



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

(DEI)

Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica

Tesi di Laurea Triennale

Analisi delle Caratteristiche Morfometriche di Tessuti Adiposi e

Legamenti del Ginocchio in Pazienti Osteoartritici

Relatore:

Prof.ssa Chiara Giulia Fontanella

Laureando: Lorenzo Gentili

Matricola: 2009297

Anno Accademico 2022/2023

INDICE	
ABSTRACT	3
INTRODUZIONE	3
CAPITOLO 1	
ANATOMIA DEL GINOCCHIO	5
1.1 COMPONENTE OSSEA	5
<i>1.1.1 Femore</i>	5
<i>1.1.2 Tibia e Perone</i>	8
<i>1.1.3 Patella</i>	11
1.2 COMPONENTE TENDINEA E CARTILAGINEA	12
<i>1.2.1 Menischi</i>	14
<i>1.2.2 Legamenti Crociati</i>	14
<i>1.2.3 Capsula e Legamenti Collaterali</i>	15
<i>1.2.4 Corpo di Hoffa</i>	16
<i>1.2.5 Legamento Patellare</i>	19
1.3 MUSCOLATURA COINVOLTA NEL MOVIMENTO ARTICOLARE	19
1.4 VASCOLARIZZAZIONE	20
CAPITOLO 2	
OSTEOARTROSI AL GINOCCHIO	20
2.1 FATTORI DI RISCHIO	22
2.2 SINTOMI	23
2.3 CLASSIFICAZIONE	24
CAPITOLO 3	
ANALISI DEI DATI	25
3.1 MATERIALI E METODI	25
<i>3.1.1 Popolazione studiata</i>	25
<i>3.1.2 Software utilizzato</i>	26
<i>3.1.3 Misurazioni</i>	27
3.2 ANALISI STATISTICA	30
<i>3.2.1 Risultati misurazioni ACL e PCL e relazione con età, BMI e sesso</i>	30
<i>3.2.2 Risultati misurazioni SFP e relazione con età, BMI e sesso</i>	33
<i>3.2.3 Risultati misurazioni IFP e relazione con età, BMI e sesso</i>	39
<i>3.2.4 Risultati misurazioni PL e relazione con età, BMI e sesso</i>	45
3.3 CONCLUSIONI	50
BIBLIOGRAFIA	51

ABSTRACT

I tessuti adiposi di Hoffa sono diventati negli ultimi anni un argomento di grande interesse principalmente per due ragioni: le cellule staminali derivanti dal corpo adiposo sono state studiate per la loro capacità di produrre una riparazione della cartilagine, e potrebbero avere un ruolo importante nella patogenesi dell'osteoartrite. Lo studio dimostra che le caratteristiche morfometriche dei tessuti adiposi infrapatellare (IFP) e sovrarotuleo (SFP) sono diverse tra pazienti sani e pazienti affetti da osteoartrite (OA), supportando un ruolo importante dell'IFP nella patologia e nella progressione dell'OA secondo gli studi precedentemente pubblicati. Nello studio, attraverso 3D Slicer vengono misurate ed analizzate le caratteristiche morfometriche dei legamenti crociati posteriore e anteriore, tessuti adiposi e legamento patellare con lo scopo di trovare le rispettive correlazioni con l'età, l'indice di massa corporea (BMI) e il sesso anagrafico dei pazienti osteoartritici.

INTRODUZIONE

L'osteoartrite del ginocchio (OA), nota anche come malattia degenerativa delle articolazioni, è tipicamente il risultato dell'usura e della progressiva perdita della cartilagine articolare. Diversi studi hanno indagato la degenerazione della cartilagine, l'infiammazione dell'osso subcondrale e alterazioni della membrana sinoviale mediante risonanza magnetica (MRI) in pazienti affetti da osteoartrite. Al contrario, vi è una scarsità di dati che esplorano le caratteristiche dei legamenti del ginocchio, del tessuto adiposo infrapatellare (IFP) e del tessuto adiposo sovrarotuleo (SFP). Perciò, lo scopo di questo studio è quello di analizzare le caratteristiche volumetriche e morfometriche dei seguenti tessuti articolari: IFP (volume, superficie, profondità, lunghezze dell'arco femorale e tibiale), SFP (volume, superficie, lunghezze oblique, antero-posteriori e cranio-caudali), legamento crociato anteriore (LCA) e posteriore (PCL) (volume, superficie e lunghezza) e legamento rotuleo (PL) (volume, superficie, arco, profondità e lunghezza).

Il primo capitolo comprenderà tutto ciò che concerne l'anatomia dell'articolazione del ginocchio, partendo dalla componente ossea, passando dalla conformazione tendinea e legamentosa, per finire con la muscolatura necessaria a rendere mobile l'articolazione.

Nel secondo capitolo si parlerà dell'osteoartrite; in particolare, la definizione, le cause, i fattori di rischio.

Il terzo capitolo dell'elaborato tratterà, invece, lo studio vero e proprio dei dati sui pazienti con osteoartrite nello stadio finale. Il capitolo si aprirà con la presentazione della popolazione analizzata, proseguirà con una breve spiegazione sulla metodologia impiegata per ottenere i dati, un'analisi statistica, mediante grafici, sulle varie correlazioni tra le misure in rapporto all'età, sesso, indice di massa corporea (BMI) e in base alla condizione del paziente. Si chiuderà poi con una discussione dei dati estratti.

CAPITOLO 1

ANATOMIA DEL GINOCCHIO

1.1 Componente Ossea

Il ginocchio è un'articolazione complessa formata da femore, tibia, perone e rotula (Fig 1). La porzione distale del femore è costituita dal condilo mediale e dal condilo laterale, entrambi rivestiti di cartilagine. Anteriormente i due condili formano una gola detta troclea femorale che ha il compito di accogliere la rotula durante la flessione-estensione del ginocchio. La porzione prossimale della tibia, nella sua parte articolare, viene chiamata piatto tibiale, ed è divisa in due emipiatti, rivestite di cartilagine che si articolano con i condili femorale, mediale e laterale. I due emipiatti tibiali sono separati da due eminenze ossee, le spine tibiali anteriore e posteriore. La spina tibiale è il punto di inserzione del legamento crociato anteriore. La rotula è il più grande osso sesamoide del corpo umano. E' in continuità prossimalmente con il tendine quadricipitale e distalmente con il tendine rotuleo. La sua superficie articolare ha una faccetta laterale ed una mediale rivestite di cartilagine che si articolano con la troclea femorale. [1]

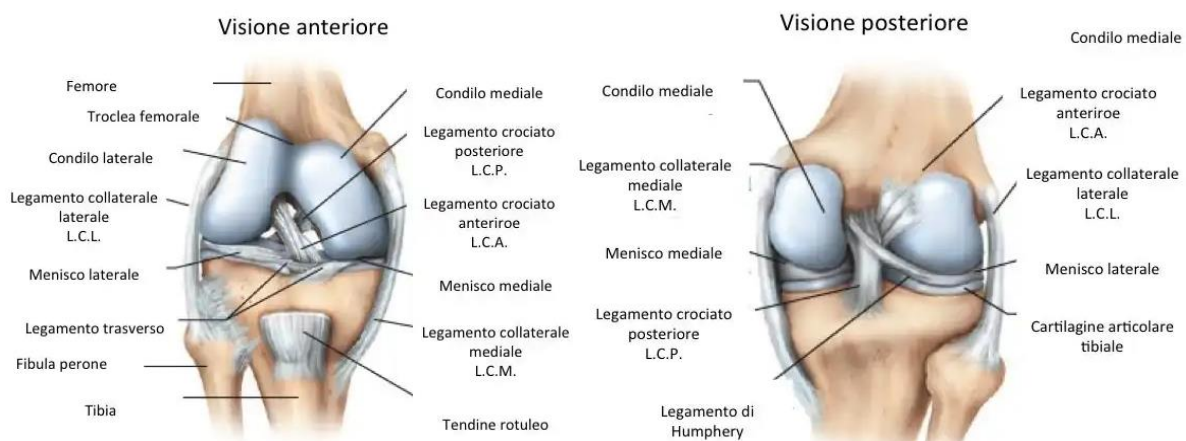


Figura 1) Visione anteriore (a) e posteriore (b) di ginocchio destro

1.1.1 Femore

Il femore è un osso lungo che presenta un corpo (diafisi) e due estremità (epifisi) (Fig 2). Il corpo è prismatico e presenta tre facce (anteriore, posteromediale e posterolaterale) e tre margini

(mediale, laterale, posteriore). La porzione distale risulta più voluminosa e termina con i condili femorali (condilo femorale mediale e condilo femorale laterale). Sono rivestiti da cartilagine ialina che si estende maggiormente nella porzione posteriore e si articolano con la tibia e la patella. La patella si articola tramite la faccetta patellare ricavata dall'unione ventrale dei due condili. Posteriormente i due condili risultano divisi da una fossa chiamata intercondiloidea.

[1]

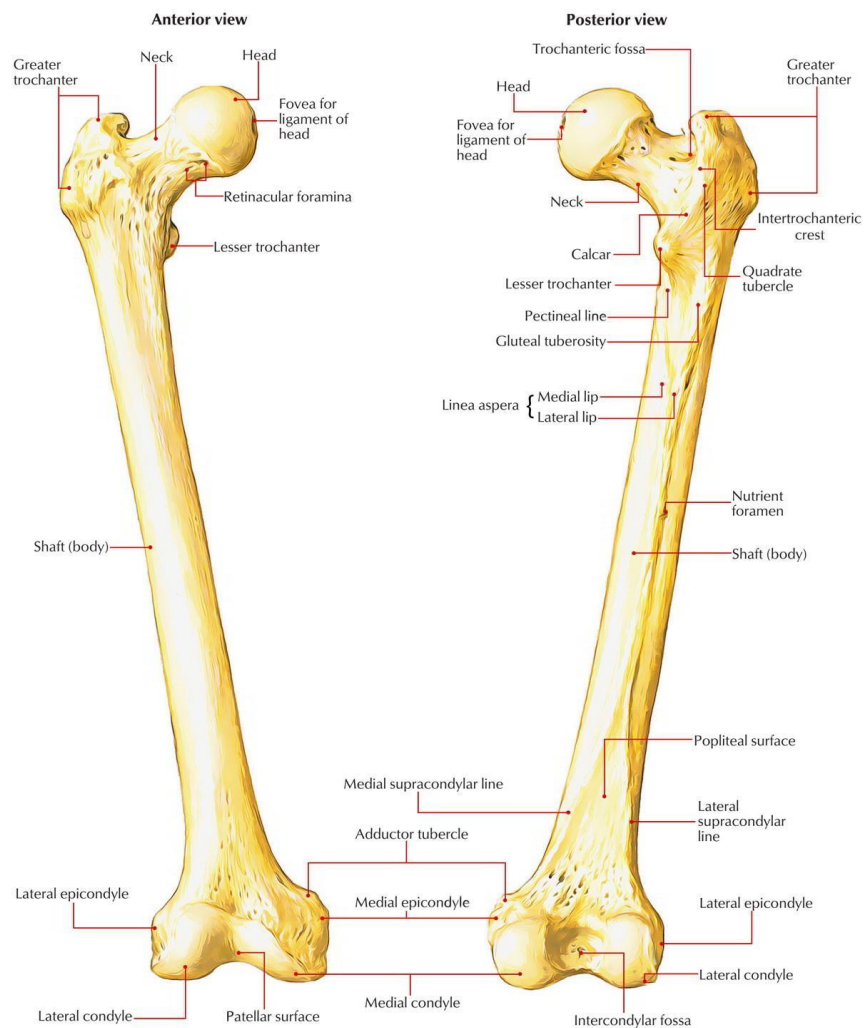


Figura 2) Femore sinistro visto anteriormente (a) e posteriormente(b)

La testa è la parte più prossimale del femore (Fig 3). Proiettata in direzione mediale, ha le sembianze di una sfera, precisamente di un 2/3 di sfera. Possiede una superficie liscia e una

piccola depressione (fovea capitis), che funge da punto d'inserzione per il legamento rotondo, uno dei legamenti più importanti dell'articolazione dell'anca. [1]

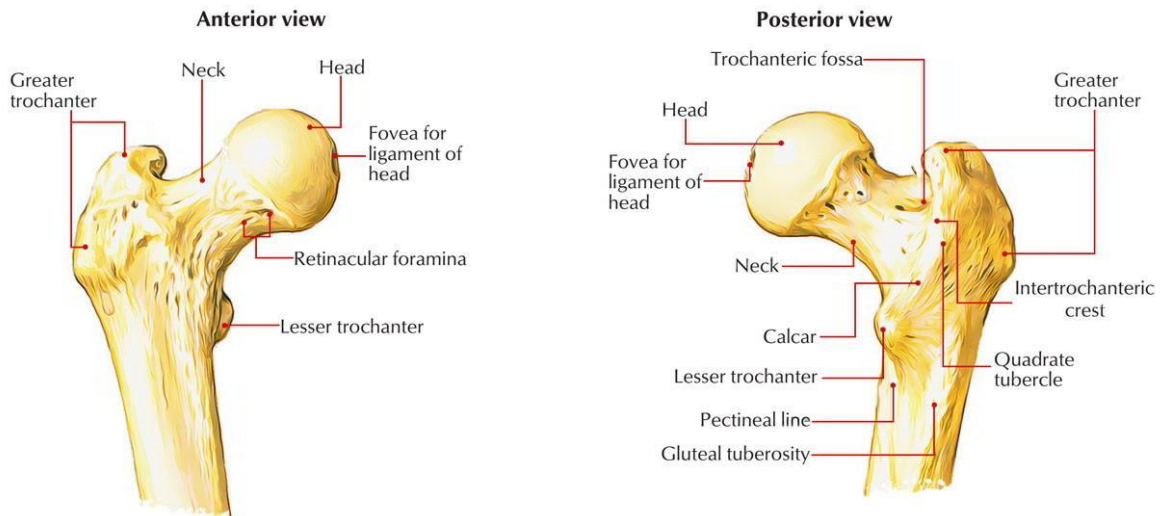


Figura 3) Testa del femore vista anteriormente (a) e posteriormente (b)

La diafisi, o corpo del femore, è la breve sezione di osso femorale che collega la testa al corpo del femore (Fig 4). Dall'aspetto molto simile a un cilindro, è leggermente piegato in direzione mediale: questa piegatura, nell'essere umano adulto, forma un angolo di circa 130° con il collo. L'angolo in questione è particolarmente importante, in quanto permette all'articolazione dell'anca di godere di un notevole range di movimento. [1]

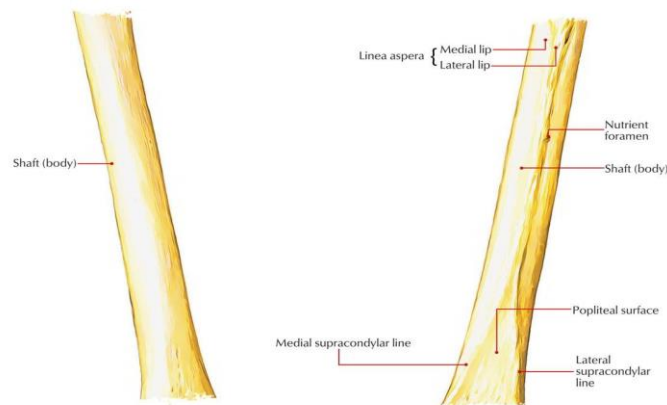


Figura 4) Corpo del femore visto anteriormente (a) e posteriormente (b)

L'epifisi distale del femore presenta, posteriormente, due grosse superfici ossee convesse, i condili femorali (uno mediale, l'altro laterale) (Fig 5). I condili, rivestiti di cartilagine articolare, fanno parte della complessa articolazione del ginocchio. Tra i due condili vi è uno spazio, la fossa intercondiloidea. Anteriormente, i due condili convergono nel formare la superficie patellare, per l'articolazione con la patella. Sui condili prendono inserzione i due legamenti crociati (anteriore e posteriore), e due menischi (mediale e laterale), in quanto non vi è perfetta corrispondenza tra i condili del femore e le superfici condiloidee della tibia. I menischi si dispongono a contornare i due condili, mentre i legamenti crociati si incrociano all'interno dello spazio intercondiloideo. [1]

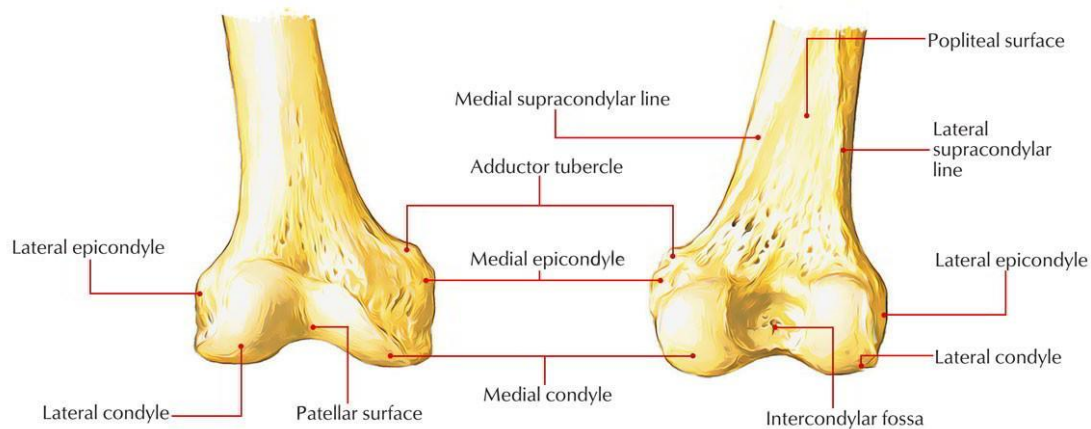


Figura 5) Estremità inferiore del femore vista anteriormente (a) e posteriormente (b)

1.1.2 Tibia

La tibia è un osso lungo che, assieme al perone, forma lo scheletro della gamba (Fig 6). La tibia è situata nella parte anteromediale della gamba. La tibia è composta da un corpo (diafisi) e due estremità (epifisi). Il corpo della tibia è più voluminoso nella sua parte craniale. Caudalmente esso assume la forma di un prisma triangolare. Esso presenta tre facce: anterolaterale, anteromediale e posteriore. L'epifisi prossimale della tibia è molto più voluminosa rispetto alla distale. Presenta due condili (laterale e mediale). I due condili sono rivestiti da cartilagine ialina e si rapportano con i condili del femore. Tra i due condili si trova

l'eminenza intercondiloidea composta da due spine, una spina tibiale mediale e una spina tibiale laterale, chiamate spine intercondiloidee. Anteriormente e posteriormente all'eminenza intercondiloidea, si trovano due superfici triangolari, dette aree intercondiloidee anteriore e posteriore. Sulla faccia laterale del condilo laterale, è presente la faccia articolare fibulare. [3]

