQUIOCRURALS I LA SEVA RELACIÓ AMB EL LLIGAMENT SACRETUBERÓS .....	110
12. EL NERVI CIÀTIC I LA SEVA RELACIÓ AMB EL RETINACLE .....	113
<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>116</b>
<b>LIMITACIONS DE L'ESTUDI.....</b>	<b>121</b>
<b>LÍNIES DE RECERCA FUTURES .....</b>	<b>123</b>
<b>APORTACIÓ DEL TREBALL.....</b>	<b>125</b>
<b>REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES .....</b>	<b>127</b>
<b>RESUM .....</b>	<b>149</b>

## Índex de figures

Fig. 1 Embrió humà de 5 setmanes (35-38 dies).	14
Fig. 2 Embrió humà de 6 setmanes.	15
Fig. 3 Embrió humà de 7 setmanes.	15
Fig. 4 Formació de les extremitats superiors i inferiors.	16
Fig. 5 Embrió humà de 7 setmanes.	17
Fig. 6 Tall transversal de la cuixa on s'observa les fascies.	32
Fig. 7 Esquema de la distribució i direcció de les fibres de l'extremitat inferior segons Gerlach.	40
Fig. 8 (A) Imatge global de les fascies superficial de la zona glútia i de la cuixa. (B) Imatge de la fàscia superficial de la zona glútia.	54
Fig. 9 Continuació de la fàscia profunda de la zona glútia amb la fàscia profunda de la cuixa.	55
Fig. 10 (A) Fàscia pròpia del múscul gluti major. (B) Un cop aixecada la fàscia pròpia del múscul gluti major.	56
Fig. 11 Capes i subcapes fascials que formaven la cuixa.	58
Fig. 12 Expansió del múscul gluti major (*) en la seva inserció.	59
Fig. 13 Dissecció de l'origen proximal dels músculs isquiocrurals i el lligament sacretuberós.	60
Fig. 14 Túnel fascial pel nervi ciàtic.	61
Fig. 15 Origen proximal dels músculs isquiocrurals i la inserció del lligament sacretuberós.	62
Fig. 16 Estructura fascial anular.	62
Fig. 17 Retinacle (marcat amb fletxes).	63

Fig. 18 Detall del retinacle.	64
Fig. 19 Delimitació del retinacle per poder mesurar-se.	64
Fig. 20 Expansions fascials cap al retinacle.	65
Fig. 21 Dissecció del retinacle.	66
Fig. 22 Morfologia lamboidea del lligament sacretuberós.	67
Fig. 23 Divisions de la inserció del lligament sacretuberós.	68
Fig. 24 Dissecció del lligament sacretuberós i la seva continuïtat amb el cap llarg del bíceps femoral i l'adductor major.	68
Fig. 25 Creuament de les fibres del lligament sacretuberós.	69
Fig. 26 Origen comú dels cap llarg del bíceps femoral i del semitendinós.	70
Fig. 27 Origen del múscul semitendinós.	71
Fig. 28 Continuació entre el cap llarg del bíceps femoral el lligament sacretuberós.	71
Fig. 29 Entre les dues expansions del lligament es trobava el múscul Semitendions.	72
Fig. 30 Marcades les connexions entre el múscul semitendinós i el fascicle posterior de l'adductor major.	73
Fig. 31 No relació directa entre adductor major i el múscul semitendinós.	74
Fig. 32 Connexió entre el múscul semitendinós i el fascicle posterior del múscul adductor major.	74
Fig. 33 Visió posterior del múscul semimembranós.	75
Fig. 34 Expansions tendinoses entre el múscul semimembranós i el fascicle posterior de l'adductor major.	76
Fig. 35 Connexions entre el cap llarg del bíceps femoral i el múscul semimembranós.	76

Fig. 36 Dissecció del múscul semiembranós a partir del lligament sacretuberós.	77
Fig. 37 Morfologia del múscul semimembranós en el seu origen.	78
Fig. 38 Tendó d'origen del múscul semimembranós..	78
Fig. 39 Connexió fascial entre la part laminar del múscul semimembranós i el fascicle posterior de l'adductor major.	79
Fig. 40 Trajecte del nervi ciàtic amb relació a la tuberositat isquiàtica.	80
Fig. 41 Nervi ciàtic quedava desprotegit del múscul gluti major.	81
Fig. 42 Tall transversal a nivell mig de la tuberositat isquiàtica.	83
Fig. 43 Traccions entre retinacle i gluti major.	84
Fig. 44 Dissecció del retinacle en un tall transversal.	84
Fig. 45 Fibres fascials del gluti major fins el retinacle.	85
Fig. 46 El múscul semitendinós pràcticament no apareixia fins a talls més inferiors de la tuberositat isquiàtica.	86
Fig. 47 Fibres musculars del múscul semitendinós originant-se lateralment al cap llarg del bíceps femoral.	87
Fig. 48 Tall transversal inferior a la tuberositat isquiàtica.	88
Fig. 49 Diferenciació de les diverses porcions del múscul semimembranós.	89
Fig. 50 En talls transversals inferiors del múscul semimembranós.	90
Fig. 51 Tall sagital de la pelvis i estudi de la tuberositat isquiàtica.	91
Fig. 52 En talls sagitals i parasagitals del retinacle.	92
Fig. 54 Dissecció dels talls sagitals.	92
Fig. 55 Tall sagital i la seva amplificació.	93



Fig. 56 Tall parasagital i la seva ampliació. Fibres de connexió entre el múscul semimbranós i l'adductor major.	93
Fig. 57 Tall coronal de la pelvis.	94
Fig. 58 Secció histològica tenyida amb hematoxilina-eosina, cobrint al múscul semitendinos.	95
Fig. 59 Secció histològica tenyida amb hematoxilina-eosina, cobrint al múscul semitendinos.	96
Fig. 60 Secció histològica tenyida amb hematoxilina-eosina. Expansions fascial de la cara profunda del múscul gluti major.	96
Fig. 61 Secció histològica tenyida amb hematoxilina-eosina. Expansions fascial de la cara profunda del múscul gluti major.	97
Fig. 62 Visió global del retinacle i esquemes de les seves parts.	98
Fig. 63 Exemple histològic alhora de mesurar el gruix del retinacle quan aquest cobria el múscul semitendinos.	99
Fig. 63 Exemple histològic alhora de mesurar el gruix del retinacle quan aquest cobria el múscul bíceps femoral.	99
Fig. 65 Seccions histològiques observades amb el microscopi de fluorescència.	101



## **INTRODUCCIÓ**

---

## 1. PRESENTACIÓ I JUSTIFICACIÓ DELS APARTATS

L'anatomia humana és la ciència i també l'art d'estudiar el cos humà; té l'origen etimològic de la paraula "anatomia" en els mots grecs de *tomos* (tallar) i *ana* (tornar, repetir) (1). El seu estudi precisa de diferents visions (com són l'anatomia descriptiva, topogràfica, seccional, embrionària...) i tot i l'aplicació de noves tecnologies, la investigació mitjançant la dissecció encara és necessària ja sigui per millorar l'estudi del cos, com per realitzar diagnòstic més precisos o per establir nous procediments terapèutics (2-6).

Cada vegada més l'anatomia humana s'estudia des d'una perspectiva funcional, que permet l'explicació de moltes de les lesions del sistema musculoesquelètic produïdes sobretot en l'àmbit esportiu.

Per facilitar l'estudi d'aquesta investigació, s'ha dividit la introducció d'aquesta investigació en els següents apartats:

- Formació i embriologia de l'extremitat inferior: facilita la millor comprensió de l'anatomia funcional de l'extremitat inferior.
- Anatomia de l'extremitat inferior: es presenta l'anatomia descriptiva i topogràfica de l'extremitat inferior en general.
- Anatomia i histologia del teixit fascial: es mostren els avenços de l'estudi del teixit fascial i connectiu i la seva importància clínica.

## 2. FONAMENTS I JUSTIFICACIÓ DE LA INVESTIGACIÓ

La pràctica esportiva i l'activitat física tenen importants beneficis per a la salut. Entre d'altres, està demostrat que redueixem la incidència i la mortalitat associada a problemes cardiovasculars, diabetis, obesitat i osteoporosis (7-11). Però independentment del nivell o de l'esport practicat, no està exempta de lesions (12-15), i de totes les observades en medicina esportiva, un 30-37% corresponen a lesions musculars (16,17).

En la majoria d'esports l'extremitat inferior és la més afectada i majoritàriament en la zona de la cuixa és on s'observen un nombre més elevat de lesions (18-20). De tots els músculs que poden afectar-se, són els isquiocrurals els que més freqüentment ho fan (21). En el futbol representen entre un 12-25% de totes les lesions observades i es converteixen en la lesió amb més prevalença (15,22,23), en el futbol australià un 16% dels jugadors presenten lesió en aquesta musculatura (24), en el rugbi les investigacions les situen entre un 6-15% (13,25-27), en el bàsquet s'observen en 6% (28) i en esports com el criquet les lesions d'isquiocrurals representen un 11% de totes les lesions produïdes (29).

Les conseqüències d'aquestes lesions, ja es tracti de trencaments musculars o d'osteovulsió de la tuberositat isquiàtica en l'origen dels isquiocrurals, són importants tant per l'esportista que les pateix, com pel club del jugador. Pel club esportiu representen una pèrdua econòmica important, tant pel temps d'inactivitat del jugador o com pel cost de la seva rehabilitació (17,30). Mentre que pel jugador, a més d'una retirada més o menys prolongada de l'activitat esportiva (31,32) li suposa un elevat percentatge de recidiva (33). Per aquesta raó, un bon tractament rehabilitador és imprescindible (34) però aquest és difícil, ja que no existeix consens sobre quin és el tractament més efectiu (35).

Per l'alta incidència, en el percentatge elevat de reincidències i la dificultat de la seva rehabilitació, nombrosos estudis han intentat determinar les diferents causes i els factors de risc que poden provocar la lesió dels músculs isquiocrurals

(23,24,35-41). Però en la majoria d'investigacions els resultats obtinguts no han sigut concloents i fins i tot en algunes investigacions resulten contradictoris (33,42).

Per totes aquestes raons, els isquiocrurals continuen sent motiu d'estudi. Publicacions recents s'han interessat per l'anatomia dels isquiocrurals amb l'objectiu de comprendre millor quin rol té aquesta en la lesió muscular (43-45); o per si el coneixement precís de la morfologia de la zona pot reduir la incidència de la lesió i millorar el seu tractament (46). No obstant, les investigacions existents no expliquen perquè hi ha una incidència més elevada de lesió en el cap llarg del múscul bíceps femoral en comparació amb la resta d'òrgens dels músculs isquiocrurals. Tampoc hi ha constància d'investigacions que estudiïn el teixit connectiu i fascial que trobem en la zona d'origen dels músculs isquiocrurals. Tot i que algunes publicacions assenyalen a aquest teixit com una de les possibles causes de lesions d'aquesta musculatura (47) o el fan responsable de la compressió del nervi ciàtic (48,49).

És per això que la present investigació pretén estudiar el teixit fascial, l'anatomia macroscòpica i microscòpica de l'origen dels músculs isquiocrurals; així com les relacions d'aquests músculs amb les estructures anatòmiques de la zona. Com assenyalen determinades investigacions, aquest estudi anatòmic ha de permetre conèixer millor els mecanismes de lesió i poder desenvolupar nous tractaments, millorar-ne els existents o entendre millor la causa que pot provocar la seva patologia (43-45,50).

### 3. FORMACIÓ DE L'EXTREMITAT INFERIOR

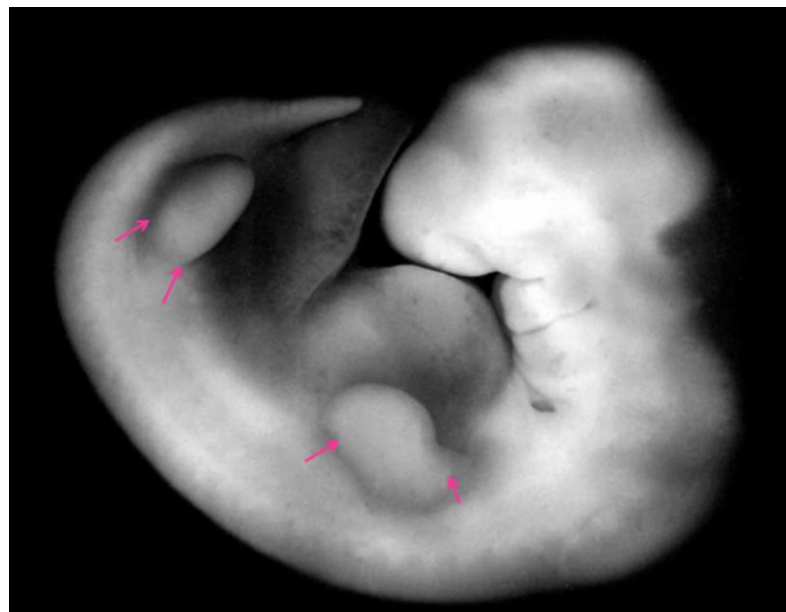
La formació del membre inferior facilita entendre les característiques anatòmiques però sobretot biomecàniques i funcionals de l'extremitat inferior.

L'embriologia de l'extremitat inferior comença uns dies després de la formació de l'extremitat superior, aproximadament durant la cinquena setmana de gestació, amb l'activació d'un grup de cèl·lules mesenquimàtiques del mesoderm somàtic de la placa lateral. Segons Carlson (51) l'estímul inicial no es coneix completament, tot i que es suggereix que és un senyal originada en el mesoderm paraxial la que inicia l'expressió específica dels nivells dels factors de transcripció T-box en el mesoderm de la placa lateral. Tbx4 estimula l'expressió i segregació del factor del creixement fibroblastònic 10 (FGF-10) de l'extremitat inferior mitjançant les cèl·lules mesodèrmiques locals. Poc després s'estableix un sistema de retroalimentació que torna a FGF-10 i a FGF-8 i comença el desenvolupament del que esdevindrà el membre inferior a la cara lateral dels segments L2 i S2 del tronc.

L'extremitat inferior creix en longitud i les seves diferents parts es van diferenciant de distal a proximal, gràcies als gens Hox A i Hox B. Així doncs, el primer esbós de l'extremitat en formar-se és la part més distal del membre, el peu (anomenat autòpode); seguit del que esdevindrà la cama (cigópode); per continuar amb la cuixa (estilòpode) i finalment la cintura pelviana (basípode).

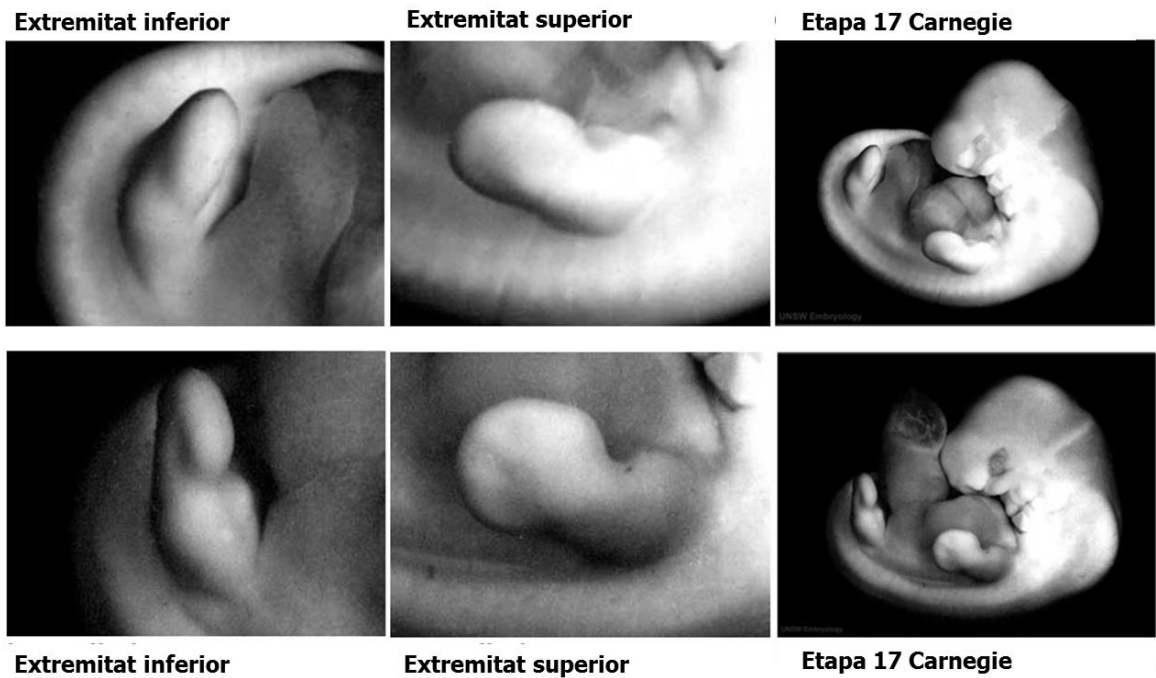
Durant el desenvolupament de l'embrió, el tronc es troba dividit en segments (metàmeres), que reben innervació dels segments corresponents de la medul·la espinal. En el transcurs de la cinquena setmana de desenvolupament, en l'esbós de l'extremitat inferior hi apareixen elevacions dels segments L2-S2 de la paret anterior i lateral del cos (Fig. 1).

A la sisena setmana les cèl·lules mesenquimàtiques, que constitueixen el primordi de l'esquelet, es transformen en cartilaginoses (Fig. 2). Cap a la vuitena setmana apareixen en la zona central dels cartílags el primer nucli d'ossificació. A continuació comença a formar-se la musculatura de l'extremitat inferior, que de la mateixa manera que succeeix amb la formació de l'esquelet, ho fa a partir del mesoderm lateral i amb un ordre de distal a proximal. La musculatura flexora es desenvolupa en el costat medial de l'esquelet, mentre que l'extensora ho fa al costat lateral (Fig. 3).



**Fig. 2** Embrió humà de 5 setmanes (35-38 dies). S'ha marcat la formació de les extremitats. Imatge del professor Mark Hill (School of Medical Sciences, Faculty of Medicine, The University of New South Wales, Sydney)





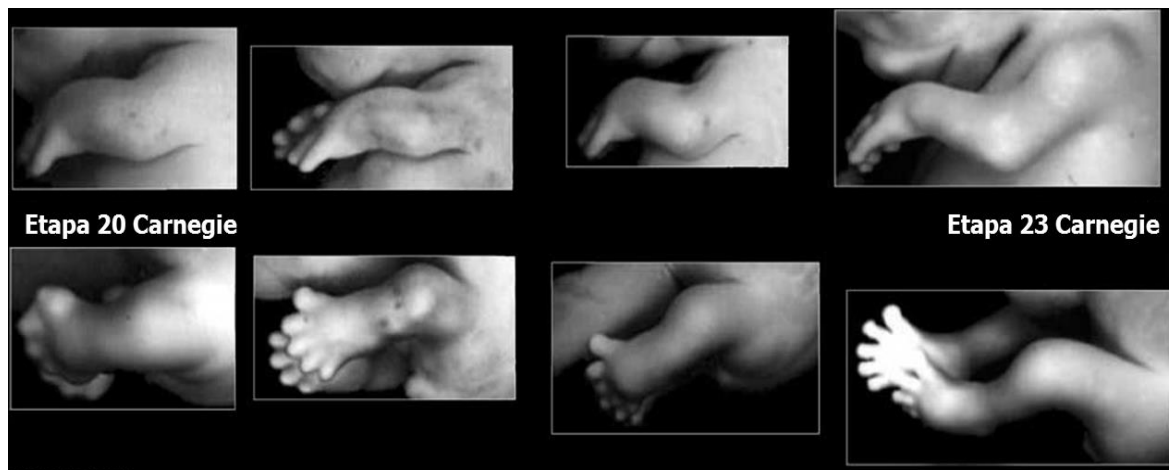
**Fig. 2** Embrió humà de 6 setmanes. Comparació de la formació de les extremitats superiors i les inferiors. Imatge del professor Mark Hill (School of Medical Sciences, Faculty of Medicine, The University of New South Wales, Sydney)

La formació i desenvolupament de l'extremitat inferior a partir del que serà el tronc, fa que en un primer moment el dit gros s'orienti cap a cranial i la planta del peu cap a anterior (Fig. 3). Més tard, es produeix una torsió i rotació medial molt important per a la funció de l'extremitat inferior, provocant que la flexió del genoll es produeixi cap a posterior mentre que la de maluc sigui cap anterior. També facilita que la zona medial coincideixi amb el primer dit, mentre que en l'extremitat inferior succeeix exactament a l'inrevés.



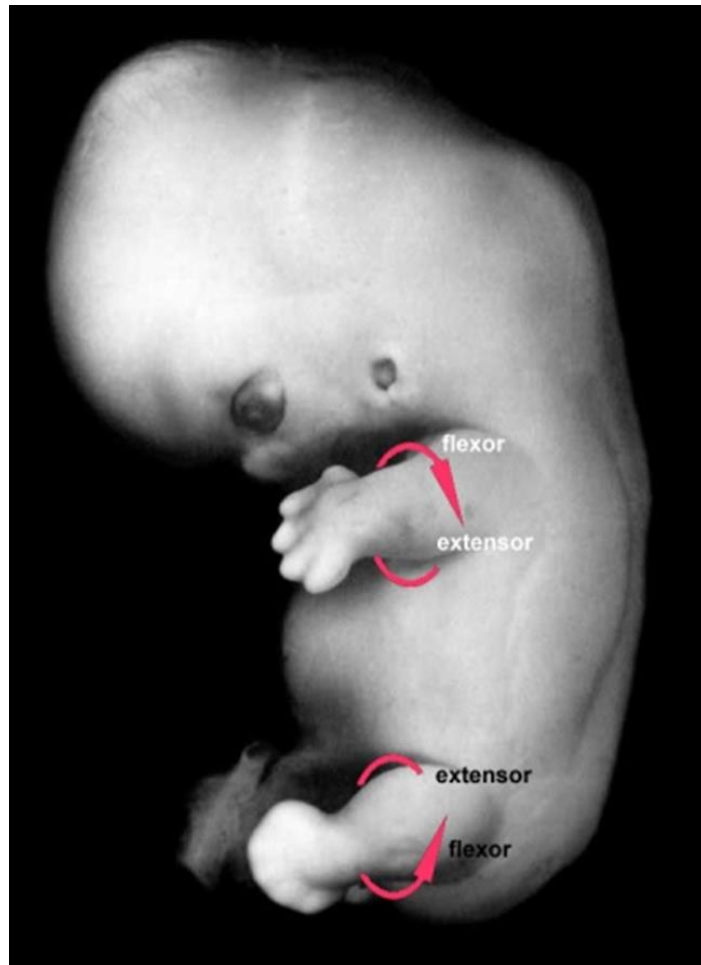
**Fig. 3** Embrió humà de 7 setmanes. S'ha marcat la formació del primer dit de mans i peus. Imatge del prof. Kohei Shiota i del Prof. Shigehito Yamada (Anatomy and Developmental Biology, Kyoto University Graduate School of Medicine, Kyoto, Japan)

Els extrems distals dels esbossos de l'extremitat s'aplanen i es dobleguen. Els espais situats entre aquestes flexions és on trobem els precursors del que seran óssos llargs de l'extremitat inferior i la zona on s'ha plegat l'extremitat és on apareixeran les articulacions (Fig. 4). En un primer moment, el que més tard esdevindrà el genoll es troba dirigit cap a un costat i això fa determinar que el primer dit del peu quedi a la zona cranial i la planta del peu es dirigeix en direcció anterior.



**Fig. 4** Formació de les extremitats superiors (imatges superiors) i de les extremitats inferiors (imatges inferiors) d'un embrió humà des de la 7<sup>a</sup> setmana a la 8<sup>a</sup> setmana. S'observa com en el membre inferior, la torsió de l'extremitat s'acompanya d'una pronació permanent de la cama, de manera que el peu queda orientat amb el primer dit en el costat medial. Durant aquesta setmana també apareixen els eixos digitals, les primeres estructures del que en un futur esdevindran els dits. Imatge del professor Mark Hill (School of Medical Sciences, Faculty of Medicine, The University of New South Wales, Sydney)

Al final de la setena setmana les parts proximals de l'extremitat inferior pateixen una torsió de  $90^\circ$  al voltant dels seu eix longitudinal i una rotació oposada a la que realitza l'extremitat superior durant el mateix moment (Fig.5). Això fa que l'estructura que esdevindrà el genoll s'orienti en sentit cranial a diferència del colze a l'extremitat superior, que s'orienta en sentit caudal.



**Fig. 5** Embrió humà de 7 setmanes. S'ha marcat la rotació de les extremitats. S'observa com la rotació de l'extremitat superior i de l'extremitat inferior és contrària. Imatge del professor Mark Hill (School of Medical Sciences, Faculty of Medicine, The University of New South Wales, Sydney)

El membre inferior un cop desenvolupat es divideix en sis regions o parts anatòmiques que corresponen als dobles formats durant la formació del membre, que són: la regió glútia, la cuixa, el genoll, la cama, el turmell i el peu (52). Un cop formades les extremitats inferiors, podem considerar-les extensions del tronc i les seves principals funcions són donar suport al pes corporal, mantenir la postura bípeda i la locomoció (53).

## 4. ANATOMIA DE L'EXTREMITAT INFERIOR

### ANATOMIA DESCRIPTIVA DE LA ZONA GLÚTIA I DE LA CUIXA

La regió glútia o també coneguda com a regió de la natja, està situada a la zona posterior de la regió pèlvica (52). Regionalment el plec gluti delimita la separació entre la regió glútia, situada més superiorment, i la cuixa, situada més inferiorment.

L'esquelet d'aquesta zona correspon a la cintura pèlvica, punt d'unió entre el tronc i el membre inferior. Els ossos implicats són els dos coxals i el sacre (porció més inferior de la columna vertebral). Els coxals anteriorment s'uneixen entre ells i formen l'articulació de la sínfisis púbica, posteriorment i juntament amb el sacre formen les articulacions sacroilíaques. Aquestes articulacions permeten la unió de l'extremitat inferior al tronc mitjançant la unió entre el coxal i el fèmur per l'articulació coxofemoral o del maluc.

L'esquelet de la regió glútia està format per la cara posterior de l'os coxal. Aquest os és irregular i està format embriològicament per la unió de tres ossos: l'os ilíac, el pubis i l'isqui. Aquests tres ossos es fusionen durant la infància i convergeixen a nivell de l'acetàbul (54,55). La part més superior d'aquest os està formada per l'ilíac i és on trobem la cresta ilíaca, que a nivell anterior finalitza amb l'espina ilíaca anterosuperior i a nivell posterior en l'espina ilíaca posterosuperior. Per sota de cadascuna d'aquestes espines trobem les espines anteriosuperior i posteroinferior respectivament. En la part inferior i anterior del coxal trobem el pubis, que entre d'altres relleus és on trobem l'eminència iliopúbica. El cos del pubis es localitza en la zona més medial i d'ell apareixen una branca superior i una branca inferior, delimitant part de l'orifici obturador. L'isqui és la part més caudal i posterior del coxal i els seus principals relleus són l'espina ciàtica (que es localitza en la vora posterior del coxal, entre les escotadures ciàtica major i ciàtica menor) i la tuberositat isquiàtica, que és el relleu més prominent de la vora inferior de l'os

coxal. L'anatomia clàssica descriu aquesta tuberositat amb una forma oval, amb una extremitat ampla per la part superior i una part estreta per l'extrem més inferior (56).

El sacre és la part més distal de la columna vertebral. Es troba format per la fusió de les cinc vèrtebres sacres, fet que succeeix a partir dels vint anys d'edat, tot i que la fusió dels discs no es produeix fins a mitjana edat (55). La seva cara dorsal és convexa i rugosa degut a la fusió de les diferents apòfisis de les vèrtebres. La cresta mitja representa la fusió de les tres o quatre apòfisis espinoses, la cresta sacre intermitja representa la fusió de les apòfisis articulars i la cresta lateral comprèn la fusió de les apòfisis transverses. L'espai que trobem al final del conducte medullar és el hiat sacre.

Els tres ossos (dos coxals i el sacre) formen les articulacions ja esmentades que conformen la pelvis òssia i es troben units entre sí mitjançant unes articulacions molt sòlides i reforçades per densos lligaments. El més potent de tots a l'hora d'estabilitzar la porció inferior del sacre és el lligament sacrotuberós (52). Aquest lligament, també conegut com lligament sacrociàtic major, està format per fascicles que s'originen en les dues espines ilíacques posteriors, en la part més dorsal de la fosa ilíaca, en les crestes sacres laterals i en el còccix i s'insereix en la tuberositat isquiàtica. Les seves fibres més superficials serveixen d'origen al múscul gluti major (55), mentre que les fibres més distals continuen amb el cap llarg del múscul bíceps femoral (45). Menys potent però molt relacionat amb ell, es troba el lligament sacroespinós, també conegut com a lligament sacrociàtic menor. Té l'origen en la vora del sacre i del còccix i finalitza a l'espina ciàtica. Alguns estudis relacionen la morfologia d'aquests dos lligaments amb una possible compressió del nervi pudent (57,58)

Els lligaments sacrotuberós i sacroespinós tanquen les escotadures del coxal i delimiten dos orificis ciàtics. El més superior és l'orifici ciàtic major, que té com a límits: l'escotadura isquiàtica o ciàtica major, el lligament sacroespinós, part del lligament sacrotuberós i l'os sacre. Mentre que el més inferior és l'orifici ciàtic menor, que té com a límits: l'escotadura isquiàtica o ciàtica menor, el lligament sacroespinós superiorment i el lligament sacrotuberós inferiorment.

Aquests lligaments estan coberts pels músculs de la regió glútia. Aquesta musculatura es disposa principalment en dos grups, un de superficial i un altre de profund. Els més superficials són músculs grans que es caracteritzen per ser músculs de major volum i que col·laboren en l'abducció i l'extensió del maluc i cobreixen els músculs profunds. Els músculs profunds es caracteritzen per ser músculs petits i per permetre la rotació lateral del fèmur.

Els músculs més superficials són el gluti major, el gluti mitjà, el gluti menor i el tensor de la fàscia lata. D'aquesta musculatura, el més superficial és el múscul gluti major. És el múscul més voluminós i el que cobreix pràcticament tota la cara posterior d'aquesta regió i la cara posterior de l'articulació coxofemoral. El seu origen es troba situat en el coxal (posterior a la línia glútia posterior), en la superfície dorsal i lateral del sacre i el còccix, en el lligament sacrotuberós i en la mateixa fàscia del múscul gluti major. La seva inserció es produeix en el tracte ilitibial i la tuberositat glútia del fèmur. La cara profunda d'aquest múscul es relaciona amb els músculs profunds, nervi ciàtic i el paquet vascular i nerviós gluti inferior (52).

Més profund al gluti major trobem el gluti mitjà que té un origen en el coxal, entre la línia glútia anterior i posterior, i s'adhereix en el vèrtex i la cara lateral del trocànter major. La seva cara profunda es relaciona i cobreix al paquet vascular i nerviós gluti superior i el múscul gluti menor.

El gluti menor també es troba en la cara posterior i lateral de la pelvis, profundament al gluti mitjà. El seu origen és el coxal, entre les línies glúties anterior i inferior. Les seves fibres segueixen la mateixa direcció que les del múscul gluti mitjà i com aquest, té una forma de ventall de vèrtex inferior. Finalment s'adhereix a la cara anterior del trocànter major del fèmur (59).

Anterior i lateralment es troba el múscul tensor de la fàscia lata. Es tracta d'un múscul, amb un ventre muscular embolcallat de dos capes de la fàscia lata. Té un origen en el llavi extern de la cresta ilíaca i la fosa glútia (54). La seva inserció és en el tracte ilitibial, la que finalment s'adhereix al tubercle de Gerdy de la tibia.

Els músculs profunds corresponen al piriforme, l'obturador intern, el bessó superior, el bessó inferior i el quadrat femoral. El múscul piriforme està situat caudalment al múscul gluti mitjà i cobert pel gluti major. S'origina a la cara anterior del sacre respectant els orificis sacres anterior i la sortida de les branques anteriors dels nervis espinals sacres. Tot seguit surt de la pelvis per l'orifici ciàtic major, transcorre per darrera de l'articulació coxofemoral i finalment s'inserta a la fosa trocantèrica del fèmur (52). El pas del múscul piriforme per l'orifici ciàtic major el divideix en dos parts. Superiorment es troba l'espai suprapiriforme per on surt de la pelvis el paquet vasculonerviós gluti superior. Inferiorment hi ha l'espai infrapiriforme per on surt de la pelvis, generalment, el paquet vasculonerviós gluti inferior, el nervi ciàtic, el nervi cutani femoral posterior i els vasos pudents interns, juntament amb el nervi pudent (60).

Distalment al múscul piriforme es troben els bessons superior i inferior, que són dos petits músculs situats a la cara posterior de la pelvis i estan relacionats anatòmicament i funcionalment amb el múscul obturador intern. Tenen el seu origen en l'espina ciàtica, el superior, i en la tuberositat isquiàtica, l'inferior. La inserció dels dos músculs es troben el tendó del múscul obturador intern (60).

El múscul obturador intern s'origina a la cara interna de la pelvis, rodejant l'orifici obturador i la membrana obturatriu. Després las fibres musculars es continuen amb un tendó que es recolza a l'escotadura ciàtica menor i surt de la pelvis pel foràmen ciàtic menor, entre els músculs bessó superior i bessó inferior. Finalment s'inserta amb la resta de músculs descrits a la fosseta trocantèrica (53).

Caudalment al múscul bessó inferior tenim el múscul quadrat femoral. És un múscul profund i el més inferior de la pelvis. Té una forma quadrangular, amb un origen en la tuberositat isquiàtica i una inserció en la cresta intertrocantèria (53).

Els principals nervis que trobem a la regió glútia provenen del tronc lumbosacre i del plexe sacre, surten del l'orifici ciàtic major i són els nervis glutis superior i inferior, ciàtic, cutani femoral posterior, el nervi del quadrat femoral, nervi del obturador intern i el pudent. La irrigació d'aquesta regió glútia sorgeix,



directa o indirectament, dels vasos ilíacs interns. Les branques que irriguen o transcorren per aquesta regió són els vasos pudents interns, vasos glutis superior i inferior i de manera inconstant l'artèria ciàtica que acompanya al nervi ciàtic.

La cuixa és la regió anatòmica de l'extremitat inferior compresa entre les articulacions del maluc i del genoll. El límit topogràfic anterior és el lligament inguinal que separa la cuixa de la paret abdominal. El límit posterior és el plec inferior del gluti major.

L'esquelet de la cuixa està format pel fèmur. Aquest ós és el responsable de transmetre el pes corporal des de l'articulació coxofemoral a la tibia, en una persona en bipedestació. A l'epífisi proximal es troba el cap del fèmur que continua amb la resta de l'ós mitjançant el coll anatòmic. En la unió entre el coll i el cos del fèmur hi ha dues grans elevacions romes, de diferent mida, que són els trocànters. El trocànter major és el més lateral i de major dimensió. El trocànter menor està situat en la zona medial de l'ós i té una forma més arrodonada. El punt d'unió entre els dos trocànters està marcat per la línia intertrocantèria a la cara anterior i per la cresta intertrocantèria en la cara posterior. El cos d'aquest os té una secció triangular amb el vèrtex orientat cap a posterior. Mentre la cara anterior de la diàfisis femoral és llisa i lleugerament convexa, la cara posterior es rugosa per la presència de la línia aspra i lleugerament còncava. Aquest relleu està format per un llavi medial i un de lateral i entre mig d'ells un solc. Superiorment, el llavi lateral és la continuació de la tuberositat glútia, mentre que el llavi medial és la continuació de la línia pectina. Inferiorment, la línia aspra es divideix en les línies supracondílies, que continuen fins els còndils medial i lateral de l'epífisi distal del fèmur.

La cuixa es troba dividida en tres compartiments gràcies als septes intramusculars que es localitzen a la cara posterior de la cuixa i la fàscia lata (52). El compartiment anterior de la cuixa conté els músculs que majoritàriament fan una flexió del maluc i una extensió del genoll, mentre que en el compartiment posterior s'hi troba la musculatura que participaria antagònicament a les citades, una extensió de cuixa i una flexió de genoll. En el compartiment medial hi ha la musculatura adductora.

La musculatura del compartiment posterior està formada pels músculs bíceps femoral, semitendinos i semimembranos. Són els responsables de relacionar la cintura pelviana amb el genoll i degut a la rotació i torsió que es produeix en la formació embriològica del membre inferior, aquests músculs poden participar tant en l'extensió de la cuixa com en la flexió del genoll. Tot i que l'abductor major pertany al compartiment medial, també pot observar-se en aquest compartiment posterior per tenir un origen en la tuberositat isquiàtica.

La innervació de la zona posterior de la cuixa prové dels nervis provinents del plexe sacre. El nervi ciàtic és el responsable d'innervar les estructures del compartiment posterior de la cuixa i la seva irrigació prové dels vasos perforants, ramificacions dels vasos femorals profunds, i de les branques dels vasos femorals.

## ANATOMIA DELS ISQUIOCRURALS

La musculatura isquicrurals es localitza en el compartiment posterior i està formada pels músculs bíceps femoral, semitendinós i semimembranós. En nombrosos tractats anatòmics el conjunt d'aquests músculs és anomenat isquiotibials (53,55,61). Però l'ús d'aquest vocable pot donar lloc a confusió (54,62), ja que encara que els tres músculs tenen un origen en la tuberositat isquiàtica, el múscul bíceps femoral s'adhereix en el peroné i no en la tibia (que ho fa únicament de forma indirecta), motiu pel que és més correcte la utilització del terme isquicrurals (52,54).

El múscul bíceps femoral es localitza en la zona més lateral del compartiment posterior de la cuixa. Es troba format per dos caps, un llarg i un curt. La porció llarga s'origina mitjançant un tendó conjunt amb el múscul semimembranós a la tuberositat isquiàtica (43). Segons Woodley et al., aquest tendó ocuparia la quarta part medial de la tuberositat isquiàtica (50). Les seves fibres musculars es dirigeixen obliquament en sentit distal i lateral, cobrint el nervi ciàtic durant el seu recorregut per la cuixa. La porció curta del múscul bíceps femoral s'origina al llavi lateral del terç inferior de la línia aspra i cresta supracondília del fèmur, pateix nombroses variacions (44) i és una referència important a l'hora de situar les lesions d'aquest múscul (63). Els dos caps formen el tendó distal d'inserció (64), que s'adhereix de manera més important en l'àpex del cap del peroné, molt pròxim a la inserció del lligament col·lateral peroneal i l'envolta; molt rarament s'observa la inserció del cap curt independentment (65). De manera no tan destacada i mitjançant expansions aponeuròtiques, també s'adhereix a la cara posterior de la tibia. La seva innervació és mitjançant el nervi ciàtic, el cap llarg està innervat per la porció tibial del nervi ciàtic (igual que la resta d'aquest grup muscular) però el cap curt està innervat per la porció peroneal comuna del nervi ciàtic. Algunes investigacions suggereixen que aquesta diferent innervació del múscul pot facilitar que es produeixi una incoordinació entre la contracció dels dos caps musculars, facilitant lesions musculars entre la unió dels dos caps (37,66).

Situat més medial al múscul bíceps femoral trobem el múscul semitendinos. S'origina a la tuberositat isquiàtica, formant un tendó conjunt amb el cap llarg del múscul bíceps femoral (43). Les seves fibres musculars es dirigeixen de manera obliqua en sentit caudal i medial, formant un múscul fusiforme degut al rafe muscular que apareix en el seu ventre (67). El múscul finalitza amb un tendó llarg i prim, que el predispone a la ruptura (21), passa de manera posterior al còndil medial del fèmur i es troba separat del lligament col·lateral medial per una petita bossa sinovial. Finalment acaba adherint-se sobre la superfície medial del còndil medial de la tibia, formant juntament amb els músculs sartori i gràcil la "pota d'ànec superficial". La seva innervació prové de la porció tibial del nervi ciàtic (L5, S1 i S2) i les seves branques més distals innerven de manera conjunta al múscul semimembranós (67).

El múscul semimembranós es localitza profundament al múscul semitendinos i al cap llarg del múscul bíceps femoral. Rep aquest nom per l'aponeurosi ampla i aplanada que es forma després del seu origen i que fins al terç mig no es continua amb una part muscular. També és característica la seva forta vora medial d'origen (66). El tendó proximal té connexions tant amb l'adductor major, com amb el tendó del cap llarg del múscul bíceps femoral (67). La seva massa muscular és ampla i gruixuda i es dirigeix cap a caudal i medial. La seva inserció és múltiple (67,68), maximitzant el nombre de fibres musculars per unitat d'àrea (65) i formant la pota d'ànec profunda amb diferents tendons. El tendó directe continua amb la mateixa direcció de la cama i s'adhereix a la cara medial de la tibia per sota del còndil medial. El tendó reflexa es dirigeix cap a la part superior i anterior del còndil medial de la tibia, passant per sota del lligament col·lateral tibial. El tendó recurrent es dirigeix cap a la cara posterior de l'articulació del genoll, reforça la càpsula articular i forma el lligament popliti oblic. Entre el lligament col·lateral medial del genoll i el múscul semimembranós es pot localitzar una característica bossa sinovial que pot inflar-se i provocar patologia (21,69-71). En menys del 50% de la població, el múscul semimembranós pot donar petites expansions a la banya posterior del menisc medial (14,70). La seva innervació és mitjançant la porció tibial del nervi ciàtic; les branques més distals que arriben a aquest múscul també innerven al múscul semimembranós (67).

Tot i que els músculs isquiocrurals creuen tan la cara posterior del maluc com la del genoll, són músculs principalment motors a l'hora de flexionar la cama. En l'articulació coxofemoral aquesta musculatura actua principalment amb una funció antiflexora (72); la seva morfologia penniforme i el seu alt percentatge de teixit connectiu, provoquen una menor extensibilitat i faciliten poder mantenir la inclinació del tronc endavant amb molt poc consum d'energia, és el que Butel va anomenar afecte cingla (73). Una altra conseqüència de la naturalesa antiflexora i amb tendència a l'escurçament dels isquocrurals, és la dificultat de realitzar una flexió completa de maluc a menys que el genoll estigui flexionat i per conseqüència de l'escurçament d'aquesta musculatura. Tot i que també pot participar en l'extensió del maluc, quan el tronc es troba parcialment inclinat cap endavant, és el múscul gluti major qui té un millor braç de palanca per realitzar l'extensió del maluc; pel contrari, quan el tronc vol elevar-se o posar-se dret són els isquiocrurals els que tenen més braç de palanca per actuar, i en conseqüència més força per realitzar l'extensió (53).

En l'articulació del genoll és on els isquiocrurals actuen com a músculs agonistes en la flexió del genoll i col·laboren en les rotacions de la cama; els músculs semitendinosos i semimembranosos en la rotació interna i el múscul bíceps femoral en la rotació externa. En cadena cinètica tancada l'acció conjunta dels tres músculs, juntament amb la contracció dels músculs gastrocnemis, és l'extensió del genoll. També és en cadena cinètica tancada que la contracció dels músculs semitendinosos i semimembranosos permeten una rotació externa de la cuixa i pelvis o d'una rotació interna si actua el múscul bíceps femoral.

Durant la marxa la musculatura també actua. Quan el taló impacta al terra, els músculs isquiocrurals es troben en una longitud òptima per permetre una extensió de maluc i una estabilització de genoll (67) i són els responsables actius, juntament amb el creuat anterior de manera passiva, de desaccelerar la translació cap anterior que té la tibial (36). En la fase d'impuls o d'enlairament dels dits, el genoll es flexiona passivament, fet que provoca una baixa incidència de lesió en aquest moment de la marxa (36). En la fase d'oscil·lació, quan es resisteix activament l'extensió de genoll també són els isquiocrurals els que actuen (67).

Amb l'enlairament de l'extremitat, el membre que suporta el pes està aguantat per una combinació de la contraccions antagòniques entre els músculs isquiocrurals i el quàdriceps (74) i quan aquest equilibri es trenca són els isquiocrurals els que poden lesionar-se (67).

## ANATOMIA DEL NERVI CIÀTIC

El nervi ciàtic és el nervi més gran que trobem a la regió glútia i la cara posterior de la cuixa. Està format per la unió de les divisions o rams anteriors dels nervis espinals L4 i L5 i S1, S2 i S3, que convergeixen a la vora inferior del múscul piriforme i formen un nervi aplanat, llarg i el més voluminós de l'organisme.

Surt de la pelvis a la zona glútia per l'espai infrapiriforme i tot i que també pot fer-ho per l'espai suprapiriforme o a través de les fibres del múscul piriforme, aquestes són considerades variacions anatòmiques del seu recorregut (75). Es troba format per dos nervis; el nervi tibial que prové de les divisions anteriors del plexe i el nervi peroné comú que es troba format de les divisions posteriors del mateix plexe. Aquestes dues porcions solen dividir-se a la zona distal de la cuixa (76) però existeixen nombroses variacions (3,77,78), com per exemple quan la divisió es produeix a la sortida de la pelvis.

El nervi ciàtic en el seu trajecte per la pelvis es troba cobert per la cara profunda del múscul gluti major i amb aquesta protecció se situa entre el trocànter major i la tuberositat isquiàtica, es recolza sobre l'isqui i transcorre posterior als músculs obturador intern, quadrat femoral i adductor major. A l'arribar a la cuixa descendeix verticalment per sota de la protecció de la porció llarga del múscul bíceps femoral i en el vèrtex superior del rombe popliti es divideix en els nervis tibial i peroné comú.

El nervi ciàtic tot i transcórrer per la pelvis no innerva cap de les seves estructures. Però és el responsable de la innervació de tot el compartiment posterior de la cuixa (la porció tibial innerva tots els músculs a excepció del cap curt del múscul bíceps femoral que ho fa el nervi peroné comú), el fascicle més posterior del adductor major (porció tibial) i un cop dividit en les seves dues porcions en el rombe popliti, tots els músculs de cama i peu.

La lesió del nervi ciàtic pot produir-se en tot el seu trajecte, però en la zona proximal és on més fàcilment l'observem, ja que qualsevol traumatisme o

dislocació que es pugui produir pot ocupar l'espai per on passa el nervi i comprimir-lo (79).

Una altra patologia que pot afectar al nervi ciàtic és el síndrome dels isquiocrurals, que tot i que la seva descripció no és freqüent trobar-la als llibres de text, no és estranya la seva incidència (80). La primera descripció que va fer-se va ser al 1988 per Puranen i Ovara, els quals van descriure unes fixacions entre els músculs isquiocrurals i el nervi ciàtic (81). Alguns estudis han suggerit que la compressió nerviosa es produeix per unes bandes fibroses o tendinoses provinents dels músculs isquitibials (48,49) i més recentment s'han demostrat diferents procediments que pretenen alliberar aquestes adhesions del nervi (80,82-84) amb diferents resultats obtinguts.



## 5. ANATOMIA I HISTOLOGIA DEL TEIXIT FASCIAL

### ANATOMIA DE LA FÀSCIA

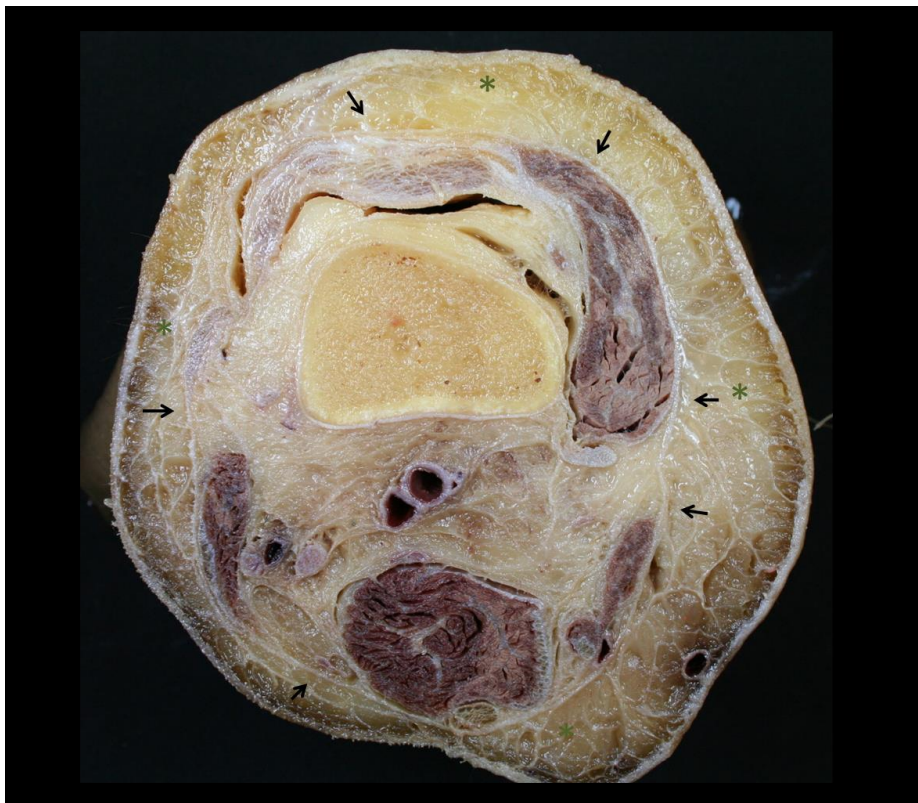
Durant molt de temps el terme "fàscia" va ser un terme difús, que s'utilitzava en anatomia per referir-se al teixit mesenquimal indiferenciat que envoltava als òrgans i la resta de teixit (85). La seva importància ha estat subestimada en moltes àrees com la biomecànica i la fisiologia (86), però en els darrers anys s'ha incrementat l'interès tant en el seu estudi (87-90), com en les seves implicacions clíniques (6,91-96), obtenint així un major coneixement sobre aquest teixit i la seva patologia.

Aquest interès pel teixit fascial ha facilitat que es redefinís el terme fàscia i que es proposessin diferents classificacions anatòmiques. Actualment entenem fàscia com una estructura contínua i tridimensional que permet el suport i el recobriment de músculs, ossos i òrgans (90). Permet col·laborar en la propiocepció i la nocicepció del subjecte i pot respondre a pressions manuals, canvis de temperatura o vibració (87,97-99). Té una estructura que li permet funcionar independentment de la contracció del múscul i permet formar conductes pel pas d'estructures vasculares, nervioses (100) i limfàtiques (101). La seva classificació pot variar depenent si es realitza des d'una visió descriptiva o d'una visió més funcional.

La Nòmina Anatòmica Internacional (102) segueix la visió descriptiva i la divideix en fàscia superficial (el teixit sota la pell i format per teixit adipós i teixit connectiu lax) i fàscia profunda (per sota de la fàscia superficial). És aquesta fàscia profunda la que es pot dividir depenent de les estructures que envolta (per exemple: fàscia muscular o fàscia visceral) i la zona on es troba (per exemple: fàscia del coll o fàscia de la cuixa).

Seguint aquesta darrera classificació descriptiva la fàscia superficial està formada per teixit adipós i connectiu laxa alveolar; localitzant-se immediatament

per sota de la pell (88). Aquesta estructura a més de ser un dipòsit de teixit adipós, també conté nervis i vasos (103). Està formada per xarxes de teixit connectiu que s'estenen des del pla subdèrmic fins a la fàscia profunda i que conformen diferents membranes horitzontals (separades entre elles per quantitats variables de greix) i connectades entre elles a través de septes fibrosos de recorregut vertical i oblic (Fig. 6). Aquests septes permeten que la fàscia superficial connecti amb la dermis i agrupin el greix superficial en petits compartiments, determinant la seva capacitat de lliscament (104). La compartimentació que fa la fàscia superficial del teixit adipós és la responsable de determinar la forma i el contorn corporal (105).



**Fig. 6** Tall transversal de la cuixa on s'observa la fàscia superficial (\*) i la fàscia profunda (fletxa).

La fàscia profunda (Fig. 6) està formada per teixit connectiu dens i es troba profunda a la fàscia superficial, però amb íntima relació amb ella a través de connexions fibroses (104). La seva funció generalment és envoltar als músculs i realitza els envans dels compartiments (88). Presenta una continuïtat amb l'epimisi, el perimisi, l'endomisi i el septe intramuscular (106). El seu gruix segons la seva ubicació i la funció; així doncs a mesura que augmenta l'exigència mecànica es densifica la seva estructura (104).

La descripció funcional de la fàscia la fa Kumka amb la seva revisió bibliogràfica que proposa una classificació diferent del teixit fascial (107). Segons aquesta classificació les fàscies es poden agrupar en dinàmiques, on el rol més important és col·laborar en el moviment, i en passives, on la funció més important és la propiocepció i la compartimentació. Aquesta mateixa investigació també s'encarrega d'agrupar-les en fàscies fasciculars (responsables de transmetre la força miofascial i protegir vasos i nervis), fàscies de compressió (responsables de realitzar tensions i compressions que facilitin tant la coordinació, com l'eficiència muscular) i fàscies de separació (estructures que redueixen la fricció durant la contracció de grups musculars antagònics).

## HISTOLOGIA DE LA FÀSCIA

La composició histològica d'aquest teixit fa que la fàscia tingui unes funcions i propietats especials (108,109) i està formada per cèl·lules, matriu extracel·lular i substància fonamental:

**CÈL·LULES:** un millor coneixement de la fàscia a nivell cel·lular permet un millor coneixement de les seves funcions (110). Les cèl·lules més nombroses que hi trobem són:

- Fibroblast. Són les cèl·lules principals del sistema fascial amb forma d'estrella i la seva funció es secretar dos proteïnes fonamentals pel sistema fascial: l'elastina i les fibres de col·lagen. Són cèl·lules molt adaptables al seu ambient i demostren una capacitat de remodelació ampli, en resposta a diferents estímuls mecànics que hi arriben (111-113).
- Miofibroblast. La presència de miofibroblast en el teixit fascial pot permetre una certa contracció del teixit fascial (114,115). Encara que aquesta propietat no es del tot clara (107) ja que es fonamenta en observacions fetes en fàscia animal i sota efectes farmacològics (116). Per contra, la patologia que afecta al sistema fascial com són la fibromatosis palmar, la fibromatosis plantar o la capsulitis adhesiva de l'espatlla (espatlla congelada) s'ha observat un increment de la concentració del miofibroblast (117,118).
- Cèl·lules adiposes. Acompanyant els fibroblasts trobem les cèl·lules adiposes, que tenen com a missió principal l'emmagatzematge de lípids; quan aquesta concentració és predominant es forma el teixit adipós dens i hipomòbil.
- Cèl·lules cebades o mastocits. Són cèl·lules de teixit conjuntiu i que actuen en la medicació de processos inflamatoris i al·lèrgics.

- Macròfags. Cèl·lules que presenten dos grans funcions dintre del teixit fascial. Per un costat preparar el teixit per a la cicatrització i per l'altre controlar químicament la quantitat de fibroblasts necessaris per la cicatrització (119).

**MATRIU EXTRACEL·LULAR:** és el conjunt de materials extracel·lulars que formen part del teixit fascial i el seu exhaustiu sobretot a l'hora de de formar cicatrius (120,121). Els seus principals components són:

- Fibres d'elastina. És una proteïna que la seva distribució en xarxa permet que el teixit fascial tingui elasticitat. Tot i que aquesta propietat pot permetre una elongació del 150% de la mida inicial de la fibra i retornar a la seva morfologia inicial (46), si la força d'estirament és excessiva la fibra d'elastina pot trencar-se i provocar que els seus extrems es retreguin ràpidament (104).
- Col·lagen. És la proteïna més abundant del teixit fascial. La seva estructura helicoidal permet grau de residència a l'estirament (108), en algunes ocasions inferior al 10% del tamany de la fibra. Però també facilita que el teixit s'ajusti quan existeix una càrrega de compressió (46,104). Les investigacions sobre la distribució de les fibres de col·lagen presenten resultats contradictoris. En alguns casos es descriuen per feixos paral·lels de fibres de col·lagen (122), en altres investigacions es descriuen mitjançant feixos de col·lagen entrellaçats entre sí (123) o per diferents capes de feixos paral·lels però amb una alienació diferent en cada una de les capes (106,124) permetent d'aquesta manera la possibilitat de lliscament i donant una característica forma compacta (125). Tot i que existeixen cinc tipus de col·làgens diferents, el del tipus I és el més freqüent.
- Reticulina. És una proteïna que s'observa massivament en l'estat embrionari del teixit fascial. Posteriorment i d'una manera gradual, és substituït pel col·lagen. La seva presència, juntament

amb les fibres de col·lagen, són les que determinaran el lliscament de les diverses fascies (125).

**SUBSTÀNCIA FONAMENTAL:** ocupa tot l'espai situat entre les cèl·lules i les fibres del teixit connectiu. Es una substància gelatinosa composta per llargues molècules de proteoglicans amb propietats hidrofòbiques i amb una gran concentració d'aigua. La combinació d'aigua i àcid hialurònic facilita la lubricació entre les fibres de col·lagen i incrementa la seva viscositat (126), permetent tant la circulació de nutrients com la de productes de desfet. El curs normal d'aquesta circulació està controlat pel moviment natural de cos però la falta o l'alteració d'aquest, ja sigui per un canvi en la pressió hidrostàtica o per un augment de la concentració de proteïnes (col·lagen), no únicament dificulta el transport de nutrients, sinó que també facilita la captació de toxines, redueix el metabolisme cel·lular i limita la capacitat de creixement i de curació del teixit (104).

L'àcid hialurònic és una molècula que trobem en la substància fonamental important en el moment d'estabilitzar el teixit connectiu (127) i d'atreure l'aigua cap al teixit fascial (128). Se situa entre les diverses capes fascials i el múscul per facilitar el lliscament suau entre aquestes dues estructures (129,130) i també pot trobar-se implicada en el síndrome del dolor miofascial (131,132).

## **FUNCIONS DE LA FÀSCIA**

Després de la descripció anatòmica i histològica i molt relacionada amb la composició histològica d'aquest teixit, diferents investigacions han descrit el principi de tensegritat del teixit fascial. Aquesta propietat es fonamenta en que l'augment de la tensió en un dels elements que conformen una estructura o teixit ha de ser equilibrat per un augment de tensió en un dels seus altres elements (133), transmeten d'aquesta manera la tensió a tots els elements que el conformen (134). Algunes investigacions suggereixen que aquest principi de tensegritat fa de la fàscia l'únic teixit que és capaç de modificar la seva consistència quan està sotmès a tensió, però que també és capaç de recuperar la seva elasticitat quan és sotmès a manipulació (91). Aquest principi també ens permet entendre la influència que pot tenir la teràpia manual o la mobilització d'aquest teixit, a nivell bioquímic de la cèl·lula i de la fisiologia dels nostres teixits (135).

Conèixer la composició del teixit fascial i el principi de tensegritat pot ajudar-nos a entendre millor quines són les funcions més importants de la fàscia (107,110) i aquestes són:

- L'absorció dels impactes i la seva disseminació: el sistema fàscial és capaç d'esporgir i absorbir impactes. Això és gràcies a que aquest teixit és capaç d'augmentar la seva densitat, preservar la seva integritat i transformar aquest impacte en substàncies viscoelàstiques (97).
- Suspensió, suport i sostén: el sistema fascial manté la cohesió interna i externa de cada estructura corporal, facilitant la seva fixació però alhora permetent un cert grau de mobilitat (88,104,136) i és el responsable de mantenir en la seva ubicació precisa cada component del cos humà.
- Creació d'un exosquelet: la fàscia és l'encarregada de separar i agrupar els músculs en compartiments funcionals i embriològics. També es l'encarregada de dividir cada component muscular i formar un

exosquelet fascial que permet transmetre i dirigir forces i esdevenir un òrgan propioceptiu (88,104,137-139).

- Facilitació del retorn circulatori i la hemodinàmica: la fàscia profunda, al rodejar músculs que es contrauen, transmet la pressió de contracció muscular cap a vasos sanguinis i limfàtics pròxims; facilitant d'aquesta manera el seu retorn (88).
- Protecció: en determinades zones del cos la fàscia té una missió de protecció (140).
- Transmissió de forces: l' estreta relació que s'estableix entre el teixit fascial i el muscular, fa que la força de contracció muscular es pugui transmetre a estructures musculars veïnes o fins i tot musculatura antagonista (115,141-143).



## FÀSCIES DE LA ZONA GLÚTIA I DE L'EXTREMITAT INFERIOR

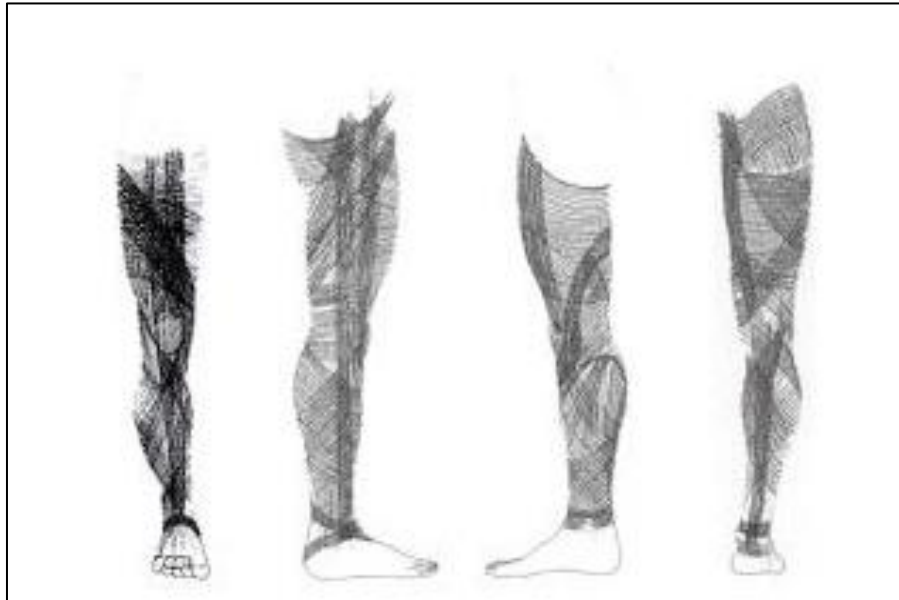
La divisió de la fàscia de l'extremitat correspon a les zones topogràfiques on ens trobem i és per això que trobem (85,136): la fàscia glútia, la fàscia de la cuixa, la fàscia de la cama i la fàscia del peu.

La fàscia glútia s'origina en la cresta ilíaca, el sacre, el còccix i a la zona més inferior del lligament sacretuberós. Cobreix totalment la regió glútia (144) i es divideix en una fulla superficial, una mitja i una profunda (136). La primera cobreix la cara superficial del múscul gluti major i és més resistent en la zona d'inserció del múscul gluti major que en la zona central (2). La capa mitja cobreix la cara profunda del gluti major; mentre que la fulla profunda cobreix els músculs gluti mitjà, piriforme, gèmins i quadrat i s'interromp per deixar pas al nervis ciàtic i els nervis i vasos glutis superiors.

La fàscia de l'extremitat inferior és una continuació de la fàscia lumbar i de la fàscia glútia a nivell posterior i una continuació de la fàscia abdominal a nivell de la cara anterior de l'extremitat inferior. Té un origen anterior al cos del pubis i a la branca isquiàtica; mentre que posteriorment s'origina a la cresta ilíaca i al sacre. Envolt a tot el membre inferior i finalitza al peu. Consta de varies capes superposades, interdependents entre elles i orientades en diferents direccions, augmentant així la seva resistència. Segons la investigació de Gerlach i Lierse la distribució d'aquestes fibres són (123) (Fig. 7):

- En la cara anterior de l'extremitat trobem fibres horitzontals, verticals i obliqües que s'entrellacen.
- En la cara posterior de l'extremitat trobem potents fibres verticals i fibres horitzontals, sobretot per sota del múscul gluti major i de la zona distal de la cuixa.
- En la cara medial de l'extremitat és on es localitzen fibres verticals i obliqües. Les fibres més anteriors es fusionen amb el retinacle de la ròtula i el lligament col·lateral intern del genoll.

- En la cara lateral hi ha fibres molt potents i que formen el tracte ilitibial. Aquest tracte està en contacte amb al fèmur per una membrana interòssia externa.



**Fig. 7** Esquema de la distribució i direcció de les fibres de l'extremitat inferior segons Gerlach. Paoletti, S. (2004). LAS FASCIAS. El papel de los tejidos en la mecánica humana. Editorial Paidotribo.

La fàscia de la cuixa o també anomenada fàscia lata o fàscia crural i de la fàscia glútia; s'origina en el pubis i la branca isquiàtica i continua per la fàscia de la cama després d'haver-se unit a la ròtula, la epífisis proximal de la tibia i el cap del peroné (85). Al cobrir el triangle femoral ho fa mitjançant la fàscia anomenada cribiforme, que es caracteritza per ser més laxa, i aquest factor facilita que durant els moviments de la cuixa no es produeixi una estrangulació o compressió d'estructures vasculars i nervioses que hi passen (136). Està formada per dos capes, la més superficial que es desdobra per cobrir al múscul sartori i la més profunda se separa per rodejar tots els músculs de la cuixa i formar els envans o septes intramusculars (un intern i un altre extern).

El septe intramuscular intern s'expandeix des d'una línia obliqua que va del trocànter major i menor fins al còndil intern del fèmur i s'uneix al llavi intern de la línia aspra. La seva cara anterior serveix per la inserció al vast intern del

quadriceps i la seva cara posterior està en relació al adductor major al que s'uneix amb força. Aquest septe divideix la cuixa en una cavitat anterior i externa (que conté el quadriceps) i una posterior i interna (on apareixen els músculs adductors, recte intern i els vasos femorals). Dins d'aquesta darrera cavitat, existeix un septe més prim que separa la musculatura adductora de la musculatura posterior (52,56).

El septe intramuscular extern s'estén des del trocànter major, fins al còndil extern i s'adhereix en el llavi extern de la línia aspra. Separa el compartiment anterior de la cuixa, del posterior. Anteriorment al septe s'origina el vast extern del quadriceps i per darrera el cap curt del bíceps femoral.

## 6. FONAMENTS DEL TREBALL

La lesió dels músculs isquiorurals pot comprendre una gran varietat de graus, des del dolor muscular d'aparició tardana (més conegut amb la nòmina anglesa DOMS), a trencaments musculars i fins a avulsions completes del seu origen (67,145-147).

En el primer cas es tracta de danys musculars reversibles, produïts per l'edema muscular ocasionat per l'activitat esportiva, en el que el pacient experimenta un lleu dolor que desapareix al cap de poques hores o dies (148) i que amb pràctica regular de l'activitat s'arriba a reduir.

El trencament muscular pot afectar a qualsevol dels músculs que formen part dels isquiorurals (63,74,149,150) i a qualsevol de les seves parts (50,150), però és la zona d'origen (45,63,74,151,152) i el múscul bíceps femoral els més afectats (63,67,152).

A nivell microscòpic un trencament muscular provoca una discontinuïtat en les bandes Z del múscul, provocant una degradació de les proteïnes musculars i constituint l'edema muscular que pot ser visible mitjançant proves d'imatge (153,154). L'hemorràgia produïda, es seguida de una reacció inflamatòria variable entre 48 hores fins a 7 dies (34,37), que al cap d'una setmana es continua amb una cicatriu (38) de teixit menys organitzat (155) i que pot persistir entre 5-23 mesos després de la lesió (156,157).

Amb una incidència menor que els trencaments dels isquiorurals, trobem la seva avulsió de la tuberositat isquiàtica (158,159) però amb unes conseqüències més severes, persistents i incapacitant (160-162); motiu pel que s'aconsella la intervenció quirúrgica pel seu tractament (151,160,161,163,164), però al ser tan poc freqüent els cirurgians no estan avesats a intervenir a la zona (165).

Diversos estudis han intentat identificar el mecanisme de lesió i els factors de risc que predisposen a patir trencaments i lesions en aquesta musculatura

(23,24,35-41). Però tot i que les evidències són poc concloents o fins i tot contradictòries (33), semblen coincidir en que el moment en que es produeix el trencament muscular, el maluc es troba en màxima flexió i el genoll en extensió (41,166) ja sigui per que finalitza la posició d'oscil·lació de l'extremitat durant la marxa (167) o per un gest esportiu (151,168). En aquesta posició en que els isquiocrurals treballen en màxima contracció excèntrica (169) i per desaccelerar l'oscil·lació de l'extremitat és quan es produeixen més trencaments (15,170).

A més a més de la implicació de la biomecànica en la lesió dels isquiocrurals, estudis recents suggereixen que la morfologia d'aquesta musculatura podria influir en la seva lesió (44,45) sobretot en el seu component més miofascial (33). Investigacions sobre el teixit fascial assenyalen la importància que el teixit connectiu dens i lax té per la mateixa ciència anatòmica però també per la seva patologia i per la rehabilitació del sistema musculoesquelètic (88,104,136,171-173).

Per totes aquestes raons sembla que l'origen dels isquiocrurals i la seva relació amb les estructures properes pot tenir una gran influència amb la lesió de les mateixes i amb les seves accions. I és per això que s'ha cregut que un estudi detallat de l'anatomia i de la histologia era necessari, no solament per millorar el coneixement de l'estructura sinó també per veure una possible influència en les lesions.

## **HIPÒTESIS**

Tenint en conta tota la informació exposada anteriorment, és evident que l'estudi anatòmic i histològic dels isquiocrurals és necessari per conèixer el rol que pot tenir l'anatomia i la histologia en la lesió dels músculs isquiocrurals.

*Hipòtesis de treball:*

Existeixen estructures anatòmiques i/o histològiques en l'origen proximal dels músculs isquiocrurals no descrites fins al moment i que poden tenir influència en la clínica i la patologia d'aquesta musculatura.

## **OBJECTIUS**



1. Comprovar l'origen de la musculatura isquiocrural tal com es descriu en els tractats clàssics d'anatomia i veure si existeix una morfologia i morfometria diferent a la descrita.
2. Determinar com és anatòmicament el teixit connectiu que rodeja l'origen dels músculs isquiocrurals.
3. Conèixer les característiques histològiques del teixit connectiu que envolta l'origen dels músculs isquiocrurals.
4. Identificar i delimitar el teixit connectiu que rodeja el nervi ciàtic a l'alçada de la tuberositat isquiàtica.
5. Descriure la fàscia posterior de la cuixa, la zona glútia i les seves relacions amb els músculs i estructures que s'hi troben coberts.
6. Identificar com és la inserció del lligament sacretuberós en la tuberositat isquiàtica i la seva relació amb la musculatura isquiocrurals i adductora.

## **MATERIAL I MÈTODES**

L'estudi es va realitzar mitjançant 60 extremitats inferiors (conjuntament amb la seva hemipelvis corresponent), provinents de 30 donants de cos (13 homes i 17 dones) del Servei Donació de Cossos i Sala de Dissecció de la Facultat de Medicina, Campus de Bellvitge de la Universitat de Barcelona (UB). Ja que prèviament quatre extremitats s'havien descartat per presentar material osteosíntesis. L'edat mitja de la mostra va ser de 76 (en un rang de 58-90 anys) i no presentaven cap signe de traumatisme o cicatriu que suggerís intervenció prèvia.

Un cop arribava cada donant de cos al laboratori de dissecció, li era assignat un número (del 1 al 60) i se li realitzava una analítica per descartar processos infecciosos. Un cop descartada qualsevol malaltia infecciosa es realitzava l'estudi histològic o es criopreservava per l'estudi anatòmic. Es va decidir processar histològicament aquells especimens que feien menys de 15 hores que havien mort ja que així es preservava millor el teixit estudiat.

Tot i que el Servei de Donació de Cossos i Sala de Dissecció de la UB compleix amb tots els requisits legals i ètics; per realitzar aquesta investigació s'ha consultat al Comitè d'Ètica de Recerca de la Universitat Internacional de Catalunya i s'ha obtingut el seu certificat d'aprovació.

## **ESTUDI ANATÒMIC**

54 extremitats inferiors provinents de 27 cossos van ser estudiades anatòmicament i d'aquestes mostres, 32 extremitats inferiors es van analitzar mitjançant la tècnica de dissecció i 22 mitjançant l'anatomia seccional.

Durant tot el procediment anatòmic es van obtenir fotografies de manera sistemàtica amb una càmera digital (CANON 911) i totes les trobades anatòmiques que s'observaven van anotar-se.

## **1.1. Dissecció anatòmica dels espècimens**

La dissecció es va realitzar pla, per pla i es va seguir les indicacions que suggereix L. Testut et.al (174) en el seu tractat de dissecció, però amb algunes modificacions per facilitar la investigació del teixit fascial. La col·locació del cadàver va ser en decúbit pro, el membre inferior posicionat per que tota la cara posterior de la pelvis i de la cuixa quedi completament a la vista. La dissecció del membres va dividir en dos apartats que són la zona glútia i la cara posterior de la cuixa, encara que la dissecció de cadascuna es va realitzar de manera intercalada per intentar mantenir i respectar al màxim la integritat de les estructures estudiades.

La dissecció de la zona glútia es va començar mitjançant tres incisions en la pell: dues transversals (per sobre de la cresta ílíaca i a nivell del plec gluti) i una sagital (a nivell de la cresta sacre mitja).

S'inicià la dissecció de cada hemipelvis separant el teixit tegumentari des de la incisió vertical cap a la zona lateral, separant el teixit dèrmic de la fàscia superficial. Es va seguir el mateix procediment per exposar la fàscia superficial de la cuixa però per fer-ho es va utilitzar un tall transversal realitzat al plec gluti (a cinc centímetres distals del cap del peroné) i una incisió sagital a la zona central de la cuixa, que relacionava els dos talls horitzontals.

Un cop exposada i estudiada la fàscia superficial de tota l'extremitat inferior per tal d'alterar-la el mínim possible, es continuà l'estudi amb la dissecció de la zona glútia. Per fer-ho es realitzà un tall sagital a la zona central del múscul gluti major i a través d'aquesta incisió es va dissecar el múscul gluti major, des de medial a lateral. Un cop estudiat i aixecat aquest múscul, s'observà l'origen dels músculs isquiocrurals.

La fàscia profunda de la cuixa es va dissecar mitjançant una incisió sagital, en la zona mitja de la cuixa. Es dissecà i s'estudiaren totes les

relacions d'aquesta fàscia profunda amb els músculs isquiocrurals i es continuà amb la dissecció del nervi ciàtic i cutani femoral posterior.

Un cop quedaren totes les estructures musculars i nervioses exposades es van prendre mesures amb una regla mil·limetrada, de la zona de músculs isquiocrurals coberta per múscul gluti major, la morfologia dels músculs i la distància entre l'origen dels isquiocrurals i el nervi ciàtic. També s'estudien l'origen i la morfologia de la musculatura isquiocrural i la seva relació amb el lligament sacretuberós i estructures fascials pròximes a la zona.

En la dissecció de la cadascuna de les seccions realitzades va estudiar-se la morfologia i l'origen dels músculs isquiocrurals, les fascies i el teixit connectiu que rodejen l'extrem proximal dels músculs isquiocrurals i del nervi ciàtic, així com es seves relacions.

## **1.2. Anatomia seccional**

Les 22 extremitats inferiors van ser estudiades mitjançant talls anatòmics cada 5 cm efectuats amb serra anatòmica (INOXFUNE M-1500). De totes elles, 8 van ser analitzades amb talls transversals, 7 amb talls sagitals i 7 amb talls coronals. Un cop fets tots els talls van ser analitzats i disseccionats cada tall de manera independent, per facilitar així l'anàlisi de totes les estructures anatòmiques. En la dissecció de la cadascuna de les seccions realitzades va estudiar-se la morfologia i l'origen dels músculs isquiocrurals, les fascies i el teixit connectiu que rodejen l'extrem proximal dels músculs isquiocrurals i del nervi ciàtic, així com es seves relacions.

## **ESTUDI HISTOLÒGIC**

Prèvia dissecció, es van analitzar 6 mostres del teixit connectiu (provinents de 3 extremitats inferiors masculines i 3 de femenines) i amb una grandària de 2,5 x 1,5 cm. La mostra va ser agafada del teixit connectiu que es localitzava entre múscul gluti major i l'extrem proximal d'origen dels isquiocrurals. Immediatament van ser submergides en una solució de formaldehid al 4% i fixades en parafina per poder obtenir talls histològics de 7 micres de gruix.

Els talls es van tenyir amb hematoxilina-eosina per observar l'estructura i la distribució del teixit connectiu. Durant la seva observació van ser preses mesures morfomètriques del gruix d'aquest teixit Posteriorment per tal d'observar un major contrast de les estructures que formaven les mostres, els talls van ser analitzats mitjançant el microscopi de fluorescència. Es van analitzar i van mesurar utilitzant un instrument MicroImaging digitals Leica DMD108 (Leyca Microsystems) Tots els talls.

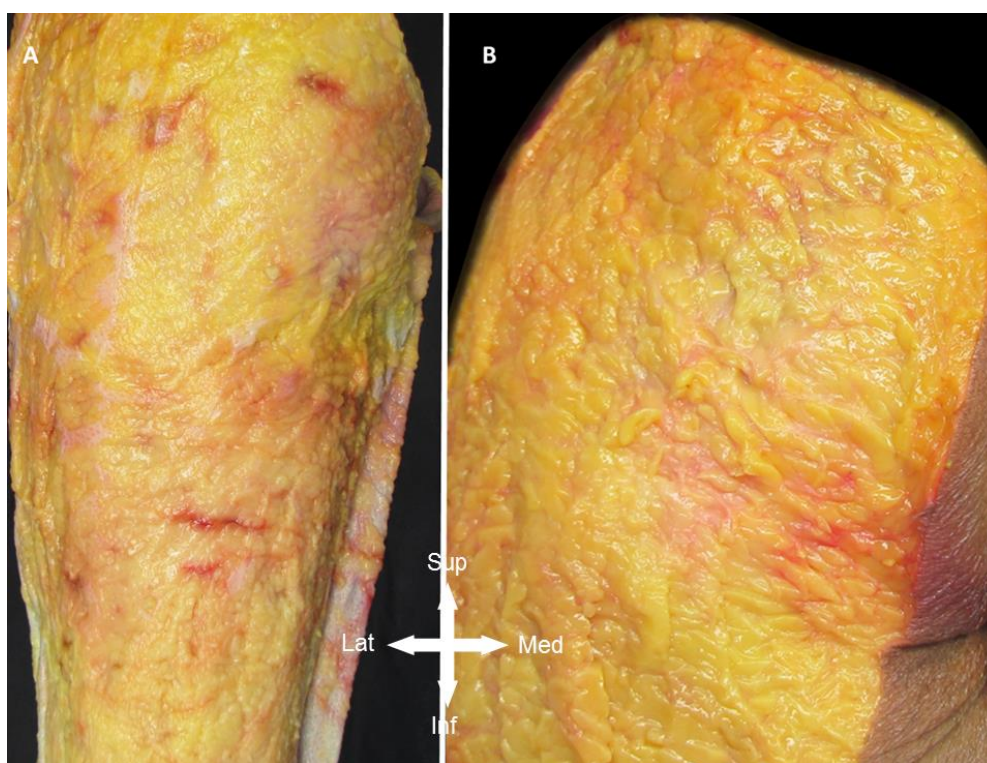
## **RESULTATS**

---

## 7. ESTUDI ANATÒMIC

### RESULTATS OBTINGUTS MITJANÇANT LA DISSECCIÓ

Les disseccions de la zona glútia i de la cuixa van mostrar mostrat la fàscia superficial per sota de la pell (Fig. 8.A). Aquesta fàscia superficial de teixit adipós va ser variable segons l'espècimen però sempre va tenir més gruix a la zona glútia. (Fig. 8.B). Sota aquesta fàscia es va trobar la fàscia profunda de la regió glútia que continuava amb la fàscia lata, que era la fàscia de la cuixa (Fig. 9).



**Fig. 8** (A) Imatge global de les fàscies superficial de la zona glútia i de la cuixa.  
(B) Imatge de la fàscia superficial de la zona glútia.

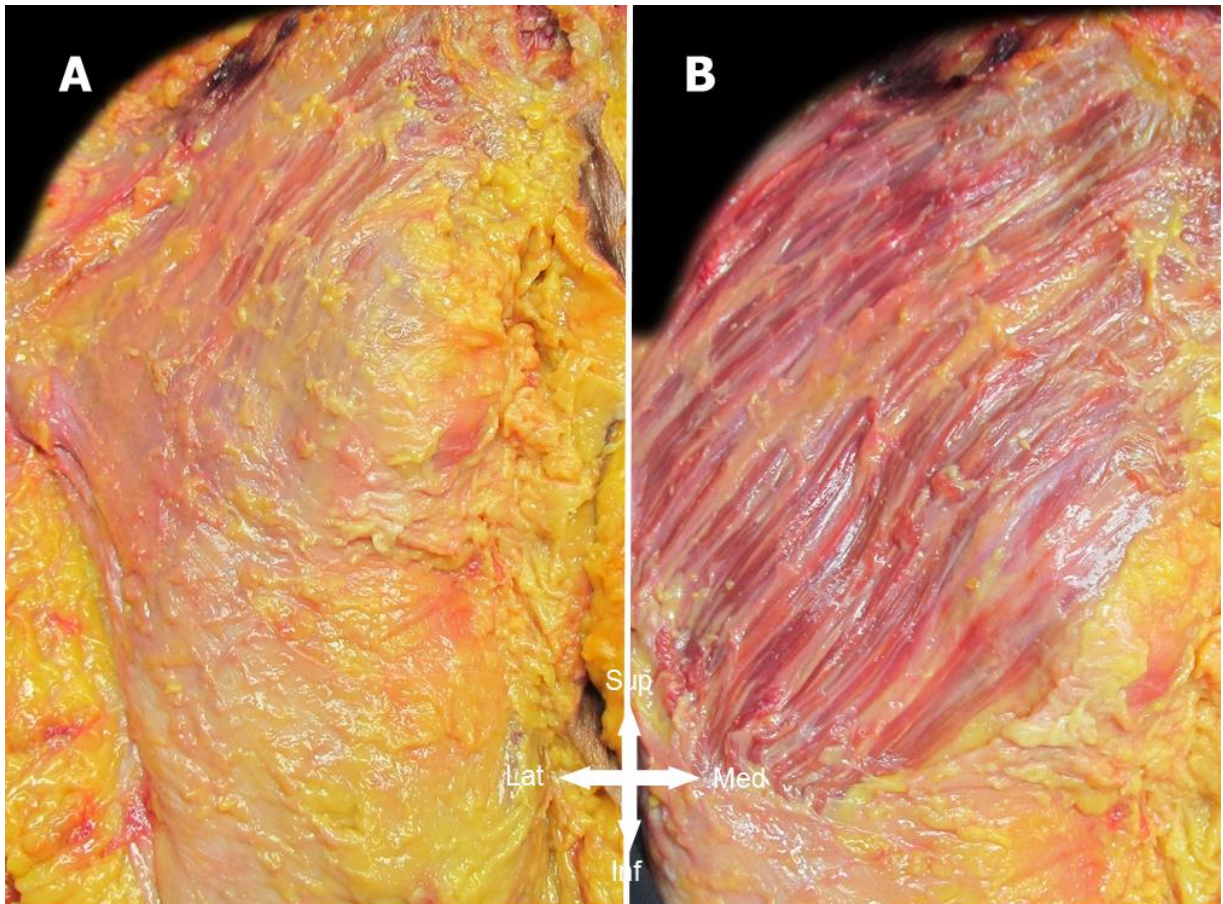
Inferiorment a la fàscia glútia es va trobar la fàscia pròpia del múscul gluti major (Fig. 10. A), l'epimisi. Aquest epimisi era una continuació del teixit connectiu que envoltava les diferents fàscies musculars (perimisi i endomisi), i compartimentava les diferents fibres musculars del gluti major (Fig. 10. B).



La dissecció de la cuixa mostrava que la fàscia superficial estava formada també per teixit adipós subcutani i presentava un gruix variable depenent del subjecte, però en tots casos menor a l' observat en la zona glútia. Al disseccionar-la es trobava la fàscia lata i com aquesta emetia uns envans que eren els responsables de compartimentar la cuixa en dos compartiments, un anterior i un altre posterior, i de subdividir aquest compartiment en un de medial.



**Fig. 9** Continuació de la fàscia profunda de la zona glútia amb la fàscia profunda de la cuixa.

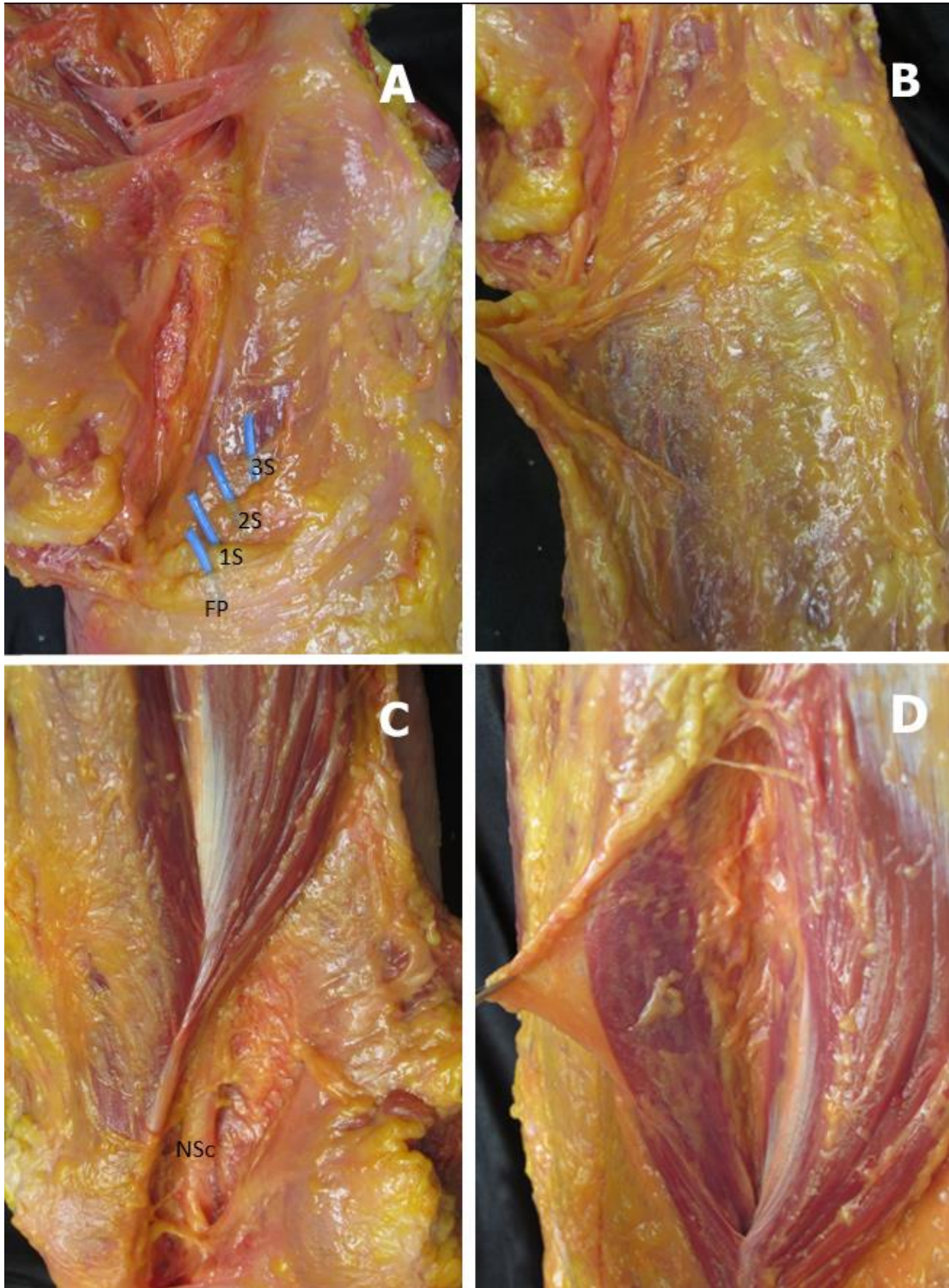


**Fig. 20** (A) Fàscia pròpia del múscul gluti major. (B) Un cop aixecada la fàscia pròpia del múscul gluti major es comprovava com aquesta estructura compartimentava les fibres musculars del gluti major.

La dissecció de la cara posterior de la fàscia profunda de la cuixa va mostrar que aquesta estructura estava formada per la pròpia fàscia profunda, més tres subcapes (Fig. 11.A), de superficial a profund eren:

- **Fàscia profunda de la cuixa** o fàscia lata. Era la més externa i la que tenia major gruix i resistència. Presentava continuïtat amb la fàscia de la cama (Fig. 11.A) .
- **1ª capa.** Per sota de la primera capa, apareixia una capa de teixit adipós. El seu gruix variava durant tot el recorregut de la cuixa i a mesura que la dissecció es feia més distal i que els músculs isquiocrurals medials s'anaven separant del múscul lateral, el teixit adipós augmentava (Fig. 11.A i Fig. 11.B).
- **2ª capa.** En la zona proximal de la cuixa, la tercera capa seguia paral·lela a les capes descrites però a mesura que els músculs isquiocrurals anaven separant-se per adherir-se a medial (músculs semitendinos i semimebranós) i a lateral (múscul bíceps femoral), aquesta fàscia formava un septe dins del compartiment posterior. Aquest envà separava la musculatura posterior medial, de la posterior lateral i únicament es trobava perforat pel nervi ciàtic (Fig. 11.A i Fig. 11.C).
- **3ª capa.** Aquesta subcapa corresponia a l'epimisi o fàscia pròpia que l'envoltava independentment de cada múscul. A nivell mig de la cuixa en aquesta fàscia s'observava una relació més estreta amb la capa precedent, ja que totes dues acabaven fusionant-se i continuaven amb la fàscia profunda de la cama. (Fig. 11.A i Fig. 11.D).