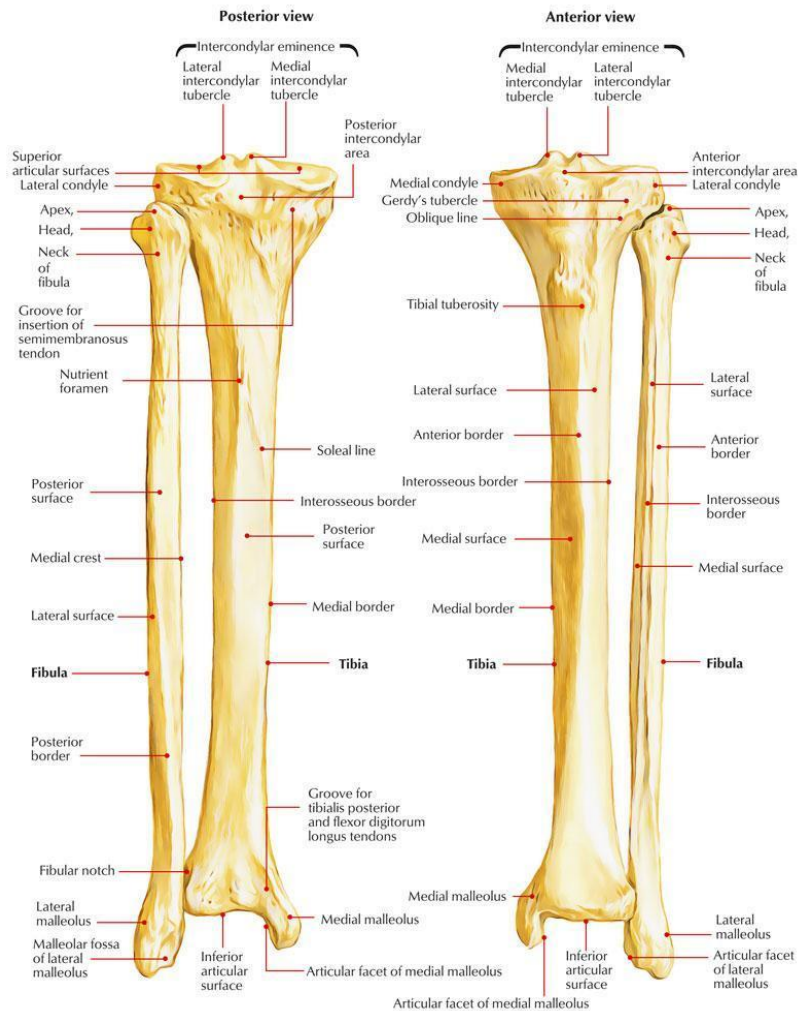


Figura 6) Tibia vista posteriormente (a) e anteriormente (b)

La superficie superiore del condilo mediale è di forma rotonda e concava, quindi si inserisce perfettamente nell'articolazione con il condilo mediale del femore (Fig 7). D'altra parte, la superficie superiore del condilo laterale è praticamente un'immagine speculare del condilo mediale. È di forma rotonda, convessa e si articola con il condilo laterale del femore. I menischi laterale e mediale sono cuscinetti di fibrocartilagine inseriti per alleviare la pressione

trasmessa dal femore ai condili. Le superfici superiori dei condili sono appiattite e insieme formano la superficie articolare superiore chiamata piatto tibiale. Qui, i condili tibiali si articolano con i condili femorali all'interno dell'articolazione del ginocchio. Le superfici articolari sono separate da due piccole protuberanze, i tubercoli intercondiloidei mediali e laterali. Questi tubercoli formano l'eminenza intercondiloidea, che è delimitata dalle aree intercondiloidee anteriore e posteriore. Sulla superficie anteriore dell'estremità prossimale si trova la tuberosità tibiale. È un sito di attacco per il legamento rotuleo e si può facilmente individuare appena sotto il ginocchio. [3]

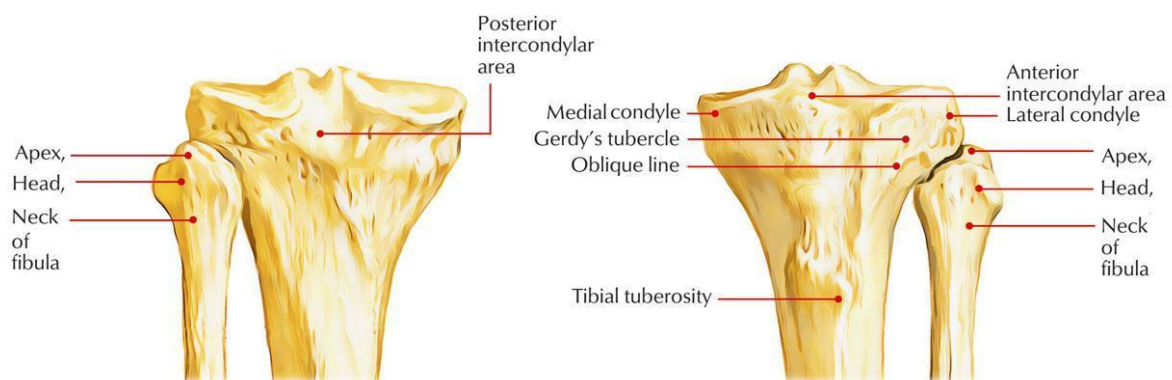


Figura 7) Testa della tibia vista posteriormente (a) e anteriormente (b)

Perone

Il perone (o fibula) è l'osso lungo, sottile e laterale della parte inferiore della gamba. Si estende parallelamente alla tibia, e svolge un ruolo significativo nella stabilizzazione della caviglia e nel sostegno dei muscoli della parte inferiore della gamba (Fig 8). Il perone ha all'incirca la stessa lunghezza della tibia, ma è considerevolmente più sottile. La differenza di spessore corrisponde al diverso ruolo delle due ossa; la tibia porta il peso del corpo dalle ginocchia alle caviglie, mentre il perone funge semplicemente da supporto per la tibia. All'estremità prossimale, appena sotto il ginocchio, si trova un allargamento leggermente arrotondato noto come la testa del perone, che forma l'articolazione tibio-fibulare prossimale

(superiore) con il bordo laterale della tibia. Da qui, il perone si estende leggermente medialmente e anteriormente in linea retta verso la caviglia, e una volta raggiunta, si gonfia in un pomolo ossuto noto come malleolo laterale. Mentre il perone si muove pochissimo rispetto alla tibia, le articolazioni che forma contribuiscono significativamente alla funzione della parte inferiore della gamba. Le articolazioni tibio-fibulari prossimale e distale consentono al perone di regolare la sua posizione rispetto alla tibia, aumentando il raggio di movimento della caviglia. [4]

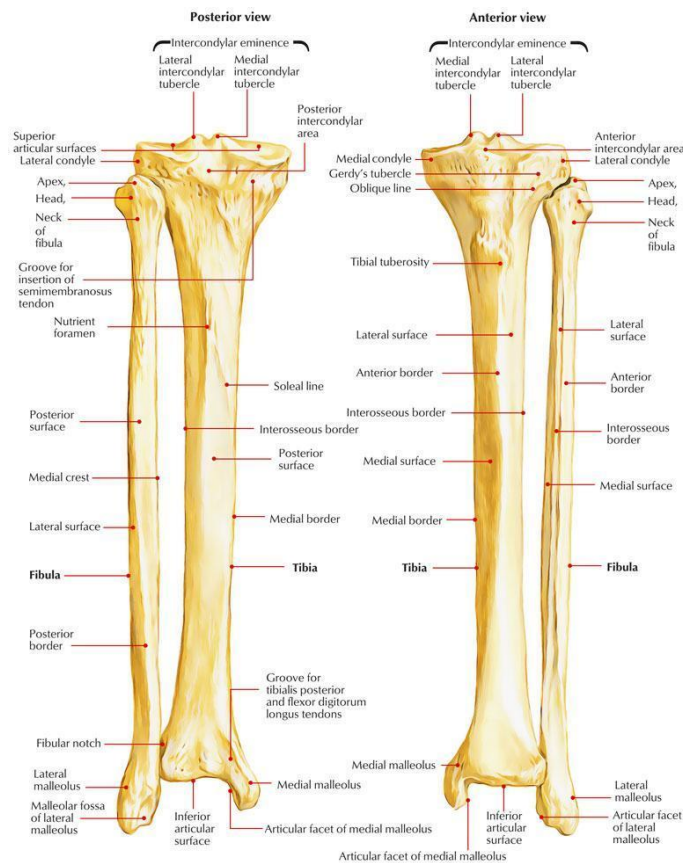


Figura 8) Perone visto posteriormente (a) e anteriormente (b)

1.1.3 Patella (Rotula)

La rotula (o patella) è un osso sesamoide che si può considerare compreso nello spessore del tendine d'inserzione del muscolo quadricipite (Fig 9); è breve e appiattito e,

osservato dall'avanti, presenta una forma grossolanamente triangolare ad apice inferiore. Vi si considerano due facce, due margini, una base e un apice. La faccia anteriore (o cutanea) è convessa in ogni direzione e presenta irregolari striature verticali. La faccia posteriore (o articolare) è divisa da una cresta trasversale in una porzione superiore, liscia, che corrisponde al femore e una inferiore, rugosa, che corrisponde alla massa adiposa anteriore del ginocchio. La porzione superiore o articolare si configura esattamente all'inverso della faccia patellare del femore; ha cioè una cresta verticale opposta alla gola della troclea e due faccette, laterale e mediale, leggermente concave, che entrano in rapporto con la faccia patellare del femore. La faccetta laterale è più estesa di quella mediale. La base è volta in alto e offre inserzione al tendine del muscolo quadricipite. L'apice è volto distalmente e si prolunga nel robusto legamento patellare. [5]

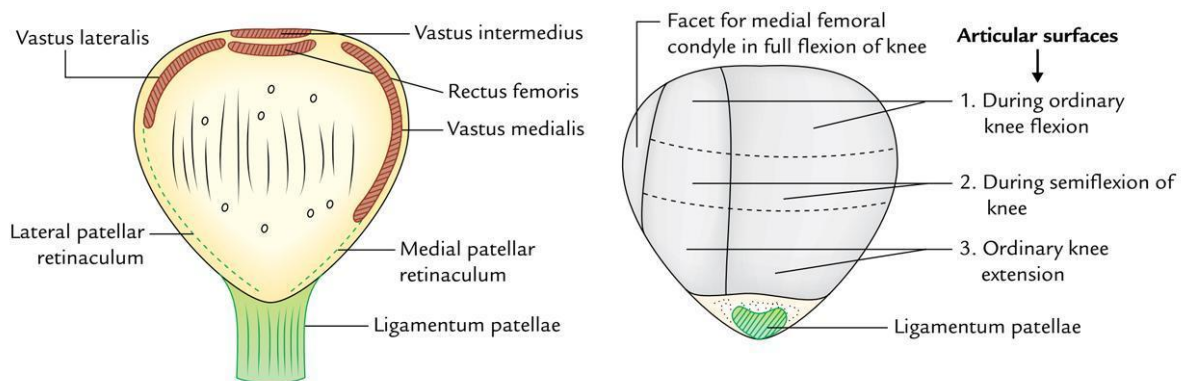


Figura 9) Caratteristiche della patella (rotula) (a) e sue superfici articolari (b)

1.2 Componente tendinea e cartilaginea

L'articolazione del ginocchio è un'articolazione sinoviale che collega tre ossa; il femore, la tibia e la rotula (Fig 10). È composto da due articolazioni; l'articolazione tibio-femorale e l'articolazione femoro-rotulea. L'articolazione del ginocchio è l'articolazione più grande e probabilmente quella più sollecitata del corpo. La disposizione delle ossa nell'articolazione fornisce un fulcro che traduce le azioni dei muscoli flessori ed estensori del ginocchio. La

disposizione dei legamenti extracapsulari e intracapsulari, così come le estensioni dei muscoli che attraversano l'articolazione, forniscono la stabilità tanto necessaria che contrasta il considerevole stress biomeccanico portato sull'articolazione. Essendo un'articolazione a cerniera, l'articolazione del ginocchio consente principalmente il movimento lungo un asse in termini di flessione ed estensione del ginocchio sul piano sagittale. Permette inoltre una leggera rotazione mediale durante la flessione e l'ultima fase di estensione del ginocchio, nonché la rotazione laterale durante lo “sblocco” del ginocchio. [7]

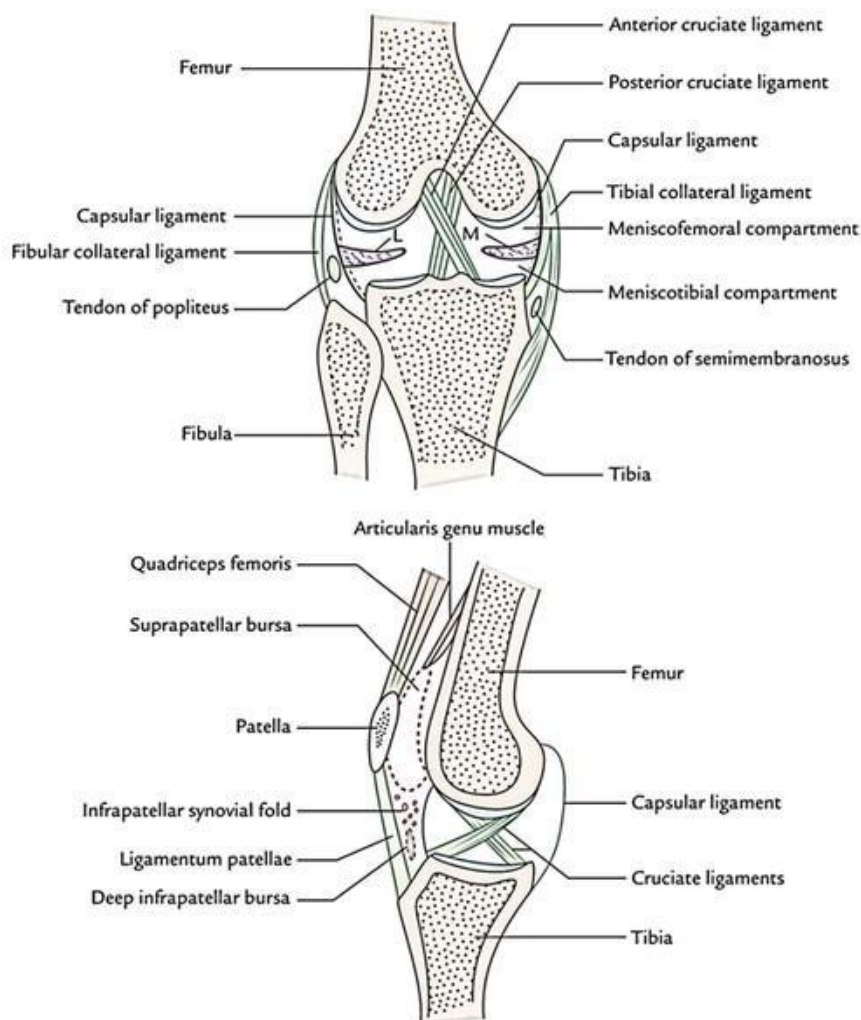


Figura 10) Tibia vista posteriormente (a) e anteriormente (b)

Nell'articolazione del ginocchio sono presenti due tipi di cartilagine: cartilagine articolare e menischi. La cartilagine articolare ricopre le estremità delle ossa, rendendole lisce

e ha due funzioni: ridurre l'attrito e l'usura delle superfici dell'osso e distribuire i carichi trasmessi all'articolazione. I menischi sono dispositivi fibrocartilaginei la cui funzione è quella di rendere maggiormente concordanti le superfici articolari dei segmenti scheletrici; svolgono anche una funzione meccanica in quanto permettono una maggiore stabilizzazione dell'articolazione e anche un maggior smorzamento degli impatti meccanici. [7]

1.2.1 Menischi

Sul piatto tibiale interno ed esterno si sovrappongono i menischi (Fig 11). Sono due strutture fibrocartilaginee che hanno la funzione di aumentare la congruenza tra le superfici articolari di tibia e femore articolare. Hanno una consistenza dura – elastica molto simile a quella dei dischi intervertebrali. Funzionano come uno spaziatore tra femore e piatto tibiale e contribuiscono a trasmettere il carico ed a stabilizzare l'articolazione insieme alla capsula ed ai legamenti. [9]

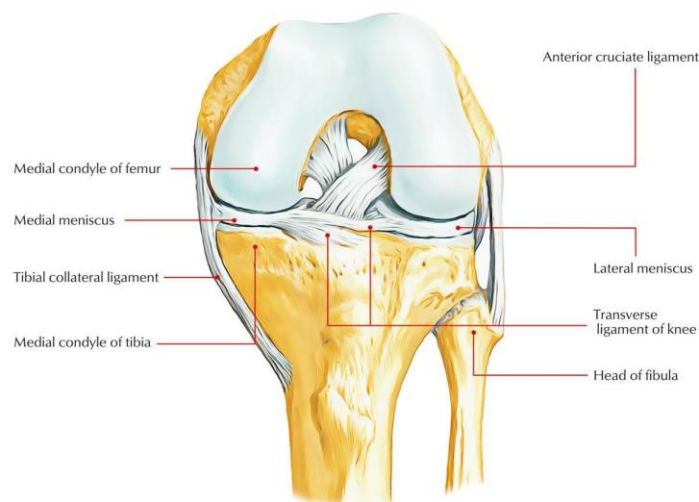


Figura 11) Anatomia del menisco e dei legamenti del ginocchio

1.2.2 Legamenti crociati

I legamenti crociati sono i maggiori responsabili della stabilità del ginocchio. Sono due bande legamentose che si incrociano all'interno della capsula articolare del ginocchio (Fig 12). Il legamento

crociato anteriore (LCA) si inserisce sulla spina tibiale anteriore, quindi, passando all'indietro, si inserisce alla superficie interna del condilo femorale laterale. Il legamento crociato posteriore (LCP), il più robusto dei due, si inserisce sulla porzione posteriore del piatto tibiale e procede verso l'alto, in avanti e medialmente e si inserisce alla porzione anteriore della superficie laterale del condilo femorale mediale. In generale, il legamento crociato anteriore impedisce al femore di traslare posteriormente durante il carico ed impedisce alla tibia di traslare anteriormente in assenza del carico. Esso stabilizza anche la tibia contro l'eccessiva rotazione interna e funge da contenimento secondario per gli stress in valgo o varo. Il crociato anteriore inoltre coopera con i muscoli ischiocrurali per aumentare la stabilità del ginocchio. Il crociato posteriore (LCP) contrasta la rotazione interna della tibia, impedisce l'iperestensione del ginocchio, limita la traslazione anteriore del femore durante il carico e la traslazione posteriore della tibia fuori carico.