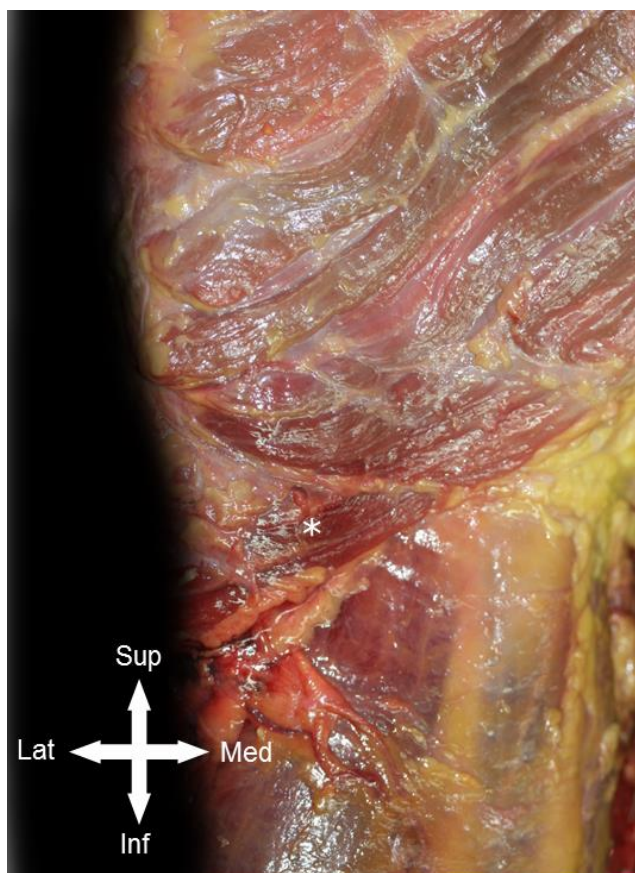




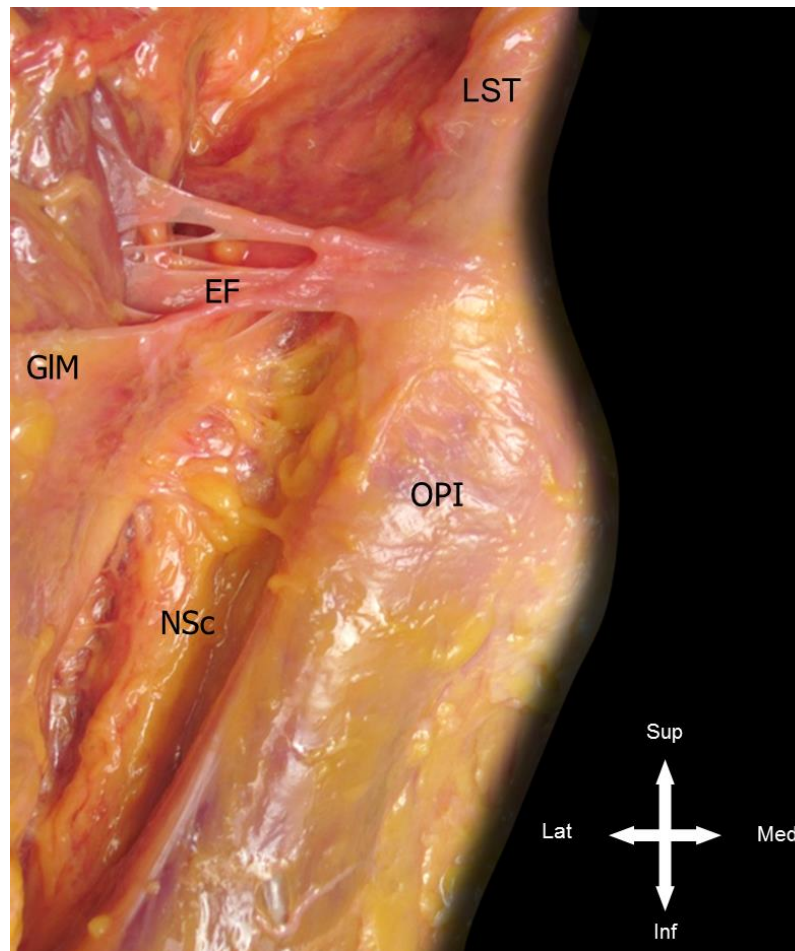
**Fig. 11** Capes i subcapes fascials que formaven la cuixa. (A) En la dissecció s'observava la fàscia profunda de la cuixa (FP) i les tres subcapes: primera subcapa (1S), segona subcapa (2S) i tercera subcapa (3S). (B) Primera subcapa, estava formada majoritàriament per teixit adipós. (C) Segona subcapa, responsable de subdividir els músculs isquiocrurals en medials i laterals mitjançant un septe; era aquest envà el que trobàvem perforat pel nervi ciàtic (NSc). (D) Tercera subcapa o pròpia de cada múscul o també anomenada epimisal.

Seguint la dissecció de totes les fàscies i la descripció anatòmica s'observava que el múscul gluti major cobria tota la regió glútia, arribant fins a la línia mitja posterior del sacre; cobrint d'aquesta manera la tuberositat isquiàtica, l'origen proximal dels isquiocrurals i el nervi ciàtic. En tres espècimens i de manera unilateral es va observar com el múscul gluti major realitzava una expansió en la seva inserció (Fig. 12).

Al prosseguir la dissecció del gluti major es va observar que aquest múscul no es podia separar bé de les zones adjacents perquè des de la seva cara anterior, més concretament des del seu epimisi, emetia expansions fascials cap a la tuberositat isquiàtica i l'origen dels isquiocrurals (Fig. 13). Aquestes expansions de teixit connectiu, que eren laxes i estaven localitzades a diferents punts, també arribaven a cobrir i a formar dos túnels compartimentats on es trobaven els nervis ciàtic i cutani femoral posterior (Fig. 14). Un cop es van disseccionar les estructures fascials es va observar com els nervis quedaven totalment lliures (Fig. 15).

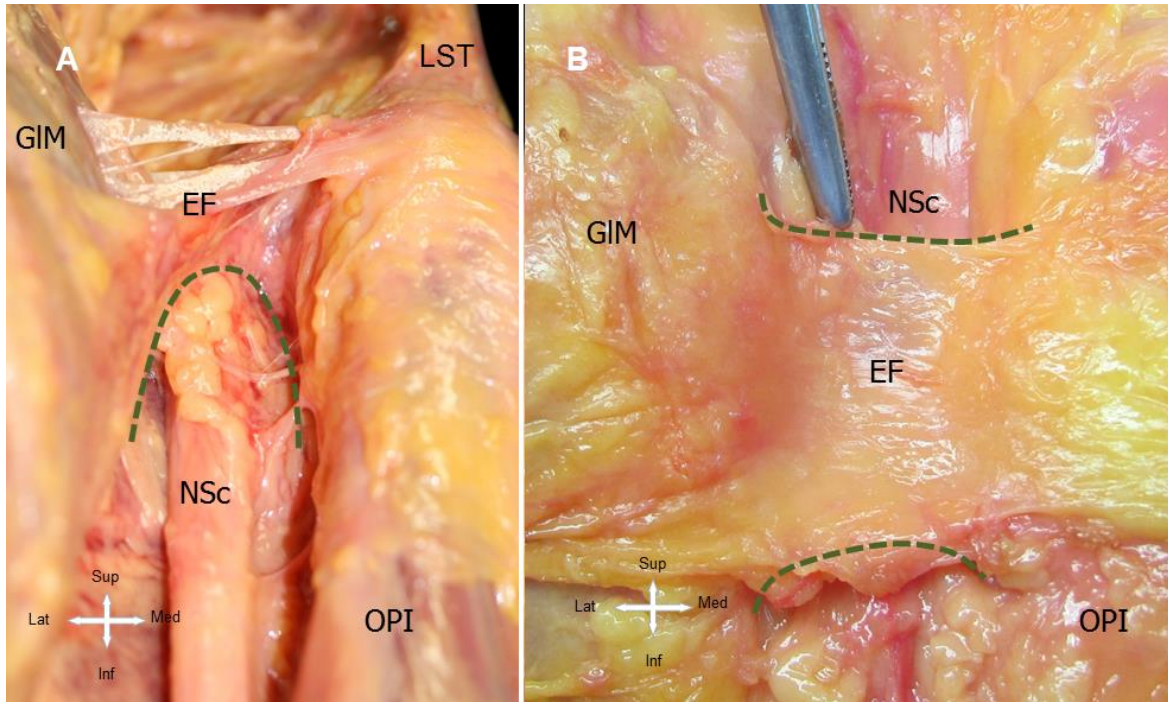


**Fig. 12** Expansió del múscul gluti major (\*) en la seva inserció.

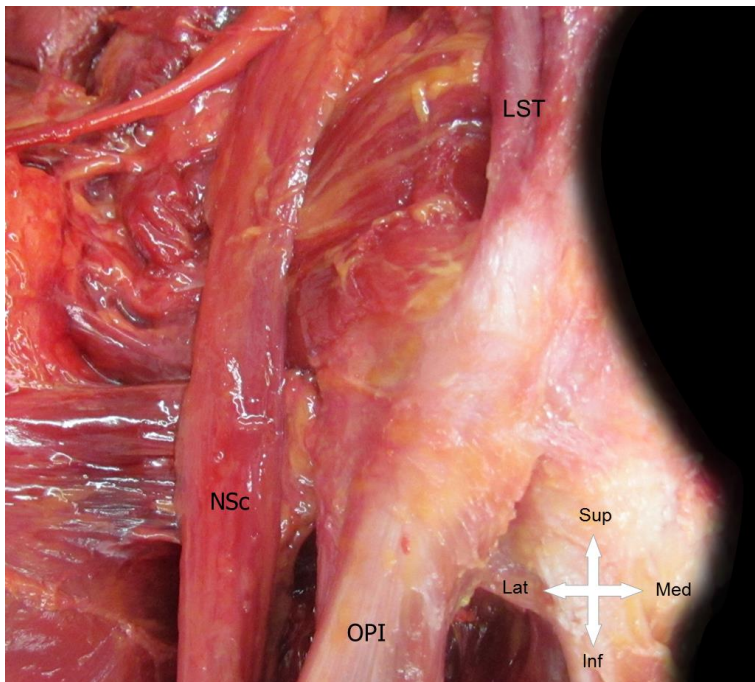


**Fig. 13** Dissecció de l'origen proximal dels músculs isquiocrurals i el lligament sacretuberós (LST), un cop s'aixecava el múscul gluti major (GIM). En la preparació s'observava com expansions fascials (EF) de la cara profunda del gluti major arribaven a l'origen proximal dels músculs isquiocrurals (OPI) i cobrien el nervi ciàtic (NSc).

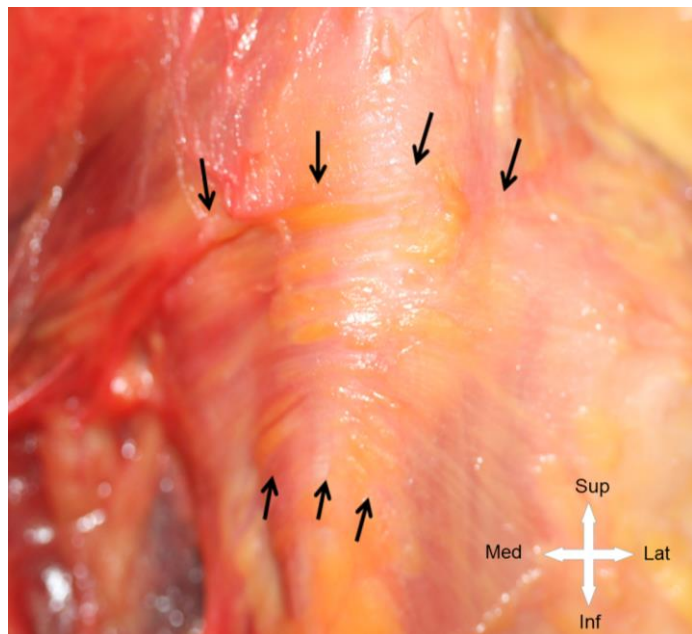




**Fig. 14** Túnel fascial (delimitat amb línies discontinues) pel nervi ciàtic (NSc) format per expansions fascials (EF) que realitzava la cara profunda del múscul gluti major (GIM) a l'adherir-se a la tuberositat isquiàtica. També s'observava l'origen proximal dels músculs isquiocrurals (OPI) i la inserció del lligament sacretuberós (LST). (A) Visió inferior del túnel del túnel fascial. (B) Visió posterior del túnel fascial.



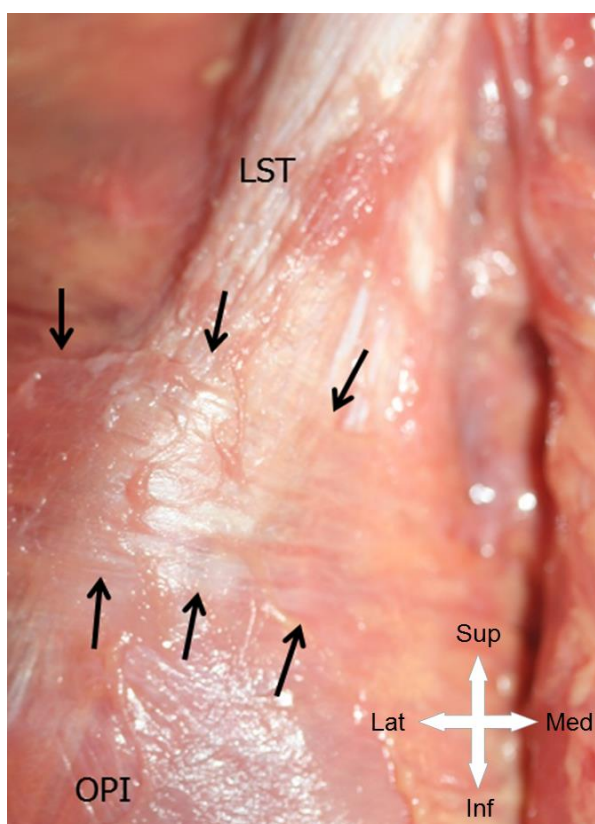
**Fig. 15** Un cop es dissecionaven les expansions fascials provinents de gluti major, el nervi ciàtic quedava totalment lliure. En la dissecció es podia veure l'origen proximal dels músculs isquiocrurals (OPI) i la inserció del lligament sacretuberós (LST).



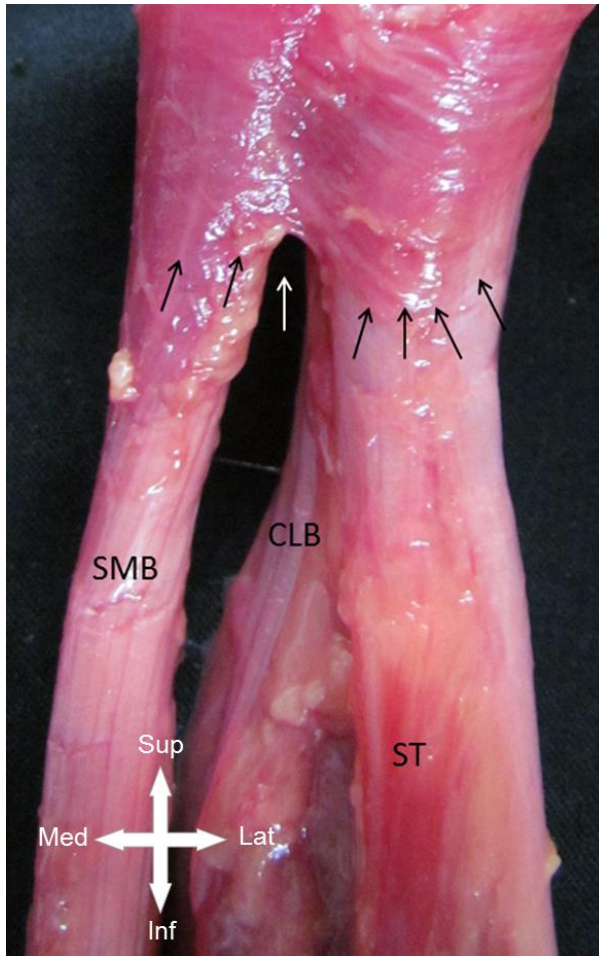
**Fig. 16** Estructura fascial anular. En la imatge s'observa com es va delimitar l'extrem superior i inferior d'aquesta estructura (fletxes). Distribució perpendicular a l'origen dels músculs isquiocrurals.



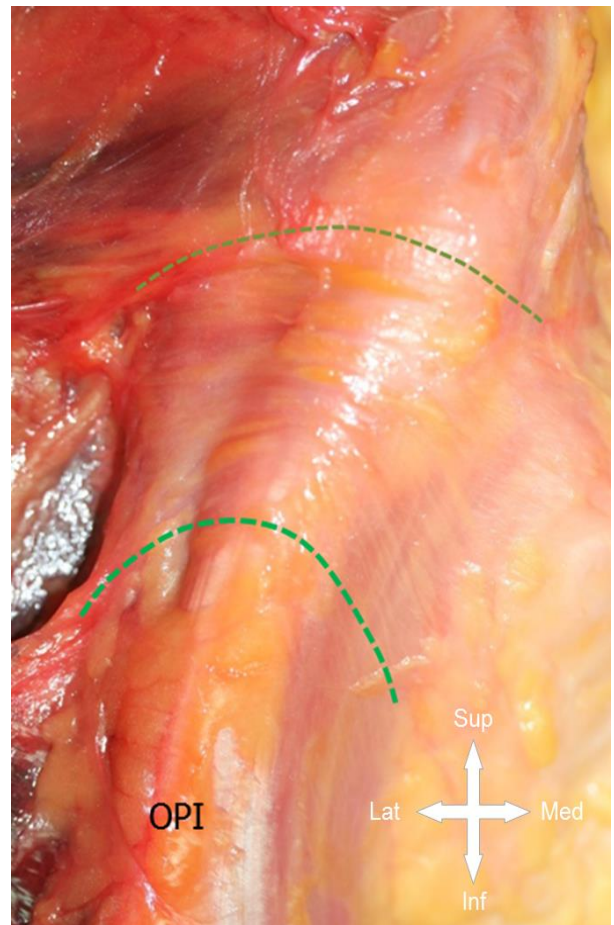
La dissecció detallada de les expansions de teixit connectiu del múscul gluti major que cobria la tuberositat isquiàtica va permetre observar com en la zona superior i superficial d'aquest relleu ossi s'hi adheria el lligament sacretuberós, i com inferiorment s'originaven els músculs isquiocrurals (Fig. 15). La dissecció acurada i més profunda de la zona va mostrar que cobrint aquestes estructures hi havia una estructura de teixit connectiu, amb forma anular, formada per fibres que seguien una distribució transversa i que es trobaven amb íntima relació amb els tendons d'origen dels músculs isquiocrurals (Fig. 16). Aquesta estructura embolcallava la inserció més distal del lligament sacretuberós (Fig. 17) i la part més proximal d'origen dels tendons isquiocrurals (cap llarg del bíceps femoral, semitendinos i semimembranos) i els fixava a la tuberositat isquiàtica, tant lateral com medialment, com si es tractés d'una corretja, una banda o d'un retinacle (Fig. 18). Aquesta estructura de teixit connectiu tenia una morfologia rectangular i la seva morfometria era de 5,6 cm ( $\pm$ 0,45) de lateral a medial i 4,1 cm ( $\pm$ 0,16) de cranial a distal (Fig. 19).



**Fig. 17** Retinacle (marcat amb fletxes). Les preparacions mostraven com el retinacle cobria l'origen proximal dels músculs isquiocrurals (OPI) i



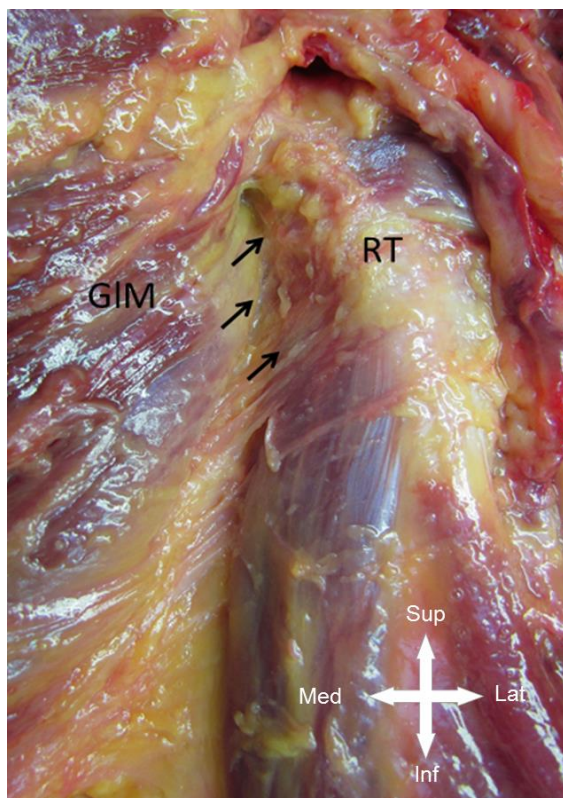
**Fig. 18** Detall del retinacle. Les disseccions mostraven com el retinacle rodejava l'origen proximal dels músculs: semimembranós (SMB), semitendinos i cap llarg del bíceps femoral (CLB).



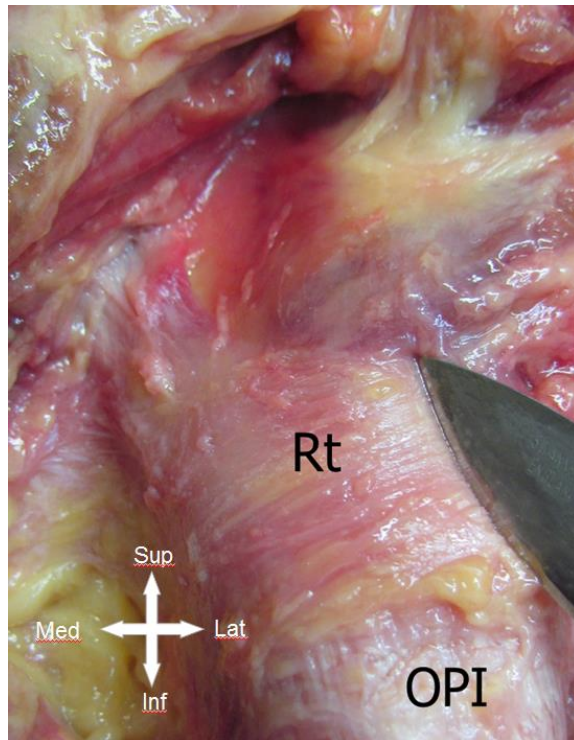
**Fig. 19** Delimitació del retinacle per poder mesurar-se.

Tal i com s'ha descrit anteriorment, el múscul gluti major cobria l'origen proximal del músculs isquiocrurals i per aquesta raó també ho feia a l'estructura anular. D'aquesta manera s'establí una estreta relació entre aquestes dues estructures, de manera que la fàscia pròpia del múscul gluti major emetia unes expansions que es fixaven a la cara més superficial d'aquest retinacle (Fig. 20). Durant la dissecció s'observava com moviments i traccions fetes a les fibres musculars del múscul gluti major eren transmeses, mitjançant aquestes expansions fascials, a aquesta estructura anular que cobria l'origen proximal dels músculs isquiocrurals.

La dissecció acurada permetia observar aquesta estructura anular. Mitjançant un tall sagital en la seva zona central (Fig. 21) es va poder observar com a l'aixecar el retinacle, aquest s'adheria superiorment al lligament sacrotuberós i inferior i lateralment al cap llarg del múscul bíceps femoral. Mentre que per la zona medial d'aquest retinacle s'observava que era més fàcilment separable del múscul semitendinos, degut a l'existència d'una capa de teixit adipós i connectiu lax situat entre l'estructura anular i el múscul.



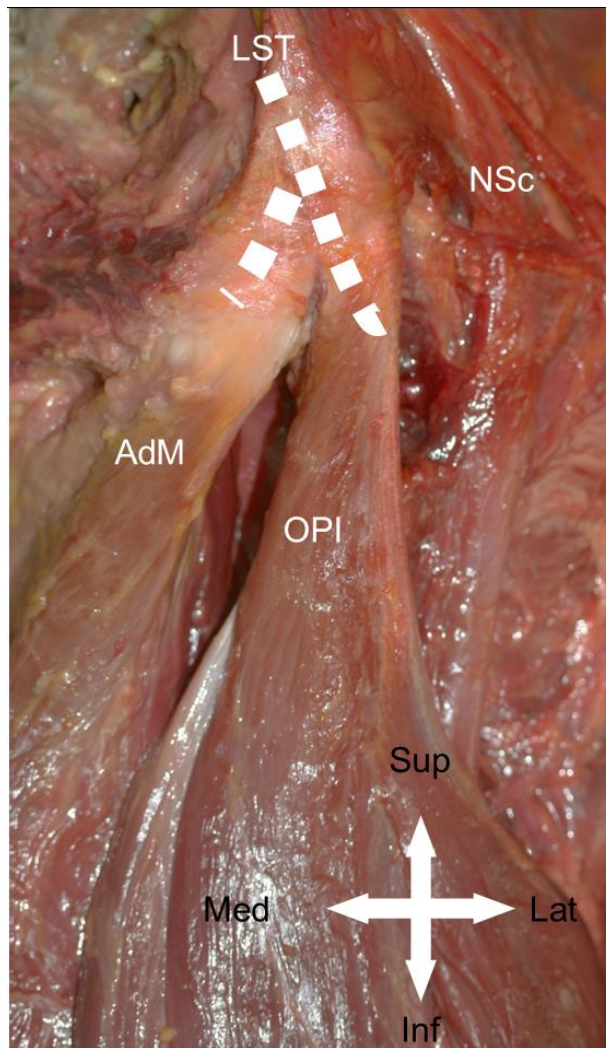
**Fig. 20** Un cop aixecat el gluti major (GIM) s'observava com des de la cara més profunda d'aquest múscul s'emetien expansions fascials (fletxes) cap al retinacle (RT).



**Fig. 21** Dissecció del retinacle (Rt). Les disseccions mostraven com aquesta estructura era perpendicular al trajecte de l'origen proximal dels músculs isquiocrurals (OPI) i com s'adheria al cap llarg del múscul bíceps femoral quan s'intentava aixecar.

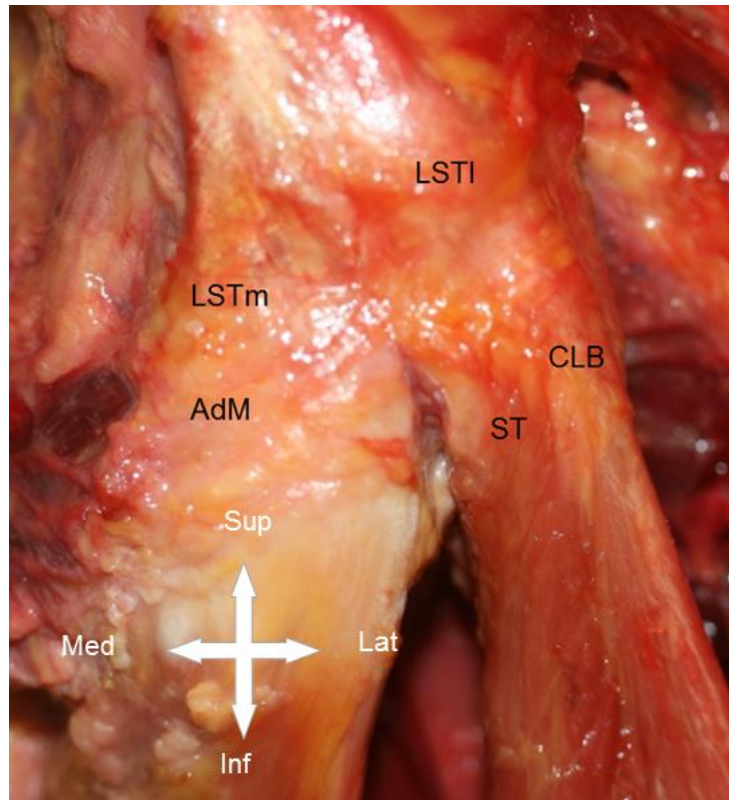
Un cop extreta l'estructura anular de teixit connectiu, quedava exposada la tuberositat isquiàtica i els elements anatòmics que en ella s'originaven. Així, de més cranial a més distal, s'observava que el lligament sacretuberós s'inseria a la tuberositat isquiàtica de manera bifurcada, amb una característica forma de lambda "λ" (Fig. 22). L'extrem més superior es fixava de manera més consistent i íntima a la part més superior de la tuberositat isquiàtica. Els extrems més inferiors d'aquesta inserció es fixaven de manera menys consistent a la part més posterior i inferior de la tuberositat isquiàtica. L'extrem inferior i lateral cobria parcialment i permetia part de l'origen del cap llarg del múscul bíceps femoral (Fig. 23 i Fig. 24). Mentre que l'altre extrem inferior medial cobria parcialment i permetia part de l'origen del fascicle posterior del múscul adductor major (Fig. 23 i Fig. 24).



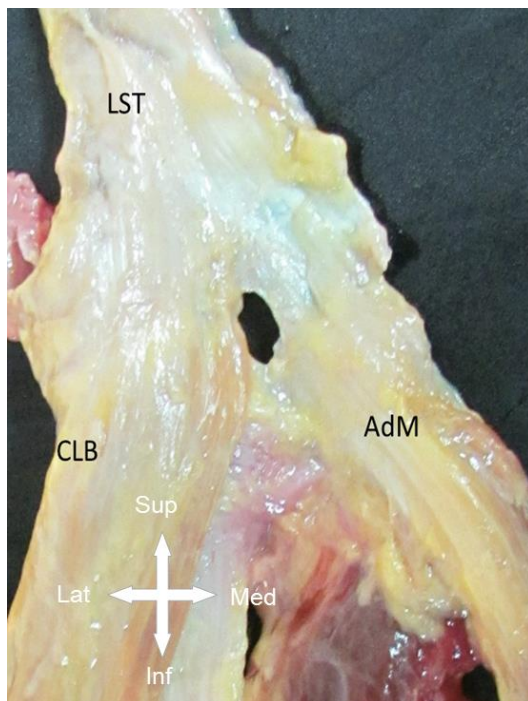


**Fig. 22** Dissecció acurada de la tuberositat isquàtica un cop extret el retinacle. S'observava la morfologia lamboidea del lligament sacretuberós (LST) i la seva relació amb l'origen proximal dels isquiocrurals (OPI) i l'origen de l'adductor major (AdM).

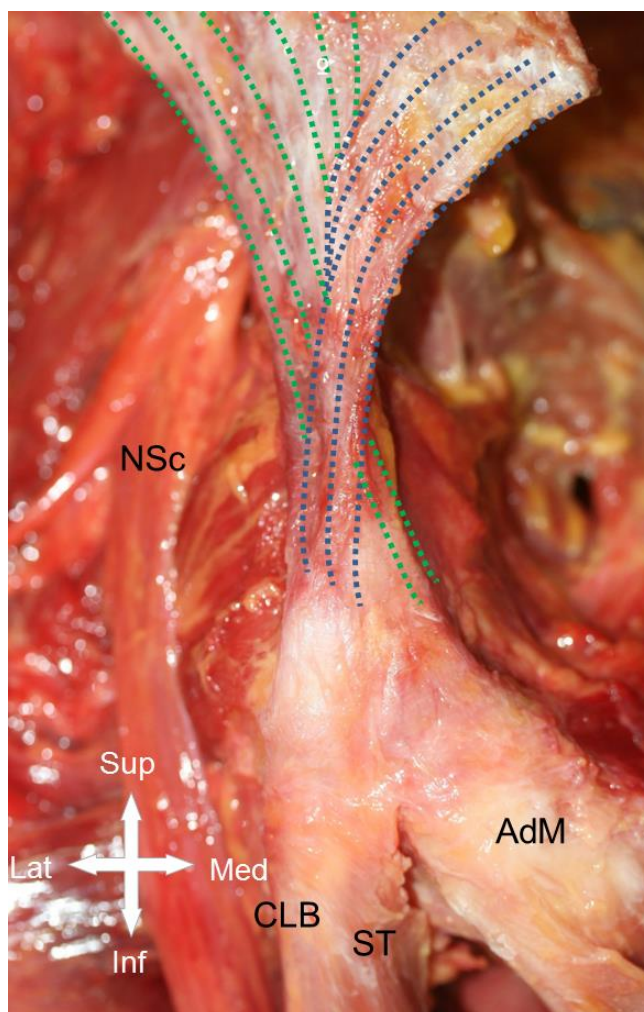
A més a més s'observava com el lligament sacretuberós presentava durant el seu trajecte una obliqüitat i un creuament de les seves fibres. De manera que les que tenien un origen més cranial i medial passaven més superficialment i formaven l'extrem més lateral d'inserció d'aquest lligament (Fig. 25); mentre que les fibres amb un origen cranial i lateral transcorrien més profundes a les anteriors i formaven l'extrem més medial d'inserció (Fig. 25).



**Fig. 23** Divisions de la inserció del lligament sacretuberós. Els resultats mostraven com l'expansió lateral (LSTI) i medial (LSTm) d'aquest lligament tenia continuïtat amb el cap llarg del múscul bíceps femoral i el fascicle posterior del múscul l'adductor major respectivament, però no amb el múscul semitendinos (ST).



**Fig. 24** Dissecció del lligament sacretuberós i la seva continuïtat amb el cap llarg del bíceps femoral (CLB) i l'adductor major (AdM).



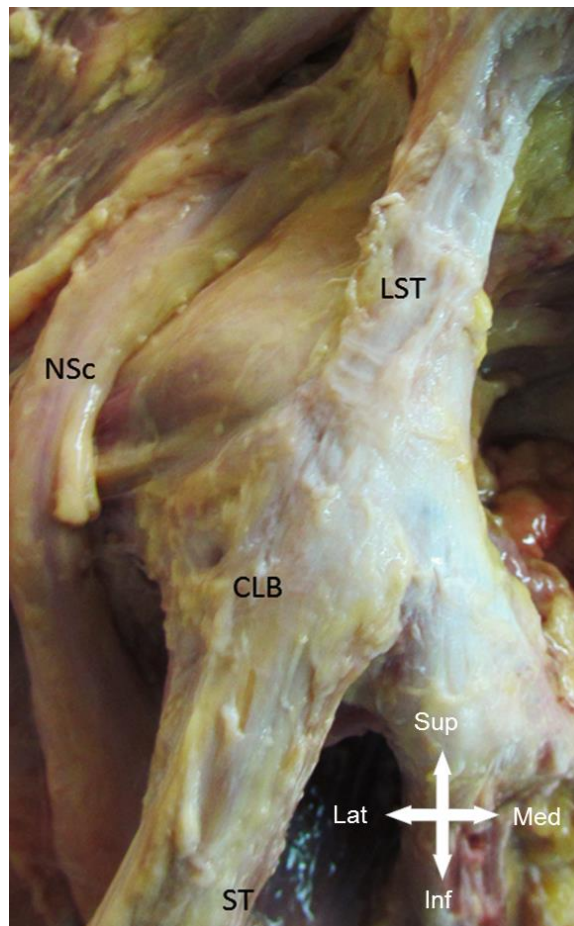
**Fig. 25** Creuament de les fibres del lligament sacretuberós. Marcades en color blau hi ha les fibres que s'originaven de la zona més medial el sacre i en verd les que ho feien a la zona més lateral. En la imatge també s'ha detallat l'adductor major (AdM), el cap llarg del múscul bíceps femoral (CLB), el múscul semitendinós (ST) i el nervi ciàtic (NSc).

Inferiorment a la mateixa tuberositat isquiàtica s'observava l'origen dels següents músculs: superficialment el cap llarg del bíceps femoral i el semitendinós, profundament el semimembranós i més medialment l'adductor major.

Primerament es descriu el tendó d'origen comú del cap llarg del bíceps femoral i el semitendinós. Aquest origen es va caracteritzar per una morfologia rectangular i una morfometria de 4.1 cm d'amplada, 2.1 cm de gruix i 5.3 cm de llargada. Les

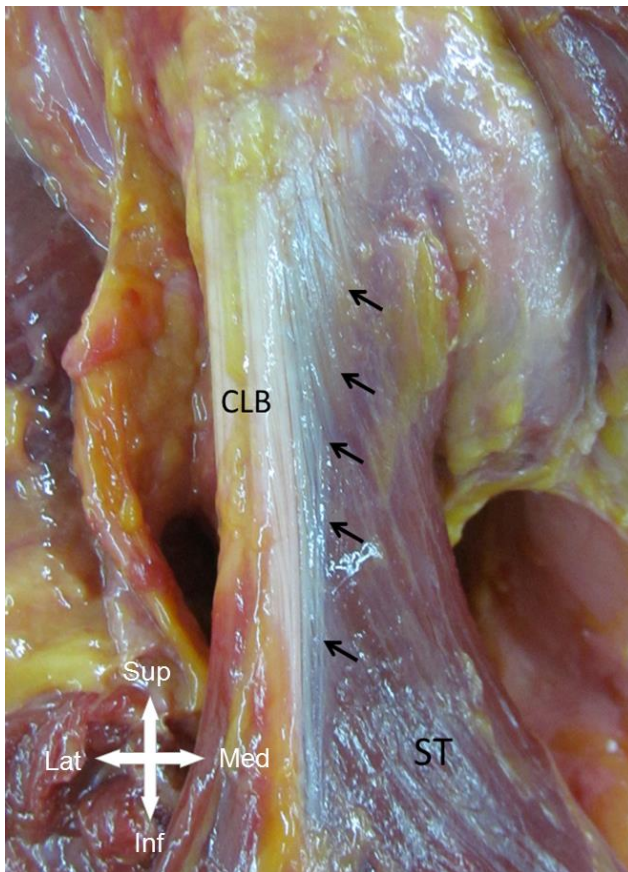


fibres més laterals d'aquest tendó comú es caracteritzaven per ser tendinoses i corresponien a les fibres que formaven el cap llarg del múscul bíceps femoral (Fig. 26) i presentaven una continuïtat amb les fibres més laterals del lligament sacretuberós (Fig. 26). Durant la dissecció d'aquest múscul s'observava com les fibres tendinoses més superficials s'originaven directament de la porció més lateral d'inscripció del lligament sacretuberós (Fig. 27). La porció medial del tendó conjunt corresponia a l'origen del múscul semitendinos (Fig. 27). La dissecció mostrava com aquest múscul s'originava mitjançant unes fibres musculars directes de la porció tendinosa del cap llarg del bíceps femoral, mentre que la resta de fibres d'origen ho feien directament a la tuberositat isquiàtica, més concretament en l'espai situat entre les dues expansions d'inscripció del lligament sacretuberós (Fig. 28 i Fig. 29).

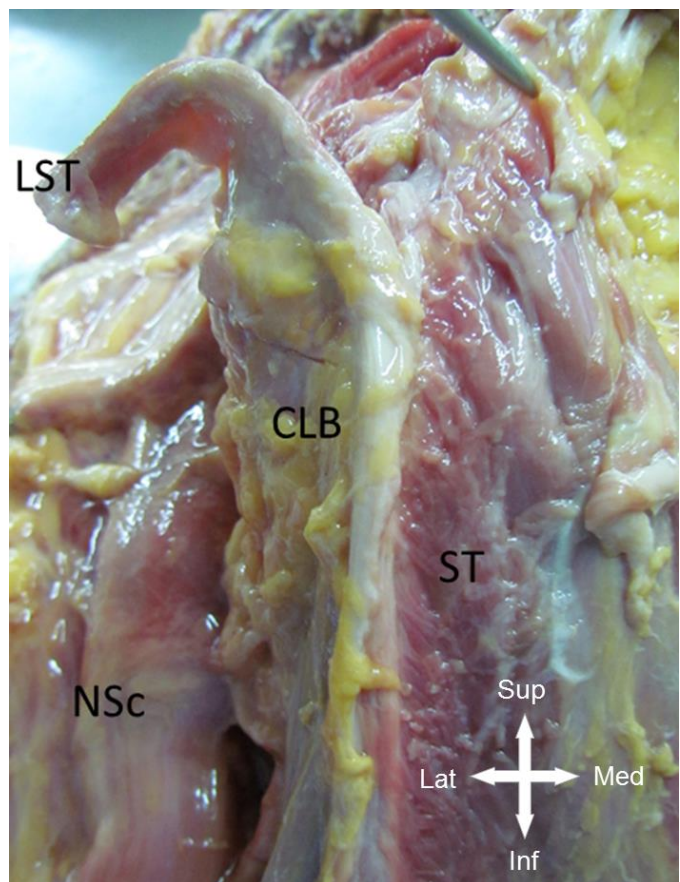


**Fig. 26** Origen comú dels músculs cap llarg del bíceps femoral (CLB) i del semitendinos (ST). Les preparacions cadavèriques mostraven la continuïtat del CLB amb el lligament sacretuberós i la situació lateral del nervi ciàtic (NSc).

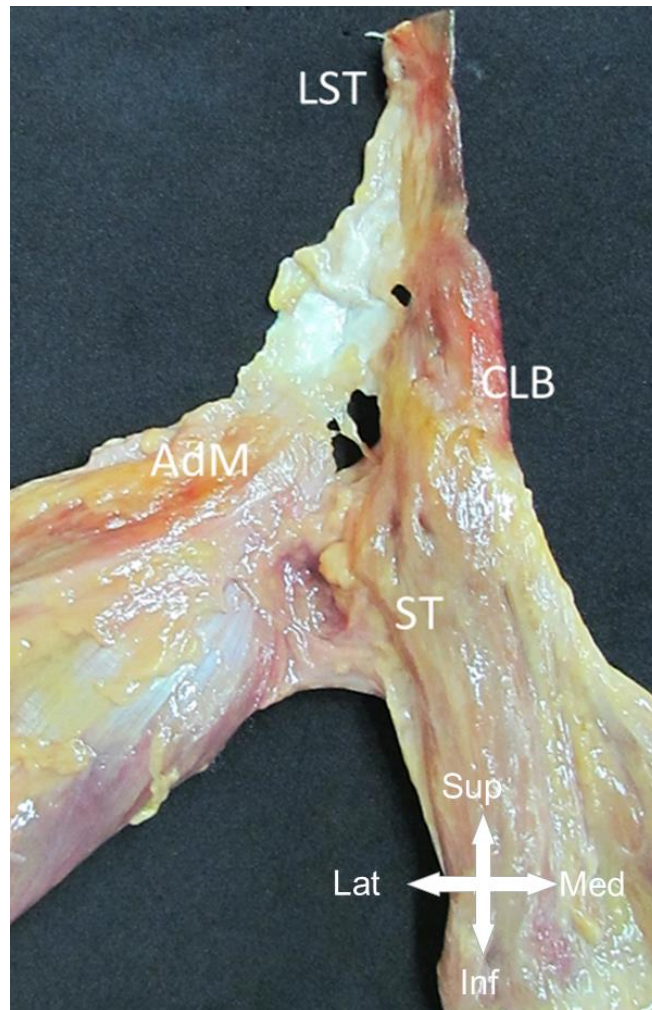




**Fig. 27** Origen del múscul semitendinos (ST). La dissecció d'aquest tendó ensenyava com aquest múscul s'originava majoritàriament (fletxes) del cap llarg del bíceps femoral (CLB).



**Fig. 28** Durant la dissecció del cap llarg del bíceps femoral (CLB) s'observava com al desadherir-lo, el procediment havia de continuar amb la dissecció del lligament sacretuberós (LST). Punts de referència de la imatge: semitendinos (ST) i nervi ciàtic (NSc).



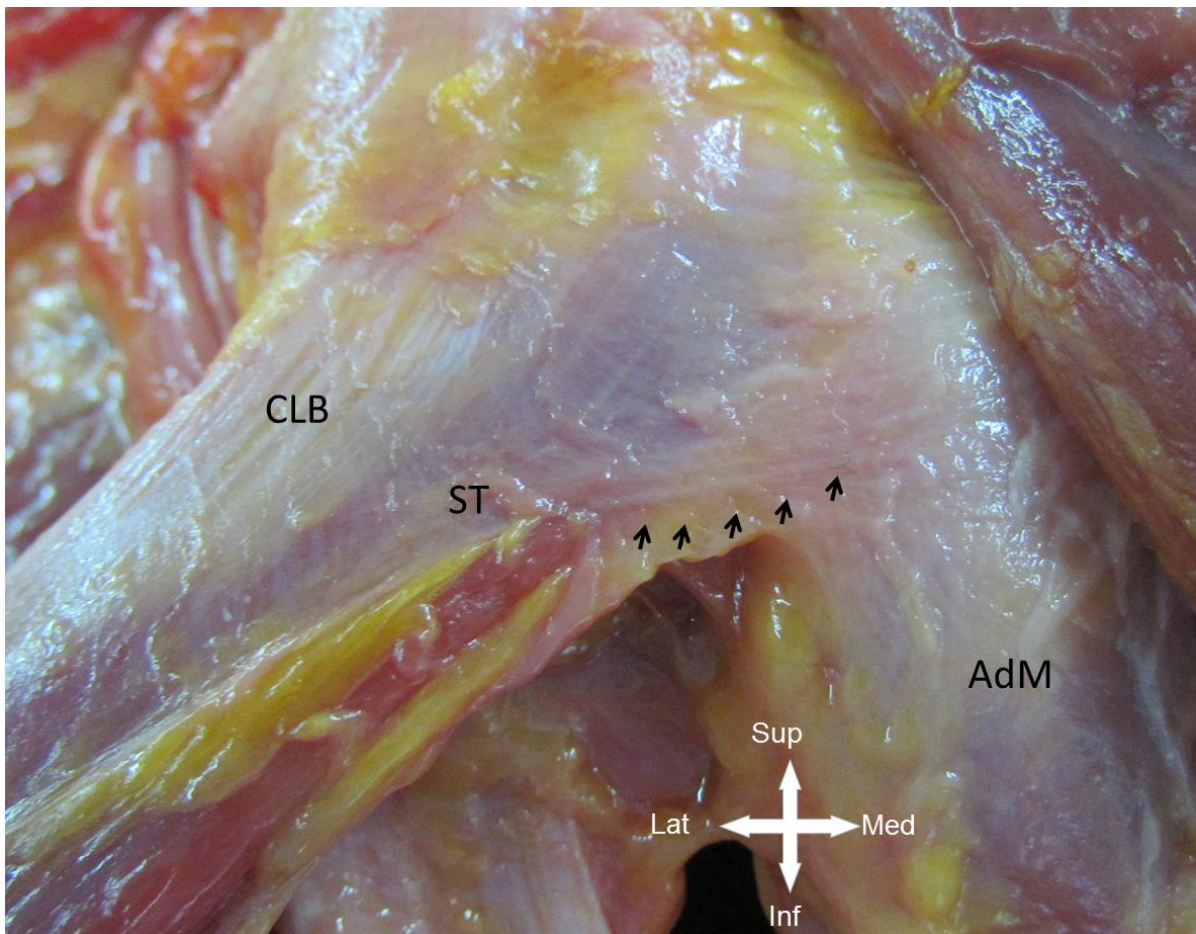
**Fig. 29** Un cop es dissecionava i s'adheria el lligament (LST) es podia comprovar com entre les dues expansions del lligament es trobava el múscul semitendinos (ST), medialment al cap llarg el bíceps (CLB) i lateralment al fascicle posterior adductor major (AdM).

No obstant, l'origen del múscul semitendinos presentava dues possibles variacions depenent de l'origen del múscul adductor major. Aquestes eren:

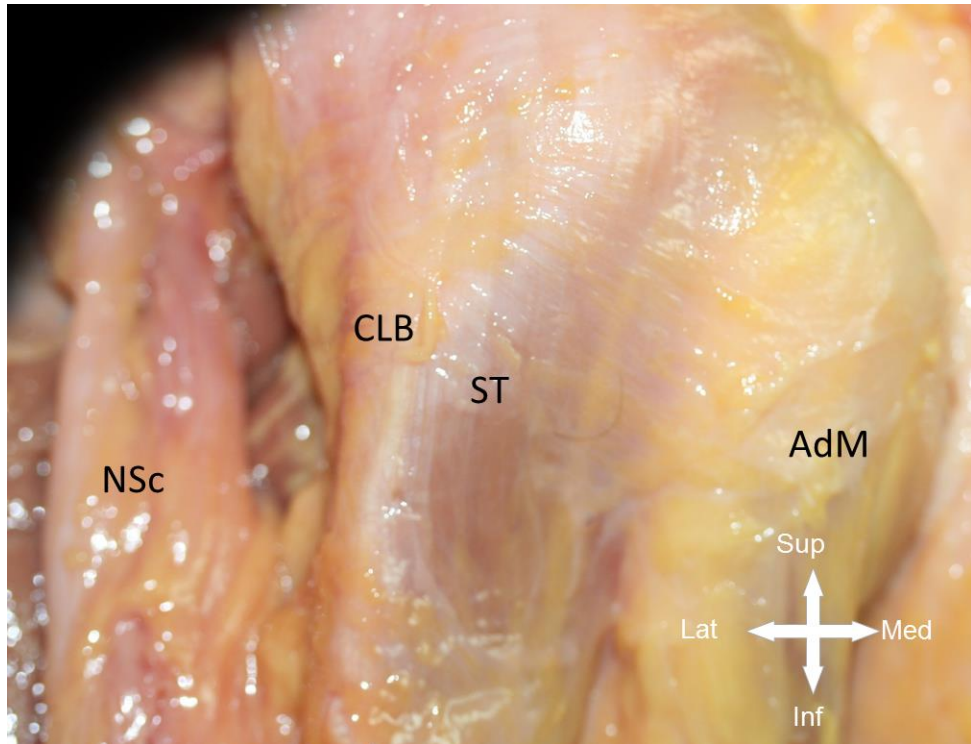
-Si l'origen de l'adductor es trobava en l'àrea més posterior i medial de la tuberositat isquiàtica, hi havia fibres conjuntes entre tots dos músculs (Fig. 30). Observat en 18 extremitats inferiors dissecionades, sense observar relació de costat o de subjecte.



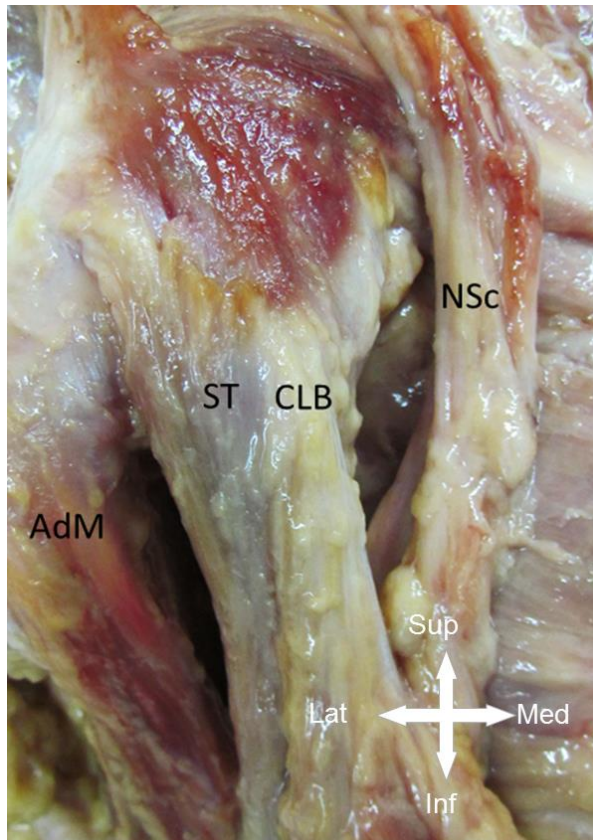
-Si l'origen de l'adductor major es trobava en l'àrea més anterior i medial de la tuberositat isquiàtica trobàvem que (Fig. 32) o bé no hi havia relació entre aquests dos orígens musculars o les fibres conjuntes eren pràcticament inexistentes (Fig. 32). Observat en 14 extremitats inferiors disseccionades, sense observar relació de costat o de subjecte.



**Fig. 30** Marcades les connexions entre el múscul semitendinos (ST) i el fascicle posterior de l'adductor major (AdM).

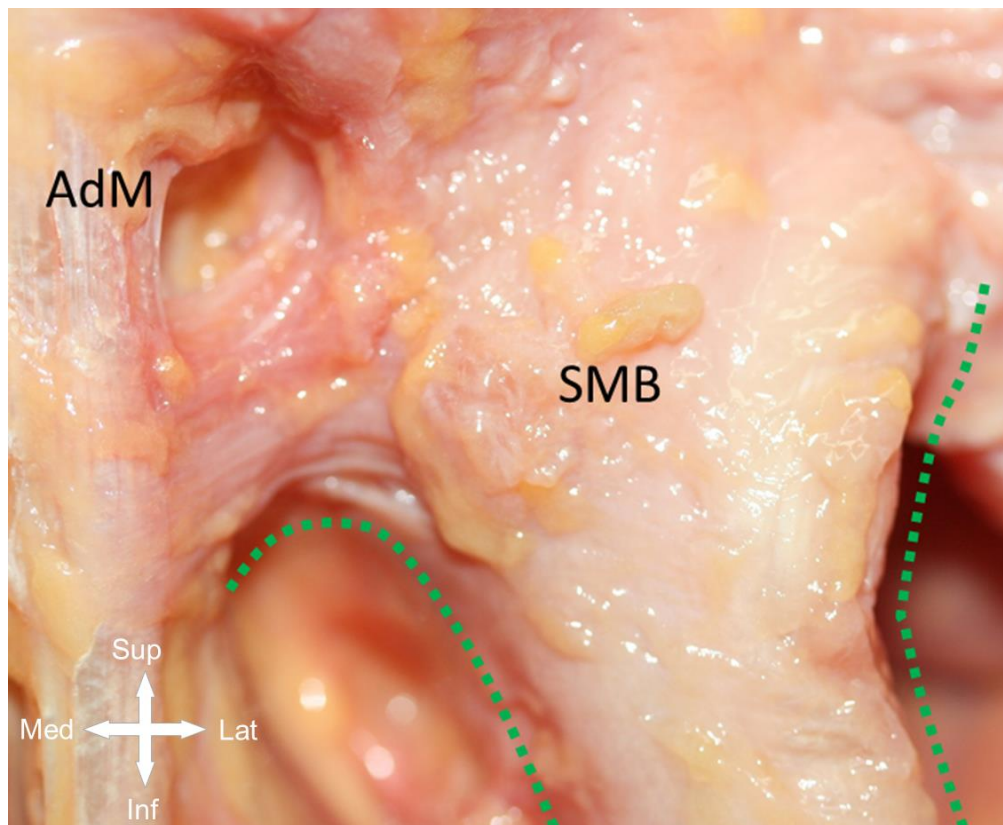


**Fig. 31** Quan el fascicle posterior de l'adductor major (AdM) s'originava profundament no existia relació directa entre aquest múscul i el múscul semitendinos (ST) i es situava teixit adipós entre tots dos músculs. Punts de referència de la imatge: el nervi ciàtic (NSc) i el cap llarg del bíceps femoral (CLB).



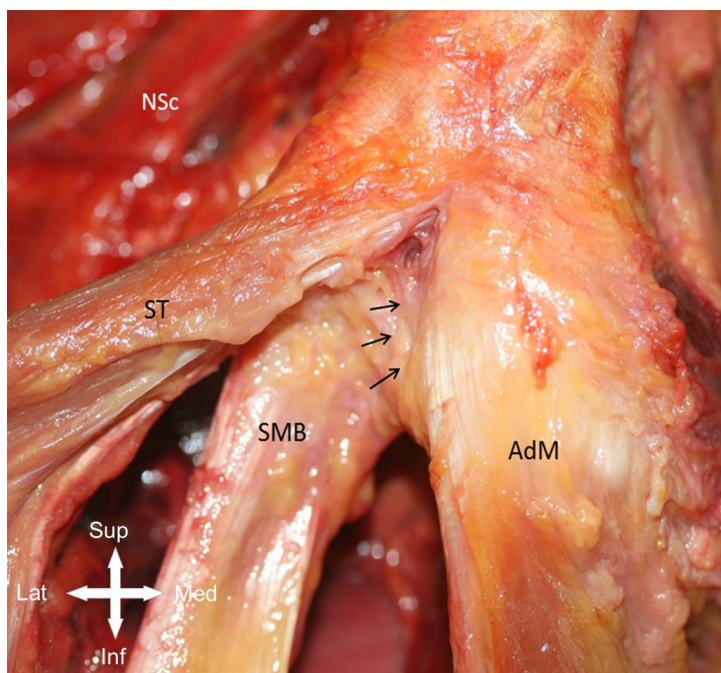
**Fig. 32** En la dissecció s'observava una petita connexió entre el múscul semitendinos (ST) i el fascicle posterior del múscul adductor major (AdM).

Al prosseguir la dissecció i a l'aixecar el tendó comú del múscul semitendinos i el cap llarg del múscul bíceps femoral, s'observava l'origen del múscul semimembranós. Aquest múscul s'originava en la zona lateral de la tuberositat isquiàtica mitjançant un tendó que s'obria en forma de ventall en el seu extrem més superior (Fig. 33). La cara posterior d'aquest tendó emetia expansions musculars al fascicle posterior de l'adductor major (Fig. 34) i a la cara profunda del tendó conjunt del múscul bíceps femoral i del múscul semitendinos, més concretament a la porció tendinosa del cap llarg del bíceps femoral (Fig. 35 i Fig. 36).

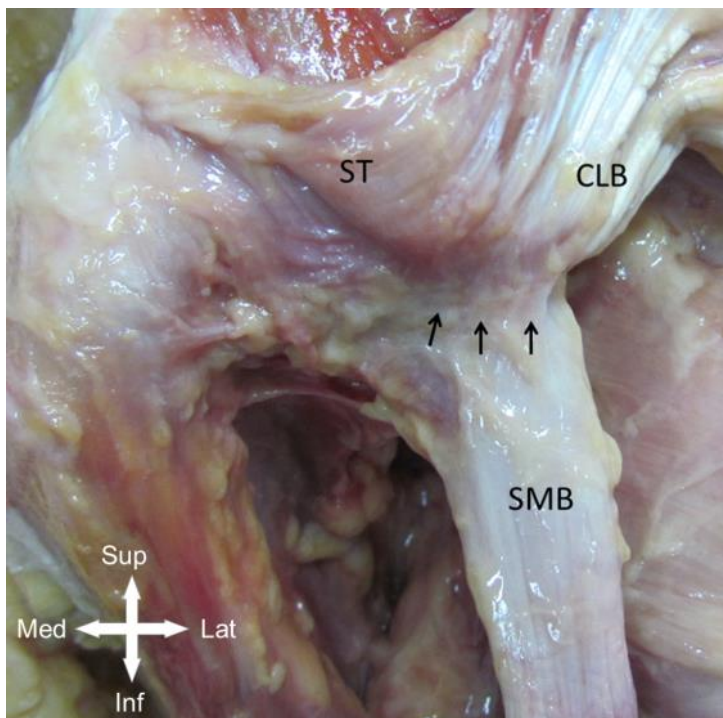


**Fig. 33** Visió posterior del múscul semimembranós (SMB). Un cop s'aixecava l'origen comú es veia la morfologia del SMB (línies discontinues). Punts de referència en la imatge: fascicle posterior de l'adductor major (AdM).

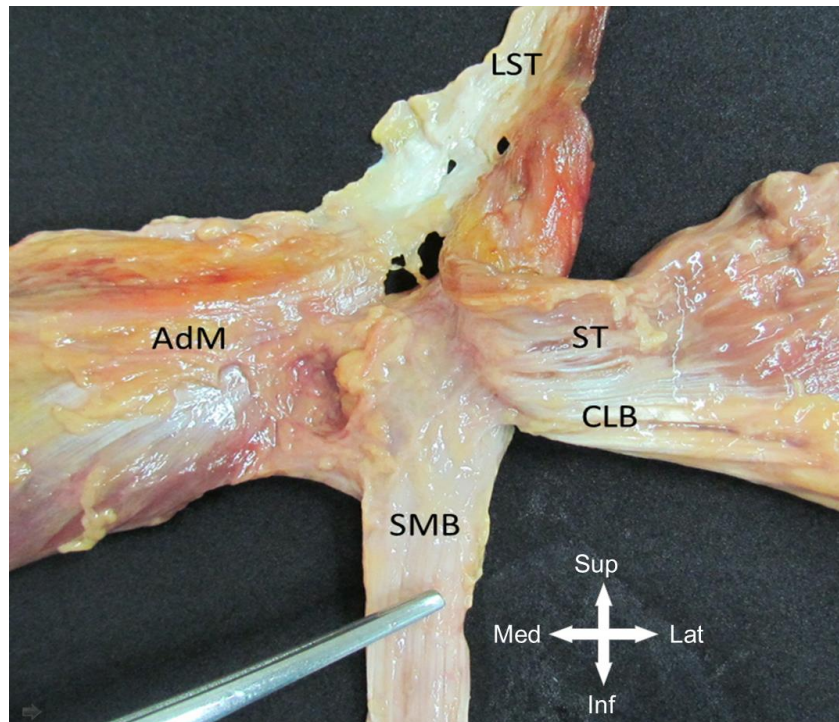




**Fig. 34** Un cop s'aixecava l'origen comú del cap llarg del bíceps femoral i el múscul semitendinos (ST) la dissecció mostrava expansions tendinoses (fletxes) entre el múscul semimembranós (SMB) i el fascicle posterior de l'adductor major (AdM).

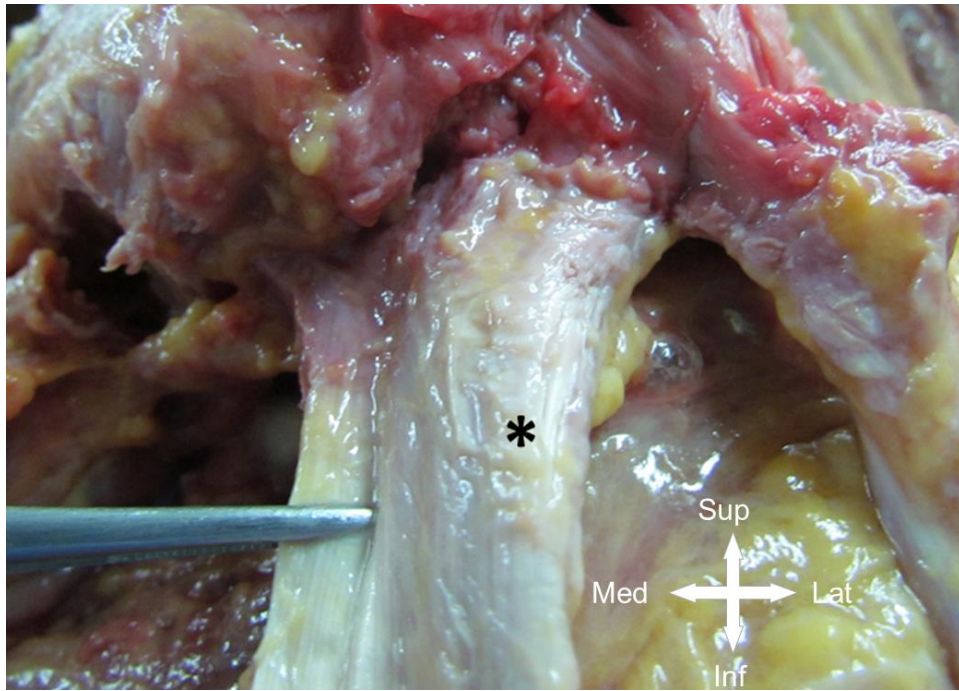


**Fig. 35** Un cop s'aixecava el tendó comú del múscul semitendinos (ST) i del cap llarg el bíceps femoral (CLB) s'observava com des de la cara posterior del múscul semimembranós s'originaven fibres que es fusionaven a la cara profunda del CLB.

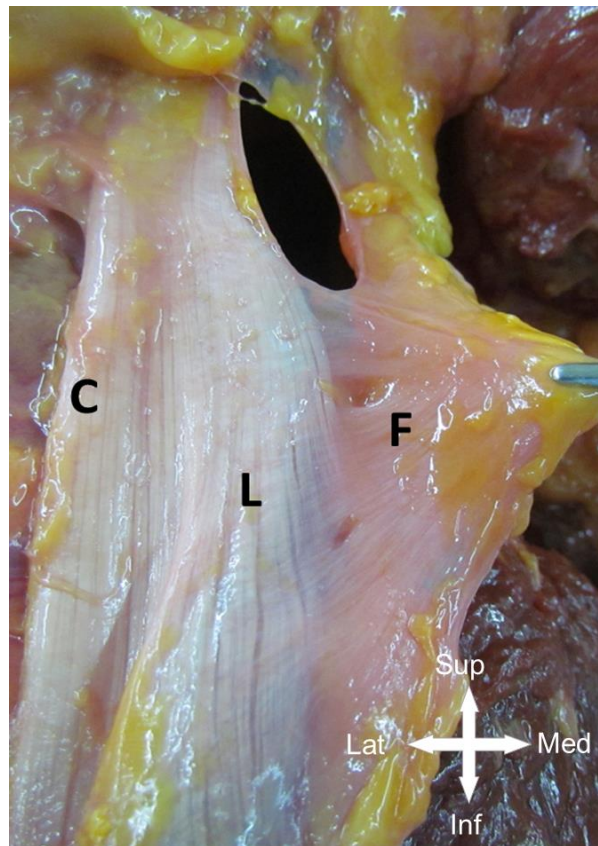


**Fig. 36** Dissecció del múscul semiembranós (SMB) a partir del lligament sacretuberós (LST). Mitjançant la dissecció del SMB es comprovava com existia una continuïtat entre el lligament i el múscul adductor major (AdM) i el cap llarg del bíceps femoral (CLB) però no passava amb el múscul semitendinos (ST).

La dissecció acurada del tendó del semimembranós mostrava com aquest estava format per dues parts clarament diferenciades però que formaven un únic tendó. La porció més lateral era cilíndrica, mentre que més la medial era laminar i aplanada (Fig. 37). A mesura que el tendó descendia, la porció cilíndrica anava reduint-se i s'incrementava la porció aplanada, fins a donar lloc a les fibres musculars. Durant el trajecte de la porció laminar s'estenia una làmina fascial (Fig. 38) que continuava amb la fàscia del fascicle posterior del múscul adductor major (Fig. 39). També s'observava com el múscul semimembranós canviava el seu trajecte durant el seu recorregut pel compartiment posterior de la cuixa. Passava d'un origen lleugerament lateral i profund al cap llarg del múscul bíceps femoral, a esdevenir un múscul medial i profund en relació al múscul semitendinos.

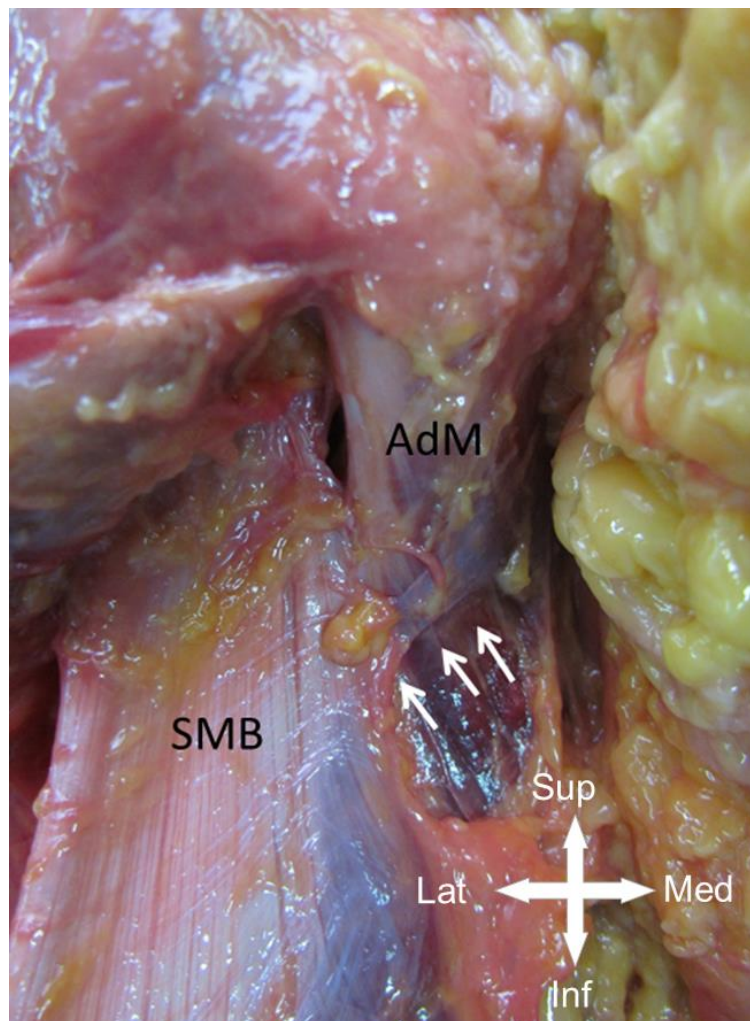


**Fig. 37** Morfologia del múscul semimembranós en el seu origen. La dissecció de l'extrem proximal d'aquest múscul mostrava una porció laminar (marcada amb les pinces) i una porció cilíndrica "\*".



**Fig. 38** Tendó d'origen del múscul semimembranós. (C) Porció cilíndrica i més lateral. (L) Porció laminar i més medial. (F) Lamina fascial.

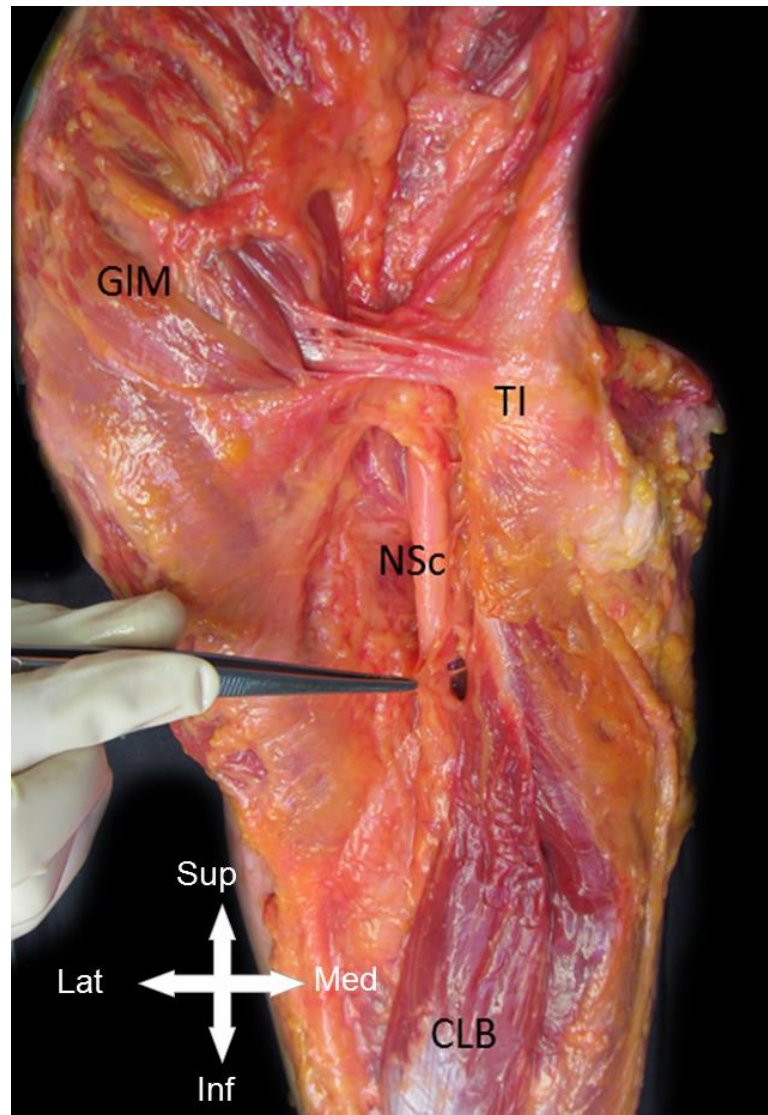




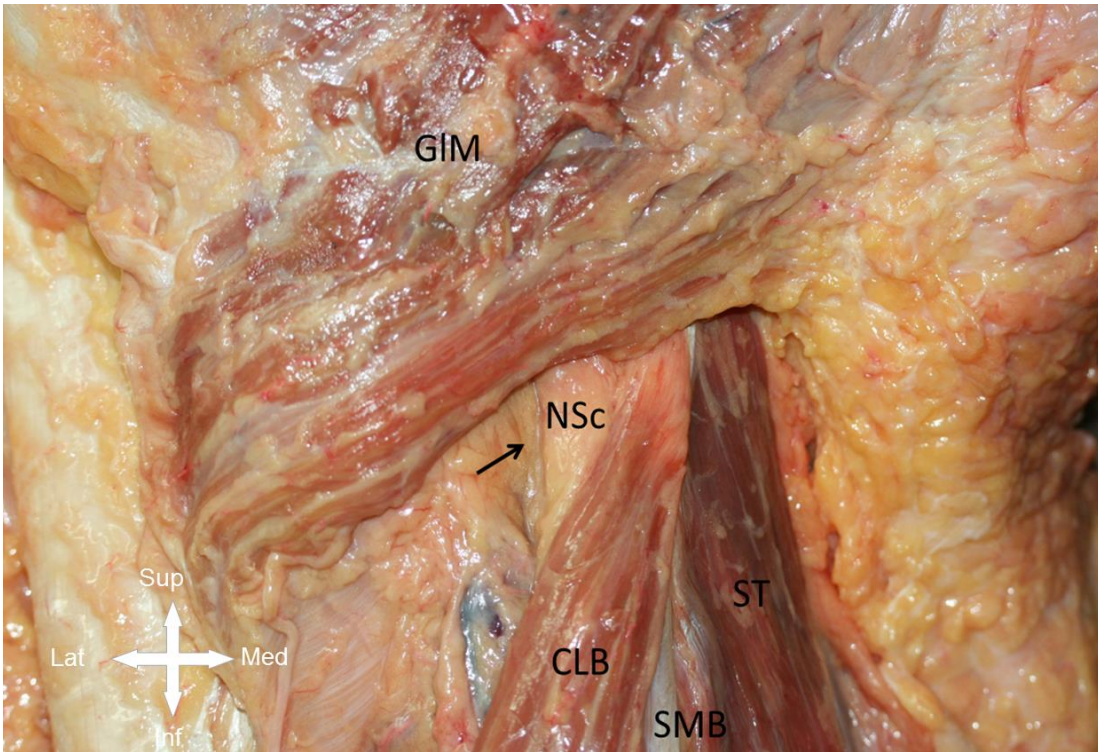
**Fig. 39** Connexió fascial (marcada amb fletxes) entre la part laminar del múscul semimembranós (SMB) i el fascicle posterior de l'adductor major (AdM).

Un cop estudiades les relacions d'aquestes estructures anatòmiques respecte a la tuberositat isquiàtica, s'ha estudiat la relació que tenien l'origen proximal dels isquiocrurals i la tuberositat isquiàtica amb els nervis ciàtic i cutani posterior de la cuixa. En totes les mostres estudiades el nervi ciàtic sorgia de la pelvis per l'espai infrapiriforme i descendia superficial als músculs gèmings superior i inferior, obturador intern i quadrat femoral; per situar-se lateralment a la tuberositat isquiàtica (Fig. 40). En aquest punt se situava a 1.3 cm ( $\pm 0.7$ ) lateralment de la tuberositat isquiàtica i es trobava cobert per 6.2 cm ( $\pm 2$ ) per la cara anterior del múscul gluti major, abans de cobrir-se pel cap llarg del bíceps femoral. En un sol cas es va observar com el nervi quedava desprotegit d'aquests

dos músculs durant un trajecte de 2.1 centímetres, abans de cobrir-se pel cap llarg el bíceps femoral (Fig. 41).



**Fig. 40** Trajecte del nervi ciàtic (NSc) amb relació a la tuberositat isquiàtica (TI). Un cop s'aixecava el múscul gluti major (GIM) es veia com el nervi quedava cobert pel cap llarg del bíceps femoral (CLB) durant el seu transcurs per la cuixa.



**Fig. 41** Únic espècimen en el que es va trobar de manera unilateral, que part del trajecte del nervi ciàtic (NSc) quedava desprotegit del múscul gluti major (GIM) i del cap llarg del bíceps femoral (CLB). Altres punts de referència: múscul semitendinos (ST) i múscul semimembranós (SMB).

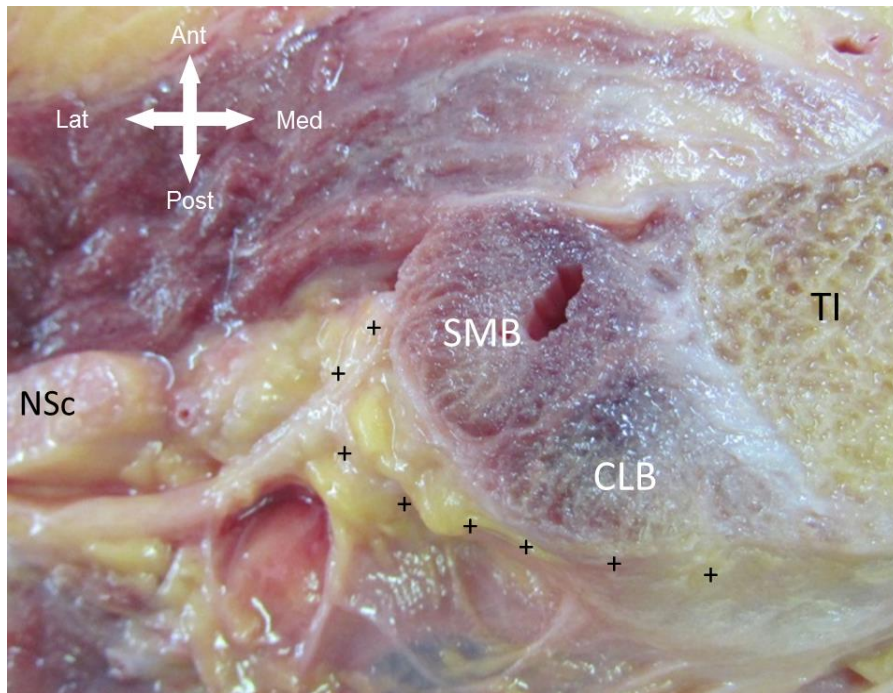
## RESULTATS OBTINGUTS MIJTANÇANT L'ANATOMIA SECCIONAL

### Talls transversals:

Els talls transversals van ser realitzats a diferents nivells. De més perifèric a més central i de més superficial a més profund s'observava la pell, la fàscia superficial, la fàscia profunda, el múscul gluti major i dependent de l'alçada s'observaven les següents estructures:

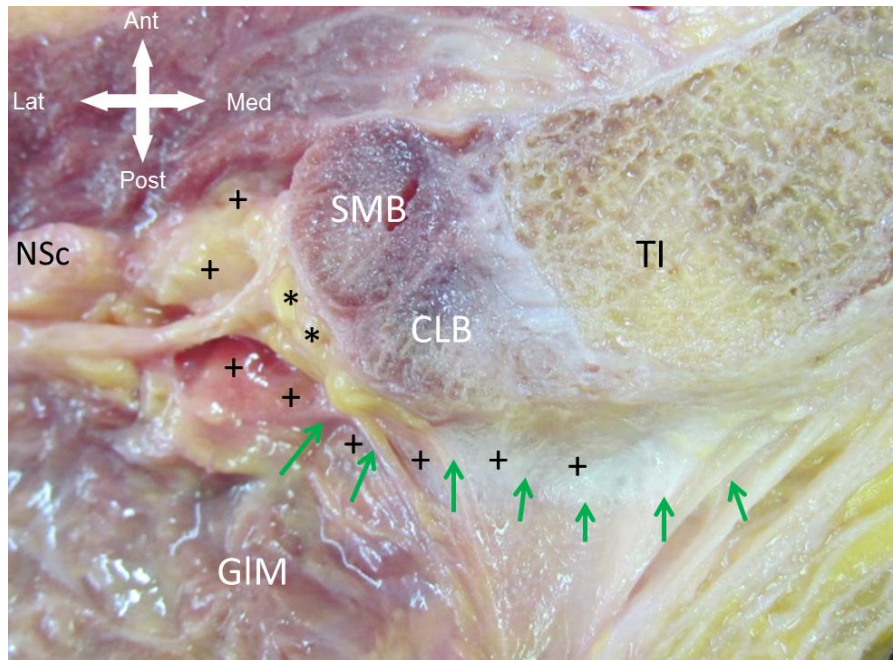
- **En talls transversals realitzats a nivell superior de la tuberositat isquiàtica** s'observava el lligament sacretuberós.
- **En talls transversals realitzats a nivell mig de la tuberositat isquiàtica** s'apreciava l'origen tendinós del cap llarg del múscul bíceps femoral amb una morfologia tendinosa. Originant-se lateral al bíceps, s'hi trobava el tendó del múscul semimembranós amb una morfologia més arrodonida (Fig. 42). Superficialment a l'origen proximal dels músculs isquicrurals es trobava la presència d'un teixit connectiu que rodejava i cobria tot l'origen dels isquicrurals amb una morfologia anular (Fig. 42). Aquesta estructura fascial cobria i es relacionava de manera íntima amb el tendó del cap llarg del bíceps femoral; però es trobava lleugerament separada de la cara anterior del tendó del múscul semimembranós per una capa de teixit adipós (Fig. 42).



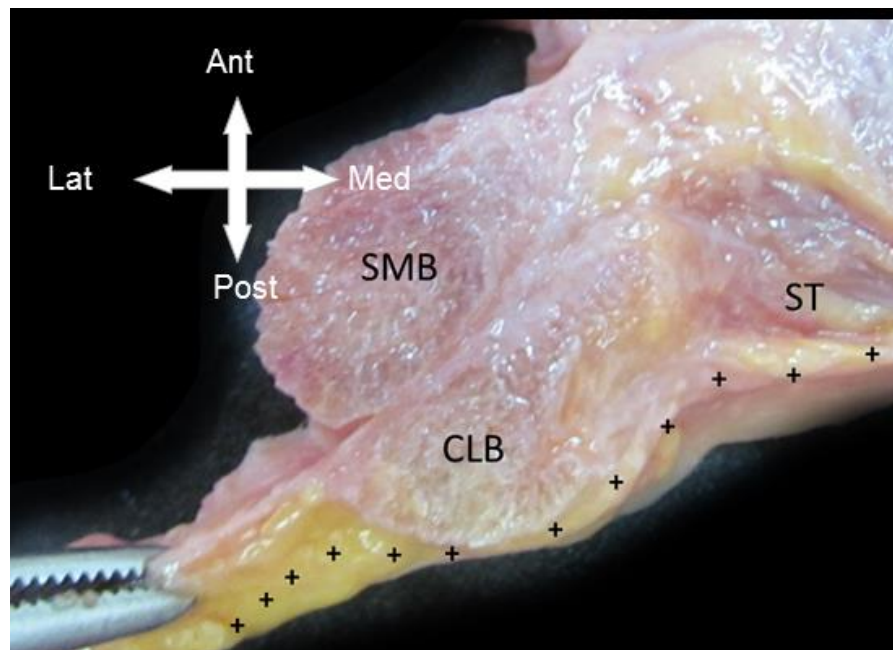


**Fig. 42** Tall transversal que es va realitzar a nivell mig de la tuberositat isquiàtica (TI). S'observava el nervi ciàtic (NSc) i com el tendó del múscul semimembranós (SMB) quedava lateral al tendó del cap llarg del múscul bíceps femoral (CLB). En aquests tall també es podia observar com el retinacle cobria l'origen dels músculs isquiocrurals (+).

Aquesta estructura de teixit connectiu s'observava que era diferent a la de la fàscia del múscul gluti major però es relacionava amb ella per expansions fascials de la cara profunda d'aquest mateix múscul (Fig. 43). Al disseccionar i separar les fibres musculars del múscul gluti major es comprovava com aquesta acció tensava les connexions existents entre el múscul gluti major i el retinacle, transmetent indirectament aquesta tensió als tendons isquiocrurals (Fig. 43). Al separar el retinacle de l'origen dels músculs isquiocrurals es comprovava com aquesta estructura s'adheria al tendó d'origen del múscul bíceps femoral, però no al múscul semimembranós ni al múscul semitendinos (Fig. 43 i Fig. 44).



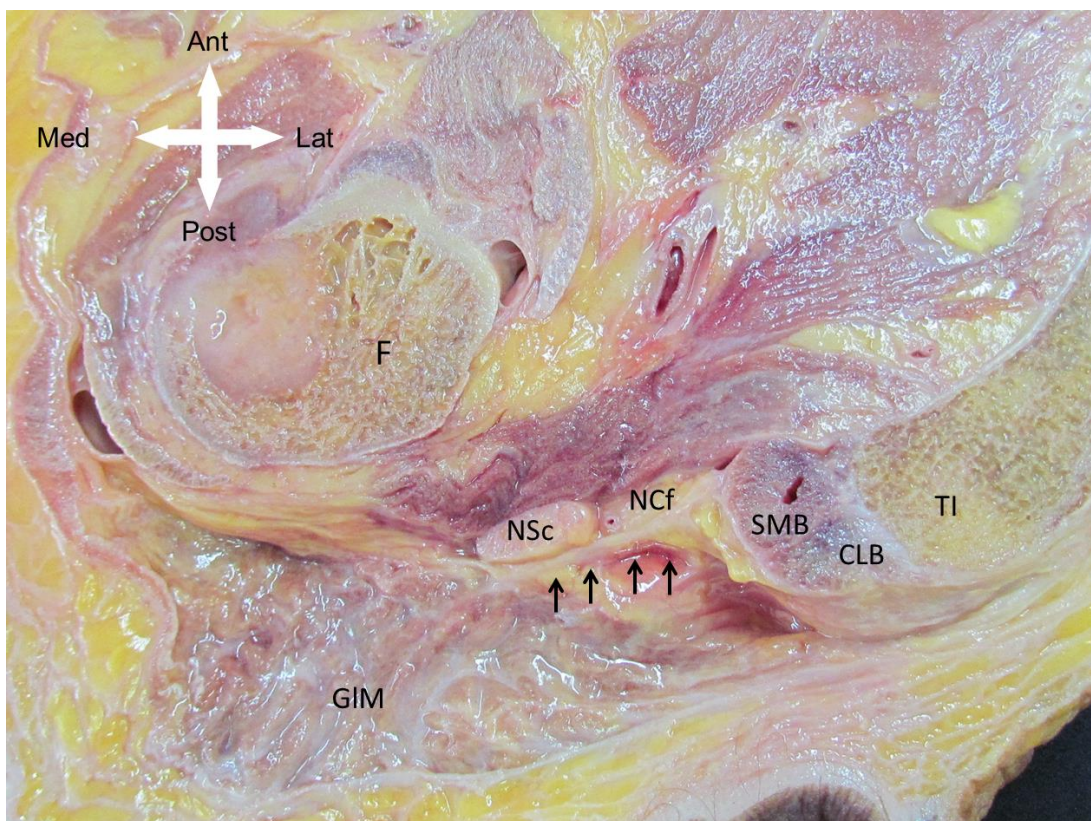
**Fig. 43** Les traccions que es produïen al gluti major (GIM) durant la dissecció eren transmeses per connexions fascials (fletxes) a la cara més superficial del retinacle (+). També es podia observar en aquests talls com existia una capa de teixit adipós (\*) que separava el retinacle del múscul semi membranós (SMB), però no al cap llarg del bíceps femoral (CLB).



**Fig. 44** Dissecció del retinacle (+) en un tall transversal. El retinacle es trobava adherit al cap llarg del múscul bíceps femoral (CLB) però no el múscul semimebranós (SMB) ni en el semitendinós (ST).

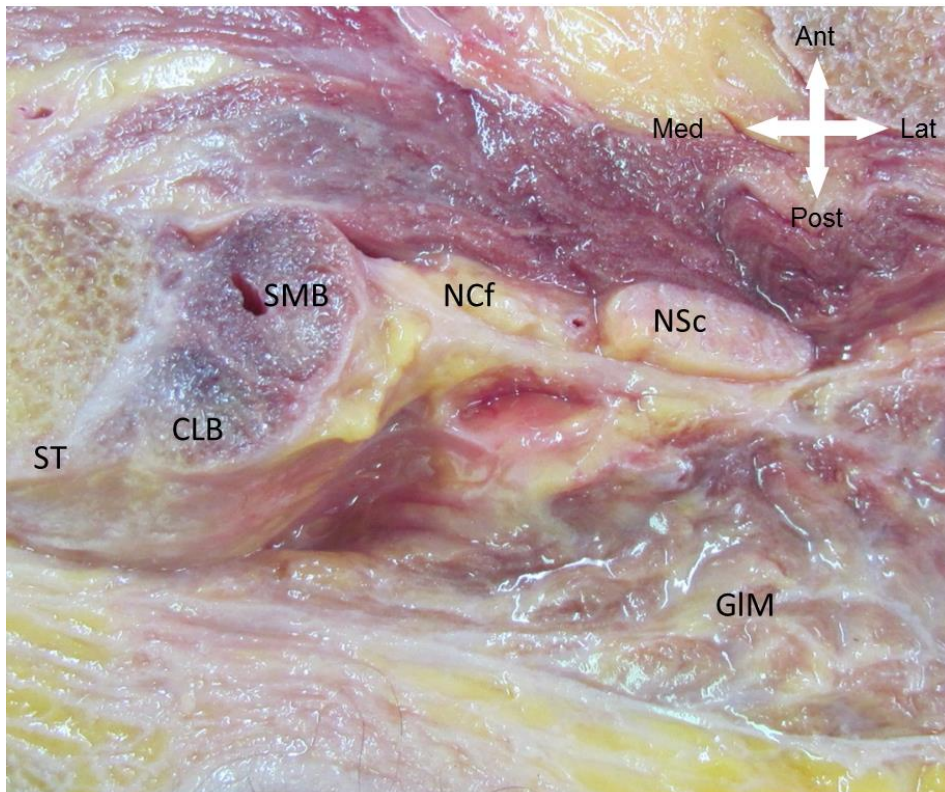


En els talls transversals realitzats a la part més inferior de la tuberositat isquiàtica es podia comprovar com de la cara anterior del múscul gluti major s'originava una làmina fascial (Fig. 45), que era la responsable d'aïllar els nervis ciàtic i cutani femoral posterior juntament amb teixit adipós i connectiu. Durant la dissecció dels talls es podia comprovar com qualsevol moviment o tracció que es pogués realitzar en els músculs gluti major o isquiocrurals era transmesa al nervi ciàtic mitjançant aquesta fulla de teixit connectiu.