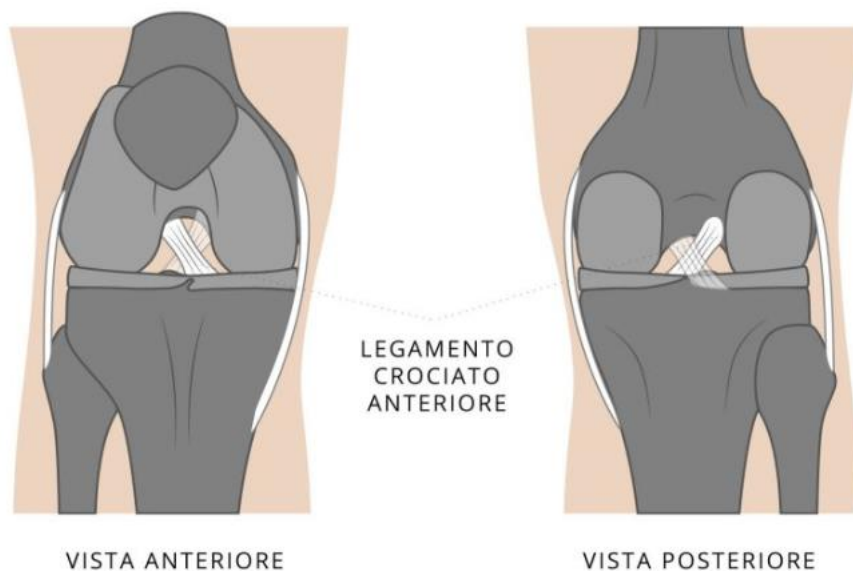


Figura 12) Legamento crociato anteriore

1.2.3 Capsula e Legamenti Collaterali

Una stabilizzazione aggiuntiva del ginocchio è fornita dalla capsula e dai legamenti collaterali. La porzione superficiale del legamento collaterale (LCM) è separata dalla porzione profonda (legamento capsulare) a livello della rima articolare. Il suo compito principale è quello di contrastare i movimenti del ginocchio in valgo e le rotazioni esterne. La stabilità del compartimento laterale è

garantita dal legamento collaterale laterale e da una serie di strutture accessorie. Il legamento collaterale laterale (LCL) ha l'aspetto di un cordone fibroso delle dimensioni di una matita. Si inserisce all'epicondilo laterale del femore prossimalmente ed alla testa del perone distalmente. Il legamento collaterale laterale è teso durante l'estensione del ginocchio e si distende durante la flessione.

Le superfici articolari del ginocchio sono completamente avvolte dalla capsula articolare, che è la più grande del corpo umano (Fig 13). La porzione inferiore contiene il corpo di Hoffa, un cuscinetto di tessuto adiposo interposto tra il tendine rotuleo e la tibia. Posteriormente, la capsula ricopre i condili femorali ed il piatto tibiale. La capsula postero medialmente ha un ispessimento che costituisce il legamento obliquo posteriore e lateralmente il legamento arcuato. La membrana sinoviale riveste la superficie interna della capsula articolare, tranne posteriormente, dove passa anteriormente ai legamenti crociati, rendendoli extra sinoviali. [10]

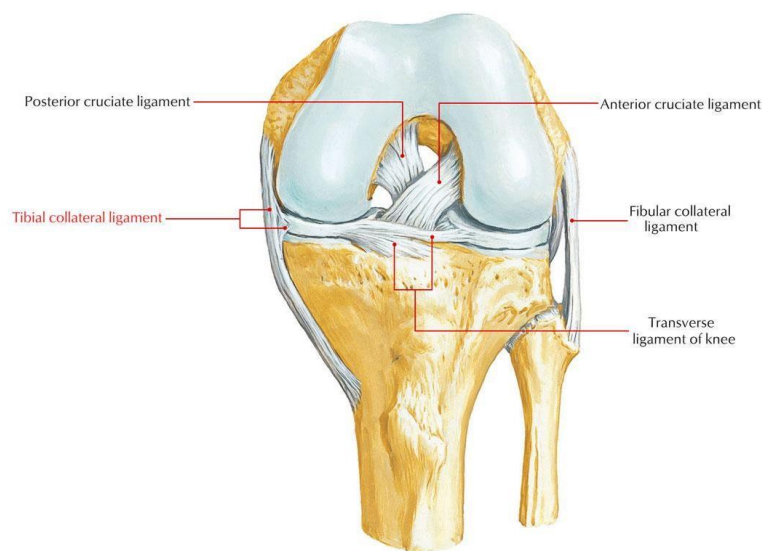


Figura 13) Legamento mediale collaterale del ginocchio

1.2.4 Corpo di Hoffa

Il corpo di Hoffa (HFP) è una struttura intracapsulare ed extra-sinoviale che si trova nella zona anteriore del ginocchio e la sua parte posteriore è coperta da un rivestimento

sinoviale (Fig 14). Una porzione di questo rivestimento, il legamento mucoso, si estende posteriormente per inserirsi nella gola intercondiloidea del femore. L'HFP è costituito da globuli di grasso separati da sottili corde fibrose. Contiene anche una serie di setti più grandi, come la plica infrapatellare, che decorrono dall'incisura intercondiloidea del femore anteriormente attraverso il cuscinetto adiposo e possono raggiungere il polo inferiore della rotula. Il corpo adiposo infrapatellare di Hoffa (IFP) si trova inferiormente alla rotula, dietro al tendine rotuleo e davanti ai condili femorali e al piatto tibiale. Nella sua parte posteriore ci sono due pieghe sinoviali: una verticale e situata nella parte superiore e una orizzontale posizionata nella parte postero-inferiore. Il suo ruolo rimane ancora sconosciuto, secondo alcuni ricercatori è considerata una riserva di cellule staminali ¹¹, mentre per altri ha un ruolo biomeccanico ¹². Il tessuto adiposo di Hoffa, infatti, è mobile e può cambiare la propria forma, posizione e volume in base alla posizione del ginocchio. Durante la flessione di ginocchio scivola posteriormente, mentre durante l'estensione tende a portarsi in avanti, evidenziando che la mobilità del corpo di Hoffa può avere quindi un ruolo cruciale per l'articolazione del ginocchio. L'HFP è riccamente innervato ed è quindi una fonte di dolore al ginocchio anteriore. Riceve i rami dei nervi femorale, peroneale comune e safeno. Microtraumi locali ripetuti, conflitto e interventi chirurgici che causano sanguinamento e infiammazione locale sono le cause più frequenti di dolore HFP e possono portare a una varietà di lesioni artrofibrotiche. Inoltre, l'HFP può essere coinvolto secondariamente in disturbi dei menischi e dei legamenti, lesioni del tendine rotuleo e disturbi sinoviali. [13]

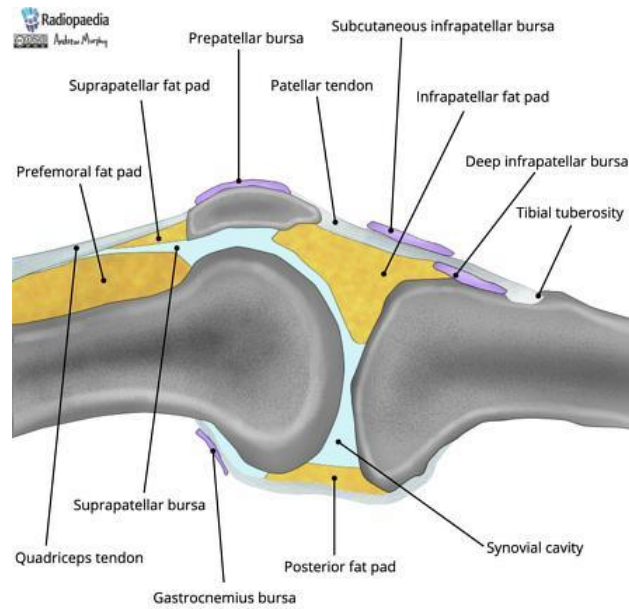


Figura 14) Vista sagittale del ginocchio e dei tessuti adiposi prefemorale, sovrapatellare (SFP) e infrapatellare (IFP)

Alla risonanza magnetica, l'HFP appare prevalentemente iperintenso nelle sequenze pesate in T1 e T2 (sequenze T1w e T2w) e strutturalmente simile al grasso sottocutaneo. I setti fibrosi interni sono ipointensi nella sequenza T1w e ipointensi nelle sequenze ad alto contrasto con saturazione di grasso (Fig 15). [14]

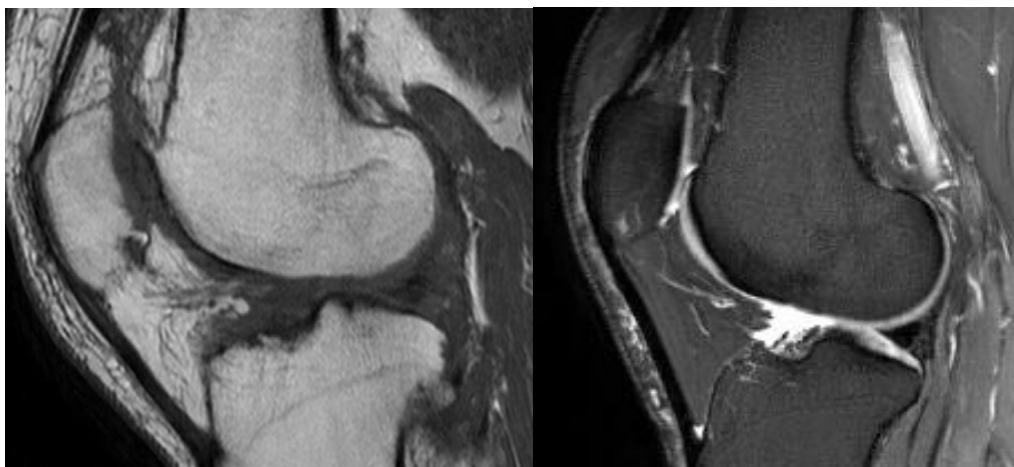


Figura 15) MRI T1w (a sinistra) e T2w (a destra) di ginocchio destro

1.2.5 Tendine Rotuleo

Il tendine rotuleo (o legamento patellare, PL) è il tendine che, nell'articolazione del ginocchio, collega la rotula con la tuberosità della tibia (parte superiore della tibia); è la porzione distale del tendine comune del quadricipite femorale (Fig 16). È un tendine dalla forma piatta, piuttosto resistente lungo circa 8 cm e largo 3,5/4 cm. Dotato di buona resistenza, il tendine rotuleo è deputato a mantenere la rotula nella posizione corretta e a supportare il quadricipite femorale nell'azione di estensione del ginocchio. Il tendine rotuleo, inoltre, rappresenta una fonte di tessuto connettivo utile alla riparazione chirurgica di legamenti, che una volta lesionati non riescono a guarire spontaneamente (es: legamento crociato anteriore del ginocchio).



Figura 16) Tendine rotuleo (o legamento patellare) del ginocchio

1.3 Muscolatura del ginocchio

La muscolatura che contorna il ginocchio ha il compito di far muovere l'articolazione per tutta l'ampiezza del movimento (ROM: Range Of Motion), spesso con grande vigore e forza. I muscoli del ginocchio, inoltre, lo proteggono provvedendo alla stabilità dinamica dell'articolazione in supporto al

sistema di stabilizzazione statica. Una terza funzione dei muscoli della coscia e del ginocchio è l'assorbimento delle forze di carico generate durante le attività atletiche e le attività giornaliere provvedendo a ridurre lo stress applicato sulle superfici articolari di carico, sui menischi e legamenti. Le lesioni che riducono l'efficacia dei muscoli compromettono queste funzioni e sottopongono il ginocchio a dei rischi. I movimenti del ginocchio sono i seguenti: flessione, estensione, rotazione esterna della tibia e rotazione interna. Il gruppo del quadricipite è il solo che determina l'estensione del ginocchio.

1.4 Vascolarizzazione

La vascolarizzazione del ginocchio è fornita dalle arterie femorali e poplitea. L'arteria discendente del ginocchio irrorà il vasto mediale e varie parti dell'articolazione del ginocchio e della circostante muscolatura. La branca safena dell'arteria genicolare discendente vascolarizza il lato mediale dell'articolazione. I rami vascolari che originano dall'arteria poplitea comprendono le arterie genicolari superiore, inferiore e mediale. L'arteria genicolare superiore si divide ulteriormente nei rami laterale, superiore e mediale; l'arteria genicolare si divide nelle arterie genicolari mediale e laterale inferiore. I legamenti crociati sono vascolarizzati da parte delle arterie genicolari inferiore e superiore. L'insieme di queste arterie si anastomizza intorno al ginocchio, formando una rete superficiale ed una profonda attorno alla rotula.

CAPITOLO 2 OSTEOARTROSI

L'osteoartrosi (OA) è una malattia articolare degenerativa caratterizzata dalla rottura della cartilagine che protegge e ammortizza le principali articolazioni del corpo comprese le ginocchia, le anche e le spalle. Ciò determina uno sfregamento articolare tra le ossa nelle articolazioni coinvolte, che può a sua volta determinare un significativo dolore articolare cronico, oltre a rigidità, gonfiore, torpore, perdita di flessibilità e della funzione motoria. Il dolore da osteoartrosi, anche negli stadi precoci della malattia, può essere insostenibile per i

pazienti e può avere importanti implicazioni fisiche, psicologiche e sulla qualità della vita. Col peggioramento dell'OA nel corso del tempo, le ossa possono rompersi e sviluppare escrescenze denominate speroni. Piccoli frammenti ossei o cartilaginei possono staccarsi e “galleggiare” intorno all'articolazione. Nel corpo si verifica un processo infiammatorio e si sviluppano citochine (proteine) ed enzimi che danneggiano ulteriormente la cartilagine. Negli stadi finali dell'OA, si assiste a un'erosione della cartilagine e a uno sfregamento delle ossa con conseguente danno articolare e aumento del dolore (Fig 17). In alcuni casi, l'OA determina riduzione della funzione motoria e disabilità; alcune persone non sono più in grado di lavorare o svolgere le attività quotidiane. [16]

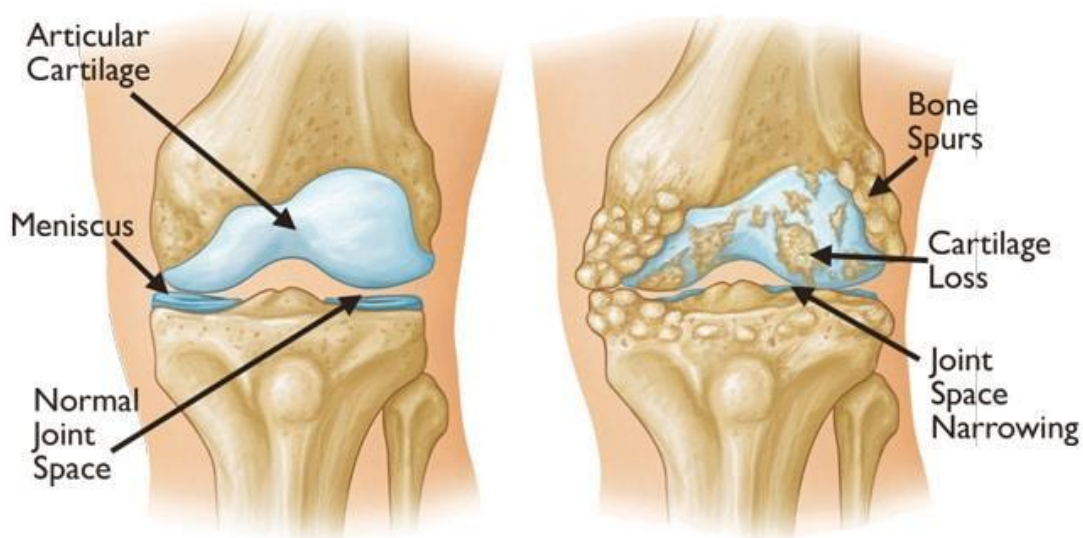


Figura 17) Effetti dell'osteoartrite del ginocchio

L'osteoartrite, la patologia articolare più frequente, insorge spesso nei soggetti di età compresa fra i 40 e i 50 anni di età e, in certa misura, colpisce quasi tutti una volta raggiunti gli 80 anni di età. Prima dei 40 anni, i soggetti di sesso maschile hanno maggiori probabilità di sviluppare osteoartrite rispetto a quelli di sesso femminile, spesso a causa di traumi o deformità. Molte persone mostrano segni di osteoartrite alla radiografia (spesso al raggiungimento dei 40 anni), ma solo la metà di tali soggetti presenta dei sintomi. Tra i 40 e i 70 anni, le donne sviluppano la malattia più frequentemente degli

uomini. Dopo i 70 anni, la patologia si sviluppa nella stessa misura in entrambi i sessi. L'artrosi del ginocchio, come tutte le forme di artrite, è dovuta alla perdita del tessuto ammortizzante della superficie articolare (cartilagine articolare) che ricopre le estremità delle ossa dell'articolazione: il femore sopra, la tibia sotto e la rotula davanti. Si tratta di una condizione progressiva e la storia naturale è caratterizzata da un lento deterioramento: man mano che aumenta la perdita di cartilagine articolare, di solito aumentano anche i sintomi. Quando gli strati della cartilagine articolare sono completamente consumati, l'articolazione si articola con superfici "osso su osso" - questo di solito è molto doloroso (poiché l'osso ha molte terminazioni nervose) e costituisce un'osteoartrite avanzata (Fig 18). [16]

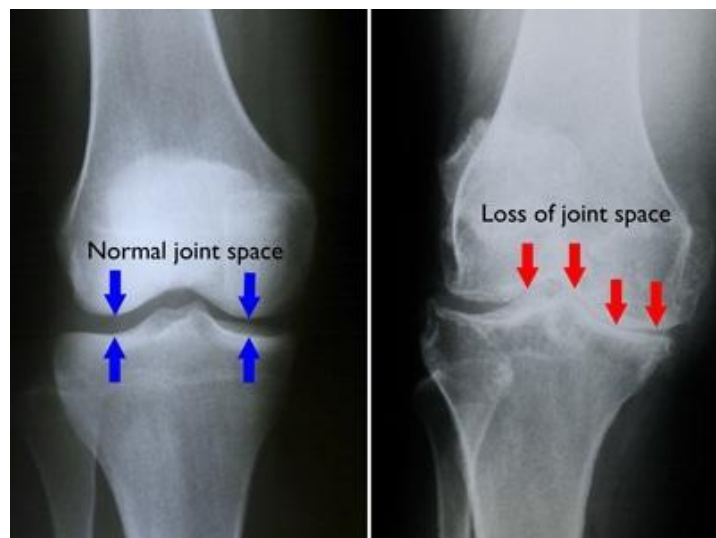


Figura 18) Esempio di osteoartrite avanzata

2.1 Fattori di Rischio

Alcuni soggetti che sollecitano ripetutamente un'articolazione o un gruppo di articolazioni, come i lavoratori delle fonderie, gli agricoltori, i minatori e i conducenti di autobus, sono particolarmente a rischio. Il fattore di rischio principale per l'osteoartrite del ginocchio deriva da attività che richiedono la flessione di questa articolazione. L'obesità può svolgere un ruolo fondamentale nello sviluppo dell'osteoartrite, particolarmente del ginocchio e soprattutto nelle donne. [16]

2.2 Sintomi dell'Osteoartrosi

Il primo sintomo è il dolore, spesso descritto come dolore profondo che, quando si presenta nelle articolazioni sotto carico, peggiora con le attività che comportano un carico (come lo stare in piedi). In alcuni soggetti, l'articolazione può essere rigida dopo il riposo notturno o dopo un periodo di inattività; comunque, questa rigidità, in genere, si riduce dopo 30 minuti, in particolare se si muove l'articolazione. Man mano che la patologia provoca maggiori sintomi, l'articolazione può diventare meno mobile e può non essere in grado di estendersi o flettersi completamente. La neoformazione ossea e di altro tessuto può ingrandire l'articolazione. Durante il movimento dell'articolazione le superfici cartilaginee irregolari causano attrito o scricchiolio sviluppando dolore. In alcune articolazioni (come le ginocchia), i legamenti che circondano e sostengono l'articolazione si allungano al punto che l'articolazione diventa instabile e i muscoli che muovono l'articolazione possono indebolirsi. Oppure l'anca o il ginocchio possono divenire rigidi, perdendo la normale ampiezza di movimento. Muovere l'articolazione (soprattutto in stazione eretta, salendo le scale o camminando) può essere molto doloroso. L'osteoartrosi può rimanere stabile per molti anni o progredire molto rapidamente ma, il più delle volte, si evolve lentamente dopo la comparsa dei sintomi. Molti soggetti sviluppano un certo grado di invalidità. [16]

2.3 Classificazione dell'Osteoartrosi

La classificazione di Kellgren Lawrence è un sistema di valutazione e quantificazione della gravità dell'artrosi del ginocchio (Fig 19). La scala di Kellgren Lawrence classifica l'artrosi di ginocchio in 5 gradi di successiva maggiore gravità; i parametri utilizzati sono la riduzione dello spazio articolare e la presenza di osteofiti.

- Grado 0: modificazioni artrosiche non visibili;
- Grado 1: dubbio restringimento dello spazio articolare e minuta formazione di osteofiti;
- Grado 2: minime alterazioni del profilo marginale, formazione limitata di osteofiti e possibile restringimento dello spazio articolare;
- Grado 3: moderate formazioni osteofitosiche, restringimento visibile e limitato dello spazio articolare e sclerosi ossea iniziale non marcata;
- Grado 4: severo restringimento dello spazio articolare con marcata sclerosi ossea, deformazione ossea visibile e non discutibile, ampia formazione di osteofiti. [17]



Figura 19) Classificazione osteoartrosi di Kellgren Lawrence

CAPITOLO 3

ANALISI DEI DATI

3.1 Materiali e Metodi

Per l'elaborato sono stati analizzati quattro pazienti affetti da osteoartrosi allo stadio terminale (3-4 grado). Di questi soggetti, sono state fornite il sesso anagrafico, l'età e l'indice di massa corporea (BMI) (Fig 20). Per quanto riguarda il sesso, vengono analizzati 2 pazienti maschi e 2 femmine. L'indice di massa corporea varia da 24,22 kg/m² (normopeso) a 34,32 kg/m² (obesità lieve). Infine, l'età è compresa tra i 55 ai 73 anni.

CODICE	SESSO	DATA DI NASCITA	ETÀ	BMI [kg/m ²]	PATOLOGIA	GRADO OA
BMA25111965	M	25/11/1965	55	30,86	OA	4
SGA26061955	M	26/6/1955	65	34,32	OA	4
MGB14051958	F	14/5/1958	63	27,75	OA	3
SLB06011948	F	6/10/1948	73	24,22	OA	4

Fig 20) Tabella dei pazienti osteoartritici con i rispettivi dati anagrafici

Le risonanze fornite per ogni paziente sono di tipo T1w e T2w. Le immagini pesate in T1 mostrano in modo ottimale l'anatomia normale dei tessuti molli e il tessuto adiposo (p. es., per confermare la componente adiposa di una massa). Le immagini pesate in T2 mostrano in maniera ottimale il liquido e le condizioni patologiche (p. es., tumori, infiammazione, trauma). Nelle immagini pesate su T1 il grasso appare bianco (iperintenso) e relativamente scuro (ipointenso) nelle immagini pesate su T2; acqua e liquidi appaiono relativamente scuri nelle immagini pesate in T1 e chiare nelle immagini pesate su T2. In pratica, le immagini pesate su T1 e in T2 forniscono informazioni complementari, quindi entrambe sono importanti per caratterizzare le patologie.

3.2 Software utilizzato

Per effettuare le misurazioni è stato utilizzato un software denominato 3D Slicer ¹⁸, ossia un'applicazione software per la visualizzazione e l'analisi di immagini mediche. Esso permette di supportare ed elaborare bioimmagini in formato DICOM mediante segmentazioni, annotazioni, trasformazioni, quantificazioni in 2D, 3D e 4D (Fig 21). Il software ha permesso di mettere a confronto immagini di sezioni su più piani. In particolare, i piani di maggiore interesse per lo studio sono il piano sagittale e il piano trasversale. [18]

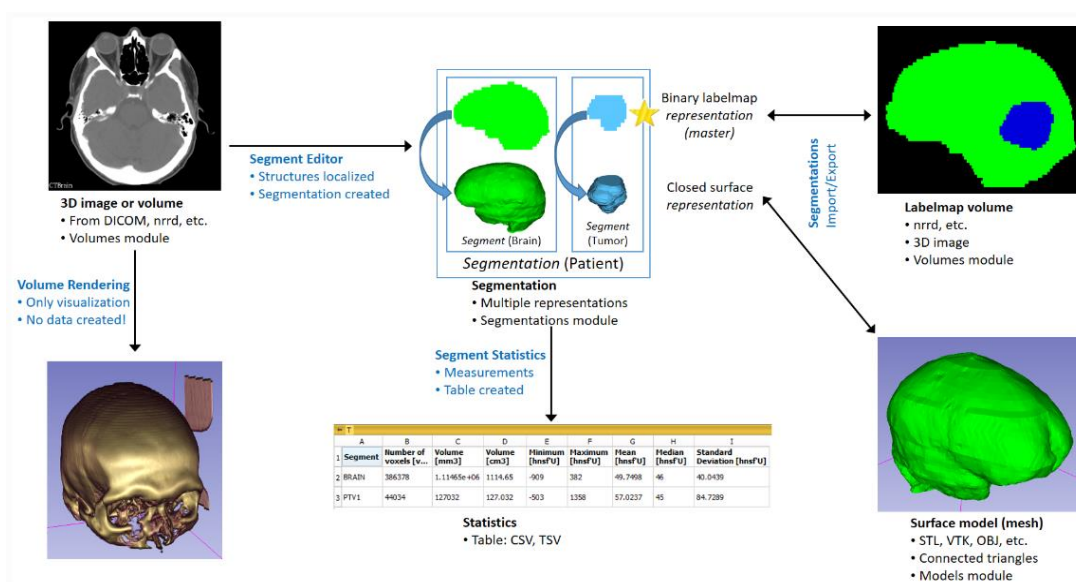


Figura 21) Schema raffigurante il processo di segmentazione con 3D Slicer

3D Slicer memorizza tutti i dati caricati in un repository di dati, chiamato "scena". Ogni set di dati, come un volume di immagine, un modello di superficie o un set di punti, è rappresentato nella scena come un "nodo". Il Software fornisce un gran numero di "moduli", ciascuno dei quali implementa un insieme specifico di funzioni per creare o manipolare i dati nella scena. I moduli in genere non interagiscono tra loro direttamente: operano semplicemente sui nodi dati nella scena. In particolare nel seguente studio, per la segmentazione è stato impiegato il modulo "Segment Editor" e per le misurazioni i moduli "Markups" e "Quantification" (Fig 22). Il primo permette di creare e modificare linee, archi, piani, ROI, etc.

Il secondo, invece, fornisce i valori di volume, superficie e altre grandezze delle rispettive segmentazioni. [19]

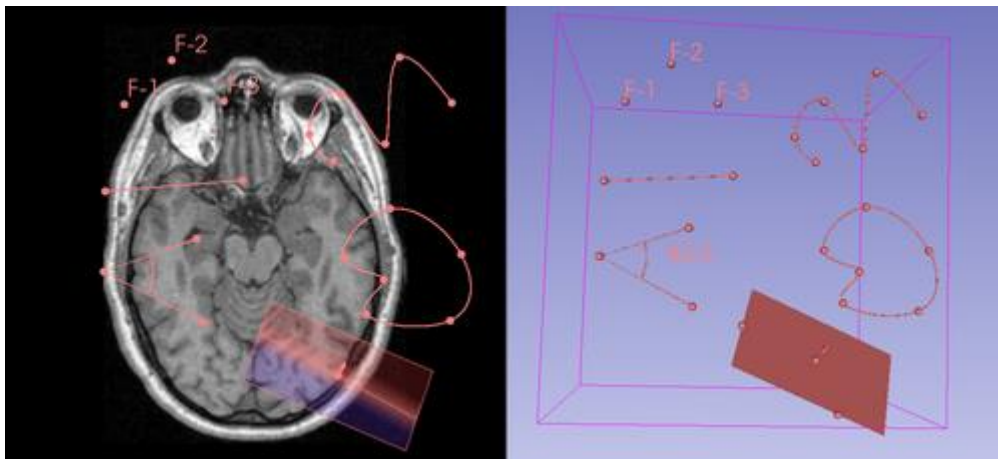


Figura 22) Esempio di impiego del modulo “Markups” di 3D Slicer

3.3 Misurazioni

Le misurazioni sono state effettuate 5 volte in 5 giornate differenti ed è stata presa in esame la loro media. Relativamente al legamento crociato anteriore, è stata tracciata una linea dall'area intercondiloidea sul piatto tibiale fino al condilo femorale laterale (Fig 23a). Per quanto riguarda il legamento crociato posteriore, la linea curva disegnata parte dalla superficie laterale del condilo femorale e termina sulla superficie intercondiloidea laterale posteriore del piatto tibiale (Fig 23b).

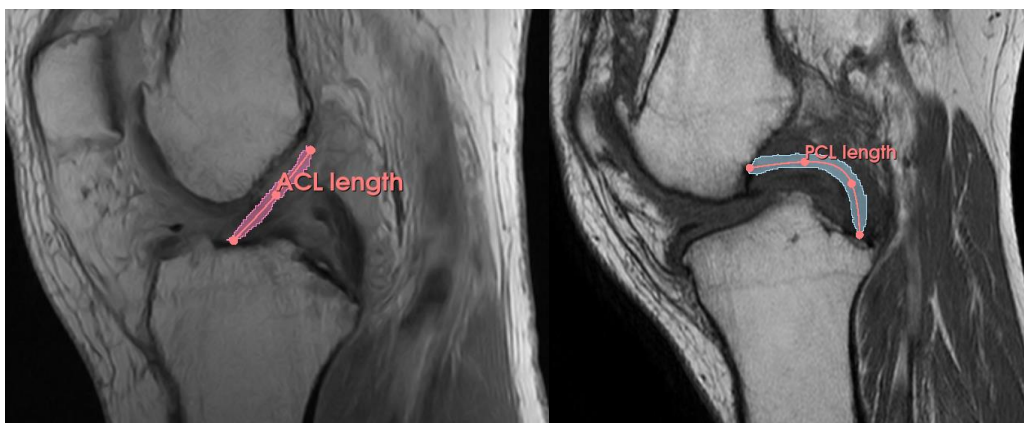


Figura 23) Piano sagittale di MRI T1 di un paziente osteoartritico. A sinistra misurazione della lunghezza del legamento crociato anteriore (a) e a destra del legamento crociato posteriore (b).

Per ciò che concerne il tessuto adiposo sovrapatellare (SFP), sono stati misurati volume, superficie, lunghezza obliqua, antero-posteriore e cranio-caudale. Per individuare la posizione dell'SFP, bisogna sapere che ha forma triangolare, si trova superiormente alla rotula, posteriormente al tendine del quadricipite e anteriormente alla borsa sovrarotulea. Dopo aver fatto ciò, è stata effettuata la segmentazione slice per slice del tessuto. La funzione “Statistics” del modulo “Quantification” permette di conoscere i valori di volume e superficie (rispettivamente in mm^3 e mm^2) della parte interessata di segmentazione. Il modulo “Markups”, analogamente al caso precedente, viene utilizzato per la misurazione delle lunghezze. Sul piano sagittale, la lunghezza cranio-caudale (C-C) è determinata da un segmento retto perpendicolare equivalente alla distanza del punto più inferiore a quello più superiore del tessuto. La lunghezza anteroposteriore (A-P) è caratterizzata da un segmento retto che va dal punto posteriore al tendine del quadricipite, mentre la lunghezza obliqua (OBL) è un segmento che congiunge il punto più posteriore e il punto più anteriore (Fig 24). Sul piano trasversale, viene misurata la lunghezza dell'arco tracciando una linea curva in corrispondenza della misura A-P.

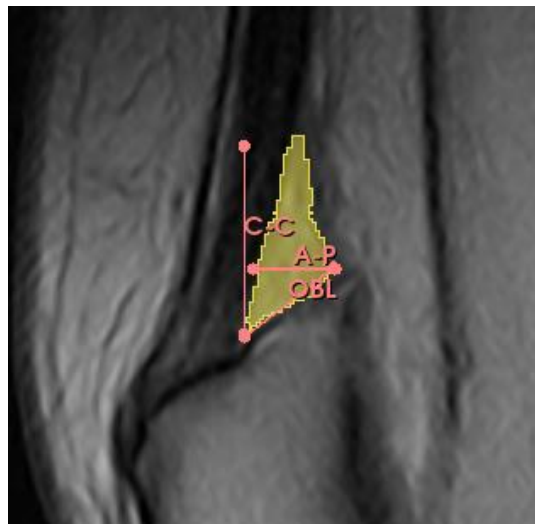


Figura 24) Piano sagittale di MRI T1 di un paziente osteoartrotico. Misurazioni di lunghezza antero-posteriore (A-P), cranio-caudale (C-C) e obliqua (OBL) dell'SFP

L'individuazione del tessuto adiposo infrapatellare è immediato, in quanto è il più grande dei cuscinetti adiposi del ginocchio anteriore e si trova immediatamente posteriormente

al tendine rotuleo. I valori da misurare (sul piano sagittale), in questo caso, sono volume, superficie, profondità, lunghezze dell'arco femorale e tibiale. Il volume e la superficie sono stati misurati analogamente al tessuto precedente. La profondità è stata calcolata come la lunghezza del segmento perpendicolare al tendine rotuleo che passa per il punto dell'IFP più interno all'articolazione. Le lunghezze dell'arco femorale e tibiale sono state calcolate come il profilo dell'IFP adiacente alle corrispondenti estremità ossee (Fig 25).

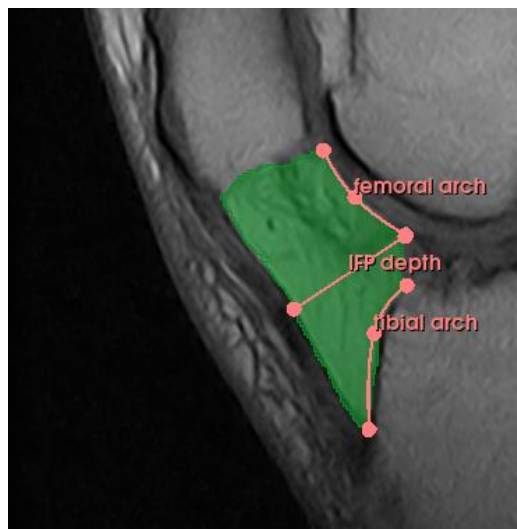


Figura 25) Piano sagittale di MRI T1 di un paziente osteoartritico. Misurazioni di lunghezza dell'arco femorale e tibiale e della profondità dell'IFP

Sono stati determinati il volume e la superficie del PL, mentre la profondità e la lunghezza del PL sono state valutate sul piano sagittale. La lunghezza del PL è stata calcolata come la lunghezza del legamento dal polo inferiore della rotula alla sua inserzione inferiore sulla tibia, mentre la profondità del PL è stata calcolata come la lunghezza del segmento perpendicolare al PL passante per il punto medio della lunghezza del PL (Fig 26). La lunghezza dell'arco PL è stata valutata sul piano trasversale in corrispondenza dei condili femorali.

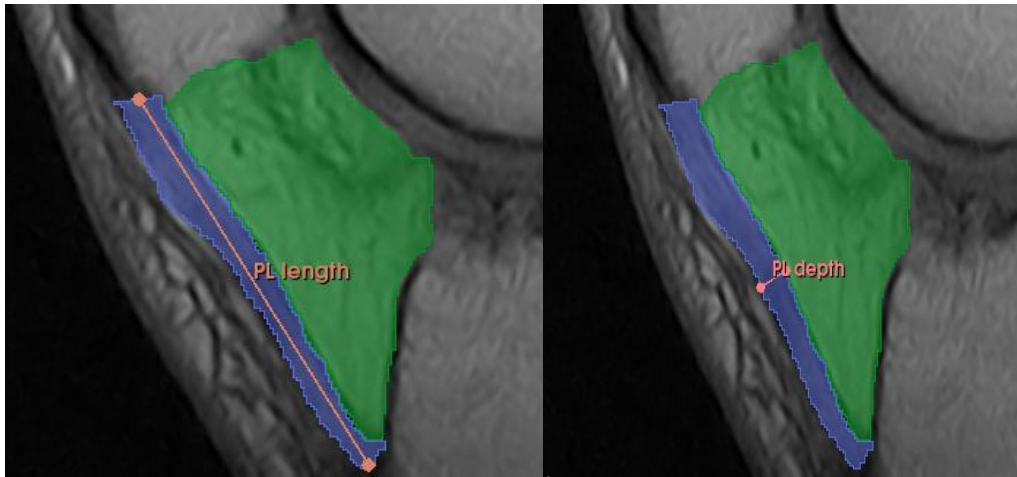


Figura 26) Piano sagittale di MRI T1 di un paziente osteoartrotico. Misurazioni di lunghezza (a sinistra) e profondità (a destra) del PL

3.2.1 Risultati ACL e PCL e relazione con età, BMI e sesso

Per quanto riguarda i valori dell'ACL e PCL risultano essere rispettivamente $24,99 \pm 1,24$ mm e $39,07 \pm 4,05$ mm nei pazienti maschi (con BMI medio pari a 32,59, obesità grado 1) e $24,08 \pm 0,99$ mm e $38,89 \pm 1,19$ mm nei pazienti femmine (con BMI medio pari a 25,99, normopeso). I risultati suggeriscono che il sesso anagrafico determina una differenza di lunghezze tra pazienti maschi e femmine, con i primi che hanno dimensioni leggermente maggiori (Fig 27).