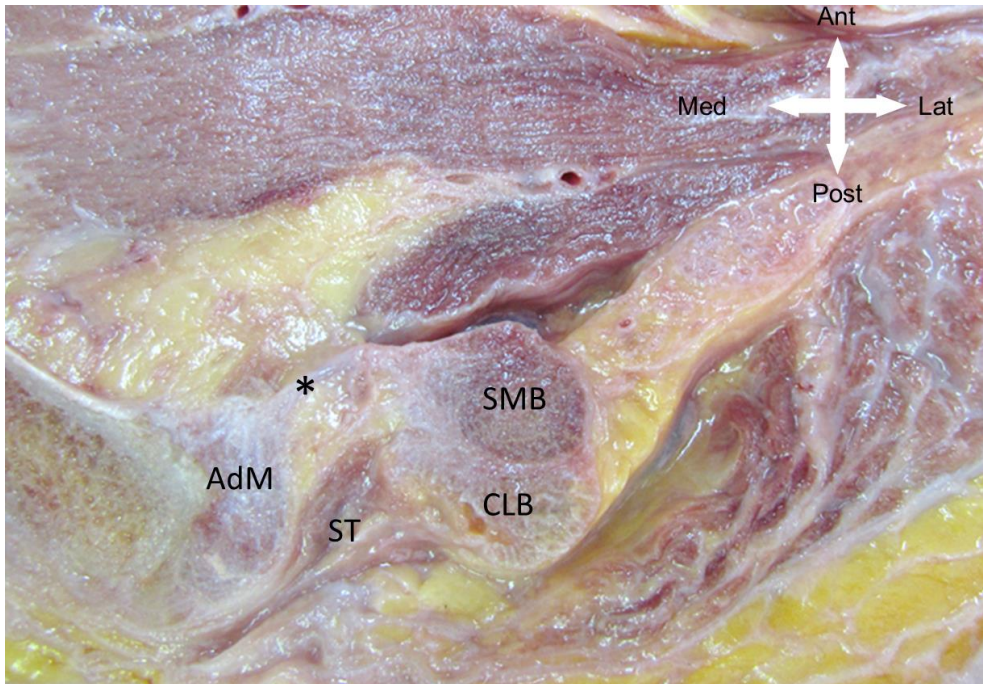
**Fig. 45** De la cara profunda del gluti major (GIM) s'estenien fibres fascials fins el retinacle, que cobrien i aïllaven els nervis ciàtic (NSc) i el cutani femoral posterior (NCf). Altres punts de referència en la imatge: múscul semimebranós (SMB), cap llarg del múscul bíceps femoral (CLB) i tuberositat isquiàtica (TI).

Les fibres musculars del múscul semitendinos no apareixien fins a nivells més inferiors, i ho feien mitjançant fibres musculars medials a la porció tendinosa del cap llarg del bíceps femoral (Fig. 46). La dissecció d'alguns talls també mostrava l'existència de connexions amb el múscul semimembranós i el fascicle posterior de l'adductor major (Fig. 47).



**Fig. 46** El múscul semitendinos (ST) pràcticament no apareixia fins a talls més inferiors de la tuberositat isquiàtica i ho feia mitjançant petites fibres en la tuberositat isquiàtica o medial al cap llarg del bíceps femoral (CLB). Altres punts de referència en la imatge: semimembranós (SMB), nervi ciàtic (NSc) i nervi cutani femoral posterior (NCf).

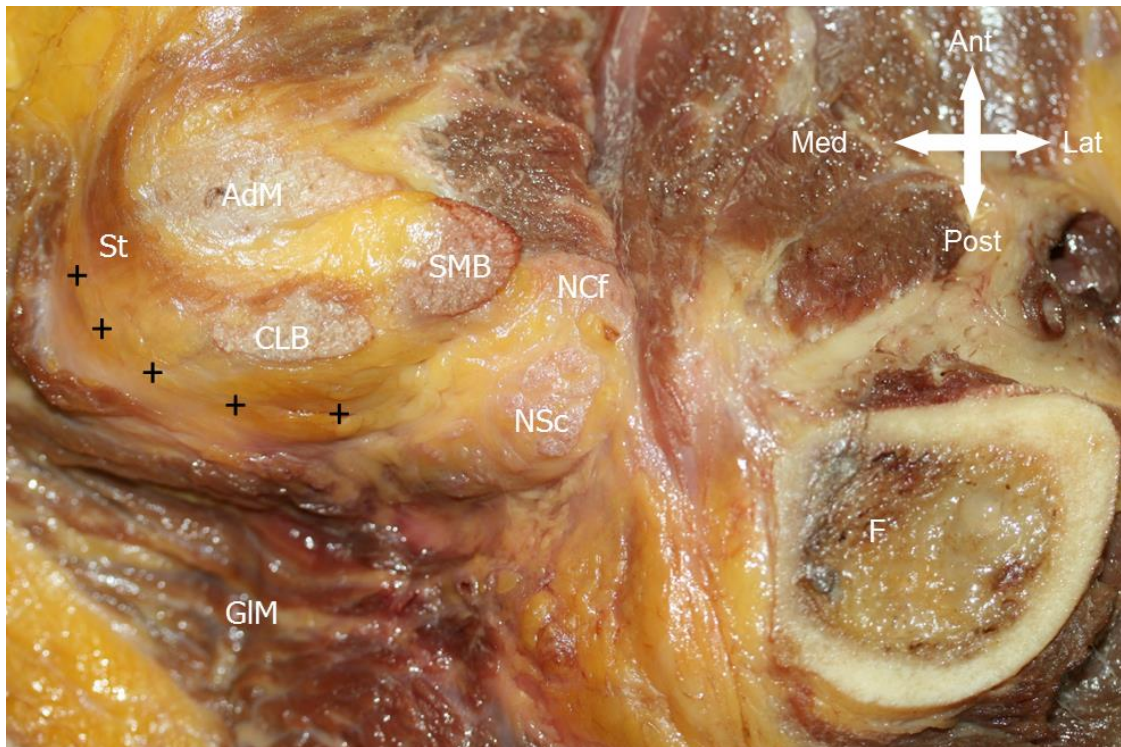




**Fig. 47** En talls transversals realitzats a nivell més inferior s'observaven fibres musculars del múscul semitendinos (ST) originant-se lateralment al cap llarg del bíceps femoral (CLB). També es podia comprovar com existien connexions (\*) entre l'adductor major (AdM) i el múscul semimembranós (SMB).

- **En talls transversals més distals, realitzats a nivell inferior de la tuberositat isquiàtica,** es podia observar que durant tota la seqüència de talls transversals realitzats a partir de la tuberositat isquiàtica (Fig. 48):
  - La porció tendinosa més superficial tenia forma triangular, era de mida més petita i corresponia al tendó conjunt del múscul bíceps femoral i semitendinos. Encara que majoritàriament les fibres corresponien al cap llarg del múscul bíceps femoral.
  - La porció tendinosa localitzada més posterior i lateral al bíceps corresponia a l'origen del múscul semimembranós i es trobava situada al mateix pla (nivell) que el nervi ciàtic (que es localitzava lateralment). El tendó del múscul semimembranós es caracteritzava per presentar fibres més gruixudes que la porció del múscul bíceps femoral i presentava una lleugera concavitat anterior.

- La porció tendinosa més medial i adherida a la tuberositat isquiàtica corresponia a l'origen del fascicle posterior del múscul adductor major. En 5 extremitats analitzades mitjaçant talls sagitals aquesta porció muscular compartia fibres amb el múscul semimembranós, no s'ha observat relació de costat o de subjecte.



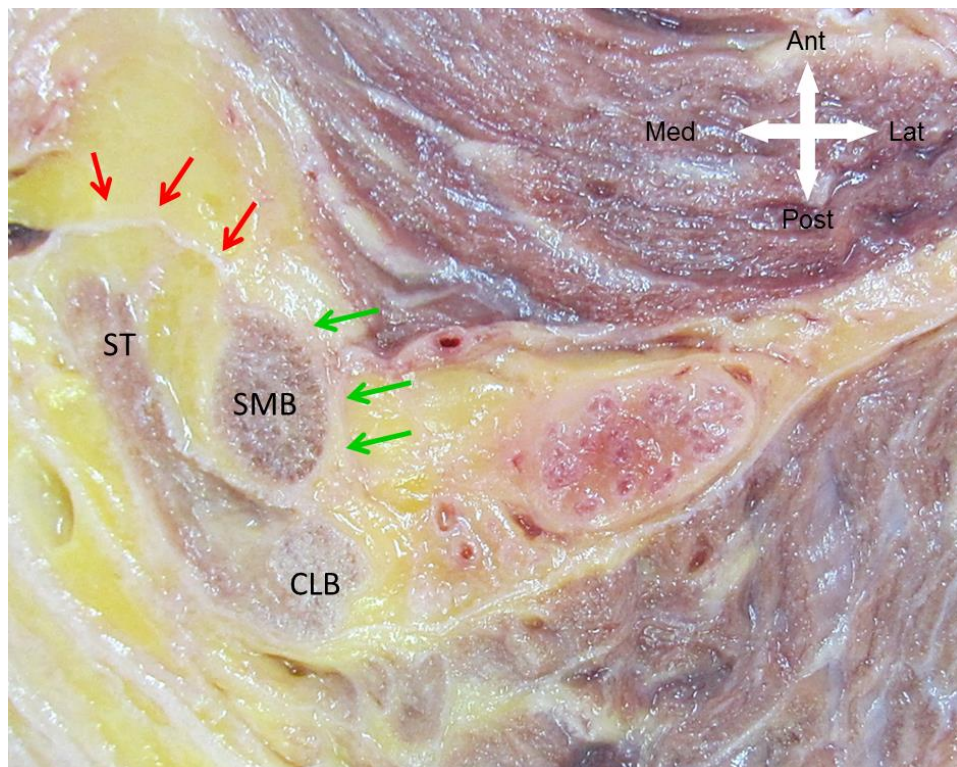
**Fig. 48** Tall transversal inferior a la tuberositat isquiàtica. S'observava la part distal del retinacle (±) que cobria l'origen proximal del múscul semitendinos (ST), el cap llarg del bíceps femoral (CLB), el múscul semiembranós (SMB) i múscul semitendinos. Altres punts de referència de la imatge: fascicle posterior de l'adductor major (AdM), diàfisis del fèmur (F), nervi ciàtic (NSc) i nervi cutani femoral posterior del fèmur (Ncf).

En tots els espècimens estudiats s'observava com a mesura que els talls eren més distals, el múscul semimembranós tenia dues porcions amb una morfologia molt diferent però definides i contínues entre elles. La més lateral estava formada per fibres tendinoses cilíndriques, mentre que la porció més medial estava formada per fibres amb forma laminar (Fig. 49).

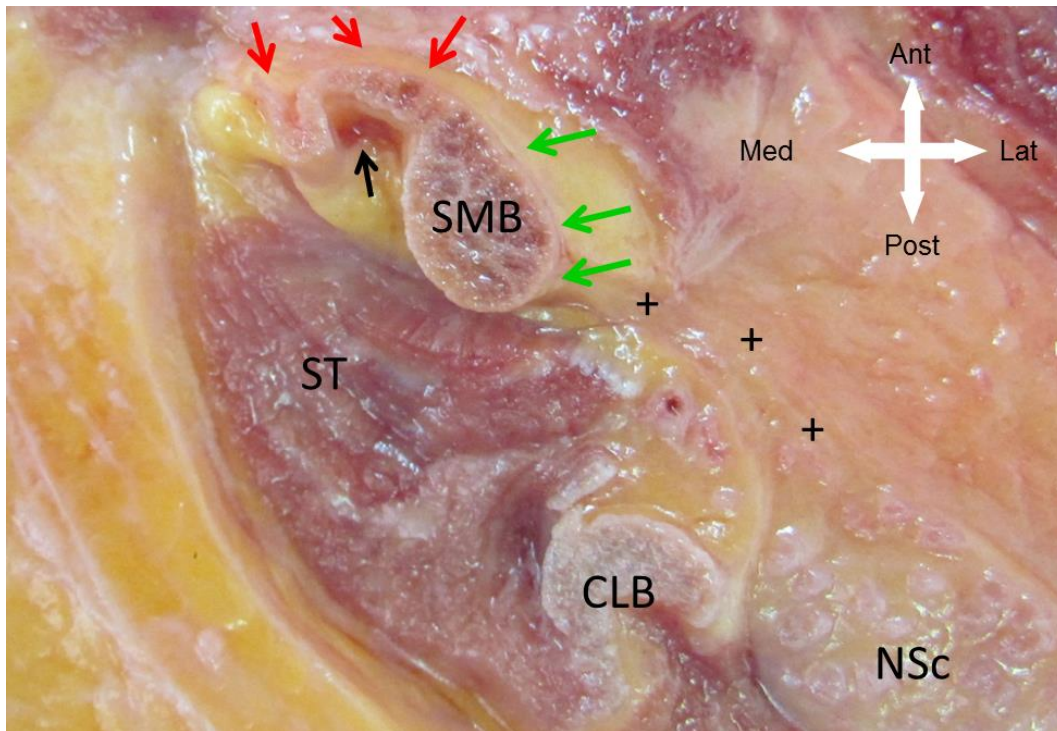
A mesura que el tall es feia més distal, la porció laminar augmentava tant la seva mida com el seu gruix, i s'expandia fascialment cap a medial seguint



un trajecte d'espiral (Fig. 50). Mentre que la porció tendinosa anava reduint el seu diàmetre i s'anava aplanant. En alguns talls es podia comprovar com la porció laminar a mesura que s'anava expandint durant el seu trajecte, es doblegava sobre si mateixa (Fig. 50). Inferiorment a la tuberositat isquiàtica existia una fulla fascial que relacionava el múscul semimembranós amb el nervi ciàtic (Fig. 50).



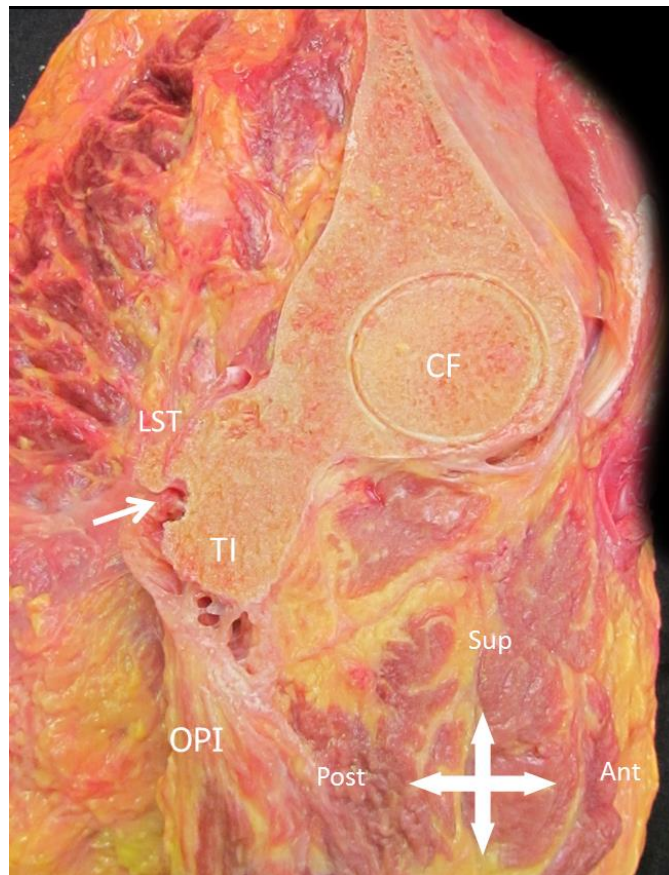
**Fig 49** Diferenciació de les diverses porcions del múscul semimembranós (SM): porció cilíndrica (fletxa verda) i porció laminar (fletxa vermella). Altres punts de referència de la imatge: músculs semitendinos (ST) i cap llarg del bíceps femoral (BLH).



**Fig 50** En talls transversals inferiors s'observaven les dues porcions del múscul semimembranós (SMB): porció cilíndrica (fletxa verda), porció laminar (fletxa vermella) i lloc de replegament (fletxa negra) de la porció laminar. En aquests talls també es podia comprovar l'existència de connexions fascials ( ± ) entre el nervi ciàtic (NSc) i el múscul semimembranós (SMB). Altres punts de referència en la imatge: múscul semitendinos (ST) i cap llarg del bíceps femoral (CLB).

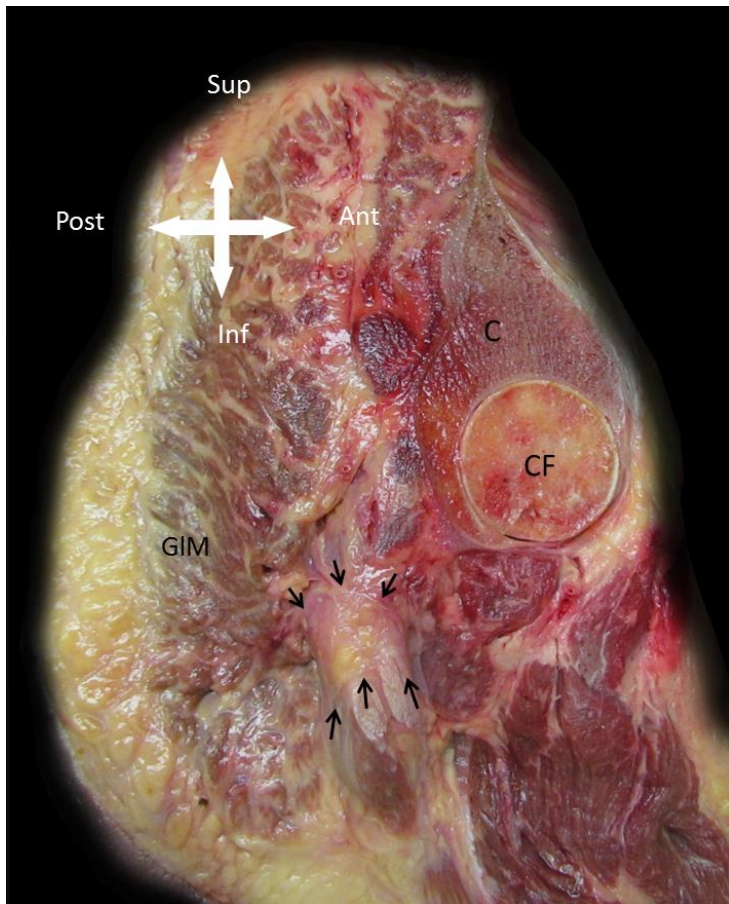
## Talls sagitals:

L'anàlisi dels talls sagitals i parasagitals, mostraven com la morfologia de la tuberositat isquiàtica es podia veure modificada depenent de l'origen dels músculs isquocrurals (Fig. 51). En 6 extremitats analitzades mitjançant talls sagitals es trobava un esclavó o relleu a partir del que inferiorment s'originaven els músculs isquocrurals i superiorment s'inseria el lligament sacretuberós. En aquests talls també es podia observar com a l'alçada de la tuberositat isquiàtica, existia una estructura fascial que rodejava l'origen dels músculs isquocrurals (Fig. 52) i com aquesta estructura rebia expansions fascials del múscul gluti major (Fig. 53 i Fig. 54).

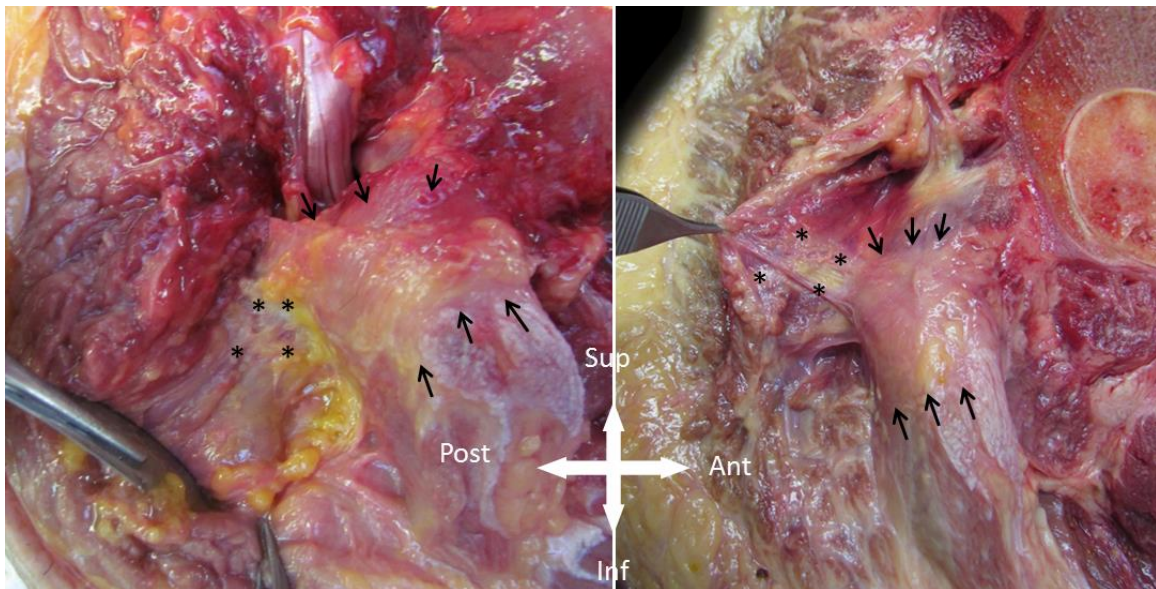


**Fig. 51** Tall sagital de la pelvis i estudi de la tuberositat isquiàtica (TI). En aquests talls s'observava la diferència (fletxa) entre la inserció del lligament sacretuberós (LST) i l'origen proximal dels isquocrurals (OPI).

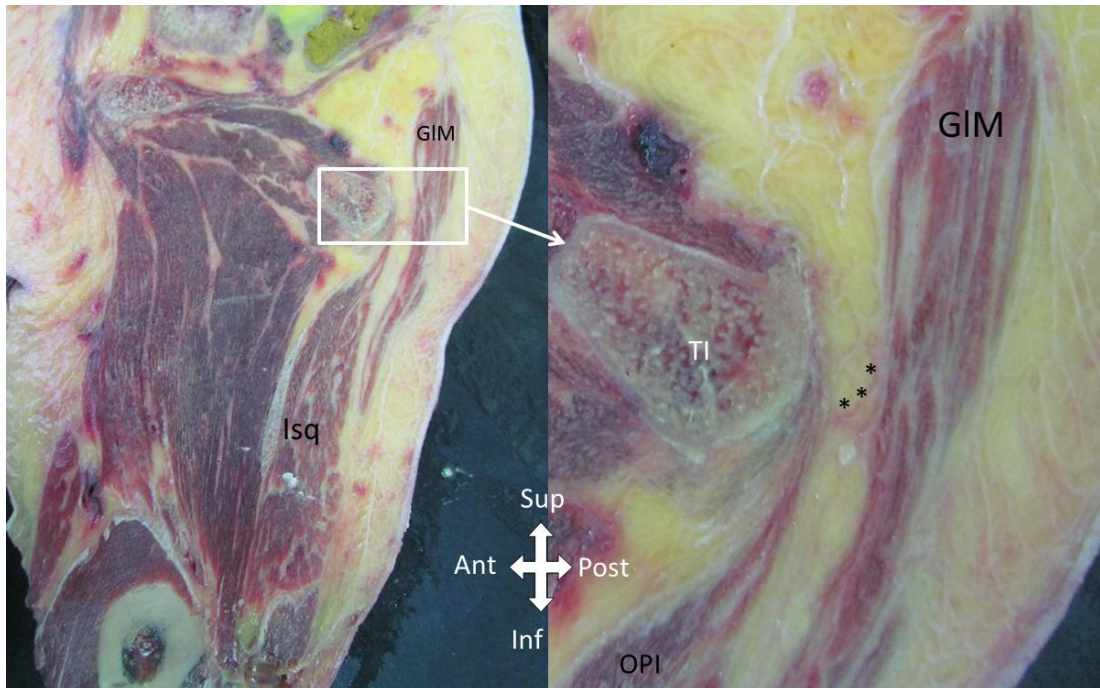




**Fig. 52** En talls sagitals i parasagitals es podia identificar com el retinacle cobria (marcat amb fletxes) l'origen proximal dels músculs isquiocrurals. Altres punts de referència: fèmur (CF), el coxal (C) i el gluti major (GIM).

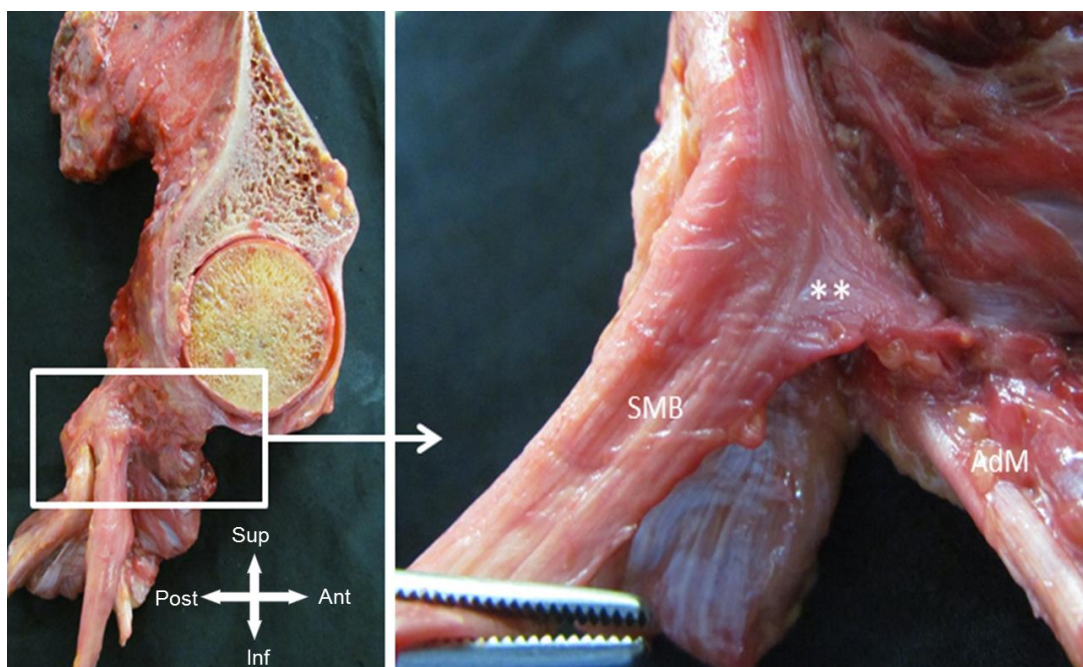


**Fig. 54** La dissecció de talls sagitals mostrava com existien uns límits molt marcats de retinacle (fletxes) i com la tracció del múscul gluti major es podia transmetre a aquesta estructura anular de teixit connectiu.



**Fig. 55** Tall sagital i la seva amplificació. Es podia comprovar com de la cara anterior del múscul gluti major (GIM) s'expandien fibres fascials (\*) cap a l'origen proximals dels músculs isquiocrurals (OPI).

Durant la dissecció dels talls, al separar el múscul gluti major, s'observava com fibres musculars del múscul semimembranós es fusionaven amb les del múscul adductor major (Fig. 56).

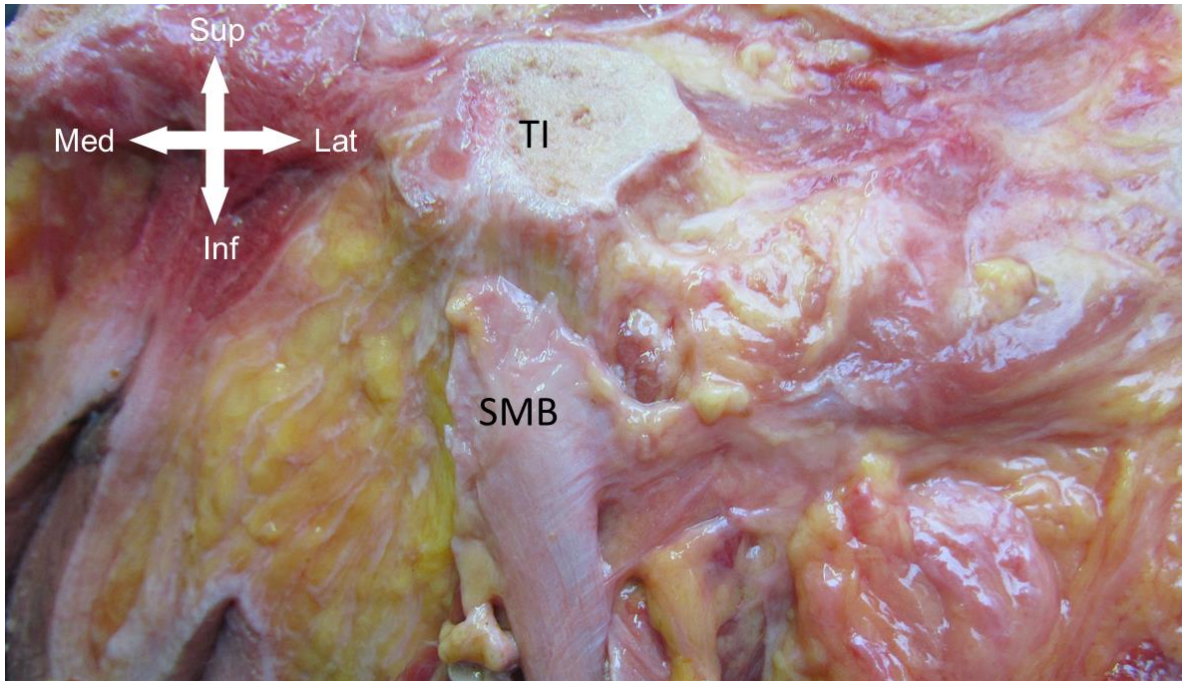


**Fig. 56** Tall parasagital i la seva ampliació. Mitjançant aquests talls es podia observar l'existència de fibres de connexió (\*\*) entre el múscul semimembranós (SMB) i l'adductor major (ADD).



### Talls coronals:

Els talls coronals donaven informació molt similar a les obtingudes per les disseccions, però no amb tanta precisió (Fig. 57).

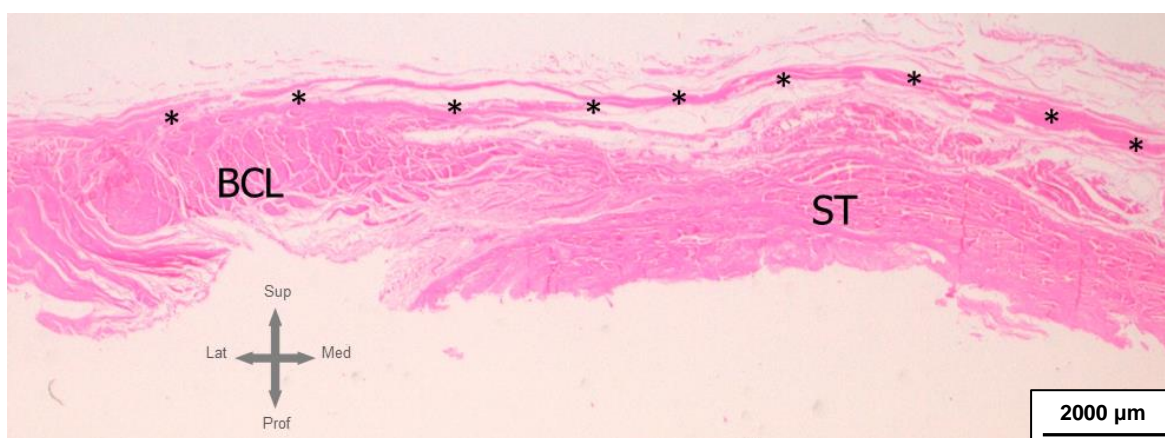


**Fig. 57** Tall coronal de la pelvis. Durant l'estudi d'aquests talls es podia observar expansions del múscul semimbranós (SMB) cap a l'adductor major. Altre punts de referència de la imatge: tuberositat isquiàtica (TI).



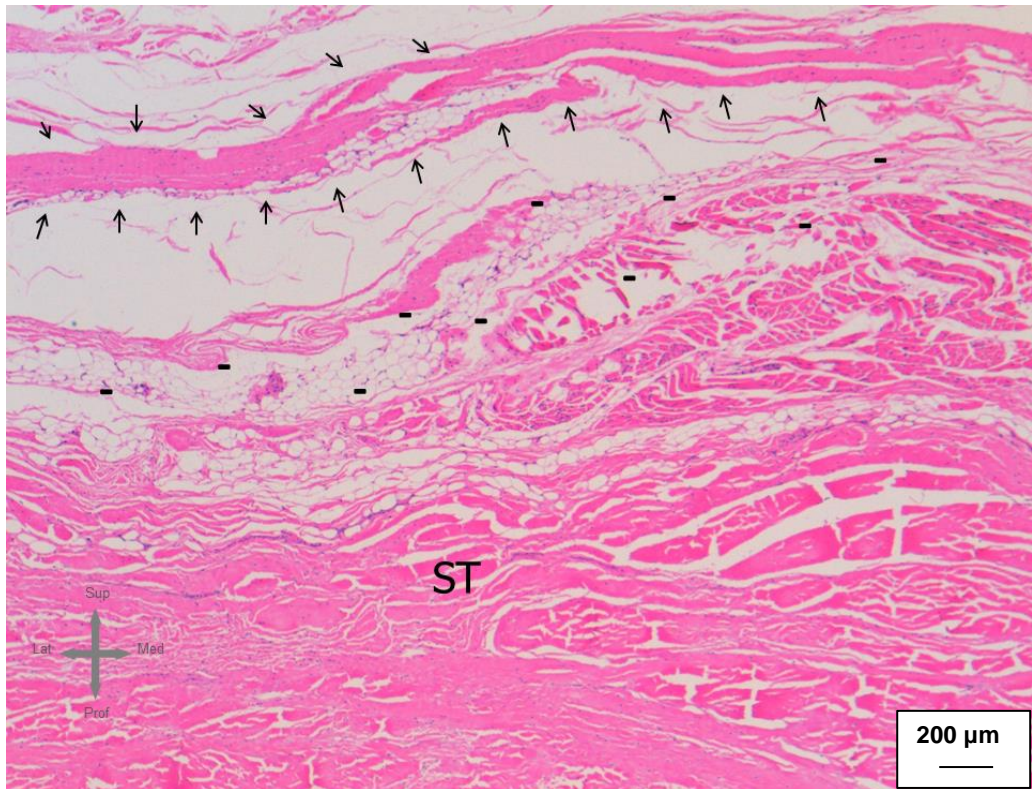
## 8. ESTUDI HISTOLÒGIC

L'anàlisi histològic mostrava com el teixit connectiu que trobàvem rodejant l'origen proximal dels músculs isquiocrurals era una estructura membranosa compatible amb un retinacle (Fig. 58), que donava suport i mantenia en el seu lloc

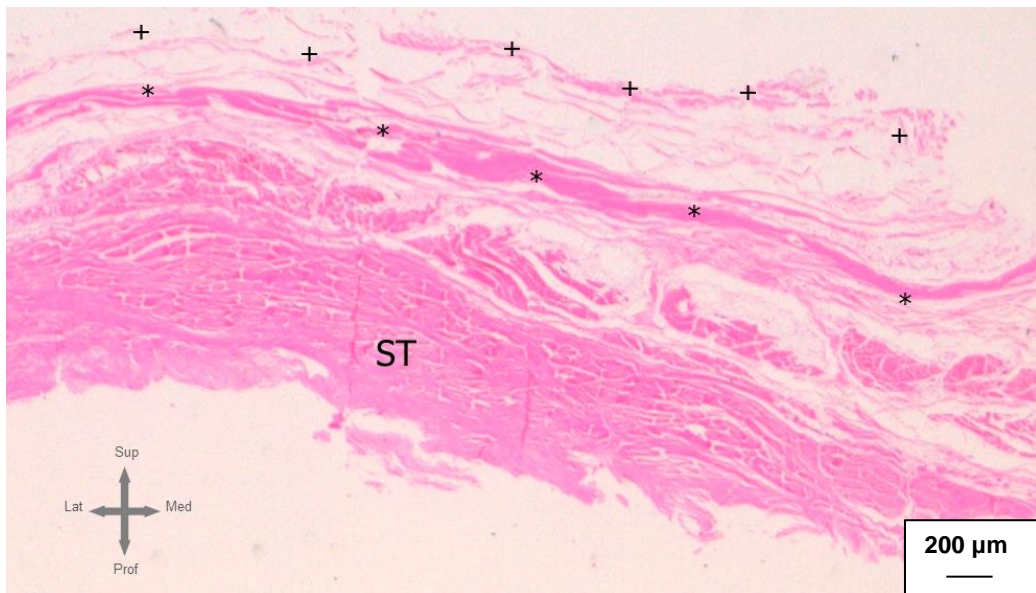


**Fig. 58** Secció histològica tenyida amb hematoxilina-eosina. Mostra de teixit connectiu (\*) que cobria el cap llarg del bíceps femoral i el múscul semitendinos (ST).

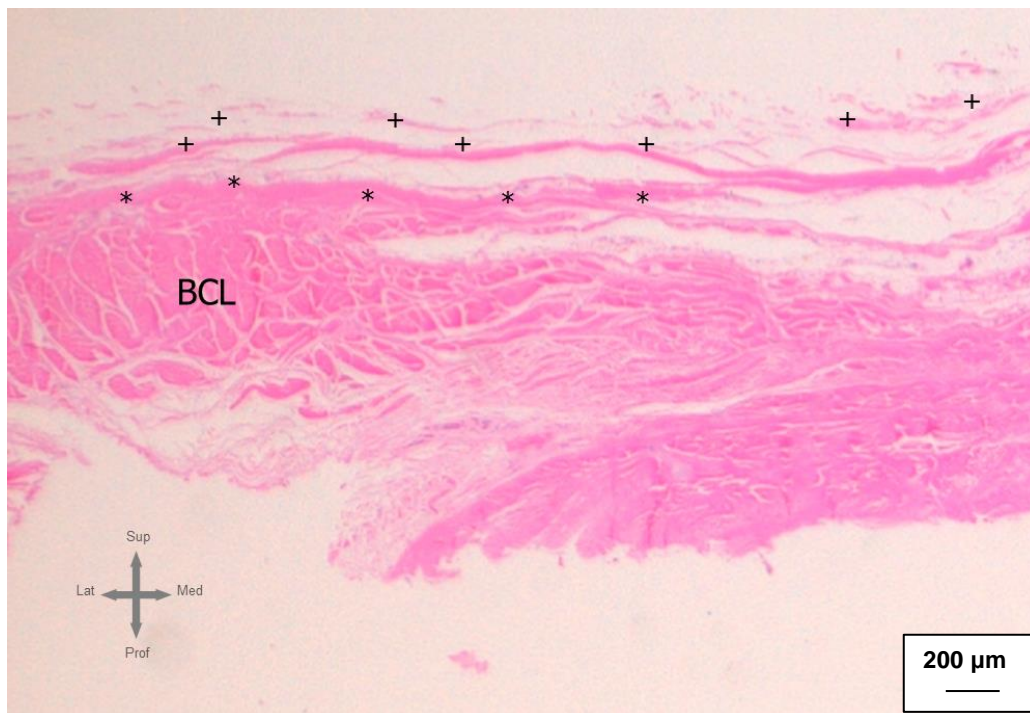
les estructures subjacents que envolta. Els talls transversals assenyalaven una estructura formada per una capa de teixit connectiu dens, amb fibres de col·lagen distribuïdes principalment en una sola direcció, transversal generalment, amb capes adjacent de teixit connectiu més lax o de teixit adipós (Fig. 59). Superficialment a aquesta estructura existien capes irregulars de teixit connectiu independents al retinacle i que provenien de la fàscia pròpia del múscul gluti major, més concretament de la seva cara més anterior (Fig. 60 i Fig. 61).



**Fig. 59** Secció histològica tenyida amb hematoxilina-eosina. Fibres transversals de teixit connectiu (fletxes), entre les que s'hi distribuïen capes de teixit connectiu lax o adipós (-) quan cobrien al múscul semitendinos (ST).



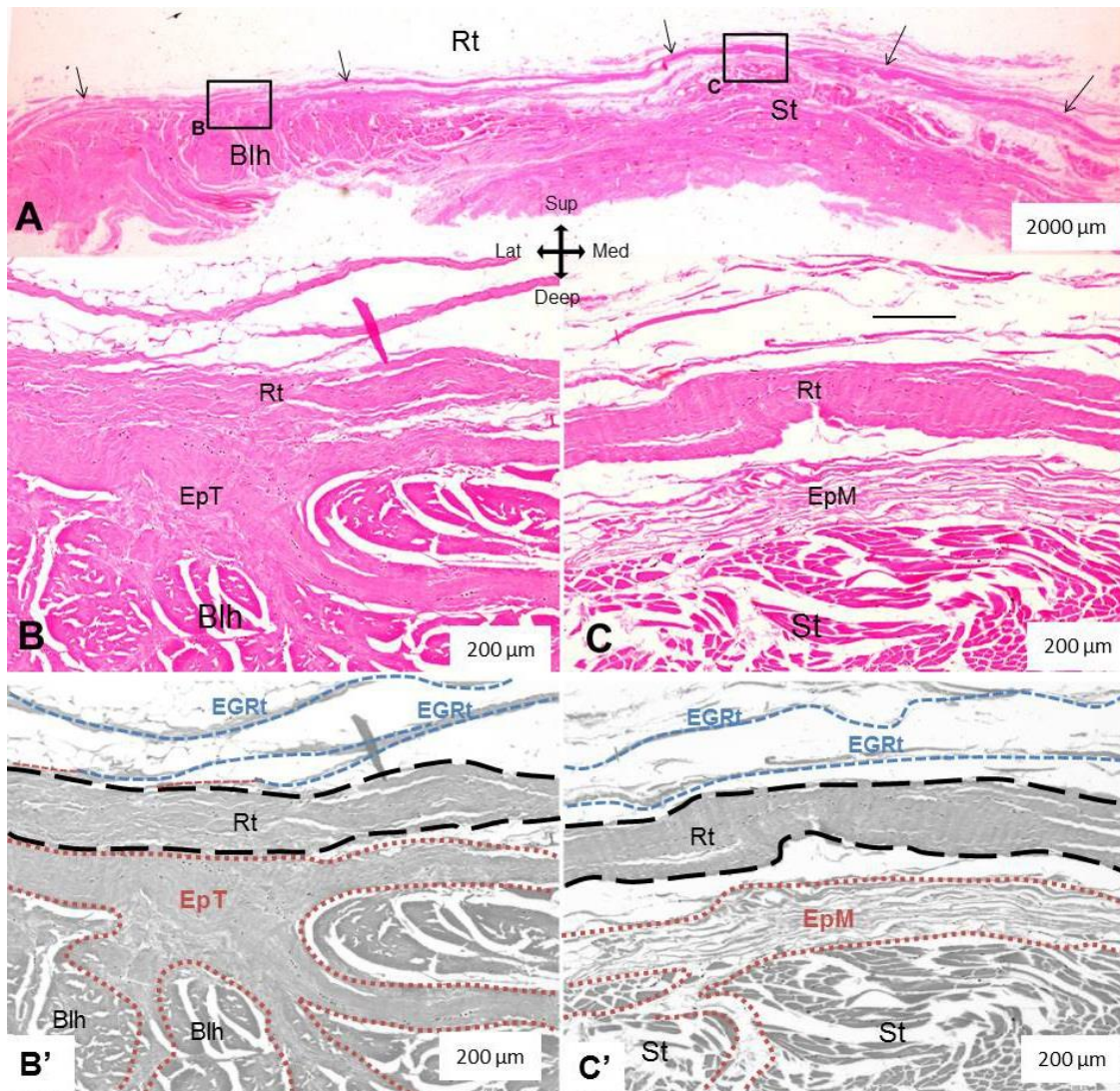
**Fig. 60** Secció histològica tenyida amb hematoxilina-eosina. Histologia del retinacle (\*) alhora de cobrir al múscul semitendinos (ST). S'observava com a la cara més superficial del retinacle arribaven expansions fascial (±) de la cara profunda del múscul gluti major.



**Fig. 61** Secció histològica tenyida amb hematoxilina-eosina. Histologia del retinacle (\*) alhora de cobrir al cap llarg del múscul bíceps femoral (CLB). S'observava com a la zona més superficial i lateral d'aquest retinacle també arribaven expansions fascials de gluti major ( ±).

Les mostres analitzades evidenciaven com l'estructura reticular cobria la part final del lligament i l'origen dels músculs isquiocrurals i la seqüència de talls transversals mostràvem com el retinacle s'adheria al epitendó del cap llarg del múscul bíceps femoral i es continuava amb el peritendó format una estructura més compacta, mentre que a la regió medial hi ha una capa de teixit connectiu més laxa entre el retinacle i el múscul semimembranós (Fig. 62) que formaria part de l'epimisi. La morfologia d'aquesta estructura reticular s'adapta a la morfologia dels músculs que cobreix i el seu gruix és de  $925 \mu\text{m} \pm 123 \mu\text{m}$  (Fig. 63 i 64).