Infatti, nel 2008 Fayad et al. hanno studiato le differenze di genere nei volumi dell'ACL e del PCL e hanno dimostrato che le differenze di genere nel volume dell'ACL sono presenti, ma possono essere spiegate come differenze di altezza tra maschi e femmine. [20]

Infine, nel caso del legamento crociato posteriore vi è una correlazione negativa rispetto all'età anagrafica. In particolare, all'avanzare dell'età la lunghezza del PCL diminuisce in tutti i pazienti, ad eccezione del paziente con BMI maggiore ($34,32 \text{ kg/m}^2$).

CODICE PAZIENTE	SESSO	BMI [kg/m²]	ETÀ	ACL [mm]	PCL [mm]
BMA25111965	M	30,86	55	26,22	43,12
MGB14051958	F	27,75	63	23,09	40,07
SGA26061955	M	34,32	65	23,75	35,02
SLB06011948	F	24,22	73	25,07	37,7

Fig 27) Tabella dei pazienti osteoartritici con i rispettivi dati anagrafici e lunghezze ACL e PCL

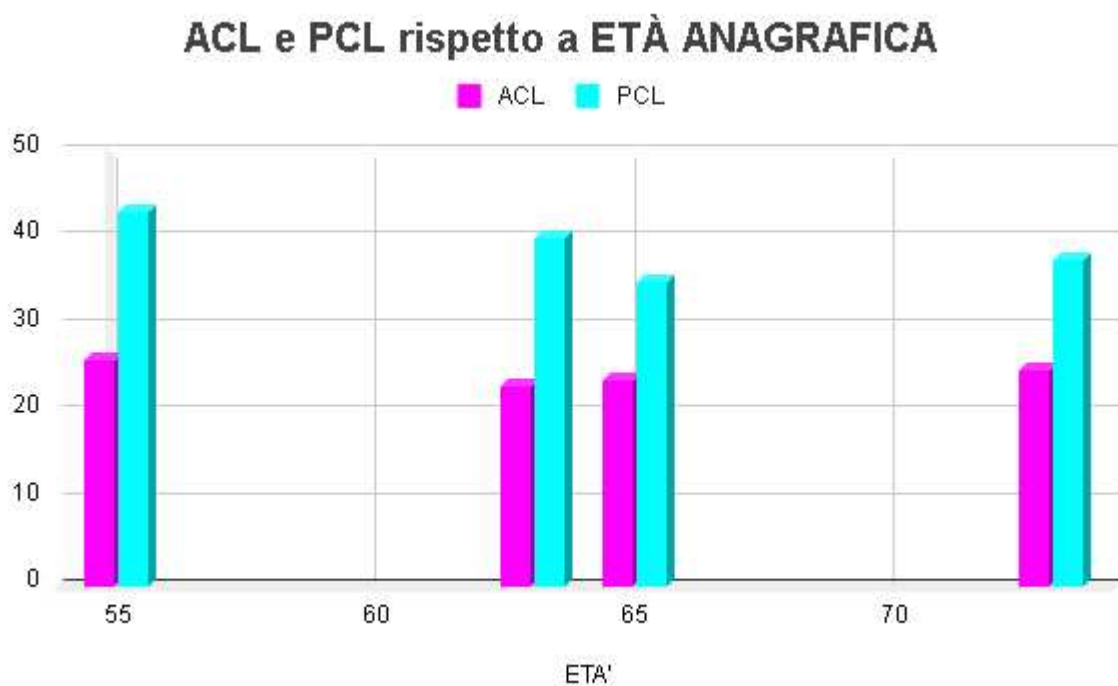


Figura 28) Grafico a istogramma rappresentante le lunghezze misurate di ACL (in mm; viola) e PCL (in mm; azzurro) dei pazienti osteoartritici rispetto alla loro età

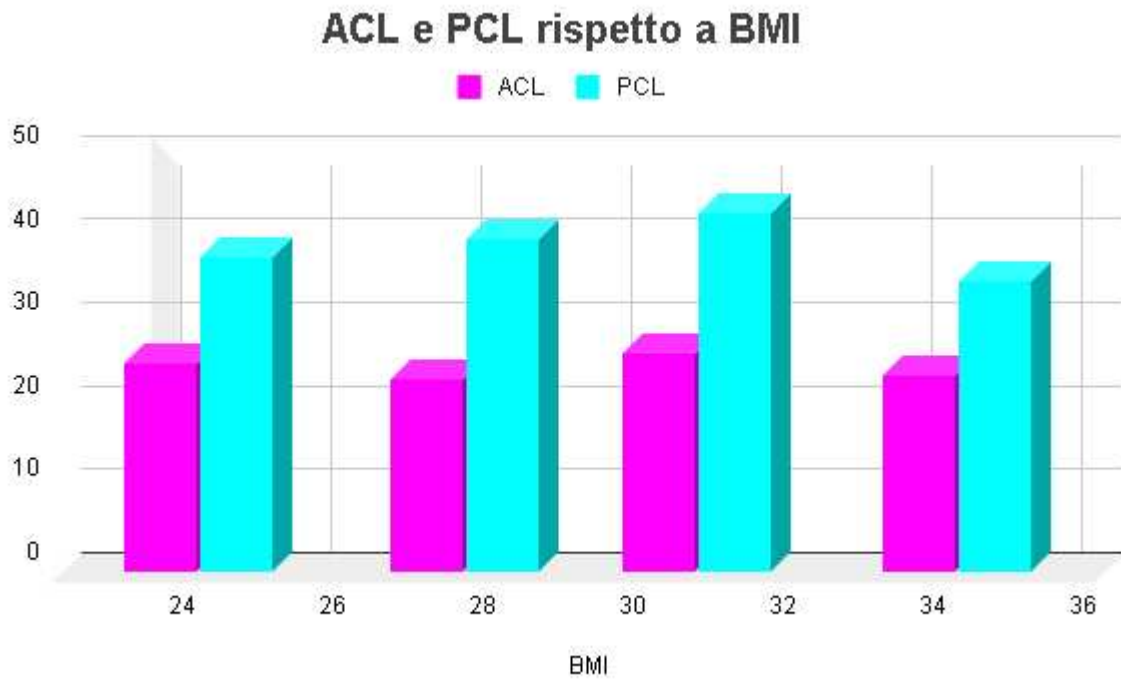


Figura 29) Grafico a istogramma rappresentante le lunghezze misurate di ACL (in mm; viola) e PCL (in mm; azzurro) dei pazienti osteoartritici rispetto al loro indice di massa corporeo (BMI)

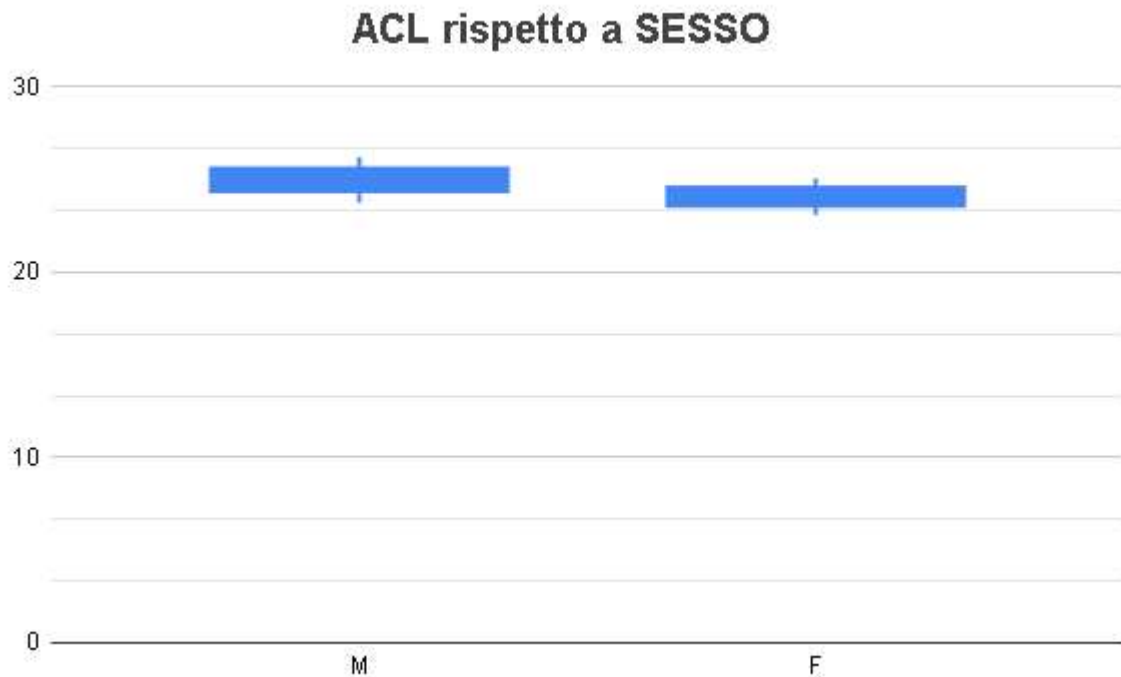


Figura 30) Box plot rappresentante la lunghezza (in mm) dell'ACL dei pazienti osteoartritici rispetto al sesso anagrafico. La sigla "M" è usata per rappresentare il sesso maschile e "F" per rappresentare il sesso femminile

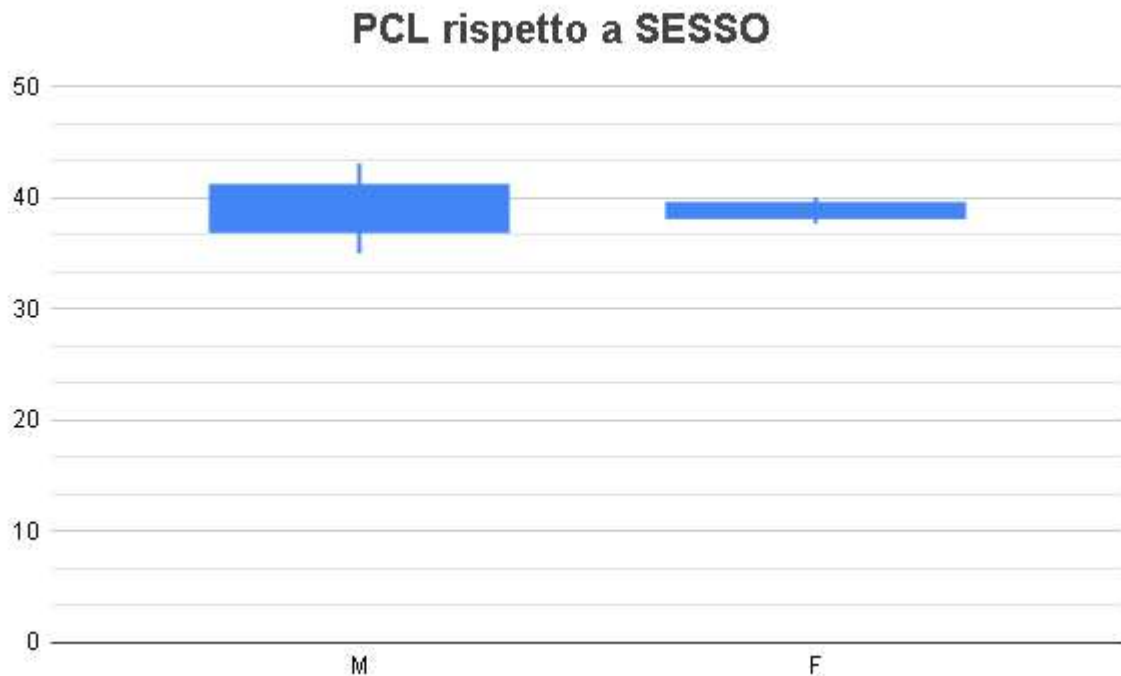


Figura 31) Box plot rappresentante la lunghezza (in mm) del PCL dei pazienti osteoartritici rispetto al sesso anagrafico. La sigla “M” è usata per rappresentare il sesso maschile e “F” per rappresentare il sesso femminile.

3.2.2 Risultati SFP e relazione con età, BMI e sesso

Relativamente al volume e la superficie degli SFP i pazienti maschi presentano rispettivamente $1481,48 \pm 42,51 \text{ mm}^3$ e $782,461 \pm 31,27 \text{ mm}^2$ (BMI medio pari a 32,59, obesità grado 1) mentre i pazienti femmine $1184,10 \pm 138,48 \text{ mm}^3$ e $648,40 \pm 68,06 \text{ mm}^2$ (BMI medio pari a 25,99, normopeso) (Fig 32). Per quanto concerne, invece, le lunghezze A-P, C-C, OBL e dell’arco si ha rispettivamente $8,91 \pm 0,588 \text{ mm}$, $16,87 \pm 1,27 \text{ mm}$, $10,801 \pm 1,210 \text{ mm}$, $25,345 \pm 1,745 \text{ mm}$ nei maschi, e $8,704 \pm 0,368 \text{ mm}$, $15,615 \pm 0,625 \text{ mm}$, $9,335 \pm 0,205 \text{ mm}$, $22,17 \pm 1,97 \text{ mm}$ nelle femmine (Fig 33).

Dai risultati si evince che i parametri sono sempre maggiori nei pazienti maschi e che, dunque, il sesso anagrafico è un fattore determinante. I dati non presentano una correlazione con l’età dei pazienti, ma, al contrario, vi è una correlazione positiva rispetto al loro BMI. Un elevato indice di massa corporea corrisponde, infatti, ad un ingrossamento del tessuto adiposo.

CODICE	SESSO	BMI [kg/m ²]	ETÀ	V [mm ³]	S [mm ²]
MGB14051958	F	27,75	63	1322,57	716,455
SLB06011948	F	24,22	73	1045,62	580,339
BMA25111965	M	30,86	55	1523,99	813,734
SGA26061955	M	34,32	65	1438,97	751,188

Fig 32) Tabella dei pazienti osteoartritici con i rispettivi dati anagrafici, volume e superficie dell'SFP

CODICE	SESSO	BMI [kg/m ²]	ETÀ	A-P [mm]	C-C [mm]	OBL [mm]	ARCO [mm]
MGB14051958	F	27,75	63	8,336	16,24	9,13	24,14
SLB06011948	F	24,22	73	9,071	14,99	9,539	20,2
BMA25111965	M	30,86	55	9,498	18,14	12,01	27,09
SGA26061955	M	34,32	65	8,322	15,6	9,591	23,6

Fig 33) Tabella dei pazienti osteoartritici con i rispettivi dati anagrafici, lunghezze anteroposteriore, cranio-caudale, obliqua e dell'arco dell'SFP

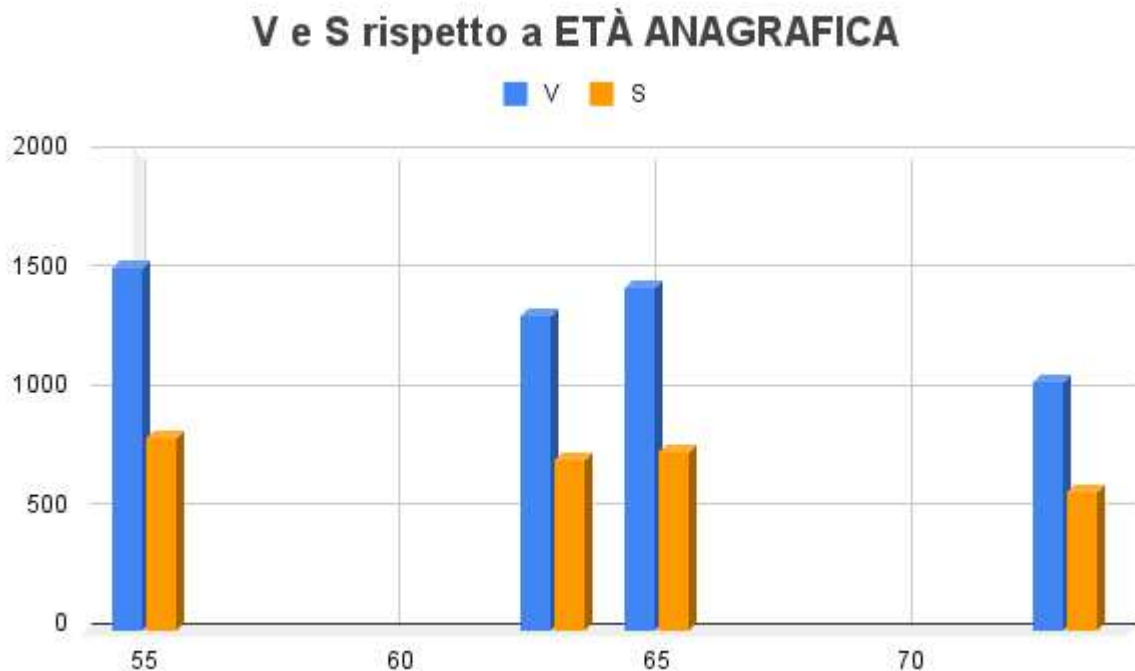


Figura 34) Grafico a istogramma rappresentante il volume (in mm³; in blu) e la superficie (in mm²; in arancione) dell'SFP dei pazienti osteoartritici rispetto alla loro età anagrafica.

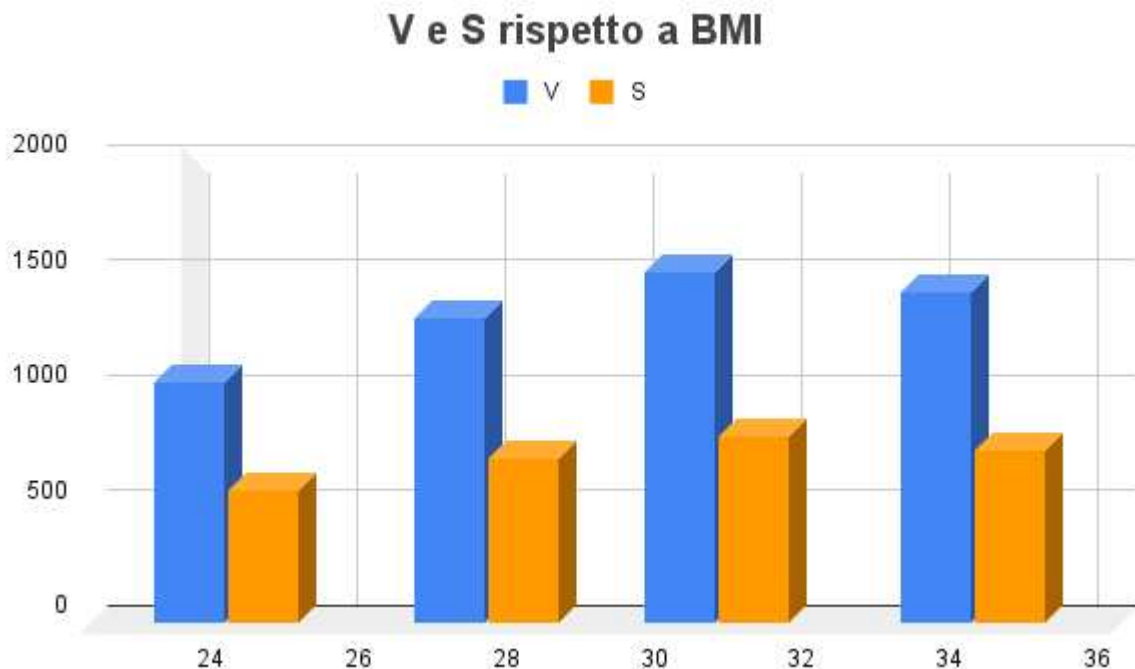


Figura 35) Grafico a istogramma rappresentante il volume (in mm³; in blu) e la superficie (in mm²; in arancione) dell'SFP dei pazienti osteoartritici rispetto al loro indice di massa corporeo (BMI).

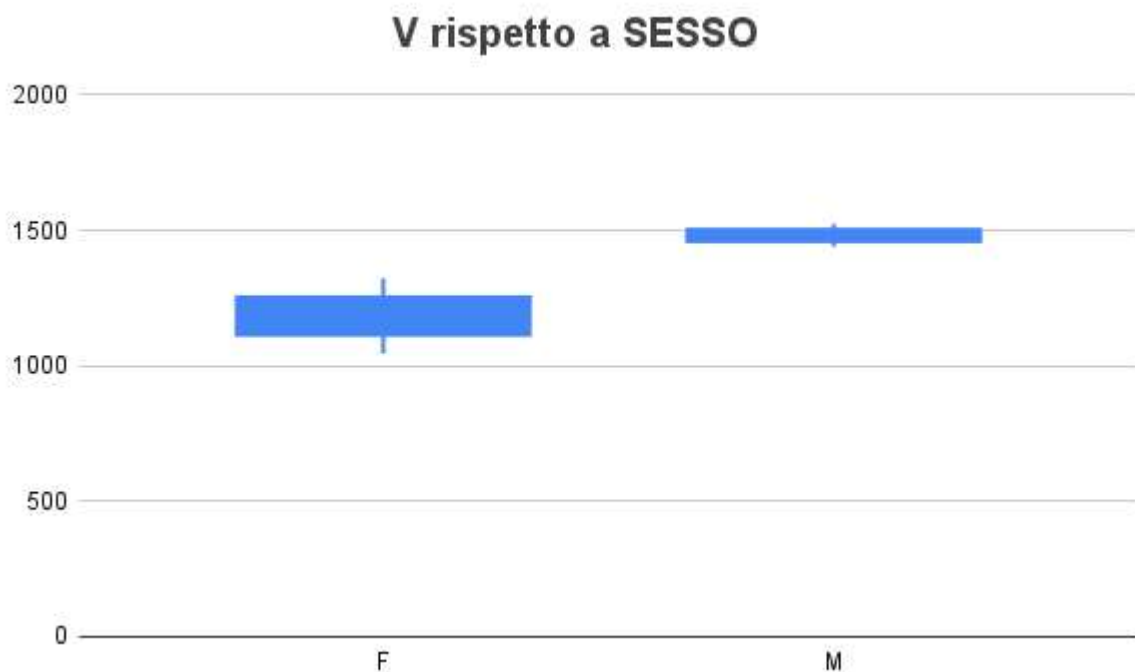


Figura 36) Box plot rappresentante il volume (in mm³) dell'SFP dei pazienti osteoartritici rispetto al sesso anagrafico. La sigla “M” è usata per rappresentare il sesso maschile e “F” per rappresentare il sesso femminile.

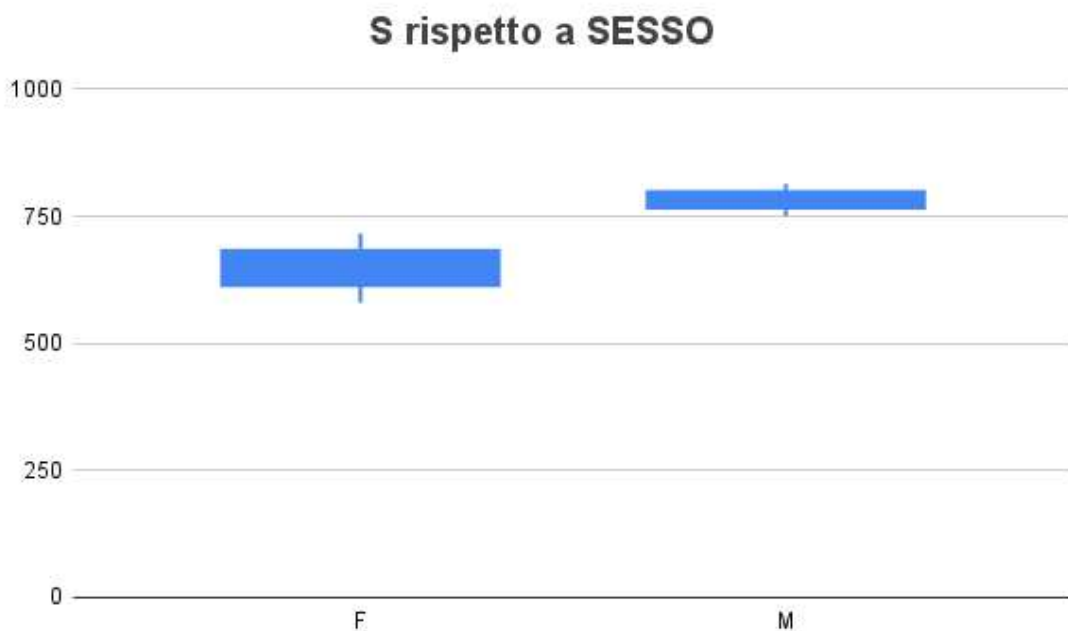


Figura 37) Box plot rappresentante la superficie (in mm²) dell'SFP dei pazienti osteoartritici rispetto al sesso anagrafico. La sigla "M" è usata per rappresentare il sesso maschile e "F" per rappresentare il sesso femminile.

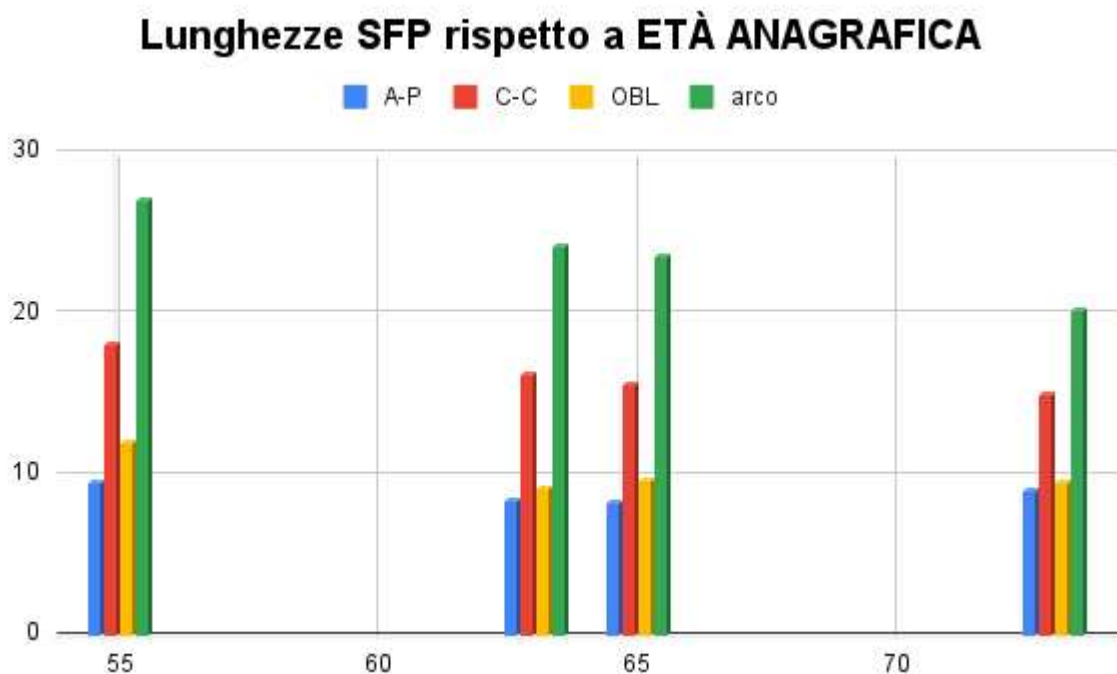


Figura 38) Grafico a istogramma rappresentante le lunghezze (in mm) anteroposteriore (blu), cranio-caudale (rosso), obliqua (giallo) e dell'arco (verde) dell'SFP dei pazienti osteoartritici rispetto alla loro età anagrafica.

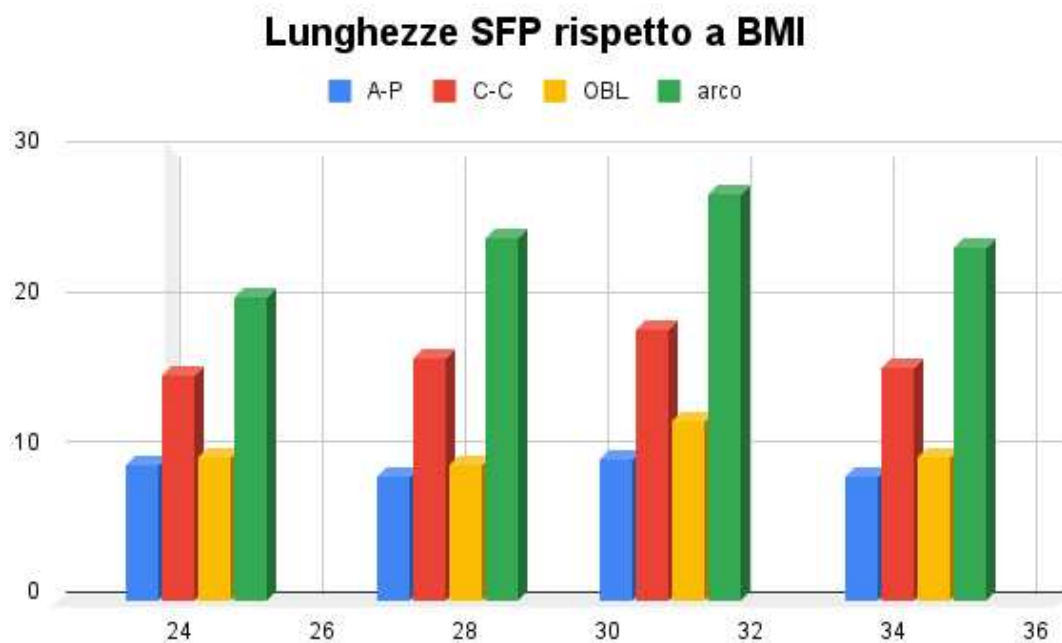


Figura 39) Grafico a istogramma rappresentante le lunghezze (in mm) anteroposteriore (blu), cranio-caudale (rosso), obliqua (giallo) e dell'arco (verde) dell'SFP dei pazienti osteoartritici rispetto al loro indice di massa corporeo (BMI).

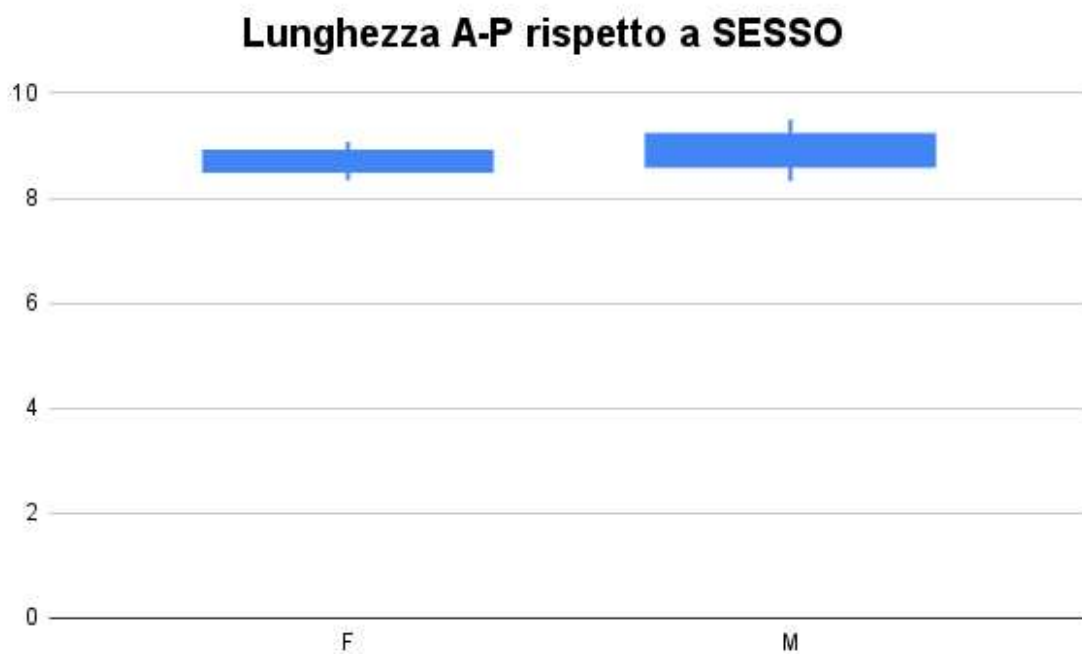


Figura 40) Box plot rappresentante la lunghezza anteroposteriore (in mm) dell'SFP dei pazienti osteoartritici rispetto al sesso anagrafico. La sigla "M" è usata per rappresentare il sesso maschile e "F" per rappresentare il sesso femminile.

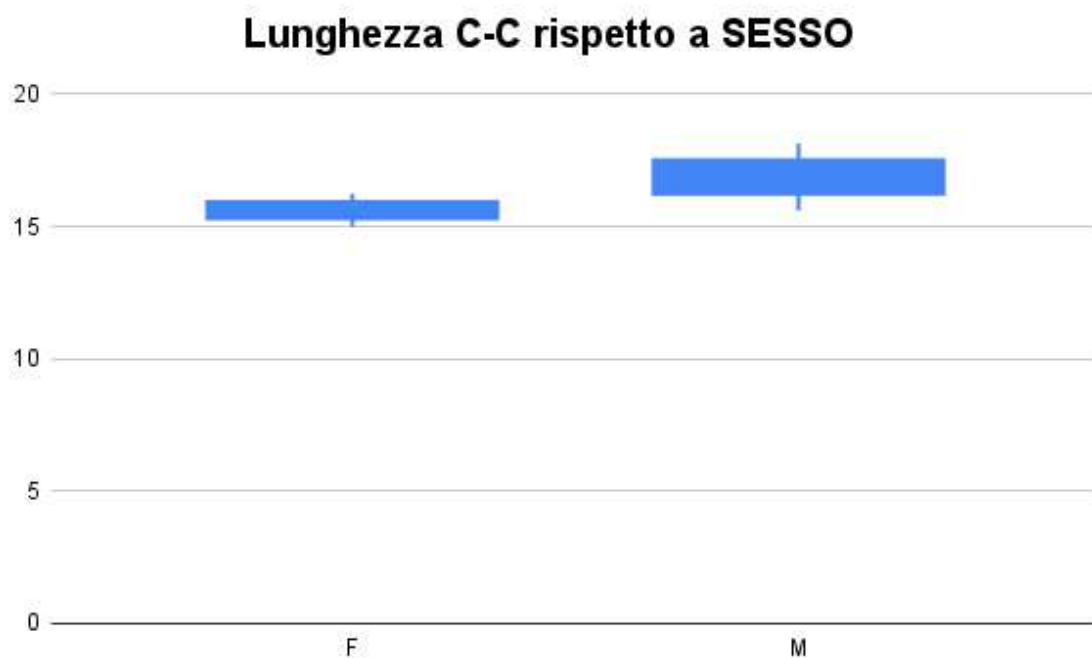


Figura 41) Box plot rappresentante la lunghezza cranio-caudale (in mm) dell'SFP dei pazienti osteoartritici rispetto al sesso anagrafico. La sigla "M" è usata per rappresentare il sesso maschile e "F" per rappresentare il sesso femminile.

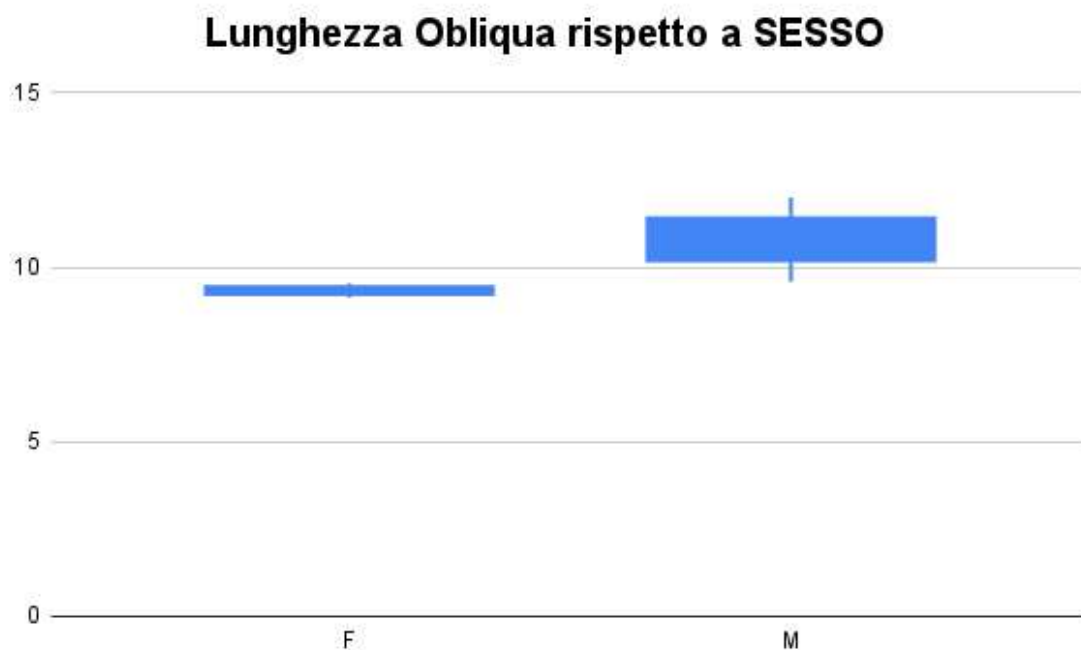


Figura 42) Box plot rappresentante la lunghezza obliqua (in mm) dell'SFP dei pazienti osteoartritici rispetto al sesso anagrafico. La sigla "M" è usata per rappresentare il sesso maschile e "F" per rappresentare il sesso femminile.