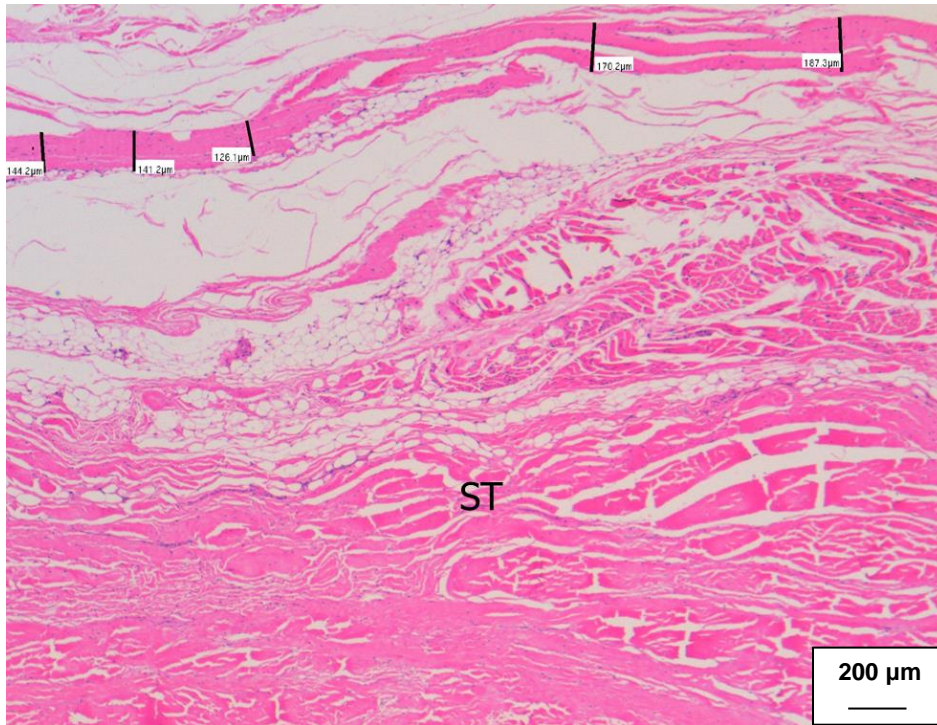
**Fig. 62 (A)** Secció histològica tenyida amb hematoxilina-eosina. Visió global del retinacle (Rt i fletxes) quan rodejava els músculs isquiocrurals. S'observava com el retinacle cobria l'origen del cap llarg del bíceps femoral (Blh) i el múscul semitendinos (St). Es va marcar les zones amplifcades en les imatges B i C.

**(B)** Ampliació de la zona lateral del retinacle (Rt) superficialment al cap llarg del bíceps femoral (Blh). S'observava una lleugera diferència entre el retinacle i epitendó (EpT)

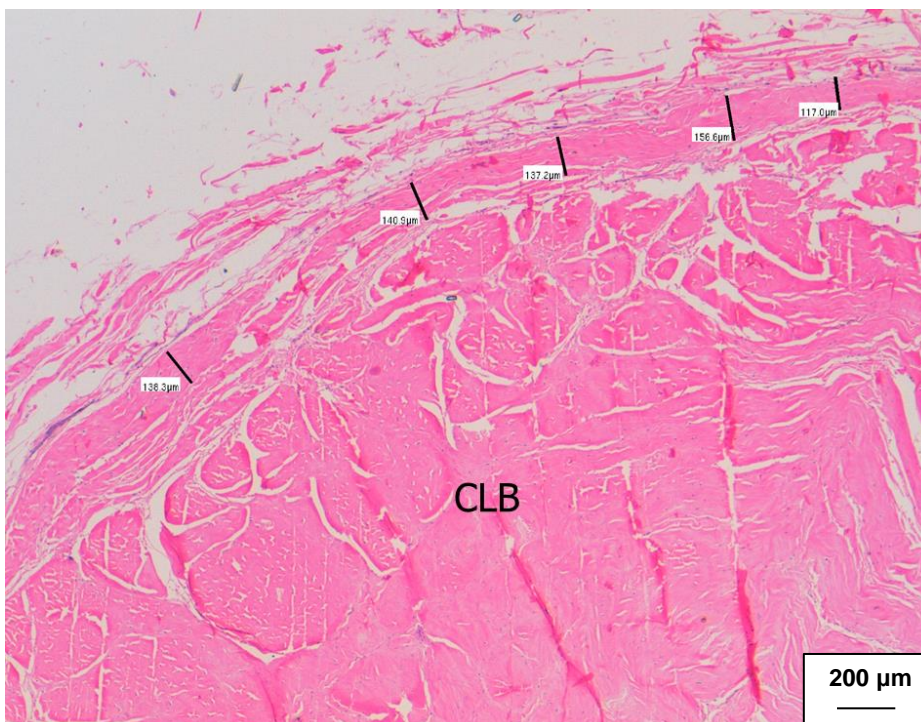
**(C)** Ampliació de la zona més medial del retinacle (Rt) superficial al semitendinos (St). Es mostrava com existien diferents densitats entre l'epimisi del múscul (EpM) i el retinacle (Rt).

**(B',C')** Diagrama de les imatges B i C. Expansions del múscul gluti major que cobrien al retinacle (RGt, línies blaves), retinacle (Rt, línies negres), epitendó (EpT, línies vermelles), epimisi (EpM, línies vermelles), cap llarg del bíceps femoral (Blh) i múscul semitendinos (ST).





**Fig. 63** Secció histològica tenyida amb hematoxilina-eosina. Exemple alhora de mesurar el gruix del retinacle quan aquest cobria el múscul semitendinos (ST).

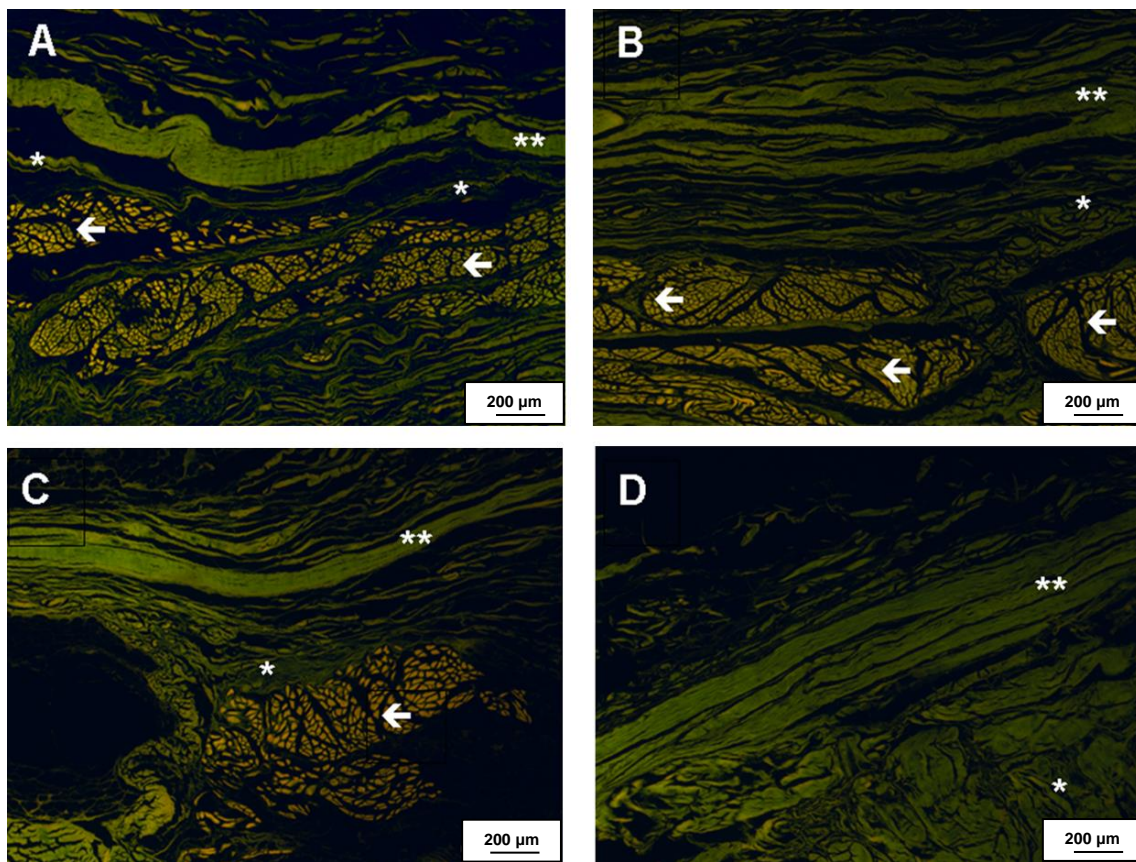


**Fig. 64** Exemple alhora de mesurar el gruix del retinacle quan aquest cobria al cap llarg del bíceps femoral (CLB).

Les seccions histològiques tenyides amb hematoxilina-eosina van ser observades amb el microscopi de fluorescència, per tal de obtenir un major grau de contrast entre les estructures formades majoritàriament per fibres de col·lagen (verd, asterisc) i fibres musculars esquelètiques (verd-groc, fletxes) (Fig. 65). Les imatges representaven una seqüència des de la zona més medial (Fig.65.A) a la zona més lateral (Fig. 65.B) del teixit connectiu que cobreix els músculs isquiocrurals.

En la imatge (Fig. 65.A) s'observava la relació del retinacle (\*\*\*) amb el múscul semimembranós (fletxa); i s'apreciaven de manera ben diferenciada el retinacle (\*\*), l'epimisi (\*) i les fibres musculars del múscul semitendinos (fletxa). Aquesta diferència i la relació que s'establí entre aquestes tres estructures es mantenia amb les regions més laterals (Fig. 65 B i C) i coincidia amb el rafe del múscul semitendinos i del cap llarg del bíceps femoral. En aquest mateix punt, s'apreciava un major espai, ocupat per teixit connectiu més lax (\* en la Fig. 65 B i C), sobretot si es comparava amb el retinacle (\*\* en la Fig. 65 B i C).

En les regions més laterals (Fig. 65 D) desapareixia el teixit muscular, de manera que el retinacle s'adheriria íntimament al peritendó del cap llarg del múscul bíceps femoral. Aquestes dues estructures estaven formades per teixit connectiu dens i presentaven una major densitat de fibres de col·lagen. En aquesta regió (Fig. 65 D) també es podia observar la diferència de direcció que presentaven les fibres del retinacle (\*\* de la Fig. 65 D), amb relació a les fibres tendinoses del cap llarg del bíceps femoral (\* de la Fig. 65 D).



**Fig. 65** Seccions histològiques tenyides amb hematoxilina-eosina van ser observades amb el microscopi de fluorescència.

## **DISCUSSIÓ**

---



## 9. FÀSCIA. FÀSCIA GLÚTIA I FÀSCIA DE LA CUIXA

El teixit connectiu dens i lax és una part important de l'anatomia humana. Aquest teixit que darrerament ha adquirit una gran importància, forma les fàscies profundes que envolten i tabiquen tots els músculs del sistema músculesquelètic. Stecco i Benjamin suggereixen repetidament que és molt important estudiar com són les fàscies, sobretot quina relació tenen amb la musculatura subjacent i quina funció desenvolupen (88,173). Però malgrat l'interès creixent vers la fàscia i sobretot en l'àmbit clínic i rehabilitador (104,136,171,172), l'estudi d'aquest teixit encara presenta llacunes importants per respondre. Per aquesta raó un dels nostres primers objectius ha estat estudiar la fàscia profunda de la cuixa i la seva relació amb els músculs isquiocrurals.

Unes de les primeres dificultats trobades en el moment de realitzar aquest estudi ha estat les diferents nomenclatures utilitzades per referir-nos al mot fàscia i què s'entén per aquest concepte. Tot i l'intent d'unificar conceptes mitjançant la nòmina anatòmica internacional, aquesta no sempre s'utilitza (85). I si se'n fa ús s'utilitzen diferents termes per referenciar-la, com són: teixit connectiu, teixit subcutani, teixit adipós, teixit lax o aponeurosis (86). Per aquesta raó, en aquesta investigació s'ha utilitzat la definició proposada per l'organització del Congrés Internacional d'Investigació Fascial al 2007, que recull diferents publicacions i que defineix fàscia com "l'estructura laxa del teixit connectiu, que destaca per la seva extensió ininterrompuda i tridimensional i que té un sistema de transmissió ampli" (86,175). D'aquesta estructura es pot diferenciar una fàscia superficial (formada per teixit connectiu lax areolar i teixit adipós immediatament per sota la pell) i una fàscia profunda (formada per teixit connectiu dens que es disposa en fulls al voltant dels músculs i tendons, sota de la fàscia superficial) (88).

Els resultats de la dissecció de la fàscia profunda de la regió glútia mostren com la part més profunda de la fàscia subdivideix al múscul gluti major en diferents fascicles i forma petits septes musculars, situació molt semblant a

l'observada per Stecco amb la fàscia que envolta el múscul pectoral major i que com assenjala el mateix estudi, pot facilitar l'orientació vectorial d'aquest múscul quan es produeix la contracció (176).

La fàscia lata o fàscia de la cuixa és la fàscia profunda de la cuixa. Els nostres resultats concorden amb estudis previs que detallen com està formada per una capa densa de teixit connectiu, que s'engrosseix lateralment per la presència de la fàscia lata i forma un exosquelet per a la musculatura de la cuixa (88,112). La dissecció demostra que la fàscia és fàcilment separable de la musculatura que la cobreix i com assenyalen diferents investigacions en altres parts del cos, presenta nombroses terminacions nervioses que es relacionen amb la musculatura que cobreix o la pell que es troba per sobre (87,177).

La cara posterior d'aquesta fàscia és extensa i presenta una continuació amb la fàscia de la cama. També rep expansions aponeuròtiques dels músculs gluti major, gluti mig i tensor de la fàscia lata, factor que pot explicar les diferents orientacions de les fibres de col·lagen d'aquesta fàscia, descrites en altres estudis (176).

Els resultats demostren que la part posterior de la fàscia de la cuixa està formada per varies subcapes, com postulen altres investigacions que en descriuen dues o tres (112). Com assenjala aquesta investigació, la gran composició de teixit connectiu lax que forma aquestes capes ha de facilitar els moviments de lliscament entre les diferents capes adjacents, garantint l'adaptació d'aquesta a les contraccions musculars, a la vegada que també ha de permetre la seva resistència.

Aquesta compartimentació en subcapes fascials podria tenir importància en la distribució dels edemes o hematomes en la cuixa, així com en el síndrome compartimental de la cuixa, menys freqüent que en la cama però amb una potencial morbiditat i mortalitat si no s'actua a temps (178). L'elevada compartimentació que ha demostrat aquesta investigació en la cara posterior de la cuixa, tot i ser un segment corporal amb força espai i capacitat d'expansió (179),

suggereix que pot dificultar l'expansió de l'hematoma, influir en la seva distribució i facilitar la compressió d'estructures anatòmiques situades en aquesta regió.

## 10. ORIGEN DE LA MUSCULATURA ISQUIOCRURAL I EL TEIXIT CONNECTIU QUE EL COBREIX

Diversos estudis han tractat d'identificar els mecanismes i factors de risc per a lesions dels músculs isquiocrurals, però les evidències sovint han estat poc concloents o fins i tot contradictòries (180). Algunes investigacions suggereixen que la morfologia dels músculs isquiocrurals pot ser un factor clau per entendre la seva lesió (181), sobretot l'anatomia del seu origen i les seves relacions anatòmiques (45), motiu que ha promogut aquesta investigació.

Respecte a l'origen, el present estudi ha mostrat una estructura persistent de teixit connectiu dens, amb forma anular i que cobreix l'origen proximal dels músculs isquiocrurals i la inserció distal del lligament sacretuberós. Una estructura que per la seva zona més superficial es reforça mitjançant expansions fascials de la cara anterior de la pròpia fàscia del gluti major (epimisi).

Anatòmicament existeixen gran varietat de termes per referir-nos a estructures que ens permeten mantenir tendons o altres estructures anatòmiques en la seva òptima posició, com són els mots: retinacle, politja fibrosa, bandes o lligaments anulars (182). En el nostre estudi hem considerat oportú utilitzar el vocable de retinacle per referir-nos a aquesta estructura anular per diversos motius a continuació exposats. En diferents tractats anatòmics es defineix aquest concepte com l'estructura de teixit connectiu responsable de contenir o fixar en una determinada posició un òrgan, teixit o tendó (183,184). Kuma fa responsable als retinacles de prevenir el fregament, col·laborar en la transmissió de forces i evitar que les estructures que transcorren s'arquegin (107). No obstant això, a diferència d'altres retinacles, el descrit en aquesta investigació s'adhereix molt a prop de l'origen dels músculs isquiocrurals (especialment al tendó del cap llarg del múscul bíceps femoral) factor que facilitaria que la seva funció fos més d'ancoratge que de permetre el lliscament del tendó.

L'estudi histològic d'aquest teixit confirma que està format per teixit connectiu dens, compatible amb el patró histològic típic d'un retinacle (185,186).

No obstant, a diferència d'altres retinacles del cos que presenten fibrocartílag en la seva superfície (88), el que es descriu en aquesta investigació no en presenta. Això fa reforçar la hipòtesi de que l'estructura descrita en aquest estudi té una funció més important a l'hora de mantenir les estructures musculars, que no pas de facilitar-ne el seu lliscament.

Tot i que podem trobar epitendons i epimisís formats per una doble capa de teixit connectiu (187), els resultats histològics mostren que existeixen diverses raons per considerar el retinacle una estructura independent de l'epimisí o l'epitendó. Per un costat les imatges histològiques demostren que aquestes estructures són estructures diferents. D'altra banda, trobem que el retinacle té continuïtat entre les dues estructures musculars (cap llarg del múscul bíceps femoral i múscul semitendinos), a diferència del que faria l'epitendó o l'epimisí, que ho faria d'una sola estructura. Finalment s'observa com el retinacle es comporta de manera diferent en els seus dos extrems, mentre que la zona lateral queda adherida a l'epitendó del cap llarg del múscul bíceps femoral, el seu extrem més medial queda separat de l'epimisí del múscul semitendinos per teixit connectiu.

La forta adherència del retinacle al múscul bíceps femoral en lloc del múscul semitendinos, pot explicar la major incidència de lesions al múscul bíceps femoral en comparació amb la resta dels músculs isquiocrurals, com es descriu en diversos estudis (63,67,152). Les troballes del present estudi suggereixen dos possibles mecanismes de tendinopaties o de lesions en l'origen dels isquiocrurals que podrien explicar la raó per la que la zona proximal d'aquests tendons és la que més freqüentment es lesionen en els atletes (74,151).

Una d'aquestes causes es deuria a la fixació que fa el retinacle en els tendons d'origen dels isquiocrurals. Aquesta disposició en la zona proximal provocaria que en diferents moments de la marxa o de la carrera els tendons no tinguessin el mateix grau de llibertat que la resta de parts musculars, provocant així un augment de tensió en la zona d'origen dels isquiocrurals coberta pel retinacle. Aquesta hipòtesi també es veu reforçada pels resultats histològics obtinguts, ja que han demostrat com el retinacle s'adhereix de manera íntima al

tendó del cap llarg del múscul bíceps femoral, fent d'aquesta manera que aquest tendó sigui el que tingui menys grau de llibertat dels tres. Això podria explicar que en molts estudis aquest tendó presenti un grau més elevat de lesions (13,15,152,188,189).

Una altra probable causa de lesió dels músculs isquiocrurals en que podria trobar-se implicada aquesta estructura fascial seria per un possible estrangulament, produït per aquesta estructura fascial i per la tracció que en faria el múscul gluti major. Les lesions en la zona proximal d'origen generalment es produeixen al final de la passa, just quan el peu contacta amb el terra, el maluc es troba flexionat, el genoll redueix la seva flexió i els isquiocrurals treballen per desaccelerar l'extensió del genoll (15,169). En aquest moment el múscul gluti major és el principal agonista en l'extensió de maluc, mentre que els músculs isquiocrurals es centren a nivell del genoll (190). Aquesta contracció del gluti, mitjançant les expansions descrites entre aquest múscul i el retinacle, podria transmetre una força que facilitaria la compressió o estrangulament de l'origen dels músculs isquiocrurals.

Aquesta transmissió de forces entre el retinacle, el múscul gluti major i l'origen dels músculs isquiocrurals es veu reforçada per les investigació de Huijing, que descriu com es transmet la força intra i extramuscular a estructures musculars connectades mitjançant la continuïtat del teixit connectiu (108,191); i no es tractaria de l'única implicació que té el múscul gluti major amb estructures veïnes. La investigació de Carvalhais i col·laboradors demostra l'existència d'una transmissió mecànica de forces entre els músculs gluti major, dorsal ample i la fàscia toracolumbar, i com la manipulació d'aquestes estructures pot repercutir en zones anatòmiques més allunyades per la connexió miofascial que existeix entre elles (192).

La relació descrita en aquesta investigació entre el teixit fascial i els músculs isquiocrurals, fonamenta l'eficàcia descrita en investigacions clíniques prèvies (193,194) on la mobilització del teixit tou modifica les propietats biomecàniques dels músculs isquiocrurals.

Els resultats obtinguts respecte el teixit connectiu que rodeja l'origen dels isquiocrurals suggereixen que tractaments fascials que han demostrat l'eficàcia en altres parts del cos (195,196) podrien ser d'utilitat pel tractament de les diverses patologies que afecten als músculs isquiocrurals.

Una altra implicació clínica que pot tenir aquesta estructura de teixit connectiu que rodeja l'origen dels isquiocrurals, la trobem a l'hora de reparar quirúrgicament els trencaments complets dels orígens dels isquiocrurals. Ja que durant aquests procediments cal ressecar el teixit connectiu que trobem a la tuberositat isquiàtica per tal de facilitar-ne una altra vegada la fixació muscular (162,197).



## **11. ORIGEN DELS MÚSCULS ISQUIOCRURALS I LA SEVA RELACIÓ AMB EL LLIGAMENT SACRETUBERÓS**

Nombrosa bibliografia defineix l'origen dels músculs isquiocrurals en relació a la tuberositat isquiàtica (60). Més recentment trobem la descripció de Miller i col·laboradors (158) que situen l'origen comú del cap llarg del bíceps femoral i del semitendinós, anterior i medial al tendó del semimembranós. Altres estudis defineixen dues clares parts d'origen muscular, la més anterior i lateral ocupada pel tendó del semimembranós i la més posterior i medial ocupada pel tendó del cap llarg del bíceps femoral i del semitendinós (45). Els resultats del nostre estudi reforcen la descripció feta per Woodley i Nikolaou (50), que situen el tendó conjunt en la zona més medial de la tuberositat isquiàtica i l'origen del semimembranós en la zona més lateral. En aquest mateix estudi també es descriu que la porció que esdevindrà el cap llarg del bíceps femoral ho fa mitjançant una porció més tendinosa i amb un origen més cranial que la porció que correspon al múscul semitendinós que s'origina en la zona més medial de la tuberositat isquiàtica i directament de la zona lateral del tendó del cap llarg del múscul bíceps femoral. L'anatomia seccional d'aquesta investigació reforça els resultats obtinguts per Sato (45) sobre la situació del múscul semimembranós, situant el seu origen lleugerament lateral a l'origen del cap llarg del bíceps femoral, però a diferència d'aquesta investigació el situem al mateix pla.

La nostra investigació també demostra una major importància del lligament sacretuberós de la considerada fins al moment. Tot i que algunes investigacions no consideren que el lligament sacretuberós sigui el responsable de formar el cap llarg del múscul bíceps femoral (198), els resultats obtinguts demostren una continuïtat anatòmica entre la inserció d'aquest lligament i l'origen muscular del cap llarg del múscul bíceps femoral. Resultats que reforcen els que han sigut presentats per Sato i col·laboradors (45), però a diferència d'aquesta investigació el nostre estudi suggereix que no és tota la inserció lligamentosa la que serveix

d'origen muscular sinó que únicament ho fa la porció més lateral d'aquest lligament.

Aquesta continuació anatòmica entre els músculs isquiocrurals suggereix diverses implicacions funcionals i clíniques. Permet ajudar a explicar la influència que hi ha entre aquest grup muscular i la fàscia toracolumbar i la biomecànica lumbar descrita en nombrosos articles (199-202). També reforça la hipòtesi realitzada per Hoskins i col·laboradors, segons la qual la pelvis i l'esquena lumbar poden ajudar a contribuir a la lesió dels músculs isquiocrurals (47) i justificaria anatòmicament la recomanació feta per Woods i col·laboradors de valorar la biomecànica de la pelvis, la columna lumbar (15) i el lligament sacretuberós quan apareix dolor en els isquiocrurals (45).

Aquesta relació entre el cap llarg del múscul bíceps femoral i el lligament sacretuberós ens ofereix una causa anatòmica més per explicar l'alta incidència de lesió del cap llarg del bíceps femoral en comparació amb la resta d'isquiocrurals (63,67,152). El tendó del cap llarg del múscul bíceps femoral es troba fixat i encarcerat (anteriorment i lateralment pel retinacle fascial, cranialment pel lligament sacretuberós, medialment per les fibres del múscul semitendinos i posteriorment per les fibres del múscul semimembranós), juntament amb les tensions antagòniques a les quals està sotmès (a més d'una força de contracció distal, cal afegir la tensió que transmet el propi lligament). Tot això pot facilitar que la zona d'origen muscular sigui més fàcilment lesionable.

L'origen del múscul semitendinos no sembla directament relacionat amb el lligament sacretuberós (encara que s'origina entre les dues expansions d'inserció que fa aquest lligament), però amb qui sí que manté una relació anatòmica directa és amb l'origen del múscul adductor major, sobretot quan aquest s'origina en la zona posterior de la tuberositat isquiàtica. Hildebrand ja descrivia una relació anatòmica entre el múscul adductor major i els músculs isquiocrurals, però en el seu cas es produïa amb el cap curt del múscul bíceps femoral (203) i de manera aïllada. La relació entre aquests dos grups musculars pot ajudar a entendre perquè la incidència de les lesions dels músculs adductors precedeix a la dels músculs isquiocrurals en alguns esports (17), fins i tot en alguns casos superiors si

el què s'analitza és la cama de suport i no la de xut (30). També ens permet explicar, perquè un terç dels pacients lesionats d'isquiocrurals també presenten lesions en els músculs adductors (204).

Tot i que el múscul semimembranós no és el múscul isquiocrural que més es lesiona (63,67,152), si que ho és quan el gest esportiu és d'estirament (41,204) i quan aquesta lesió es produeix, l'afectació generalment es localitza en el seu tendó proximal (152). Com suggereixen diversos autors, la seva anatomia pot ser un factor clau en les seves propietats biomecàniques i pot facilitar la seva lesió (67,181). Els resultats anatòmics mostren com el seu tendó d'origen s'expandeix en forma de ventall en la zona més cranial, donant expansions a la porció tendinosa del tendó conjunt del múscul bíceps femoral i del múscul semitendinos i a l'adductor major; ampliant i il·lustrant d'aquesta manera la informació presentada per Koulouris (67). Els talls transversals també mostren com el tendó és una estructura aplanada amb una forta vora medial, com descriu Burkett i col·laboradors (66), però a diferència del descrit prèviament, aquest s'obre en espiral i es relaciona fascialment amb el nervi ciàtic i el múscul gluti major.

## 12. EL NERVI CIÀTIC I LA SEVA RELACIÓ AMB EL RETINACLE

El nervi ciàtic, independentment de les possibles variacions que es descriuen amb la seva relació amb el múscul piriforme (205), queda cobert i protegit pel múscul gluti major des de que surt per sota del múscul piriforme fins que arriba al cap llarg del múscul bíceps femoral. Se situa entre la tuberositat isquiàtica i l'origen dels músculs isquiocrurals, però a diferència de l'anatomia descrita (52) en una de les mostres estudiades i de manera unilateral, es va observar com el nervi quedava desprotegit del múscul gluti major durant la part final del seu trajecte. El nostre estudi també ha comprovat que la distància estudiada entre el nervi i la tuberositat isquiàtica és semblant a l'obtinguda en el treball anatómic de Miller (43) i cal tenir-la present en les reparacions d'osteovusions o en qualsevol intervenció de la zona. És també en aquest espai, entre estructura nerviosa i relleu ossi, on trobem que l'estructura fascial i el teixit connectiu cobreixen al nervi ciàtic.

Lateral al retinacle observem que existeixen connexions de teixit connectiu entre l'estructura anular que cobreix els músculs isquiocrurals (descrita en aquest estudi) i el nervi ciàtic. Aquestes connexions es localitzen quan el nervi transcorre lateral a la tuberositat isquiàtica i a l'origen proximal dels músculs isquiocrurals. Aquestes connexions poden ser una de les possibles causes suggerides per la bibliografia (49,80) per a la síndrome dels isquiocrurals. Una compressió del nervi ciàtic a nivell de l'origen dels músculs isquiocrurals va ser descrita per primera vegada per Singh i Joli al 1963, en un grup de treballadors del camp (206). Investigacions més recents, han mostrat com aquesta compressió nerviosa es troba relacionada amb unes bandes o expansions fibròtiques entre l'origen proximal dels músculs isquiocrurals i el nervi ciàtic (48,49,80). La degeneració de les expansions descrites en aquest treball, ja sigui per tendinopaties de l'origen proximal de la musculatura isquiocrurals o per altres factors, és la causa observada per Martin i col·laboradors segons la qual s'ha provocat la compressió nerviosa (83,207).

La investigació també ha demostrat que existeixen connexions fascials entre la cara interna del múscul gluti major i el nervi ciàtic, durant el trajecte del nervi en la cara posterior de la pelvis. Aquestes expansions també poden tenir funcions protectores vers el trajecte del nervi; no seria la primera vegada que el teixit fascial serveix per protegir o estabilitzar una estructura nerviosa (107). Alguns exemples de teixit connectiu protegint estructures nervioses en l'extremitat superior són: quan el nervi supraescapular es troba protegit i fixat pel lligament transvers superior de l'escàpula durant el seu trajecte per l'escotadura de l'escàpula, quan el nervi cubital es troba fixat per una expansió fascial durant el seu transcurs pel canal cubital o quan el nervi mitjà es troba protegit durant la flexió de carp pel lligament transvers del cap (52). Altres exemples de protecció en l'extremitat inferior poden ser: quan el nervi femoral transcorre protegit per la llacuna muscular gràcies al lligament inguinal i la banda iliopectínea o quan el nervi tibial es manté posterior al mal·lèol tibial degut al retinacle flexor (60). Aquesta protecció és semblant a la descrita per El Gharway del nervi peroné comú durant el seu trajecte pel coll del peroné (208), però en aquest cas el teixit fascial provinent de la fàscia del múscul gluti major podria estabilitzar el nervi ciàtic durant els moviments de l'extremitat inferior, dificultant la seva fricció o la seva compressió per la tuberositat isquiàtica.

Mitjançant la dissecció i els talls transversals de les pelvis també s'ha observat com aquestes expansions fascials de la cara interna del múscul gluti major cap al nervi ciàtic poden justificar el rol que aquest múscul té en la neuropatia d'aquest nervi (83) o permetre explicar com el posicionament de la pelvis pot influir en la compressió nerviosa (206).

L'aïllament descrit del nervi ciàtic durant el transcurs de la zona proximal de la cuixa per part de teixit connectiu i la gran proporció de teixit adipós que l'envolta, fan suggerir que pot tractar-se d'una zona de mesoneure (209). Un entorn lax pot facilitar al nervi que tingui un cert lliscament (75), però també pot indicar que és una zona on el nervi ciàtic pateix grans tensions mecàniques (75), segurament provocades pels moviments de l'extremitat inferior o per la proximitat amb la tuberositat.

Tot i la protecció que aquesta estructura reticular pot oferir al nervi ciàtic també pot ser causa d'una possible compressió nerviosa, igual com succeeix en altres parts del cos. Tot i que les neuràlgies que poden afectar aquest nervi es produeixen en diferents parts del seu trajecte i per diferents motius (83,210), en algunes ocasions pot trobar-se implicat el teixit connectiu i fascial pròxim al nervi (211,212). També fa plantejar-nos que aquesta cobertura i aïllament que realitzaria el teixit connectiu al voltant del nervi ciàtic pot facilitar l'anestèsia d'aquest nervi o augmentar l'eficàcia d'aquest procediment. S'han descrit diverses vies per anestesiar el nervi ciàtic Beck va descriure per primera vegada l'abordatge mitjançant una via anterior (213), Labat i més posteriorment Winnie la van realitzar i millorar mitjançant la via glútia (214) i Guardini va realitzar el primer abordatge via lateral (215); però en totes elles l'objectiu principal era aproximar la punció al nervi sense lesionar-lo. La distribució tubular del teixit connectiu i adipós envoltant al nervi ciàtic en la zona proximal de la cuixa, podria facilitar la col·locació de l'anestèsic ja que facilitaria la seva distribució i la seva identificació ecogràfica dificultaria la seva possibilitat de lesió.

## **CONCLUSIONS**

---



1. La musculatura isquicrural presenta diferències a com clàssicament s'ha descrit a la bibliografia publicada fins al moment.  
Les fibres més superficials del cap llarg del bíceps femoral presenten una continuïtat amb la porció més lateral del lligament sacrotuberós.  
El múscul semitendinos pot presentar un origen conjunt amb el fascicle posterior del múscul adductor major, sobretot quan aquest darrer múscul té un origen medial a la tuberositat isquiàtica.  
El múscul semimembranós té fibres més cranials d'origen que conflueixen amb la cara profunda del cap llarg del bíceps femoral. La morfologia del seu tendó és cilíndrica en la seva zona més lateral i aplanada i laminar en la seva zona medial.
2. Existeix un teixit connectiu que rodeja l'origen dels músculs isquicrurals, compatible amb una estructura de retinacle. La seva morfologia és rectangular, amb unes dimensions de 5,6 cm ( $\pm 0,45$ ) d'allargada i 4,1 cm ( $\pm 0,16$ ) d'alçada. Anatòmicament es troba cobrint l'origen dels músculs isquicrurals, rep expansions de la cara interna de fàscia del múscul gluti major i emet expansions cap al nervi ciàtic.
3. S'ha identificat que el teixit connectiu que rodeja els músculs isquicrurals té un gruix de 925  $\mu\text{m}$  ( $\pm 123 \mu\text{m}$ ) i es troba format per diverses capes de teixit connectiu, les més externes corresponen a expansions de l'epimisí del múscul gluti major. Histològicament s'observa com aquesta estructura anular cobreix l'origen dels músculs isquicrurals, s'adhereix al cap llarg del múscul bíceps femoral però no al múscul semitendinos.
4. Existeix un teixit connectiu provinent del múscul gluti major i de l'extrem proximal dels músculs isquicrurals amb forma tubular, que cobreix i aïlla els nervis ciàtic i el cutani femoral posterior. També relaciona aquests nervis amb l'origen proximal dels músculs isquicrurals i del múscul gluti major.
5. La cara posterior de la fàscia profunda de la cuixa està formada per la pròpia capa fascial i tres subcapes de teixit connectiu i adipós, que no únicament cobreixen la musculatura posterior de la cuixa sinó que també la compartimenten i la diferencien del nervi ciàtic.

6. El lligament sacrotuberós s'entrecreu en el seu trajecte per presentar una inserció amb una morfologia de lambda "λ". El seu extrem més lateral té continuïtat amb les fibres més cranials i superficials del cap llarg del bíceps femoral i l'extrem més medial amb l'origen del fascicle posterior del múscul adductor major. Enmig d'aquestes dues expansions s'origina el múscul semitendinos.

1. The hamstring shows differences compared to what is classically described in literature.

The most superficial fibers of the long head of the biceps femoris continue with the lateral portion of the sacrotuberous ligament. The semitendinosus muscle may show a common origin with the posterior fascicle of the adductor maximus muscle, especially when the latter originates medially at the ischial tuberosity. While most of the cranial fibers of origin of the semimembranosus muscle converge with the deep surface of the long head of the biceps femoris, the morphology of the tendon contains a cylindrical lateral surface and a flat medial surface.

2. A connective tissue surrounds the origin of isquicrural muscles, which compatible with a structure of a retinaculum. Its morphology is rectangular, with a length of 5.6 cm (  $\pm 0.45$  ) and a height of 4.1 cm (  $\pm 0.16$  ). Its anatomical location covers the origin of the isquicrural muscles, receiving expansions of the inner face of the gluteus maximus muscle fascia and emitting expansions into the sciatic nerve.
3. The connective tissue that surrounds the isquicrural muscles, with a thickness of 925 microns (  $\pm 123$  microns ), has been identified as a series of layers of connective tissue, the outermost of which correspond to the epimysial expansions of the gluteus maximus. At a histological level, it has been observed that this annular structure covers the origin of isquicrural muscles and binds to the long head of the biceps femoris, but not the semitendinosus muscle.
4. A connective tissue originates from the gluteus maximus muscle and the proximal end of the tubular shaped isquicrurals muscles, covering and insulating the sciatic nerve and the posterior femoral cutaneous nerve.

This tissue also relates these nerves with proximal origin of the ischiofemoral muscles and the gluteus maximus.

5. The posterior surface of the deep fascia of the thigh is formed by the fascial layer itself and three sub-layers of connective and adipose tissue, which not only cover the back thigh muscles, but also contribute to their compartmentalization and segregation from the sciatic nerve.
6. The sacrotuberous ligament has a morphology of a lambda ( " λ " ) . Its lateral end continues itself with the cranial and surface fibers of the long head of the biceps femoris, whereas the medial end continues with the origin of the posterior fascicle of adductor maximus. The semitendinosus muscle originates in between these two expansions.

## **LIMITACIONS DE L'ESTUDI**

Aquest estudi s'ha realitzat amb mostres cadavèriques, per aquesta raó presenta limitacions. La més important és la manca de contracció muscular per avaluar la transmissió de la força entre les estructures musculars i fascials. Així com tampoc es desconeixen els hàbits esportius del donant (grau d'activitat física, tipus d'activat...), ni si havia existit patologia muscular en la zona estudiada i si d'existir, el seu grau d'afectació. També existeixen un elevat nombre de variacions anatòmiques dintre del cos humà que cal considerar. Tot i aquestes limitacions, recents publicacions en aquesta regió o en altres parts del cos (6,44,45,47,50,158,181,216) assenyalen com les dades anatòmiques són fonamentals per entendre millor la causa de lesió muscular i establir noves estratègies de tractament en la patologia muscular.

Tot i que també seran necessaris més estudis per demostrar la transmissió de força entre el gluti major i el retinacle, i per explorar les seves possibles conseqüències, publicacions realitzades en rata o en material cadavèric (132,142,217) suggereixen que aquesta transmissió de forces és factible i podria explicar algunes lesions de la zona.

## **LÍNIES DE RECERCA FUTURES**



La present investigació és un primer eslavó per prevenir i millorar el tractament de les lesions dels isquocrurals però també és un coneixement fonamental a l'hora de poder establir en un futur noves línies de recerca que millorin la prevenció o el tractament de les lesions en l'origen proximal dels músculs isquocrurals. A continuació presentem alguns projectes d'investigació que es desenvolupen o es podran desenvolupar en un futur gràcies als avenços fets en aquesta investigació.

1. Determinar si mitjançant l'ecografia i la sonoelastografia el retinacle dels isquocrurals és observable.
2. Observar ecogràficament com evoluciona el retinacle en la patologia i en la rehabilitació de l'origen proximal dels músculs isquocrurals.
3. Valorar mitjançant proves d'imatge quin patró d'origen dels isquocrurals presenten els pacients amb més incidència lesional.
4. Comprovar si l'aplicació de tractaments fascials prevé, redueix o millora la tendinopatia o els trencaments musculars en la zona d'origen dels isquocrurals.

## **APORTACIÓ DEL TREBALL**

La present investigació demostra anatòmica i histològicament la presència d'una estructura amb forma de retinacle que cobreix l'origen dels músculs isquiocrurals, que manté connexions amb l'epimisi del múscul gluti major i planteja diverses implicacions que aquesta estructura pot tenir.

L'estudi també complementa i amplia la visió que es tenen dels músculs isquiocrurals. També demostra com l'origen d'aquests músculs no està tant diferenciat com es considerava i es relaciona amb l'origen del múscul adductor major i el lligament sacretuberós. Així mateix els resultats mostren la morfologia lambda que presenta la inserció del lligament sacretuberós.

Finalment també es descriu anatòmica i histològicament les expansions fascials que relacionen el nervi ciàtic i l'origen dels músculs isquiocrurals; estructures observades i descrites fins ara únicament per la clínica.

La realització d'aquest estudi i la participació en el projecte que s'hi inscriu ("Estudio macroscópico y microscópico de diferentes fascias del cuerpo humano. Estudio y correlaciones en cadáveres de las imágenes de ultrasonidos con las disecciones anatómicas macroscópicas y microscópicas" projecte de la Universitat de Barcelona i dirigit per la Dra. Miguel) no únicament m'ha permès ampliar la meva xarxa de recerca, amb una estada pre-doctoral a la Universitat de Brighton i mantenir una estreta col·laboració amb un dels grups investigadors del laboratori de dissecció de la Universitat de Barcelona (Campus de Bellvitge), sinó que també m'ha permès crear coneixement amb l'aparició a diverses publicacions d'alt nivell (en les que signo tres d'elles) i fer-ne divulgació científica en diversos congressos nacionals i internacionals (dins de l'àmbit anatòmic, traumatològic o de medicina per la imatge).

## **REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES**

- (1) Orts Llorca F. Anatomía humana. Editorial Científico Médica. Barcelona 1962.
- (2) de la Peña, José Abel. Subfascial technique for gluteal augmentation. *Aesthetic Surgery Journal* 2004;24(3):265-273.
- (3) Ndiaye A, Sakho Y, Fall F, Dia A, Sow ML. Sciatic nerve in gluteal portion: application of sciatic nerve post injection lesion. *Morphologie* 2004 Oct;88(282):135-138.
- (4) McLachlan JC, Patten D. Anatomy teaching: ghosts of the past, present and future. *Med Educ* 2006 Mar;40(3):243-253.
- (5) Guvencer M, Akyer P, Iyem C, Tetik S, Naderi S. Anatomic considerations and the relationship between the piriformis muscle and the sciatic nerve. *Surg Radiol Anat* 2008 Aug;30(6):467-474.
- (6) Blasi M, de la Fuente J, Martinoli C, Blasi J, Pérez-Bellmunt A, Domingo T, et al. Multidisciplinary approach to the persistent double distal tendon of the biceps brachii. *Surgical and Radiologic Anatomy* 2013:1-8.
- (7) Blair SN, Kampert JB, Kohl III HW, Barlow CE, Macera CA, Paffenbarger Jr RS, et al. Influences of cardiorespiratory fitness and other precursors on cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women. *JAMA: the journal of the American Medical Association* 1996;276(3):205-210.
- (8) Andersen LB, Schnohr P, Schroll M, Hein HO. All-cause mortality associated with physical activity during leisure time, work, sports, and cycling to work. *Arch Intern Med* 2000;160(11):1621.
- (9) Stear S. Health and fitness series--1. The importance of physical activity for health. *J Fam Health Care* 2003;13(1):10-13.
- (10) Sjørl A, Thomsen K, Schroll M, Andersen LB. Secular trends in acute myocardial infarction in relation to physical activity in the general Danish population. *Scand J Med Sci Sports* 2003;13(4):224-230.

- (11) Bassuk SS, Manson JE. Epidemiological evidence for the role of physical activity in reducing risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease. *J Appl Physiol* 2005;99(3):1193-1204.
- (12) Lempainen L, Sarimo J, Heikkila J, Mattila K, Orava S. Surgical treatment of partial tears of the proximal origin of the hamstring muscles. *Br J Sports Med* 2006 Aug;40(8):688-691.
- (13) Brooks JH, Fuller CW, Kemp SP, Reddin DB. Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *Am J Sports Med* 2006 Aug;34(8):1297-1306.
- (14) Koulouris G, Connell D. Evaluation of the hamstring muscle complex following acute injury. *Skeletal Radiol* 2003 Oct;32(10):582-589.
- (15) Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A, Hodson A, et al. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football--analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med* 2004 Feb;38(1):36-41.
- (16) Carrillon Y, Cohen M. Le muscle du sportif. *J Radiol* 2007;88(1):129-140.
- (17) Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med* 2011;45(7):553-558.
- (18) Junge A, Dvorak J, Graf-Baumann T. Football injuries during the World Cup 2002. *Am J Sports Med* 2004 Jan-Feb;32(1 Suppl):23S-7S.
- (19) Junge A, Langevoort G, Pipe A, Peytavin A, Wong F, Mountjoy M, et al. Injuries in team sport tournaments during the 2004 Olympic Games. *Am J Sports Med* 2006 Apr;34(4):565-576.
- (20) Junge A, Engebretsen L, Mountjoy ML, Alonso JM, Renstrom PA, Aubry MJ, et al. Sports injuries during the Summer Olympic Games 2008. *Am J Sports Med* 2009 Nov;37(11):2165-2172.

- (21) Koulouris G, Connell D. Evaluation of the hamstring muscle complex following acute injury. *Skeletal Radiol* 2003 Oct;32(10):582-589.
- (22) Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Risk factors for injuries in football. *Am J Sports Med* 2004;32(1 suppl):5S-16S.
- (23) Petersen J, Thorborg K, Nielsen MB, Holmich P. Acute hamstring injuries in Danish elite football: A 12-month prospective registration study among 374 players. *Scand J Med Sci Sports* 2009 Oct 4.
- (24) Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Risk factors for injuries in football. *Am J Sports Med* 2004 Jan-Feb;32(1 Suppl):5S-16S.
- (25) Seward H, Orchard J, Hazard H, Collinson D. Football injuries in Australia at the elite level. *Med J Aust* 1993 Sep 6;159(5):298-301.
- (26) Brooks JH, Fuller C, Kemp S, Reddin DB. Epidemiology of injuries in English professional rugby union: part 1 match injuries. *Br J Sports Med* 2005;39(10):757-766.
- (27) Brooks JH, Fuller C, Kemp S, Reddin DB. Epidemiology of injuries in English professional rugby union: part 2 training injuries. *Br J Sports Med* 2005;39(10):767-775.
- (28) Meeuwisse WH, Sellmer R, Hagel BE. Rates and risks of injury during intercollegiate basketball. *Am J Sports Med* 2003 May-Jun;31(3):379-385.
- (29) Orchard J, James T, Alcott E, Carter S, Farhart P. Injuries in Australian cricket at first class level 1995/1996 to 2000/2001. *Br J Sports Med* 2002;36(4):270-274.
- (30) Ekstrand J, Hagglund M, Walden M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med* 2011 Jun;39(6):1226-1232.
- (31) Folsom GJ, Larson CM. Surgical treatment of acute versus chronic complete proximal hamstring ruptures: results of a new allograft technique for chronic reconstructions. *Am J Sports Med* 2008 Jan;36(1):104-109.