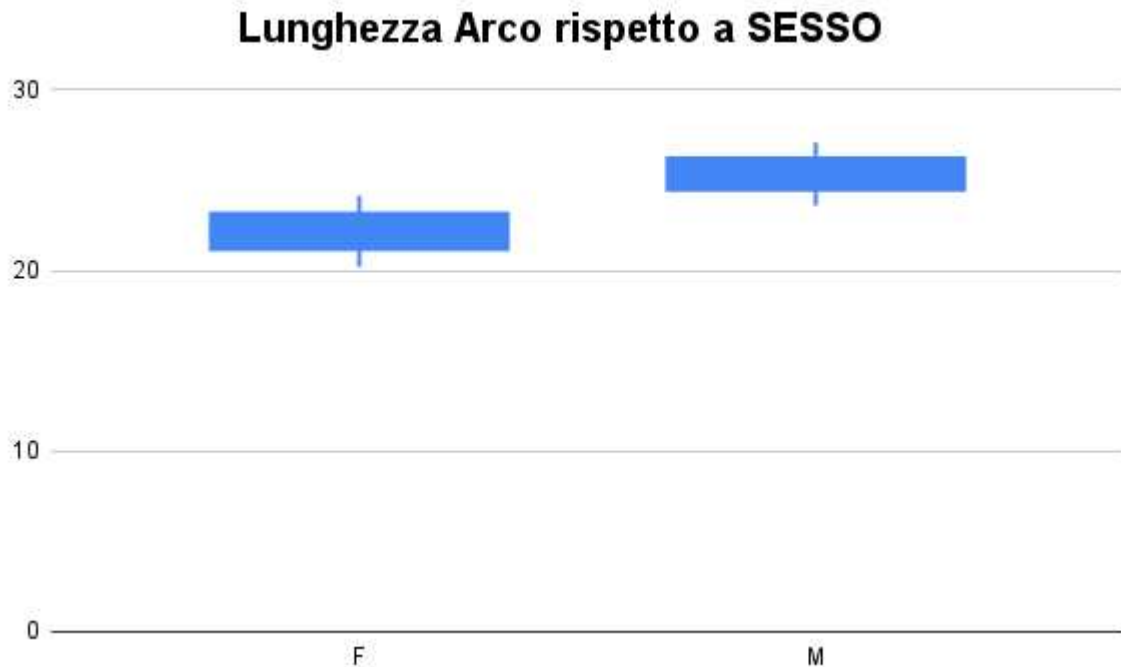


Figura 43) Box plot rappresentante la lunghezza dell'arco (in mm) dell'SFP dei pazienti osteoartritici rispetto al sesso anagrafico. La sigla "M" è usata per rappresentare il sesso maschile e "F" per rappresentare il sesso femminile.

3.2.3 Risultati IFP e relazione con età, BMI e sesso

Per ciò che riguarda volume e superficie degli IFP i risultati sono rispettivamente $25082,3 \pm 305,4 \text{ mm}^3$ e $6036,94 \pm 511,19 \text{ mm}^2$ nei pazienti maschi (con BMI medio pari a 32,59, obesità grado 1) e $19789,9 \pm 517,6 \text{ mm}^3$ e $5236,42 \pm 63,11 \text{ mm}^2$ nei pazienti femmine (con BMI medio pari a 25,99, normopeso). Viceversa, per le lunghezze dell'arco femorale, tibiale e la profondità sono rispettivamente $25,295 \pm 2,375 \text{ mm}$, $28,485 \pm 0,495 \text{ mm}$, $27,79 \pm 0,39 \text{ mm}$ nei maschi, e $22,245 \pm 1,335 \text{ mm}$, $24,975 \pm 0,405 \text{ mm}$, $24,425 \pm 1,295 \text{ mm}$ nelle femmine (Fig 44). In uno studio del 2022, Fontanella et al. hanno osservato una diminuzione del volume, della superficie, della profondità e della lunghezza dell'arco femorale e tibiale dell'IFP nei pazienti con OA allo stadio terminale rispetto ai pazienti con lesione meniscale e ACLR. [21] Questi dati sottolineano che le caratteristiche volumetriche e morfometriche dell'IFP sono modificate dall'osteoartrite. Non sono state riscontrate differenze tra i pazienti con lesioni meniscali o

ACLR e i pazienti con OA allo stadio terminale per quanto riguarda l'SFP, suggerendo che probabilmente questo cuscinetto adiposo è meno coinvolto nell'OA rispetto all'IFP. Il genere ha influenzato tutte le misurazioni dell'IFP, rivelando come i parametri risultano superiori nei maschi. Ciò è in accordo con i risultati di Diepold et al. che hanno osservato un aumento del volume dell'IFP negli uomini sani rispetto alle donne sane. [22]

Inoltre, nel gruppo di pazienti osteoartritici vi è una correlazione positiva dei parametri rispetto al BMI. A conferma di questo, è stato dimostrato da Burda et al. che il volume dell'IFP ha una dipendenza dal BMI, sebbene l'aumento relativo (rispetto al peso normale) non sembri essere proporzionale a quello del peso corporeo. [23]

Relativamente a volume e lunghezze del tessuto adiposo infrapatellare, si può osservare la dipendenza dal BMI (Fig 41 e 50). In uno studio del 2016, Kulkarni et al. hanno dimostrato che esiste, infatti, una comprovata associazione tra obesità e OA del ginocchio e si ritiene che l'obesità sia il principale fattore di rischio modificabile. Infine, i pazienti obesi (BMI superiore a 30 kg/m²) hanno maggiori probabilità di richiedere un'artroplastica totale del ginocchio (TKA). [24]

CODICE	SESSO	BMI [kg/m²]	ETÀ	V [mm³]	S [mm²]	A FEM [mm]	A TIB [mm]	DEPTH [mm]
MGB14051958	F	27,75	63	20307,5	5173,31	23,58	25,38	25,72
SLB06011948	F	24,22	73	19272,3	5299,53	20,91	24,57	23,13
BMA25111965	M	30,86	55	25387,7	6548,13	27,67	27,99	28,18
SGA26061955	M	34,32	65	24776,9	5525,75	22,92	28,98	27,4

Figura 44) Tabella dei pazienti osteoartritici con i rispettivi dati anagrafici, volume, superficie, lunghezze dell'arco femorale e tibiale e profondità dell'IFP

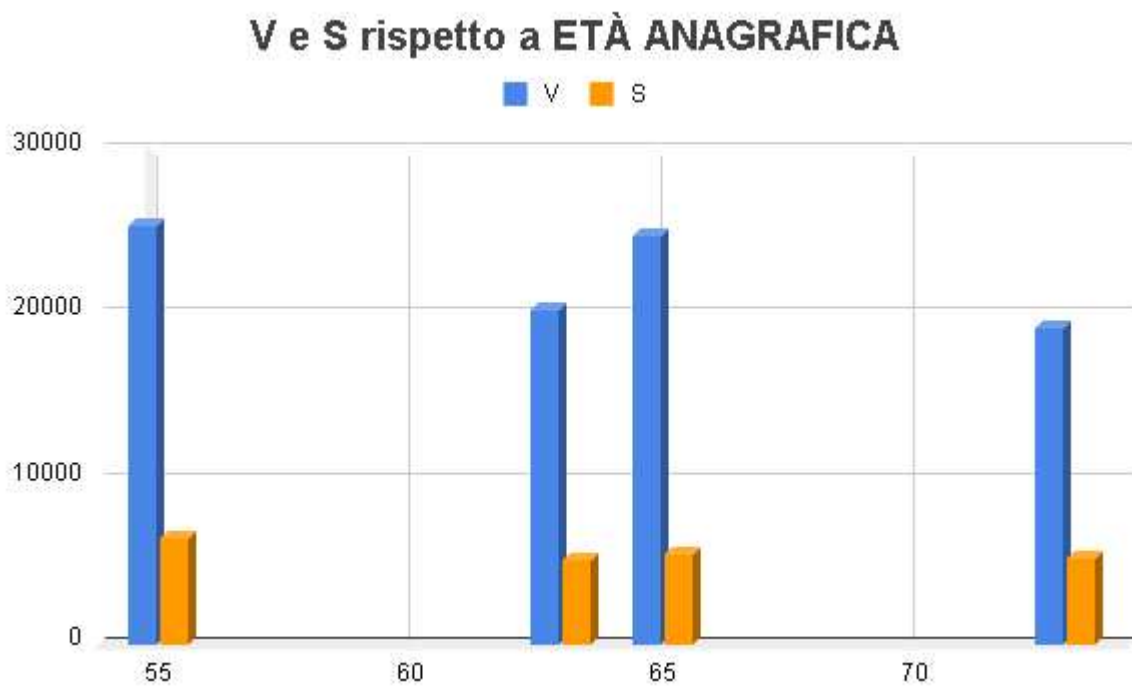


Figura 45) Grafico a istogramma rappresentante il volume (in mm³; blu) e la superficie (in mm²; arancione) dell'IFP dei pazienti osteoartritici rispetto alla loro età anagrafica

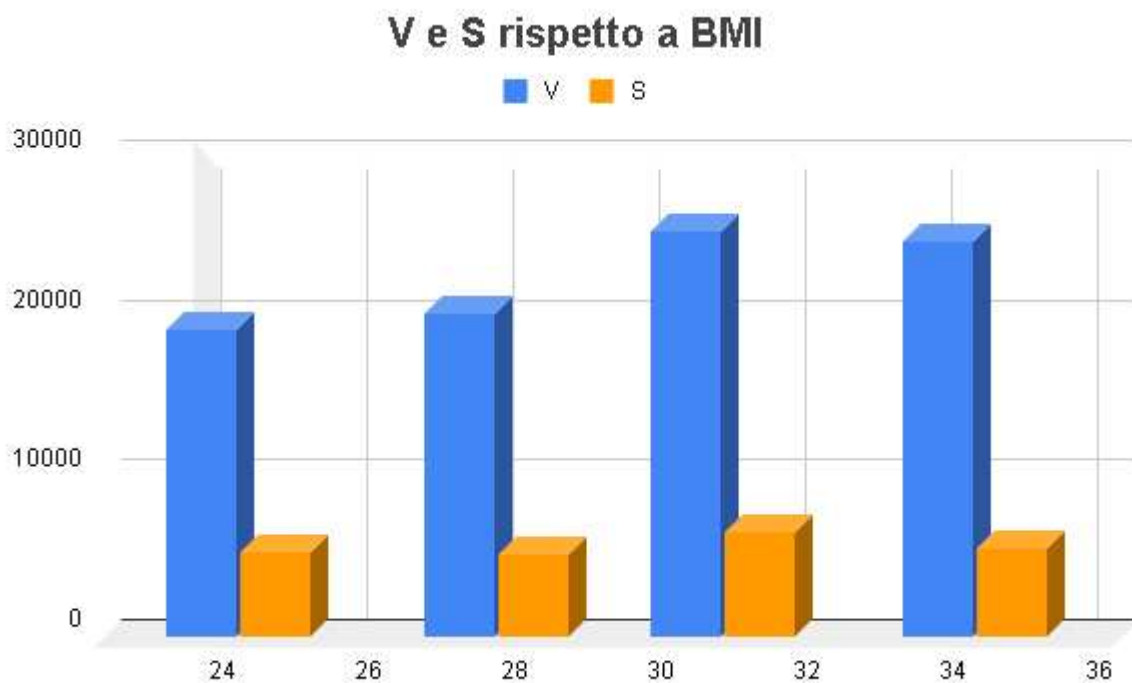


Figura 46) Grafico a istogramma rappresentante il volume (in mm³; blu) e la superficie (in mm²; arancione) dell'IFP dei pazienti osteoartritici rispetto al loro indice di massa corporeo (BMI)

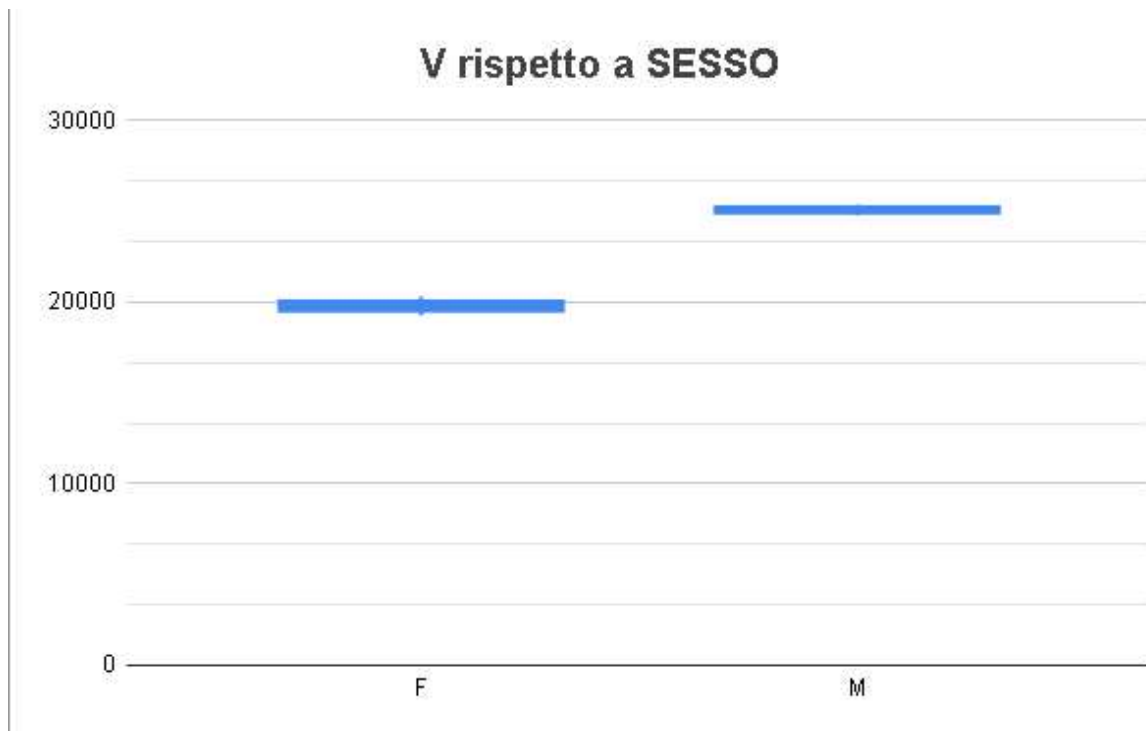


Figura 47) Box plot rappresentante il volume (in mm³) dell'IFP dei pazienti osteoartritici rispetto al sesso anagrafico. La sigla "M" è usata per rappresentare il sesso maschile e "F" per rappresentare il sesso femminile.

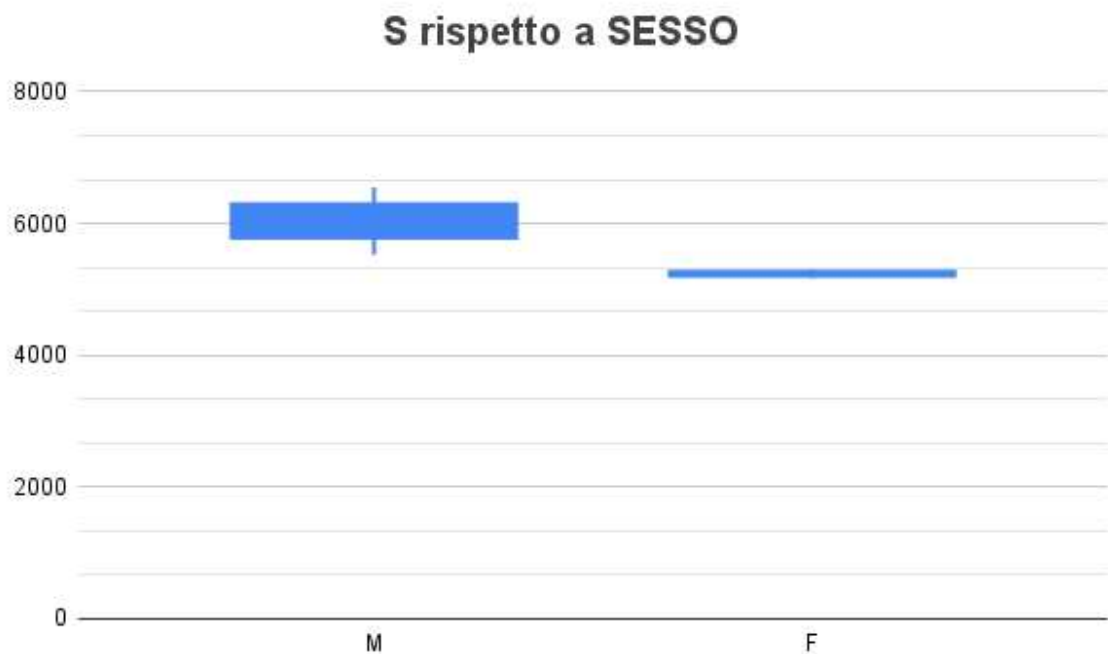


Figura 48) Box plot rappresentante la superficie (in mm²) dell'IFP dei pazienti osteoartritici rispetto al sesso anagrafico. La sigla "M" è usata per rappresentare il sesso maschile e "F" per rappresentare il sesso femminile.