- (32) Heiderscheit BC, Sherry MA, Silder A, Chumanov ES, Thelen DG. Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *J Orthop Sports Phys Ther* 2010 Feb;40(2):67-81.
- (33) Orchard J, Best TM. The management of muscle strain injuries: an early return versus the risk of recurrence. *Clin J Sport Med* 2002 Jan;12(1):3-5.
- (34) Kujala UM, Orava S, Jarvinen M. Hamstring injuries. Current trends in treatment and prevention. *Sports Med* 1997 Jun;23(6):397-404.
- (35) Worrell TW. Factors associated with hamstring injuries. An approach to treatment and preventative measures. *Sports Med* 1994 May;17(5):338-345.
- (36) Slocum DB, James SL. Biomechanics of running. *JAMA* 1968 Sep 9;205(11):721-728.
- (37) Sutton G. Hamstrung by hamstring strains: a review of the literature. *J Orthop Sports Phys Ther* 1984;5(4):184-195.
- (38) Shellock FG, Fukunaga T, Mink JH, Edgerton VR. Exertional muscle injury: evaluation of concentric versus eccentric actions with serial MR imaging. *Radiology* 1991 Jun;179(3):659-664.
- (39) Rahnema N, Reilly T, Lees A. Injury risk associated with playing actions during competitive soccer. *Br J Sports Med* 2002 Oct;36(5):354-359.
- (40) Bencardino JT, Mellado JM. Hamstring injuries of the hip. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2005 Nov;13(4):677-90, vi.
- (41) Askling CM, Tengvar M, Saartok T, Thorstensson A. Proximal hamstring strains of stretching type in different sports: injury situations, clinical and magnetic resonance imaging characteristics, and return to sport. *Am J Sports Med* 2008 Sep;36(9):1799-1804.
- (42) Verrall G, Slavotinek J, Barnes P, Fon G, Spriggins A. Clinical risk factors for hamstring muscle strain injury: a prospective study with correlation of injury by magnetic resonance imaging. *Br J Sports Med* 2001;35(6):435-439.

- (43) Miller SL, Gill J, Webb GR. The proximal origin of the hamstrings and surrounding anatomy encountered during repair. A cadaveric study. *J Bone Joint Surg Am* 2007 Jan;89(1):44-48.
- (44) Beltran L, Ghazikhanian V, Padron M, Beltran J. The proximal hamstring muscle-tendon-bone unit: a review of the normal anatomy, biomechanics, and pathophysiology. *Eur J Radiol* 2012 Dec;81(12):3772-3779.
- (45) Sato K, Nimura A, Yamaguchi K, Akita K. Anatomical study of the proximal origin of hamstring muscles. *J Orthop Sci* 2012 Sep;17(5):614-618.
- (46) Culav EM, Clark CH, Merrilees MJ. Connective tissues: matrix composition and its relevance to physical therapy. *Phys Ther* 1999 Mar;79(3):308-319.
- (47) Hoskins W, Pollard H. The management of hamstring injury--Part 1: Issues in diagnosis. *Man Ther* 2005 May;10(2):96-107.
- (48) Puranen J, Orava S. The hamstring syndrome--a new gluteal sciatica. *Ann Chir Gynaecol* 1991;80(2):212-214.
- (49) McCrory P, Bell S. Nerve entrapment syndromes as a cause of pain in the hip, groin and buttock. *Sports Med* 1999 Apr;27(4):261-274.
- (50) Woodley SJ, Mercer SR. Hamstring muscles: architecture and innervation. *Cells Tissues Organs* 2005;179(3):125-141.
- (51) Carlson B. *Embriología humana y biología del desarrollo*. Barcelona: Elsevier-Mosby; 2009.
- (52) Moore KL, Agur AM, Moore ME. *Anatomía: con orientación clínica*. Madrid: Ed. Medica Panamericana; 2007.
- (53) Palastanga N, Field D, Soames R. *Anatomía y movimiento humano. Estructura y funcionamiento*. Barcelona: Paidotribo; 2007.
- (54) Llusá M, Manual, Meri A Ruano D. *Atlas fotogràfic de anatomía del aparato locomotor*. Barcelona: Panamericana 2003.

- (55) Drake RL, Wayne Vogl A, Mitchell AWM. Grey anatomía para estudiantes. 2nd ed. Barcelona: Elsevier; 2010.
- (56) Rouvière HD, Delmas A. Anatomía Humana. Barcelona: Masson; 2006.
- (57) Robert R, Prat-Pradal D, Labat J, Bensignor M, Raoul S, Rebai R, et al. Anatomic basis of chronic perineal pain: role of the pudendal nerve. *Surgical and Radiologic Anatomy* 1998;20(2):93-98.
- (58) Antolak Jr SJ, Hough DM, Pawlina W, Spinner RJ. Anatomical basis of chronic pelvic pain syndrome: the ischial spine and pudendal nerve entrapment. *Med Hypotheses* 2002;59(3):349-353.
- (59) Lorente Gascón M, Miguel Pérez M, Pérez Bellmunt A, Escalona Marfil C. Manual de miología. Descripción, función y palpación de las extremidades. Barcelona: Elsevier Masson; 2007.
- (60) Rouviere H, Delmas A. Anatomía humana descriptiva, topográfica y funcional. Tomo 3. Miembros. Barcelona: Masson; 2006.
- (61) Paulsen F, Waschke J. Sobotta. Atlas de anatomía humana. 23ª edición ed. Barcelona: Elsevier.
- (62) Cael C, Anatomía funcional. Estructura, función y palpación del aparato locomotor para terapeutas manuales. Madrid: Ed. Editorial Médica Panamericana; 2010.
- (63) De Smet AA, Best TM. MR imaging of the distribution and location of acute hamstring injuries in athletes. *AJR Am J Roentgenol* 2000 Feb;174(2):393-399.
- (64) Garrett WE,Jr, Califf JC, Bassett FH,3rd. Histochemical correlates of hamstring injuries. *Am J Sports Med* 1984 Mar-Apr;12(2):98-103.
- (65) MARKEE JE, LOGUE JT,Jr, WILLIAMS M, STANTON WB, WRENN RN, WALKER LB. Two-joint muscles of the thigh. *J Bone Joint Surg Am* 1955 Jan;37-A(1):125-142.

- (66) Burkett LN. Investigation into hamstring strains: the case of the hybrid muscle. *J Sports Med* 1975 Sep-Oct;3(5):228-231.
- (67) Koulouris G, Connell D. Hamstring muscle complex: an imaging review. *Radiographics* 2005 May-Jun;25(3):571-586.
- (68) MARKEE JE, LOGUE JT,Jr, WILLIAMS M, STANTON WB, WRENN RN, WALKER LB. Two-joint muscles of the thigh. *J Bone Joint Surg Am* 1955 Jan;37-A(1):125-142.
- (69) Hennigan SP, Schneck CD, Mesgarzadeh M, Clancy M. The semimembranosus-tibial collateral ligament bursa. Anatomical study and magnetic resonance imaging. *J Bone Joint Surg Am* 1994 Sep;76(9):1322-1327.
- (70) Rothstein CP, Laorr A, Helms CA, Tirman PF. Semimembranosus-tibial collateral ligament bursitis: MR imaging findings. *AJR Am J Roentgenol* 1996 Apr;166(4):875-877.
- (71) Beltran J, Matityahu A, Hwang K, Jbara M, Maimon R, Padron M, et al. The distal semimembranosus complex: normal MR anatomy, variants, biomechanics and pathology. *Skeletal Radiol* 2003 Aug;32(8):435-445.
- (72) Waters RL, Perry J, McDaniels JM, House K. The relative strength of the hamstrings during hip extension. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 1974;56(8):1592-1597.
- (73) Buttel J, Klein A, Plas F. Étude de l'extensibilité des muscles ischio-jambiers sur 107 enfants de 9 à 14 ans scolarisés. *Ann Kinesither* 1980;7:205-208.
- (74) Garrett WE,Jr, Rich FR, Nikolaou PK, Vogler JB,3rd. Computed tomography of hamstring muscle strains. *Med Sci Sports Exerc* 1989 Oct;21(5):506-514.
- (75) Sunderland SS. *Nerves and nerve injuries*. London: Churchill-Livingstone; 1978.
- (76) PAVAL J, NAYAK S. A case of bilateral high division of sciatic nerve with a variant inferior gluteal nerve. *Neuroanatomy* 2006;5:33-34.

- (77) Arifoglu Y, Sürücü H, Sargon M, Tanyeli E, Yazar F. Double superior gemellus together with double piriformis and high division of the sciatic nerve. *Surgical and Radiologic Anatomy* 1997;19(6):407-408.
- (78) Schwemmer U, Markus CK, Greim CA, BREDERLAU J, Trautner H, Roewer N. Sonographic imaging of the sciatic nerve and its division in the popliteal fossa in children. *Pediatric Anesthesia* 2004;14(12):1005-1008.
- (79) Stewart JD. *Focal peripheral neuropathies*. USA: Lippincott Williams & Wilkins Philadelphia; 2000.
- (80) Saikku K, Vasenius J, Saar P. Entrapment of the proximal sciatic nerve by the hamstring tendons. *Acta Orthop Belg* 2010 Jun;76(3):321-324.
- (81) Puranen J, Orava S. The hamstring syndrome. A new diagnosis of gluteal sciatic pain. *Am J Sports Med* 1988 Sep-Oct;16(5):517-521.
- (82) Young IJ, van Riet RP, Bell SN. Surgical release for proximal hamstring syndrome. *Am J Sports Med* 2008 Dec;36(12):2372-2378.
- (83) Martin HD, Shears SA, Johnson JC, Smathers AM, Palmer IJ. The endoscopic treatment of sciatic nerve entrapment/deep gluteal syndrome. *Arthroscopy* 2011 Feb;27(2):172-181.
- (84) Guanche CA. Proximal Hamstring Syndrome: Repair and Ischial Bursectomy. *Operative Techniques in Sports Medicine* 2012;20(4):333-339.
- (85) Langevin HM, Huijing PA. Communicating about fascia: history, pitfalls, and recommendations. *International journal of therapeutic massage & bodywork* 2009;2(4):3.
- (86) Schleip R, Jager H, Klingler W. What is 'fascia'? A review of different nomenclatures. *J Bodyw Mov Ther* 2012 Oct;16(4):496-502.
- (87) Stecco C, Gagey O, Belloni A, Pozzuoli A, Porzionato A, Macchi V, et al. Anatomy of the deep fascia of the upper limb. Second part: study of innervation. *Morphologie* 2007 Mar;91(292):38-43.

- (88) Benjamin M. The fascia of the limbs and back--a review. *J Anat* 2009 Jan;214(1):1-18.
- (89) Benetazzo L, Bizzego A, De Caro R, Frigo G, Guidolin D, Stecco C. 3D reconstruction of the crural and thoracolumbar fasciae. *Surg Radiol Anat* 2011 Dec;33(10):855-862.
- (90) Findley T, Chaudhry H, Stecco A, Roman M. Fascia research - A narrative review. *J Bodyw Mov Ther* 2012 Jan;16(1):67-75.
- (91) Stecco L. Fascial manipulation for musculoskeletal pain. Milano: Piccin Nuova Libreria SpA; 2004.
- (92) Fasel J, Dembe J, Majno PE. Fascia: a pragmatic overview for surgeons. *Am Surg* 2007;73(5):451-453.
- (93) Walton A. Efficacy of myofascial release techniques in the treatment of primary Raynaud's phenomenon. *J Bodywork Movement Ther* 2008;12(3):274-280.
- (94) Fernandez-Perez AM, Peralta-Ramirez MI, Pilat A, Villaverde C. Effects of myofascial induction techniques on physiologic and psychologic parameters: a randomized controlled trial. *J Altern Complement Med* 2008 Sep;14(7):807-811.
- (95) Tozzi P, Bongiorno D, Vitturini C. Fascial release effects on patients with non-specific cervical or lumbar pain. *J Bodywork Movement Ther* 2011;15(4):405-416.
- (96) Domingo T, Blasi J, Casals M, Mayoral V, Ortiz-Sagrasta JC, Miguel-Perez M. Is interfascial block with ultrasound-guided puncture useful in treatment of myofascial pain of the trapezius muscle? *Clin J Pain* 2011 May;27(4):297-303.
- (97) Yahia L, Rhalmi S, Newman N, Isler M. Sensory innervation of human thoracolumbar fascia: an immunohistochemical study. *Acta Orthopaedica* 1992;63(2):195-197.

- (98) Langevin HM, Sherman KJ. Pathophysiological model for chronic low back pain integrating connective tissue and nervous system mechanisms. *Med Hypotheses* 2007;68(1):74-80.
- (99) Tesarz J, Hoheisel U, Wiedenhöfer B, Mense S. Sensory innervation of the thoracolumbar fascia in rats and humans. *Neuroscience* 2011;194:302-308.
- (100) Guimberteau JC, Delage JP, McGrouther DA, Wong JK. The microvacuolar system: how connective tissue sliding works. *J Hand Surg Eur Vol* 2010 Oct;35(8):614-622.
- (101) Bhattacharya V, Chaudhuri GR, Mishra B, Kumar U. Demonstration of live lymphatic circulation in the deep fascia and its implication. *European Journal of Plastic Surgery* 2011;34(2):99-102.
- (102) Comité Federal sobre Terminología Anatómica, Sociedad Anatómica Española. Terminología anatómica: terminología anatómica internacional. : Ed. Médica Panamericana; 2001.
- (103) Abu-Hijleh MF, Roshier AL, Al-Shboul Q, Dharap AS, Harris PF. The membranous layer of superficial fascia: evidence for its widespread distribution in the body. *Surg Radiol Anat* 2006 Dec;28(6):606-619.
- (104) Pilat A. Terapias miofasciales: Inducción miofascial. Barcelona: McGraw-Hill Interamericana de España; 2003.
- (105) Lockwood TE. Superficial fascial system (SFS) of the trunk and extremities: a new concept. *Plast Reconstr Surg* 1991;87(6):1009-1018.
- (106) Stecco C, Porzionato A, Lancerotto L, Stecco A, Macchi V, Day JA, et al. Histological study of the deep fasciae of the limbs. *J Bodyw Mov Ther* 2008 Jul;12(3):225-230.
- (107) Kumka M, Bonar J. Fascia: a morphological description and classification system based on a literature review. *J Can Chiropr Assoc* 2012 Sep;56(3):179-191.



- (108) Huijing PA, van de Langenberg, Rolf W, Meesters JJ, Baan GC. Extramuscular myofascial force transmission also occurs between synergistic muscles and antagonistic muscles. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2007;17(6):680-689.
- (109) Gordon MK, Hahn RA. Collagens. *Cell Tissue Res* 2010 Jan;339(1):247-257.
- (110) Purslow PP. The structure and functional significance of variations in the connective tissue within muscle. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 2002 Dec;133(4):947-966.
- (111) Eagan TS, Meltzer KR, Standley PR. Importance of strain direction in regulating human fibroblast proliferation and cytokine secretion: a useful in vitro model for soft tissue injury and manual medicine treatments. *J Manipulative Physiol Ther* 2007;30(8):584-592.
- (112) Stecco C, Pavan PG, Porzionato A, Macchi V, Lancerotto L, Carniel EL, et al. Mechanics of crural fascia: from anatomy to constitutive modelling. *Surg Radiol Anat* 2009 Aug;31(7):523-529.
- (113) Meltzer KR, Cao TV, Schad JF, King H, Stoll ST, Standley PR. In vitro modeling of repetitive motion injury and myofascial release. *J Bodywork Movement Ther* 2010;14(2):162-171.
- (114) Klinge U, Si ZY, Zheng H, Schumpelick V, Bhardwaj RS, Klosterhalfen B. Collagen I/III and matrix metalloproteinases (MMP) 1 and 13 in the fascia of patients with incisional hernias. *J Invest Surg* 2001 Jan-Feb;14(1):47-54.
- (115) Schleip R, Klingler W, Lehmann-Horn F. Fascia is able to contract in a smooth muscle-like manner and thereby influence musculoskeletal mechanics. *J Biomech* 2006;39:S488.
- (116) Masood N, Naylor I. Effect of adenosine on rat superficial and deep fascia and the effect of heparin on the contractile responses. *Br J Pharmacol* 1994;113:112P-112P.

- (117) Bunker T. Time for a new name for frozen shoulder—contracture of the shoulder. *Shoulder & Elbow* 2009;1(1):4-9.
- (118) Hedley G. Notes on visceral adhesions as fascial pathology. *J Bodywork Movement Ther* 2010;14(3):255-261.
- (119) Leibovich S, Ross R. The role of the macrophage in wound repair. A study with hydrocortisone and antimacrophage serum. *The American journal of pathology* 1975;78(1):71.
- (120) Kozma EM, Olczyk K, Glowacki A, Bobinski R. An accumulation of proteoglycans in scarred fascia. *Mol Cell Biochem* 2000 Jan;203(1-2):103-112.
- (121) Chirasatitsin S, Engler AJ. Detecting cell-adhesive sites in extracellular matrix using force spectroscopy mapping. *Journal of Physics: Condensed Matter* 2010;22(19):194102.
- (122) Geneser F. *Textbook of histology*. Copenhagen: Munksgaard; 1986.
- (123) Gerlach U, Liese W. Functional construction of the superficial and deep fascia system of the lower limb in man. *Cells Tissues Organs (Print)* 1990;139(1):11-25.
- (124) BOGDUK N, MACINTOSH JE. The applied anatomy of the thoracolumbar fascia. *Spine* 1984;9(2):164-170.
- (125) Kawamata S, Ozawa J, Hashimoto M, Kurose T, Shinohara H. Structure of the rat subcutaneous connective tissue in relation to its sliding mechanism. *Arch Histol Cytol* 2003 Aug;66(3):273-279.
- (126) Akeson WH, Amiel D, LaViolette D. The connective-tissue response to immobility: a study of the chondroitin-4 and 6-sulfate and dermatan sulfate changes in periarticular connective tissue of control and immobilized knees of dogs. *Clin Orthop* 1967;51:183-198.
- (127) Comper WD, Laurent TC. Physiological function of connective tissue polysaccharides. *Physiol Rev* 1978 Jan;58(1):255-315.

- (128) Laurent TC. Biochemistry of hyaluronan. *Acta Otolaryngol Suppl* 1987;442:7-24.
- (129) Piehl-Aulin K, Laurent C, Engstrom-Laurent A, Hellstrom S, Henriksson J. Hyaluronan in human skeletal muscle of lower extremity: concentration, distribution, and effect of exercise. *J Appl Physiol* (1985) 1991 Dec;71(6):2493-2498.
- (130) Laurent C, Johnson-Wells G, Hellstrom S, Engstrom-Laurent A, Wells AF. Localization of hyaluronan in various muscular tissues. A morphological study in the rat. *Cell Tissue Res* 1991 Feb;263(2):201-205.
- (131) Stecco C, Stern R, Porzionato A, Macchi V, Masiero S, Stecco A, et al. Hyaluronan within fascia in the etiology of myofascial pain. *Surg Radiol Anat* 2011 Dec;33(10):891-896.
- (132) Stecco A, Gesi M, Stecco C, Stern R. Fascial components of the myofascial pain syndrome. *Curr Pain Headache Rep* 2013 Aug;17(8):352-013-0352-9.
- (133) Ingber DE. The architecture of life. *Sci Am* 1998;278(1):48-57.
- (134) Kassolik K, Andrzejewski W. Tensegration massage. London: Churchill-Livingstone; 2010.
- (135) Ingber DE. Tensegrity and mechanotransduction. *J Bodywork Movement Ther* 2008;12(3):198-200.
- (136) Paoletti S. Las fascias. El papel de los tejidos en la mecánica humana. Ed: Paidotribo. 2004. Barcelona.Spain 2004.
- (137) Meijer HJ, Rijkeljkhuizen JM, Huijing PA. Myofascial force transmission between antagonistic rat lower limb muscles: effects of single muscle or muscle group lengthening. *J Electromyogr Kinesiol* 2007 Dec;17(6):698-707.
- (138) Huijing PA. Epimuscular myofascial force transmission between antagonistic and synergistic muscles can explain movement limitation in spastic paresis. *J Electromyogr Kinesiol* 2007 Dec;17(6):708-724.

- (139) Huijing PA. Epimuscular myofascial force transmission: a historical review and implications for new research. International Society of Biomechanics Muybridge Award Lecture, Taipei, 2007. *J Biomech* 2009 Jan 5;42(1):9-21.
- (140) Athwal GS, Steinmann SP, Rispoli DM. The distal biceps tendon: footprint and relevant clinical anatomy. *J Hand Surg Am* 2007 Oct;32(8):1225-1229.
- (141) Schleip R, Naylor IL, Ursu D, Melzer W, Zorn A, Wilke HJ, et al. Passive muscle stiffness may be influenced by active contractility of intramuscular connective tissue. *Med Hypotheses* 2006;66(1):66-71.
- (142) Rijkelijhuizen JM, Meijer HJ, Baan GC, Huijing PA. Myofascial force transmission also occurs between antagonistic muscles located within opposite compartments of the rat lower hind limb. *J Electromyogr Kinesiol* 2007 Dec;17(6):690-697.
- (143) Purslow PP. Muscle fascia and force transmission. *J Bodyw Mov Ther* 2010 Oct;14(4):411-417.
- (144) Hwang SW, Nam YS, Hwang K, Han SH. Thickness and tension of the gluteal aponeurosis and the implications for subfascial gluteal augmentation. *J Anat* 2012;221(1):69-72.
- (145) Garrett Jr W. Muscle strain injuries. *Am J Sports Med* 1995;24(6 Suppl):S2-8.
- (146) Rubin SJ, Feldman F, Staron RB, Zwass A, Totterman S, Meyers SP. Magnetic resonance imaging of muscle injury. *Clin Imaging* 1995;19(4):263-269.
- (147) Davis KW. Imaging of the hamstrings. *Semin Musculoskelet Radiol* 2008 Mar;12(1):28-41.
- (148) Brandser EA, el-Khoury GY, Kathol MH, Callaghan JJ, Tearse DS. Hamstring injuries: radiographic, conventional tomographic, CT, and MR imaging characteristics. *Radiology* 1995 Oct;197(1):257-262.

- (149) Speer KP, Lohnes J, Garrett WE, Jr. Radiographic imaging of muscle strain injury. *Am J Sports Med* 1993 Jan-Feb;21(1):89-95; discussion 96.
- (150) Pomeranz SJ, Heidt RS, Jr. MR imaging in the prognostication of hamstring injury. Work in progress. *Radiology* 1993 Dec;189(3):897-900.
- (151) Sallay PI, Friedman RL, Coogan PG, Garrett WE. Hamstring muscle injuries among water skiers. Functional outcome and prevention. *Am J Sports Med* 1996 Mar-Apr;24(2):130-136.
- (152) Askling CM, Tengvar M, Saartok T, Thorstensson A. Acute first-time hamstring strains during slow-speed stretching: clinical, magnetic resonance imaging, and recovery characteristics. *Am J Sports Med* 2007 Oct;35(10):1716-1724.
- (153) Fleckenstein J, Weatherall P, Parkey R, Payne J, Peshock R. Sports-related muscle injuries: evaluation with MR imaging. *Radiology* 1989;172(3):793-798.
- (154) Palmer WE, Kuong SJ, Elmadbouh HM. MR imaging of myotendinous strain. *AJR Am J Roentgenol* 1999 Sep;173(3):703-709.
- (155) Butler DL, Juncosa N, Dressler MR. Functional efficacy of tendon repair processes. *Annu Rev Biomed Eng* 2004;6:303-329.
- (156) Kaariainen M, Jarvinen T, Jarvinen M, Rantanen J, Kalimo H. Relation between myofibers and connective tissue during muscle injury repair. *Scand J Med Sci Sports* 2000 Dec;10(6):332-337.
- (157) Best TM, Shehadeh SE, Levenson G, Michel JT, Corr DT, Aeschlimann D. Analysis of changes in mRNA levels of myoblast- and fibroblast-derived gene products in healing skeletal muscle using quantitative reverse transcription-polymerase chain reaction. *J Orthop Res* 2001 Jul;19(4):565-572.
- (158) Miller SL, Webb GR. The proximal origin of the hamstrings and surrounding anatomy encountered during repair. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am* 2008 Mar;90 Suppl 2 Pt 1:108-116.

- (159) Floor S, van der Veen AH, Devilee RJ. Two patients with a complete proximal rupture of the hamstring. *Arch Orthop Trauma Surg* 2010 Apr;130(4):523-526.
- (160) Street CC, Burks RT. Chronic complete hamstring avulsion causing foot drop. A case report. *Am J Sports Med* 2000 Jul-Aug;28(4):574-576.
- (161) Klingele KE, Sallay PI. Surgical repair of complete proximal hamstring tendon rupture. *Am J Sports Med* 2002 Sep-Oct;30(5):742-747.
- (162) Chakravarthy J, Ramisetty N, Pimpalnerkar A, Mohtadi N. Surgical repair of complete proximal hamstring tendon ruptures in water skiers and bull riders: a report of four cases and review of the literature. *Br J Sports Med* 2005 Aug;39(8):569-572.
- (163) Orava S, Kujala UM. Rupture of the ischial origin of the hamstring muscles. *Am J Sports Med* 1995;23(6):702-705.
- (164) Brucker PU, Imhoff AB. Functional assessment after acute and chronic complete ruptures of the proximal hamstring tendons. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2005;13(5):411-418.
- (165) Colosimo AJ, Wyatt HM, Frank KA, Mangine RE. Hamstring avulsion injuries. *Operative Techniques in Sports Medicine* 2005;13(1):80-88.
- (166) Carlson C. The natural history and management of hamstring injuries. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2008 Jun;1(2):120-123.
- (167) Orchard J, Best TM, Verrall GM. Return to play following muscle strains. *Clinical Journal of Sport Medicine* 2005;15(6):436-441.
- (168) Cohen S, Bradley J. Acute proximal hamstring rupture. *J Am Acad Orthop Surg* 2007;15(6):350-355.
- (169) Heiderscheit BC, Hoerth DM, Chumanov ES, Swanson SC, Thelen BJ, Thelen DG. Identifying the time of occurrence of a hamstring strain injury during treadmill running: a case study. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2005 Dec;20(10):1072-1078.

- (170) Chumanov ES, Heiderscheit BC, Thelen DG. The effect of speed and influence of individual muscles on hamstring mechanics during the swing phase of sprinting. *J Biomech* 2007;40(16):3555-3562.
- (171) Lindsay DM, Robertson C. *Fascia: clinical applications for health and human performance*. USA: Delmar; 2008.
- (172) Bhattacharya V, Barooah PS, Nag TC, Chaudhuri GR, Bhattacharya S. Detail microscopic analysis of deep fascia of lower limb and its surgical implication. *Indian journal of plastic surgery: official publication of the Association of Plastic Surgeons of India* 2010;43(2):135.
- (173) Stecco C, Duparc F. Fasciae anatomy. *Surg Radiol Anat* 2011 Dec;33(10):833-834.
- (174) Testut L, Billet H, Jacob O. *Atlas de dissection por regiones*. : Salvat Editores; 1977.
- (175) LeMoon K. Terminology used in fascia research. *J Bodyw Mov Ther* 2008;12(3):204-212.
- (176) Stecco A, Macchi V, Masiero S, Porzionato A, Tiengo C, Stecco C, et al. Pectoral and femoral fasciae: common aspects and regional specializations. *Surg Radiol Anat* 2009 Jan;31(1):35-42.
- (177) Stecco C, Porzionato A, Macchi V, Stecco A, Vigato E, Parenti A, et al. The expansions of the pectoral girdle muscles onto the brachial fascia: morphological aspects and spatial disposition. *Cells Tissues Organs (Print)* 2008;188(3):320-329.
- (178) Burghardt RD, Siebenlist S, Döbele S, Lucke M, Stöckle U. Compartment syndrome of the thigh. A case report with delayed onset after stable pelvic ring fracture and chronic anticoagulation therapie. *BMC geriatrics* 2010;10(1):51.
- (179) Holbein O, Strecker W, Rath S, Kinzl L. Compartment syndrome of the thigh with sciatic nerve palsy. *J Orthop Trauma* 2000;14(6):451-452.

- (180) Orchard J. Biomechanics of muscle strain injury. *New Zealand Journal of Sports Medicine* 2002;30:90-96.
- (181) Kumazaki T, Ehara Y, Sakai T. Anatomy and physiology of hamstring injury. *Int J Sports Med* 2012 Dec;33(12):950-954.
- (182) Benjamin M, Kaiser E, Milz S. Structure-function relationships in tendons: a review. *J Anat* 2008 Mar;212(3):211-228.
- (183) Glanze WD, Mosby CV, Glanze WD. *Mosby's Medical, Nursing and Allied Health Dictionary*. 4 th ed. USA: Elsevier-Moby; 1993.
- (184) Moore KL, Dalley AF. *Clinically oriented anatomy*. 5th ed. USA: Lippincott Williams & Wilkins.; 2006.
- (185) Klein DM, Katzman BM, Mesa JA, Lipton JF, Caligiuri DA. Histology of the extensor retinaculum of the wrist and the ankle. *J Hand Surg Am* 1999 Jul;24(4):799-802.
- (186) Stecco C, Macchi V, Lancerotto L, Tiengo C, Porzionato A, De Caro R. Comparison of transverse carpal ligament and flexor retinaculum terminology for the wrist. *J Hand Surg Am* 2010 May;35(5):746-753.
- (187) Kannus P. Structure of the tendon connective tissue. *Scand J Med Sci Sports* 2000 Dec;10(6):312-320.
- (188) Thelen DG, Chumanov ES, Hoerth DM, Best TM, Swanson SC, Li L, et al. Hamstring muscle kinematics during treadmill sprinting. *Med Sci Sports Exerc* 2005 Jan;37(1):108-114.
- (189) Thelen DG, Chumanov ES, Sherry MA, Heiderscheit BC. Neuromusculoskeletal models provide insights into the mechanisms and rehabilitation of hamstring strains. *Exerc Sport Sci Rev* 2006 Jul;34(3):135-141.
- (190) Dufour M, Pillu M. *Biomecánica funcional*. 1st ed. Barcelona: Elsevier; 2006.



- (191) Huijing P, Baan G. Extramuscular myofascial force transmission within the rat anterior tibial compartment: proximo-distal differences in muscle force. *Acta Physiol Scand* 2001;173(3):297-311.
- (192) Carvalhais VO, Ocarino Jde M, Araujo VL, Souza TR, Silva PL, Fonseca ST. Myofascial force transmission between the latissimus dorsi and gluteus maximus muscles: an in vivo experiment. *J Biomech* 2013 Mar 15;46(5):1003-1007.
- (193) Hopper D, Deacon S, Das S, Jain A, Riddell D, Hall T, et al. Dynamic soft tissue mobilisation increases hamstring flexibility in healthy male subjects. *Br J Sports Med* 2005;39(9):594-598.
- (194) Rushton A, Spencer S. The effect of soft tissue mobilisation techniques on flexibility and passive resistance in the hamstring muscle-tendon unit: a pilot investigation. *Man Ther* 2011 Apr;16(2):161-166.
- (195) Van den Dolder, Paul A, Roberts DL. A trial into the effectiveness of soft tissue massage in the treatment of shoulder pain. *Australian Journal of Physiotherapy* 2003;49(3):183-194.
- (196) Kassolik K, Andrzejewski W, Brzozowski M, Wilk I, Górecka-Midura L, Ostrowska B, et al. Comparison of Massage Based on the Tensegrity Principle and Classic Massage in Treating Chronic Shoulder Pain. *J Manipulative Physiol Ther* 201339(1):195-201.
- (197) Sallay PI, Ballard G, Hamersly S, Schrader M. Subjective and functional outcomes following surgical repair of complete ruptures of the proximal hamstring complex. *Orthopedics* 2008;31(11):1092.
- (198) Uhlmann K. Phylogenetic origin of the sacrotuberous ligament in man. *Z Anat Entwicklungsgesch* 1972;136(1):1-8.
- (199) Vleeming A, Pool-Goudzwaard AL, Stoeckart R, van Wingerden J, Snijders CJ. The Posterior Layer of the Thoracolumbar Fascia| Its Function in Load Transfer From Spine to Legs. *Spine* 1995;20(7):753-758.

- (200) Barker PJ, Briggs CA. Attachments of the posterior layer of lumbar fascia. *Spine* 1999;24(17):1757.
- (201) Barker PJ, Briggs CA, Bogeski G. Tensile transmission across the lumbar fasciae in unembalmed cadavers: effects of tension to various muscular attachments. *Spine* 2004;29(2):129-138.
- (202) Van Wingerden J, Vleeming A, Buyruk H, Raissadat K. Stabilization of the sacroiliac joint in vivo: verification of muscular contribution to force closure of the pelvis. *European Spine Journal* 2004;13(3):199-205.
- (203) Hildebrand R. Discovery of a variant in the region of the adductor magnus and the short head of the biceps femoris. *Anat Anz* 1978 Jun;144(1):48-50.
- (204) Deleget A. Overview of thigh injuries in dance. *J Dance Med Sci* 2010;14(3):97-102.
- (205) Smoll NR. Variations of the piriformis and sciatic nerve with clinical consequence: a review. *Clinical Anatomy* 2010;23(1):8-17.
- (206) SINGH A, JOLLY SS. Wasted Leg Syndrome: a Compression Neuropathy of Lower Limbs. *J Assoc Physicians India* 1963 Dec;11:1031-1037.
- (207) Martin HD, Hatem M, Palmer IJ. Endoscopic Sciatic Nerve Decompression: Operative Technique. *Operative Techniques in Sports Medicine* 2012;20(4):325-332.
- (208) El Gharbawy RM, Skandalakis LJ, Skandalakis JE. Protective mechanisms of the common fibular nerve in and around the fibular tunnel: a new concept. *Clin Anat* 2009 Sep;22(6):738-746.
- (209) Reina M, López A, Villanueva M, De Andrés J, León G. Morfología de los nervios periféricos, de sus cubiertas y de su vascularización. *Rev Esp Anestesiol Reanim* 2000;47:464-475.
- (210) Sanger JR, Kao DS, Hackbarth DA. Peroneal nerve compression by lateral gastrocnemius flap. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2009 Aug;62(8):e280-2.

- (211) Peri G. The "critical zones" of entrapment of the nerves of the lower limb. *Surgical and Radiologic Anatomy* 1991;13(2):139-143.
- (212) Wettstein M, Garofalo R, Mouhsine E. Painful total hip replacement due to sciatic nerve entrapment in scar tissue and lipoma. *Musculoskeletal surgery* 2010;94(2):77-80.
- (213) Beck GP. Interior Approach to Sciatic Nerve Block. *Anesthesiology* 1963;24(2):222-224.
- (214) Vachon CA, Bacon DR, Rose SH. Gaston Labat's Regional Anesthesia: the missing years. *Anesth Analg* 2008 Oct;107(4):1371-1375.
- (215) Guardini R, Waldron B, Wallace W. Sciatic nerve block: a new lateral approach. *Acta Anaesthesiol Scand* 1985;29(5):515-519.
- (216) Lempainen L, Sarimo J, Mattila K, Vaittinen S, Orava S. Proximal hamstring tendinopathy: results of surgical management and histopathologic findings. *Am J Sports Med* 2009 Apr;37(4):727-734.
- (217) Maas H, Baan GC, Huijing PA. Intermuscular interaction via myofascial force transmission: effects of tibialis anterior and extensor hallucis longus length on force transmission from rat extensor digitorum longus muscle. *J Biomech* 2001 Jul;34(7):927-940.

---

## **RESUM**

# **Anatomical and histological study of the proximal attachment of hamstring muscles and their connective tissue component surrounding**

## **INTRODUCTION**

The hamstring muscle complex is constituted by the biceps femoris, the semitendinosus and the semimembranosus muscles. Classic treatises on human anatomy describe the proximal attachments of the hamstring muscles (PAHM) in the ischial tuberosity, except for the short head of the biceps femoris which arises from the aspera line of the femur (1). More recently, a more precise study of these proximal hamstring region has brought new evidence about the proximal attachment of these muscles, such as the direct connection between the proximal attachment of the biceps femoris long head and the sacrotuberous ligament (2).

Acute hamstring strains are common injuries in sports (3) and may affect any of the hamstring muscles. (4-6) However, the proximal hamstring attachment at the ischial tuberosity is the most frequently injured site (7,8). Moreover, the pathology in these region may be related with the injuries of the proximal attachment of adductor muscles (9-11).

Also, the proximal attachment of hamstring muscles is involved in the hamstring syndrome, associated mainly to tendinopathies and less frequently to muscle injuries of these region (12). This syndrome causes a compressive neuropathy of the sciatic nerve produced by fibrosis related the proximal attachment of hamstring muscles (12-14).

As some authors suggest, a detailed anatomical information regarding hamstring muscles is critical to understanding the precise situation of such hamstring muscles injuries and determine the appropriate treatment strategy, concerning both conservative and surgical treatments (2,15,16). The purpose of the present study is to examine the detailed anatomy and histology surrounding the ischial

tuberosity and the relations between the proximal attachment of hamstring muscles with the adductor muscles and the sciatic nerve.

## **MATERIAL AND METHODS**

The study examined 60 cryopreserved hemipelvis and their correspondent thighs. All specimens were provided by the body donor program of the Faculty of Medicine (Bellvitge Science Health Campus), University of Barcelona. The mean age of the specimens was 76 years old (range 58-90), 13 males and 17 females. None of the cadaver specimens used for this study presented any signs of previous traumatic injuries or scars relating to previous surgery. A number (from 1 to 60) was assigned to each specimen as they were processed. The study took place in two stages: anatomical and histological studies.

### Anatomical study

*Dissection procedure:* 32 lower limbs were dissected in a prone position. Dissections were carried out in a proximal-distal direction, from the gluteal to the popliteal region. Two longitudinal incisions were performed. The first incision was made through the midline of the lumbar and sacral spine, superficial to the spinous process and the median sacral crest of the sacrum. The second incision passed from the posterosuperior aspect of the thigh to the popliteal region. Three transverse incisions were then performed. The highest incision was made at the level of iliac crest, the middle incision at the level of the gluteal sulcus and the lowest incision at the level of the femoral condyles. Skin and subcutaneous adipose tissue contained within the superficial fascia were stratigraphically removed, exposing the gluteal deep fascia and the fascia lata, which are continuous. The gluteus maximus muscle was detached from midline and put aside laterally. At this point, the PAHM was exposed and the connective and fascial tissue surrounding it were studied. The measurements of this connective tissue were taken using a tapeline.

*Anatomic sections:* anatomic cross-sectional cuts were performed on 22 lower limbs. Various successive cross-sections were performed, using an anatomical saw at the level of the proximal hamstring tendon attachment in 3 different planes: 8 specimens were sectioned in a transverse plane, 7 specimens in a frontal plane and 7 specimens in a sagittal plane.

During the procedures described in the anatomic study, pictures were systematically taken using a digital camera (CANON 911).

### Histological study

Six samples of the connective tissue found between the proximal hamstring tendon attachment at the ischial tuberosity and the gluteus maximus muscle (sample size 2,5 x 1,5 cm) were obtained from previously dissected specimens (3 males and 3 females). All samples were immediately fixed using a 4% formaldehyde solution and further embedded in paraffin to obtain 7 µm thick histological slices. The slices were stained with hematoxylin-eosin to observe the structure and distribution of the connective tissue of interest. Morphometric measures of the dense connective tissue samples were registered at different points of the histological slice.

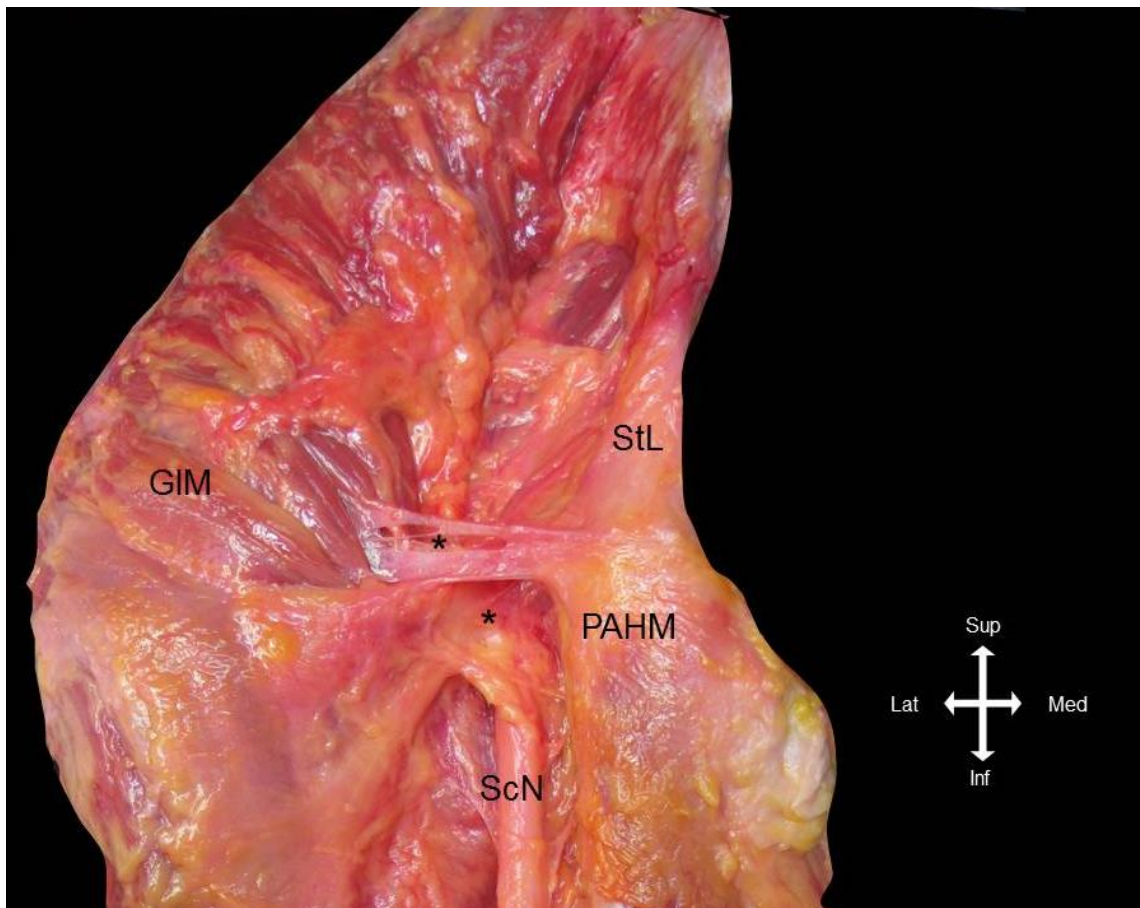
All slices were analysed and measured using a Leica DMD108 digital microimaging instrument (LeycaMicrosystems).

## **RESULTS**

### Dissection study

Stratigraphic dissection of the gluteal and posterior thigh regions exposed the superficial fascia and underneath the deep fascia. The deep fascia surrounding the gluteus maximus muscle, the gluteal fascia, continued distally as the fascia lata. The latter covered and compartmentalized the thigh muscles. The hamstring muscles were found in the posterior compartment.

The gluteus maximus muscle also had its own fascia, an epimysium as the continuation of the connective tissue that embedded the different muscle fascicles (perimysium and endomysium) and emerged on the anterior aspect of the gluteus maximus muscle. At this point, the gluteus maximus epimysium was continuous with the perineal fascia.

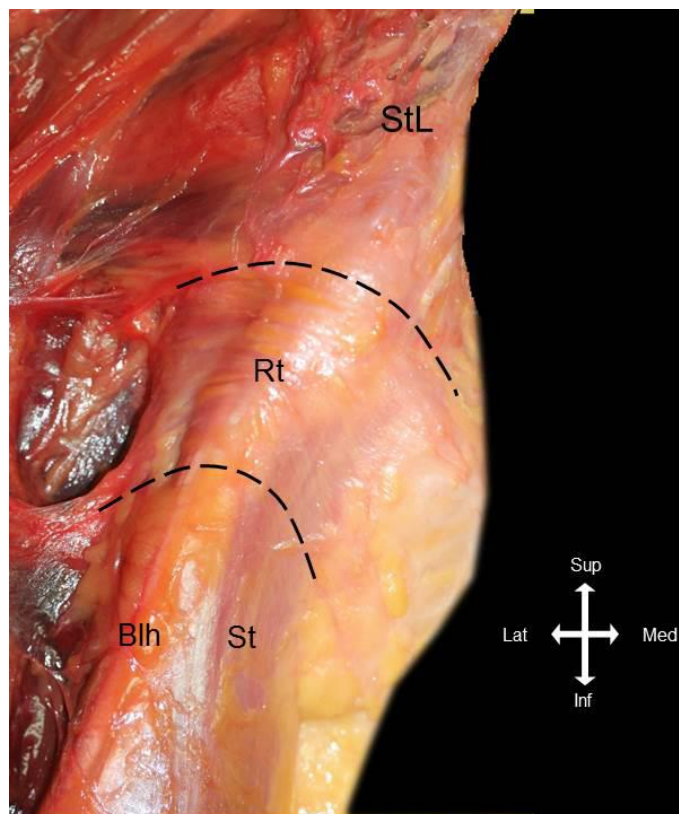


**Fig.1** Proximal hamstrings attachment. The gluteus maximus (GIM) muscle has been detached from midline and put aside laterally. Fascial expansions from the gluteus maximus (\*) to the proximal hamstrings attachment (PAHM) and to form a tunnel-like structure around the sciatic nerve (ScN) are observed. Sacrotuberous ligament (StL).

The gluteus maximus muscle covered up the ischial tuberosity and 4-6 cm of the PAHM. When detaching the gluteus maximus muscle, a fascial expansion was observed from the anterior aspect of this muscle expanding to the PAHM (Fig. 1). Laterally, the aforementioned fascial expansion split to form a canal that surrounded the sciatic nerve and the posterior femoral cutaneous nerve (Fig. 1.)



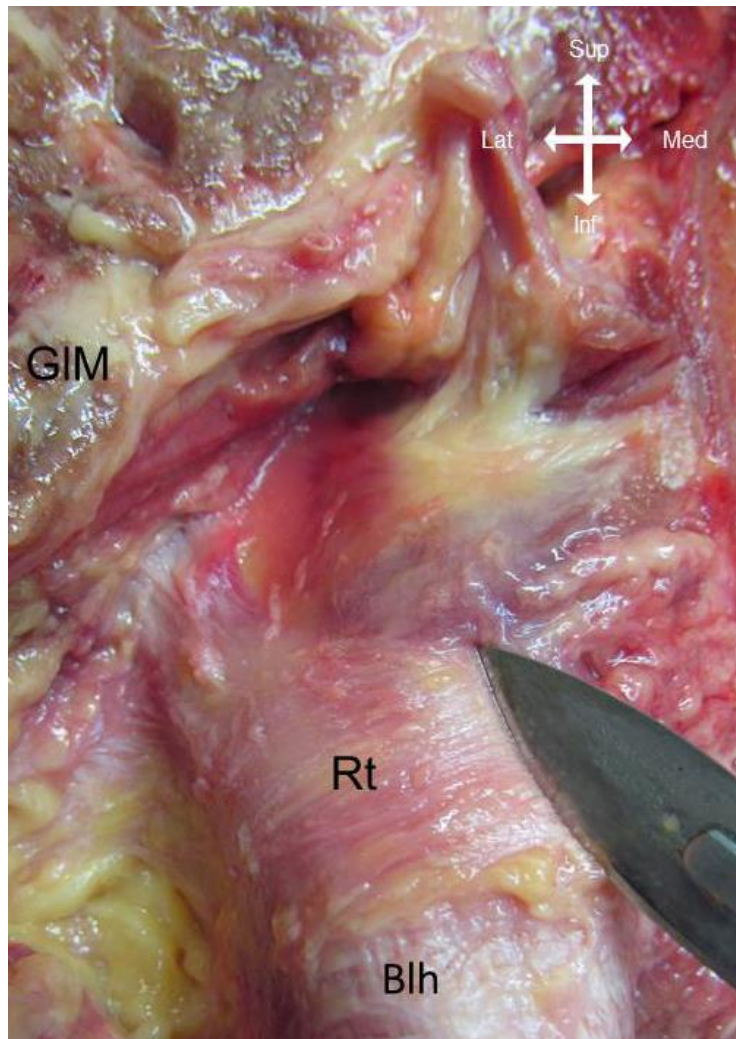
During detailed dissection the sacrotuberous ligament attachment on proximal portion of the ischial tuberosity, and distally, the proximal attachment of the hamstring muscles were observed. Also superficial to the aforementioned, an annular-like shape composed of dense connective tissue with its fibers distributed transversally and in close relation to the anterior structures was observed. This structure anchored directly to the bone, in the lateral and medial aspects of the ischial tuberosity thus covering the insertion of the sacrotuberous ligament (Fig.2), the origin of the long head tendon of the biceps femoris, the semitendinosus muscle and the semimembranosus tendon. This annular-like structure resembled that of a strap or a retinaculum, showing a rectangular shape, with a length of 5.6 cm ( $\pm$ /-0.45 cm) and a mean height of 4.1 cm ( $\pm$ /-0.16 cm). In the most superior and superficial aspect of the annular-like structure, the attachment of the aforementioned fascial expansions coming from the anterior epymisium of the gluteus maximus muscle were observed (Fig. 1).



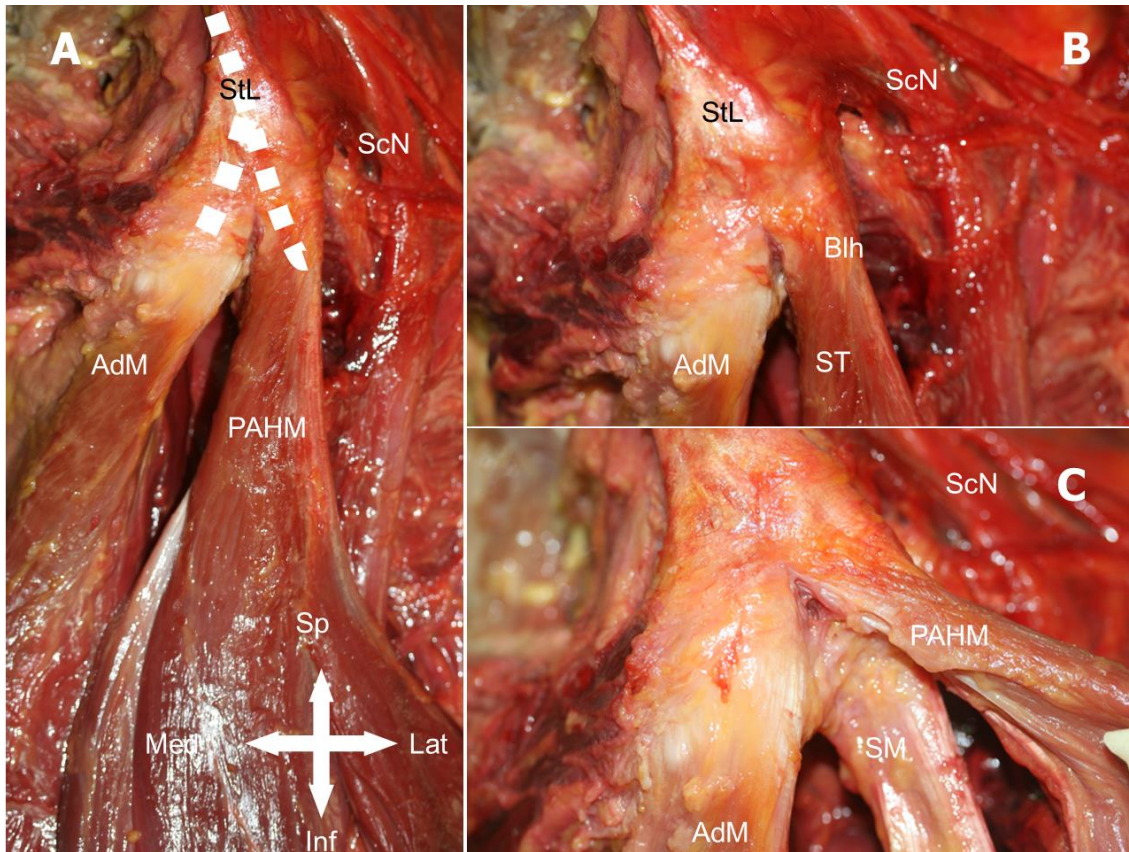
**Fig.2** A retinaculum-like structure (Rt: limited by the dotted lines) superficial to the proximal hamstrings attachment (Blh, biceps femoris long head and ST, semitendinosus) and the sacrotuberous ligament (StL).

When removing the annular-like structure, the deep lateral aspect of this structure was continuous with the biceps femoris epitenon, while the deep medial aspect was easily detachable from the semitendinosus epimysium due to a lax connective tissue layer found in between.

Once the connective tissue annular structure was removed (Fig. 3), the ischial tuberosity was exposed and the anatomic elements attaching to it distally and more deep were observed. The study of the sacrotuberous ligament attachment on the ischial tuberosity showed in all specimens a lambda "λ" shaped bifurcation (Fig. 3.A, B i C). The uppermost end attached to the superior aspect of the ischial tuberosity and the other two, distal ends, attached to the posterior aspect of the ischial tuberosity. The most lateral and distal end is continuous with the biceps femoris long head and the most medial distal end is continuous with the adductor major. Furthermore, the sacrotuberous ligament shows a mesh-like fibrillar pattern, made of parallel collagen fiber layers distributed perpendicular to the adjacent. Collagen fibers coming from the superior and medial aspect of the ligament, pass over the perpendicular fibers coming from the superior and lateral aspect of the ligament, and attach to the most lateral aspect of the ischial tuberosity (Fig. 4.A i B). The aforementioned collagen fibers coming from the superior and lateral aspect of the sacrotuberous ligament run deeper and attach at the medial aspect of the ischial tuberosity.



**Fig.3** Transverse fibers of the retinaculum (Rt) in relation to the biceps femoris long head (Blh). (AdM) and the semitendinosus muscle (ST). C. The situation of the semimembranosus muscle in relation to the rest of hamstrings muscles.



**Fig.4** Anatomic relations of the sacrotuberous ligament. A. Attachment of the sacrotuberous ligament (StL), which is lambda shaped ("λ"). B. Anatomic relation between the sacrotuberous ligament, the biceps femoris long head (Blh), the adductor magnus muscle (AdM) and the semitendinosus muscle (ST). C. The situation of the semimembranosus muscle in relation to the rest of hamstrings muscles.

On the most distal aspect of the ischial tuberosity we observed the proximal attachment of the hamstring muscles. The study of the common biceps femoris long head and semitendinosus proximal attachment to the ischial tuberosity described a rectangular shaped structure with a 4.1 cm ( $\pm$  1.2) width, 2.1 cm ( $\pm$  0.75) thickness and 5.3 cm (1.3) length. The most lateral aspect of this proximal common attachment was constituted by tendon fibers that correspond to the origin of the biceps femoris long head. This tendinous component was found in the most lateral and inferior aspect of the ischial tuberosity, and it was covered by the distal and lateral end of the sacrotuberous ligament. The medial aspect of the proximal common attachment of the biceps femoris long head and the semitendinosus was composed of the muscle fibers from the semitendinosus

muscle. The most lateral muscle fibers attached directly to the biceps femoris long head tendon and the most medial muscle fibers attached directly to the ischial tuberosity, between the two distal end portions of the sacrotuberous ligament. Furthermore, two possible anatomic variants were observed when considering the proximal attachment of the semitendinosus tendinous portion and the proximal aspect of the adductor major muscle:

- When the adductor major muscle was found posterior and medial to the ischial tuberosity, there exist some muscle fibers that are continuous with the proximal semitendinosus tendinous portion.
- When the adductor major muscle was found anterior and medial to the ischial tuberosity there were only few or absent myotendinous connections to the proximal semitendinosus tendinous portion.

When putting apart the common portion of the biceps femoris long head and the semitendinosus muscles, the semimembranosus proximal attachment was observed, on the inferior and slightly anterior aspect of the ischial tuberosity. This proximal attachment of the semimembranosus muscle was by means of a fan-like tendon that shares some fibers with the deep aspect of the biceps femoris long head. Also, in some specimens, expansions to the posterior aspect of the adductor major muscle were observed. As this tendon run distal, two main morphologic features were observed: the lateral aspect was cylindrical shaped while the medial aspect was flattened and it was continuous with the muscle fibers. The semimembranosus had a lateral and anterior disposition when compared to the biceps femoris long head proximal tendon and a medial and anterior disposition to the semitendinosus muscle.

Once the anatomic relations to the ischial tuberosity were studied, the anatomic relations of these structures to the sciatic and posterior femoral cutaneous nerves were analysed. In the specimens studied, the sciatic nerve was found 1.3 (  $\pm$  0.7) cm lateral to the ischial tuberosity and 6.2 cm (  $\pm$  2) of the nerve were covered up by the anterior aspect of the gluteus maximus muscle. Adjacent to the gluteus maximus distal and medial border, the long head of the biceps femoris

muscle became the satellite muscle to the sciatic nerve, covering it up. 1 anatomic variant to this pattern was found: the sciatic nerve was not covered up by any muscles or muscle fibers for a length of 2.1 cm, between the gluteus maximus and the biceps femoris long head.

### Anatomic sections

Sagittal, transverse and coronal (Fig. 5 and 6) anatomic successive cross-sections revealed the presence of an annular-like structure that encompasses the proximal hamstring muscle attachment and it confirms the findings described during stratigraphical dissection. Also, fascial expansions from the anterior aspect of the gluteus maximus epimysium to the annular-like structure were observed.

Transverse cross-sections at the level of the ischial tuberosity showed fascial expansions interspersed with adipose tissue, coming from the anterior aspect of the gluteus maximus epimysium and surrounding the sciatic nerve and the posterior femoral cutaneous nerve.

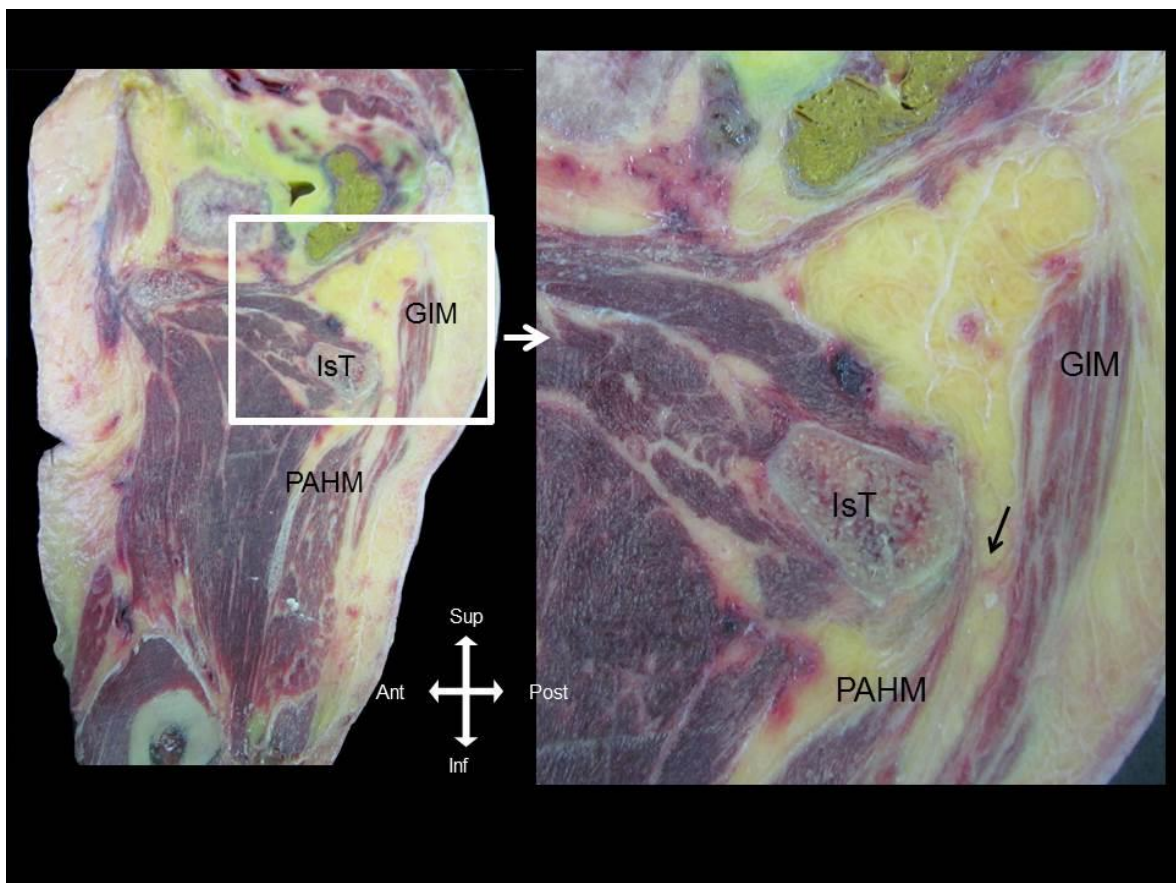
Also these sections presented the proximal attachment of the hamstring muscles, their morphology and their direct anatomic relations. The most superficial tendinous portion, triangular-shaped, was small and it corresponded to the common attachment of the biceps femoris long head and the semitendinosus muscles to the ischial tuberosity, being the first one the main contributor of tendon fibers to this attachment complex. Also, the semimembranosus muscle was continuous with the most proximal aspect of the PAHM.

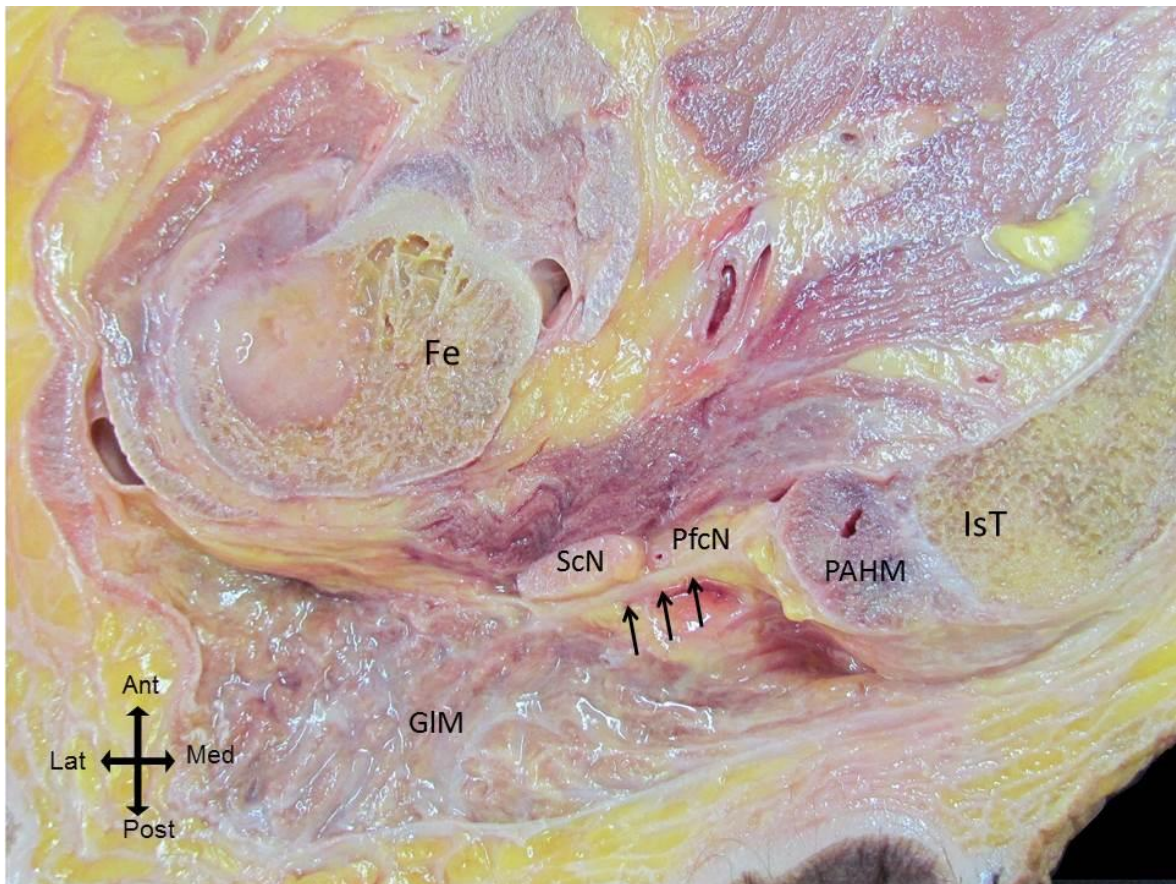
More distal anatomic transverse cross-sections, where the ischial tuberosity was still observed, the biceps femoris long head, semimembranosus and semitendinosus proximal tendons were already distinguishable, and connections between the semimembranosus tendon and the medial aspect of the biceps femoris long head.

The tendinous portion found posterior and lateral to the biceps femoris long head, corresponded to the proximal attachment of the semimembranosus. It was found in the same anatomic plane as the sciatic nerve, the latter was more lateral.



Consecutive transverse anatomic cross-sections showed how the semimembranosus tendon differentiates into two morphologically different. The most lateral portion was constituted by tendon fibers distributed in a cylindrical shape which run distally; while the medial portion had a membranous appearance and it arose from the lateral portion. The medial membranous portion became wider and thinner in successive transverse anatomic cross-sections, while the cylindrical lateral portion diminished its diameter and became flattened distally. As observed in some cross-sections, the medial membranous portion presented folds. Distal to the ischial tuberosity there was a fascial expansion directly connecting the semimembranosus muscle to the sciatic nerve.





**Fig.6** Transverse section of the pelvis at the level of the ischial tuberosity (IsT). The tunnel for the sciatic nerve (ScN) and the posterior femoral cutaneous nerve (PN) is shown. Its posterior border depends on the fascial expansions (arrows) from the gluteus maximus (GIM). Femur (Fe), proximal attachment of hamstring muscles (PAHM).

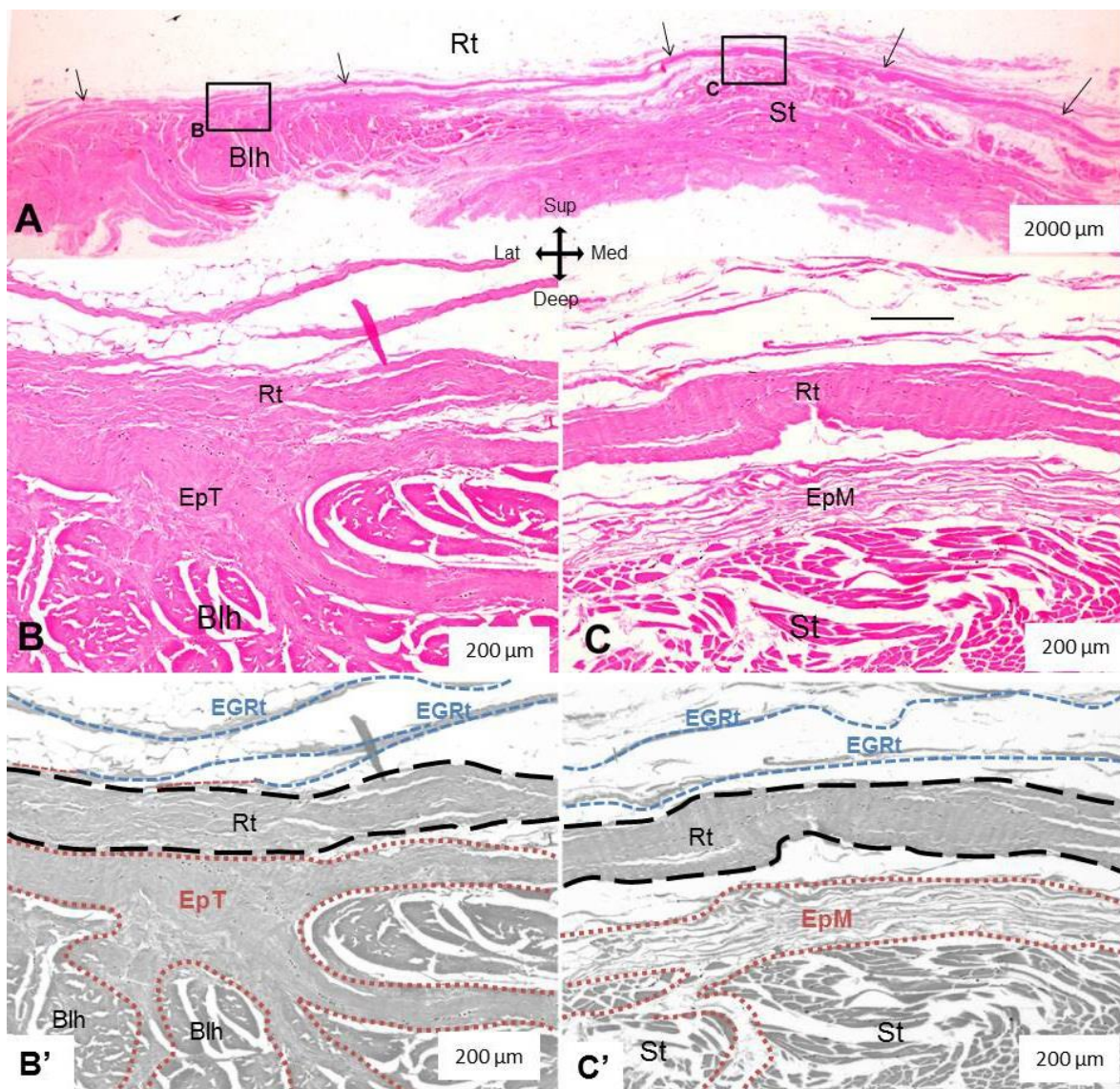
#### HISTOLOGICAL STUDY

The histological analysis evidenced an annular-like dense connective tissue structure compatible with that of a retinaculum (Fig. 7. A). Transverse slices of the retinaculum showed a structure formed by a main layer of dense connective tissue, with collagen fibers running in one main transversal direction, with adjacent layers of loose connective tissue. This structure covered up the distal end of the sacrotuberous ligament and proximal attachment of the hamstring muscles. Successive slices showed that the deep lateral aspect of the retinaculum adhered tightly to the superior and lateral aspects of the proximal biceps femoris long head



epitenon (Fig. 7.B and B'), while between the deep medial aspect of the retinaculum and the semitendinosus epimysium, there was a layer of loose connective tissue (Fig. 7.C and C'). The retinaculum covered up and adapted to the morphology of the proximal hamstring attachment. The retinaculum thickness was  $925 \mu\text{m} \pm 123 \mu\text{m}$ .

Superficially to the retinaculum a more dense and irregular layer of connective tissue was observed, independent from the retinaculum, that belonged to the gluteus maximus anterior fascia (Fig. 7.B' and C').



**Fig. 7.** (A) Low magnification image of the retinaculum (Rt and arrow) stained with hematoxylin-eosin. It covers the proximal biceps femoris long head tendon (Blh) and the proximal semitendinous muscle (St). Frames show magnification points corresponding to images B and C.

(B) Magnification showing the lateral aspect of the retinaculum (Rt) superficial to the biceps femoris long head tendon (Blh). Note a very slight difference between the retinaculum (Rt) and the epitendon (EpT) connective tissue density, which suggests the presence of two different structures which are tightly bound.

(C) Magnification showing the lateral aspect of the retinaculum (Rt) superficial to the semitendinous muscle (St). Note the different collagen fiber density between the retinaculum (Rt) and the proximal semitendinous epimysium (EpM). Semitendinous muscle (ST).

(B',C') Diagram over the images B,C showing the limits of the different structures described. Retinaculum (Rt, back dotted line), gluteus maximus epimysium expansions to the retinaculum (RGRt, blue dotted line), epitendon (EpT, red dotted line), semitendinous muscle epimysium (EpM, red dotted line), biceps femoris long head tendon (Blh), proximal semitendinous muscle (ST).

## **DISCUSSION**

### Retinaculum

This study showed a constant dense connective tissue annular structure covering the origin of the proximal attachment of hamstring muscles, and the distal attachment of the sacrotuberous ligament, with similar anatomical and histological properties as those of a retinaculum. Superficially this retinaculum-like structure

receives loose connective tissue expansions from the gluteus maximus epimysium, evidenced when placing the gluteus maximus muscle aside. These expansions from the gluteus maximus epimysium also extend laterally to the proximal hamstrings attachment to embed and compartmentalize the sciatic nerve and the posterior femoral cutaneous nerve. These structures have not been reported in the previous literature.

Anatomically, Benjamin explains that a variety of structures holding tendons in position exist and that they are known by different names depending on their location, e.g. retinaculum, fibrous pulleys, annular ligaments or fibrous sheaths (17). Similarly, various textbooks define retinaculum as a structure that contains or holds in place a tissue, organ or tendon (18,19) and according to Kumka and Bonar, they prevent tendons from bowstringing, contribute to force transmission and may contain muscles and nerves (20). Following these principles, the structure found in the current study around the proximal attachment of hamstring muscles can be described as a retinaculum-like structure. Commonly, the purpose of a retinaculum is to provide a smooth contact surface for tendons to slide longitudinally when their associated muscle contracts (21). However, differing from other similar anatomic structures, this retinaculum adheres very closely to the hamstring muscles attachment (especially the tendon of the long head of biceps) and therefore its function can be seen as an anchoring structure rather than a structure that enables tendon sliding.

The histological study of this retinaculum confirms that it is formed by dense connective tissue, compatible with the typical histological pattern of a retinaculum (22,23). However, it differs from a common retinaculum in the way that fibrocartilage within the dense connective tissue, on the surface exposed to the proximal hamstring tendon attachment was not found (21). It can therefore be hypothesized that this lack of fibrocartilage is a direct consequence of its containing and anchoring function, rather than a function of enabling longitudinal sliding of the proximal hamstring tendons. Also, the annular-like shape and the disposition of this retinaculum would support the hypothesis of this structure as being responsible for anchoring the sacrotuberous ligament and the proximal

hamstring tendon attachment, specifically the proximal biceps femoris long head attachment. In this way it would be a structure playing a direct role in force transmission during muscle contraction, establishing a synergy between the gluteus maximus muscle and the hamstring muscles.

Several studies have attempted to identify mechanisms and risk factors for hamstring muscles injuries due to their high incidence (24,25), but evidence so far is inconclusive or contradictory (26,27). Anatomic morphology and distribution of the hamstrings muscle complex has been pointed out as a key factor to injury process (28), mostly at the proximal aspect (2,16), which motivated the present study. The tight adherence of the retinaculum to the proximal attachment of hamstring muscles, may explain the high incidence of lesions in this zone (7,8).

The anatomical and histological findings of the current study could suggest that the described retinaculum may play a role in proximal hamstring muscle complex injuries and specifically in the most frequent injuries of the tendon of the long head of the biceps femoris. The retinaculum (annular-like structure) over the proximal hamstring tendon has a stronger adherence to the long head biceps femoris tendon than to the proximal semitendinosus muscle. This implies that during activities with a high physical demand, such as running, force transmission between those muscles could compromise the proximal hamstring complex. The fact that the tendon of the long head of biceps femoris is the most frequently injured tissue (8,29-32) could be explained because of its strong adherence to the retinaculum and therefore to a major submission to force transmission when compared to the proximal semitendinosus attachment.

Another possible injury mechanism, based on anatomic findings, is that of a possible compression of the hamstring muscles proximal aspect produced by the retinaculum and the gluteus maximus during certain positions of the pelvis. When considering the retinaculum found in the present study within the biomechanics involved in the swing phase of gait, we believe that it could become a constricting structure of the proximal hamstring tendon (muscle) attachment. The specific biomechanical context in which this constriction could take place is at the moment when the hip is positioned hyper flexion, the knee is in extension (the hamstrings

are working to decelerate knee extension) and thigh extension begins (29,33). During this change in hip position, the gluteus maximus contraction (as an agonist) could produce a medial traction, by means of its anterior epimysial expansions to the retinaculum, which could then constrict the proximal hamstring tendon (muscle) attachment.

#### Proximal attachment of hamstrings muscles

The proximal attachment of hamstring has been a subject matter for a long time. General anatomy text books (34,35) as well as those specific on the musculoskeletal system (36) consider the common origin of the long head of biceps femoris muscle and the semitendinosus muscle. However, it has been hypothesized, due to recent findings, that further knowledge about the proximal attachment of this muscle complex (2) and anatomic variations concerning it may predispose certain subjects to injuries that could lead to a decrease of the normal glide and flexibility of these muscles (37). For this reason one of the aims of this study was to clarify the proximal attachment of the hamstring muscles.

Despite the difficulty to differentiate between the biceps femoris and semitendinosus components at their proximal common attachment tendon by means of magnetic resonance imaging (4), it has been widely used to study the PAHM. Miller et al. stated his oval morphology and they determined some measurements (38) similar to ours results. Common tendon is presented in front of the tendon of the semimembranosus tendon (39). However the anatomical sections of this study have shown that the semimembranosus tendon is in the same level and more lateral than long head of biceps. This situation is similar to described in other anatomical investigations (2,6).

The dissections of biceps femoris long head and the semitendinosus common attachment showed two attachment sites for the long head of the biceps femoris. The main and deeper attachment was at the ischial tuberosity where a thick tendon was observed. The other, more superficial, was continuous with the sacrotuberous ligament. This connection between the biceps femoris long head

and the sacrotuberous ligament is a matter of controversy. The present results contradict previous investigations that it suggested that the sacrotuberous ligament of humans is not the transformed caudal head of the hamstring muscle (40). However it is concordant with literature that considers that there are a continuation of the fibers (2). Moreover, we have observed that the attachment of these superficial fibers is towards the lateral aspect of the sacrotuberous ligament and that there exist fascial expansions to the semimembranosus muscle.

The anatomical connection of the proximal attachment of biceps femoris (with the sacrotuberous ligament, the retinaculum and the proximal attachment of the semitendinous and semimembranosus muscles) would explain why the proximal attachment of biceps femoris has the highest incidence of injuries (4,41). The results of this study suggest that the tendon of long head of biceps femoris is the most consistent amongst the PAHM and the one most subject to traction force.

The fan-shaped morphology of the semimembranosus proximal attachment could help to explain why the injury mechanism is excessive stretching (9,42). Also, its connection to the deep aspect of the common attachment between the biceps femoris long head and the semitendinosus would explain the efficacy of surgical techniques that use semimembranosus tenotomy to treat proximal hamstring tendinopathy (43).

Finally, muscle connections between the proximal attachment of the semitendinosus muscle and the adductor magnus muscle may explain the clinical relation between the injury of adductor muscles and the hamstrings muscles (9,10).

#### Sciatic Nerve:

In reference to the important proportion of connective and adipose tissue found between the proximal attachment of hamstrings muscles and the sciatic nerve, it has been proposed that this nerve may dispose of a certain gliding or compressive movement and therefore mechanic tensions are present in this region (44). Also it has been suggested that fascial layers may protect and stabilize the nerve in the movement of the lower limb (20). In this case, fascial expansions may protect the

friction of sciatic nerve with the ischial tuberosity, just as the common fibular nerve is protected by fascial expansions on the neck of the fibula (45).

Fibrotic bands of connective tissue around the sciatic nerve at the level of the proximal hamstring complex may compress it and produce a compressive neuropathy (13,14). These fibrotic bands may be removed by means of arthroscopic surgery (46,47). The location of the aforementioned fibrotic bands is concordant with the location of the epimysial expansions from the gluteus maximus to the sciatic nerve found in the present study, which expand around the nerve forming a nerve tunnel. Altogether, this suggests that the fibrosis of the epimysial expansions described, secondary to traumatic or stretch induced injuries involving the proximal hamstrings region, could play a role in the compressive sciatic neuropathy due to fibrotic bands around the nerve.

## **LIMITATIONS OF THIS STUDY**

The present study was performed on cadaver specimens and therefore it has some limitations, such as lack of muscle contraction to evaluate force transmission or unknown previous habits of the donors (sports involvement, active/passive job, etc...). However, recent studies point out that anatomic data on the hamstring muscles is critical in understanding the precise mechanism of such hamstring muscles injuries and in determining appropriate treatment strategies (2). Nowadays there exists a wider variety of manual therapy, rehabilitation or physiotherapeutic techniques that deal with muscle injury treatments by focusing on global and/or fascial approaches (48,49). Also neuropathies are treated by means of mobilization of the soft tissues surrounding the nerves (50,51). However, these techniques do not always have a specific anatomic or histological fundament to explain the efficiency of the treatments. For this reason, it is important to understand the role of the structure described in this study which is part of the proximal hamstring muscle-tendon complex, and could therefore be relevant in lower limb biomechanics or hamstring injury process.

Further studies will be necessary to demonstrate force transmission between the gluteus maximus and the retinaculum to explore possible consequences upon the proximal hamstring muscle-tendon complex and design possible interventions aimed to lower such force transmission.

## **CONCLUSIONS:**

This study has revealed the presence of an annular connective tissue structure covering the PAHM. This structure was directly related to the gluteus maximus muscle and to the sciatic nerve. Also, the results have exposed a different anatomy of the proximal attachment of hamstrings muscles and their relations with the sacrotuberous ligament and adductor magnus. These detailed anatomical findings at the PAHM may contribute to better understand proximal hamstring muscle injury mechanisms.

## **BIBLIOGRAPHY**

- (1) Testut L, Latarjet A. Compendio de anatomía descriptiva. : Salvat; 1983.
- (2) Sato K, Nimura A, Yamaguchi K, Akita K. Anatomical study of the proximal origin of hamstring muscles. J Orthop Sci 2012 Sep;17(5):614-618.
- (3) Koulouris G, Connell D. Evaluation of the hamstring muscle complex following acute injury. Skeletal Radiol 2003 Oct;32(10):582-589.
- (4) Garrett WE,Jr, Rich FR, Nikolaou PK, Vogler JB,3rd. Computed tomography of hamstring muscle strains. Med Sci Sports Exerc 1989 Oct;21(5):506-514.
- (5) Pomeranz SJ, Heidt RS,Jr. MR imaging in the prognostication of hamstring injury. Work in progress. Radiology 1993 Dec;189(3):897-900.
- (6) Woodley SJ, Mercer SR. Hamstring muscles: architecture and innervation. Cells Tissues Organs 2005;179(3):125-141.



- (7) De Smet AA, Best TM. MR imaging of the distribution and location of acute hamstring injuries in athletes. *AJR Am J Roentgenol* 2000 Feb;174(2):393-399.
- (8) Askling CM, Tengvar M, Saartok T, Thorstensson A. Acute first-time hamstring strains during slow-speed stretching: clinical, magnetic resonance imaging, and recovery characteristics. *Am J Sports Med* 2007 Oct;35(10):1716-1724.
- (9) Deleget A. Overview of thigh injuries in dance. *J Dance Med Sci* 2010;14(3):97-102.
- (10) Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med* 2011;45(7):553-558.
- (11) Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med* 2011 Jun;39(6):1226-1232.
- (12) Saikku K, Vasenius J, Saar P. Entrapment of the proximal sciatic nerve by the hamstring tendons. *Acta Orthop Belg* 2010 Jun;76(3):321-324.
- (13) Puranen J, Orava S. The hamstring syndrome--a new gluteal sciatica. *Ann Chir Gynaecol* 1991;80(2):212-214.
- (14) McCrory P, Bell S. Nerve entrapment syndromes as a cause of pain in the hip, groin and buttock. *Sports Med* 1999 Apr;27(4):261-274.
- (15) Culav EM, Clark CH, Merrilees MJ. Connective tissues: matrix composition and its relevance to physical therapy. *Phys Ther* 1999 Mar;79(3):308-319.
- (16) Beltran L, Ghazikhanian V, Padron M, Beltran J. The proximal hamstring muscle-tendon-bone unit: a review of the normal anatomy, biomechanics, and pathophysiology. *Eur J Radiol* 2012 Dec;81(12):3772-3779.
- (17) Benjamin M, Kaiser E, Milz S. Structure-function relationships in tendons: a review. *J Anat* 2008 Mar;212(3):211-228.
- (18) Glanze WD, Mosby CV, Glanze WD. *Mosby's Medical, Nursing and Allied Health Dictionary*. 4th ed. USA: Elsevier-Moby; 1993.
- (19) Moore KL, Dalley AF. *Clinically oriented anatomy*. 5th ed. USA: Lippincott Williams & Wilkins.; 2006.
- (20) Kumka M, Bonar J. Fascia: a morphological description and classification system based on a literature review. *J Can Chiropr Assoc* 2012 Sep;56(3):179-191.
- (21) Benjamin M. The fascia of the limbs and back--a review. *J Anat* 2009 Jan;214(1):1-18.
- (22) Klein DM, Katzman BM, Mesa JA, Lipton JF, Caligiuri DA. Histology of the extensor retinaculum of the wrist and the ankle. *J Hand Surg Am* 1999 Jul;24(4):799-802.
- (23) Stecco C, Macchi V, Lancerotto L, Tiengo C, Porzionato A, De Caro R. Comparison of transverse carpal ligament and flexor retinaculum terminology for the wrist. *J Hand Surg Am* 2010 May;35(5):746-753.
- (24) Verrall GM, Slavotinek JP, Barnes PG, Fon GT. Diagnostic and prognostic value of clinical findings in 83 athletes with posterior thigh injury: comparison of clinical findings with magnetic resonance imaging documentation of hamstring muscle strain. *Am J Sports Med* 2003 Nov-Dec;31(6):969-973.

- (25) Gabbe BJ, Finch CF, Bennell KL, Wajswelner H. Risk factors for hamstring injuries in community level Australian football. *Br J Sports Med* 2005 Feb;39(2):106-110.
- (26) Orchard J. Biomechanics of muscle strain injury. *New Zealand Journal of Sports Medicine* 2002;30:90-96.
- (27) Orchard J, Best TM. The management of muscle strain injuries: an early return versus the risk of recurrence. *Clin J Sport Med* 2002 Jan;12(1):3-5.
- (28) Kumazaki T, Ehara Y, Sakai T. Anatomy and physiology of hamstring injury. *Int J Sports Med* 2012 Dec;33(12):950-954.
- (29) Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A, Hodson A, et al. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football--analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med* 2004 Feb;38(1):36-41.
- (30) Thelen DG, Chumanov ES, Hoerth DM, Best TM, Swanson SC, Li L, et al. Hamstring muscle kinematics during treadmill sprinting. *Med Sci Sports Exerc* 2005 Jan;37(1):108-114.
- (31) Brooks JH, Fuller CW, Kemp SP, Reddin DB. Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *Am J Sports Med* 2006 Aug;34(8):1297-1306.
- (32) Thelen DG, Chumanov ES, Sherry MA, Heiderscheidt BC. Neuromusculoskeletal models provide insights into the mechanisms and rehabilitation of hamstring strains. *Exerc Sport Sci Rev* 2006 Jul;34(3):135-141.
- (33) Meeuwisse WH, Sellmer R, Hagel BE. Rates and risks of injury during intercollegiate basketball. *Am J Sports Med* 2003 May-Jun;31(3):379-385.
- (34) Rouviere H, Delmas A. Anatomía humana descriptiva, topográfica y funcional. Tomo 3. Miembros. : Barcelona: Masson; 2006.
- (35) Gray S. Gray's anatomy. : Random House Digital, Inc.; 2011.
- (36) Lorente Gascón M, Miguel Pérez M, Pérez Bellmunt A, Escalona Marfil C. Manual de miología. Descripción, función y palpación de las extremidades. : elsevier Masson; 2007.
- (37) Koulouris G, Connell D. Hamstring muscle complex: an imaging review. *Radiographics* 2005 May-Jun;25(3):571-586.
- (38) Miller SL, Gill J, Webb GR. The proximal origin of the hamstrings and surrounding anatomy encountered during repair. A cadaveric study. *J Bone Joint Surg Am* 2007 Jan;89(1):44-48.
- (39) Miller SL, Webb GR. The proximal origin of the hamstrings and surrounding anatomy encountered during repair. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am* 2008 Mar;90 Suppl 2 Pt 1:108-116.
- (40) Uhlmann K. Phylogenetic origin of the sacrotuberous ligament in man. *Z Anat Entwicklungsgesch* 1972;136(1):1-8.
- (41) MARKEE JE, LOGUE JT,Jr, WILLIAMS M, STANTON WB, WRENN RN, WALKER LB. Two-joint muscles of the thigh. *J Bone Joint Surg Am* 1955 Jan;37-A(1):125-142.
- (42) Askling CM, Tengvar M, Saartok T, Thorstensson A. Proximal hamstring strains of stretching type in different sports: injury situations, clinical and magnetic resonance imaging characteristics, and return to sport. *Am J Sports Med* 2008 Sep;36(9):1799-1804.

- (43) Lempainen L, Sarimo J, Mattila K, Vaittinen S, Orava S. Proximal hamstring tendinopathy: results of surgical management and histopathologic findings. *Am J Sports Med* 2009 Apr;37(4):727-734.
- (44) Sunderland SS. *Nerves and nerve injuries*. 1978.
- (45) El Gharbawy RM, Skandalakis LJ, Skandalakis JE. Protective mechanisms of the common fibular nerve in and around the fibular tunnel: a new concept. *Clin Anat* 2009 Sep;22(6):738-746.
- (46) Martin HD, Shears SA, Johnson JC, Smathers AM, Palmer IJ. The endoscopic treatment of sciatic nerve entrapment/deep gluteal syndrome. *Arthroscopy* 2011 Feb;27(2):172-181.
- (47) Martin HD, Hatem M, Palmer IJ. Endoscopic Sciatic Nerve Decompression: Operative Technique. *Operative Techniques in Sports Medicine* 2012;20(4):325-332.
- (48) Pilat A. *Terapias miofasciales: Inducción miofascial*. : McGraw-Hill Interamericana de España; 2003.
- (49) Myers TW. *Anatomy trains: myofascial meridians for manual and movement therapists*. : Elsevier Health Sciences; 2009.
- (50) Butler DS, Jones MA. *Mobilisation of the nervous system*. : Elsevier Health Sciences; 1991.
- (51) Barral J, Croibier A. *Manipulaciones de los nervios periféricos*. : Elsevier España; 2009.