Arco Femorale, Arco Tibiale e Profondità rispetto a ETÀ ANAGRAFICA

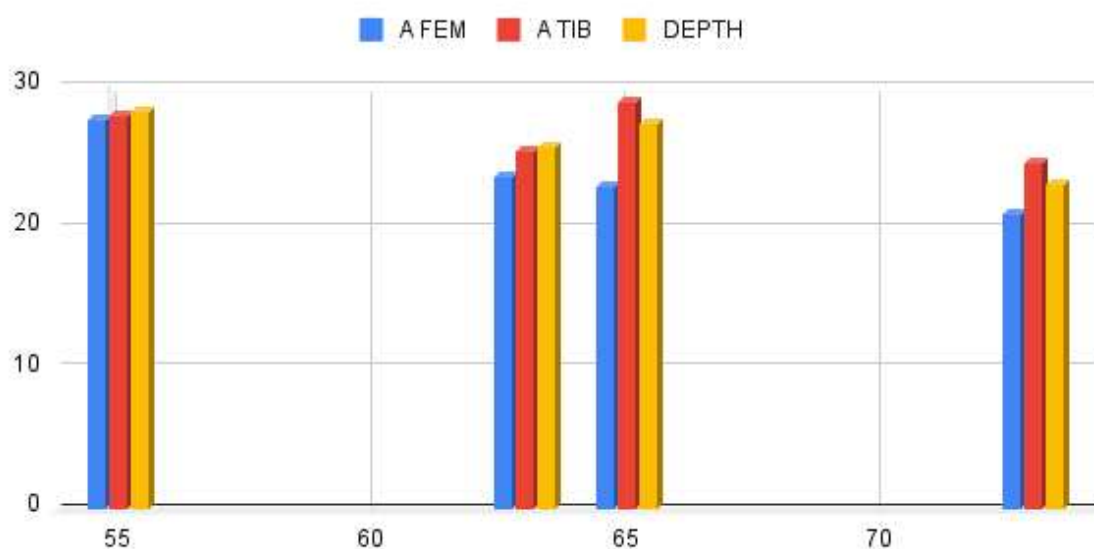


Figura 49) Grafico a istogramma rappresentante le lunghezze (in mm) dell'arco femorale (blu), dell'arco tibiale (rosso) e della profondità (giallo) dell'IFP dei pazienti osteoartritici rispetto alla loro età anagrafica

Arco Femorale, Arco Tibiale e Profondità rispetto a BMI

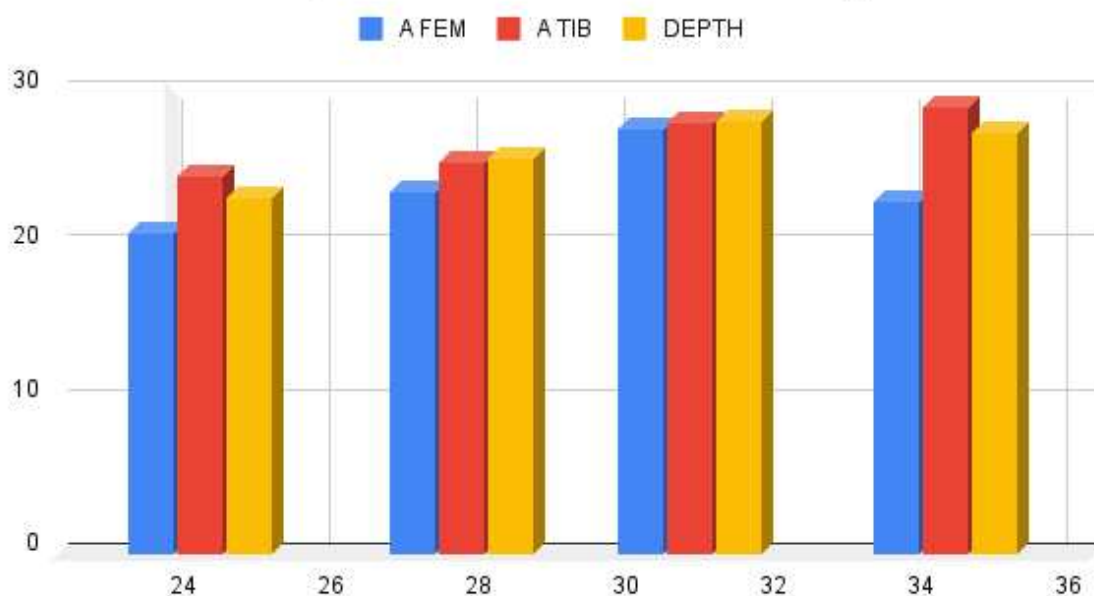


Figura 50) Grafico a istogramma rappresentante le lunghezze (in mm) dell'arco femorale (blu), dell'arco tibiale (rosso) e della profondità (giallo) dell'IFP dei pazienti osteoartritici rispetto al loro indice di massa corporeo (BMI)

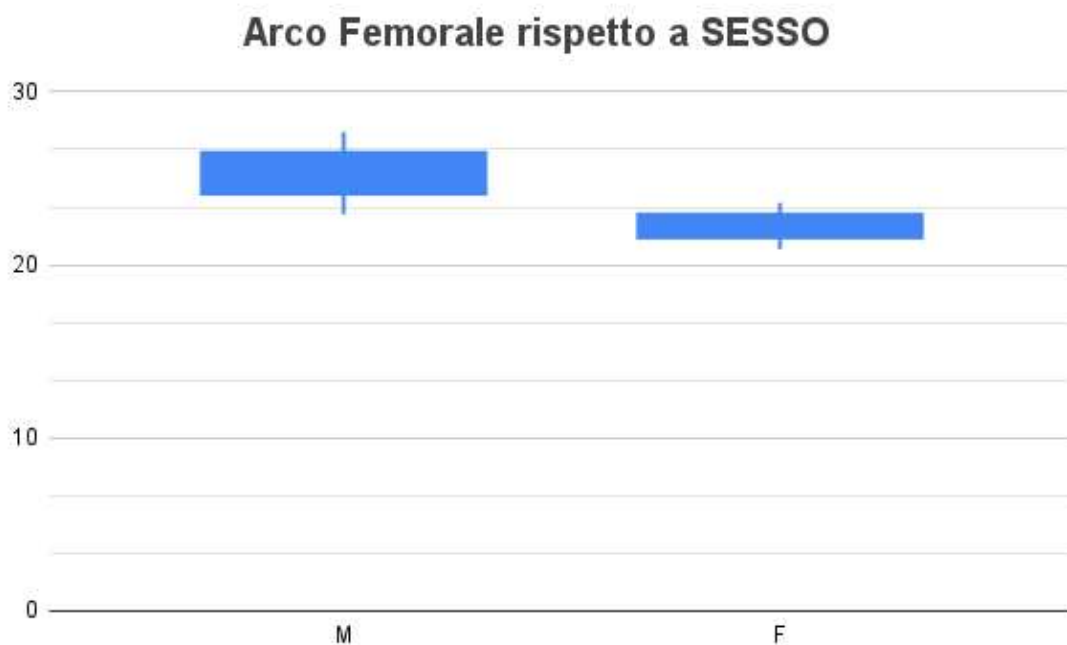


Figura 51) Box plot rappresentante le lunghezze dell'arco femorale (in mm) dell'IFP dei pazienti osteoartritici rispetto al sesso anagrafico. La sigla "M" è usata per rappresentare il sesso maschile e "F" per rappresentare il sesso femminile.

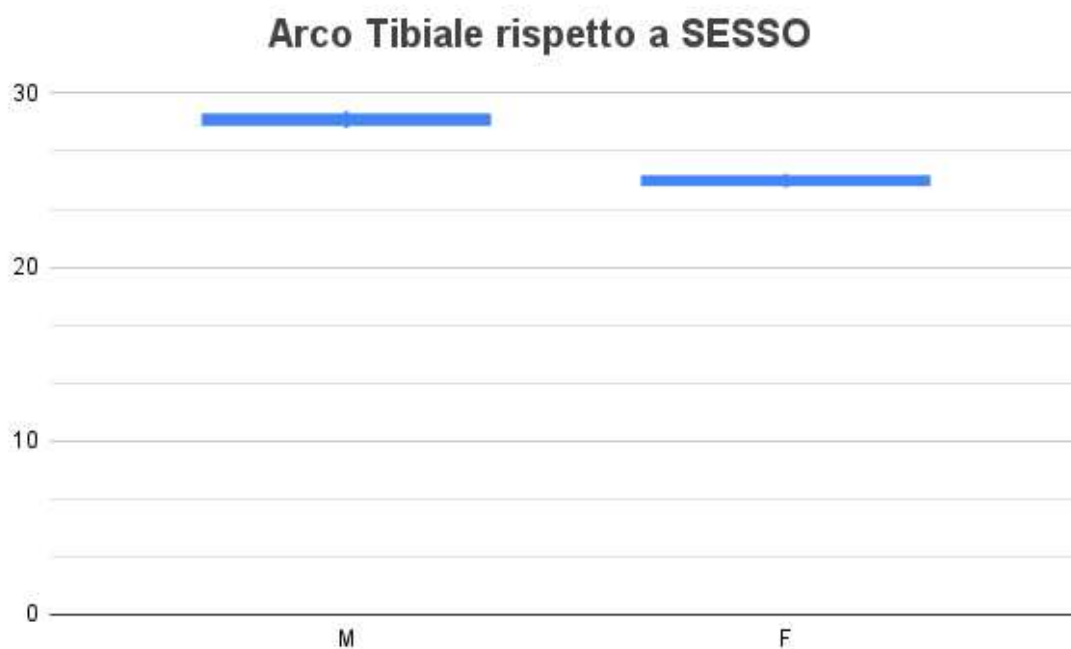


Figura 52) Box plot rappresentante le lunghezze dell'arco tibiale (in mm) dell'IFP dei pazienti osteoartritici rispetto al sesso anagrafico. La sigla "M" è usata per rappresentare il sesso maschile e "F" per rappresentare il sesso femminile.

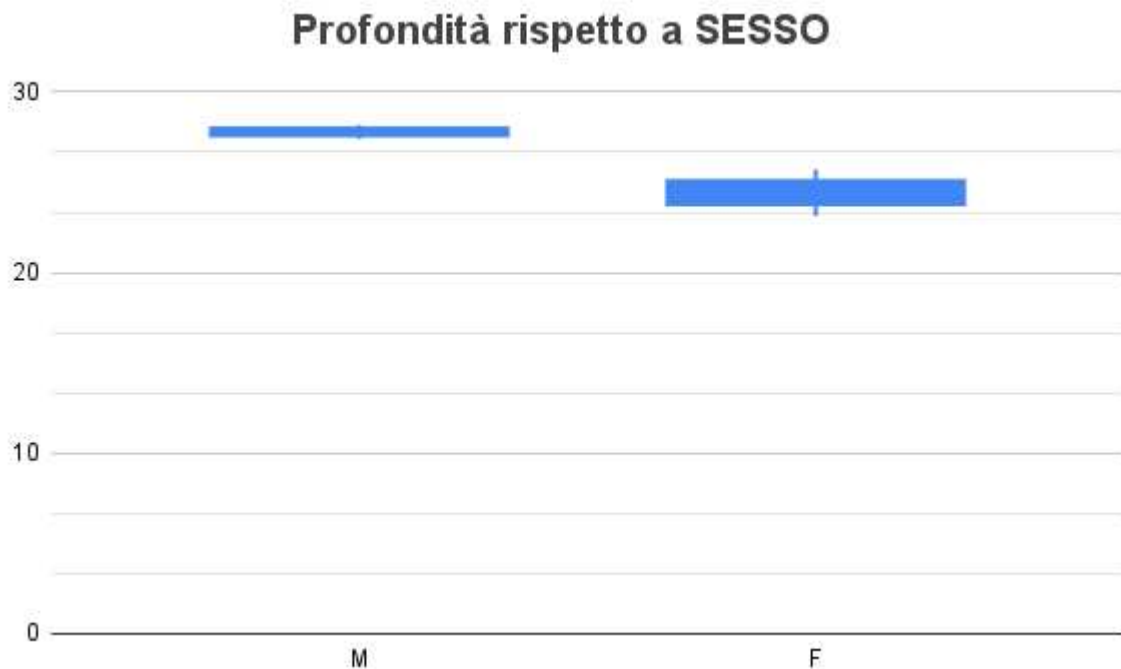


Figura 53) Box plot rappresentante la lunghezza della profondità (in mm) dell'IFP dei pazienti osteoartritici rispetto al sesso anagrafico. La sigla "M" è usata per rappresentare il sesso maschile e "F" per rappresentare il sesso femminile.

3.2.4 Risultati PL e relazione con età, BMI e sesso

Per quanto riguarda il volume e la superficie del tendine rotuleo risultano essere rispettivamente $5501,21 \pm 112,34 \text{ mm}^3$ e $2842,28 \pm 44,63 \text{ mm}^2$ nei pazienti maschi (con BMI medio pari a 32,59, obesità grado 1) e $4408,08 \pm 767,31 \text{ mm}^3$ e $2394,39 \pm 13,79 \text{ mm}^2$ nei pazienti femmine (con BMI medio pari a 25,99, normopeso). Per quanto riguarda invece le lunghezze longitudinale, dell'arco e la profondità sono rispettivamente $47,67 \pm 0,76 \text{ mm}$, $29,21 \pm 1,805 \text{ mm}$, $4,056 \pm 0,137 \text{ mm}$ nei maschi, e $46,205 \pm 1,715 \text{ mm}$, $24,48 \pm 2,42 \text{ mm}$, $3,66 \pm 0,267 \text{ mm}$ nelle femmine (Fig 54).

Dai risultati, si evince che l'età e il BMI hanno un ruolo significativo per i parametri del legamento patellare. Sebbene la lunghezza d'arco fornisca risultati contraddittori, l'età anagrafica ha una correlazione negativa per la profondità ed il BMI una correlazione positiva

per gli altri parametri, ossia volume, superficie e lunghezza longitudinale. Inoltre, i parametri risultano significativamente maggiori nei pazienti maschili.

CODICE	SESSO	BMI [kg/m ²]	ETÀ	V [mm ³]	S [mm ²]	LENGTH [mm]	DEPTH [mm]	ARC [mm]
SLB06011948	F	24,22	73	3640,77	2380,60	44,49	3,393	22,06
MGB14051958	F	27,75	63	5175,39	2408,17	47,92	3,927	26,90
BMA25111965	M	30,86	55	5613,54	2886,91	48,43	4,192	31,17
SGA26061955	M	34,32	65	5388,87	2797,65	46,91	3,919	27,24

Fig 54) Tabella dei pazienti osteoartritici con i rispettivi dati anagrafici, volume, superficie, lunghezza longitudinale e dell'arco e profondità del PL

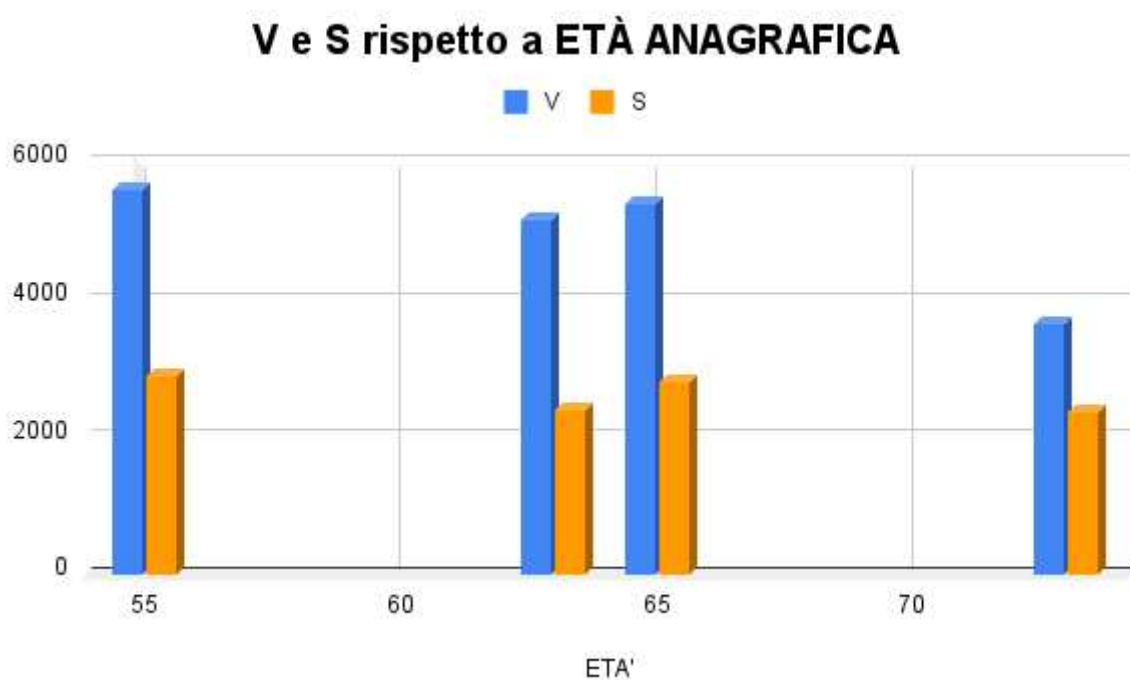


Figura 55) Grafico a istogramma rappresentante il volume (in mm³; blu) e la superficie (in mm²; arancione) del PL dei pazienti osteoartritici rispetto alla loro età anagrafica

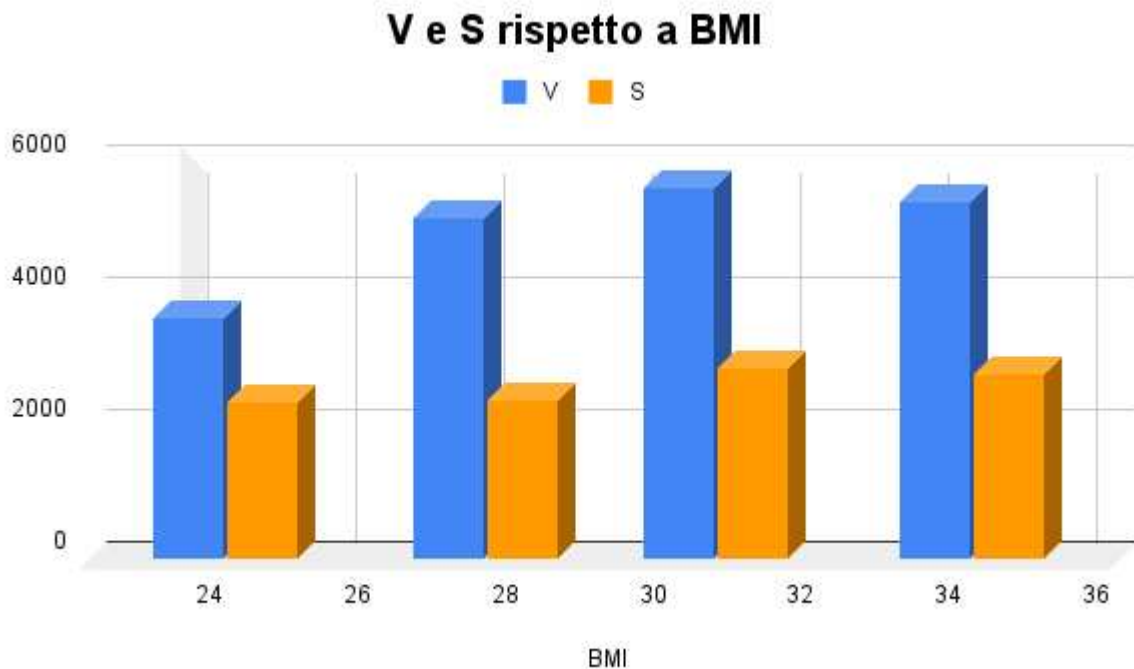


Figura 56) Grafico a istogramma rappresentante il volume (in mm³; blu) e la superficie (in mm²; arancione) del PL dei pazienti osteoartritici rispetto al loro indice di massa corporea (BMI)

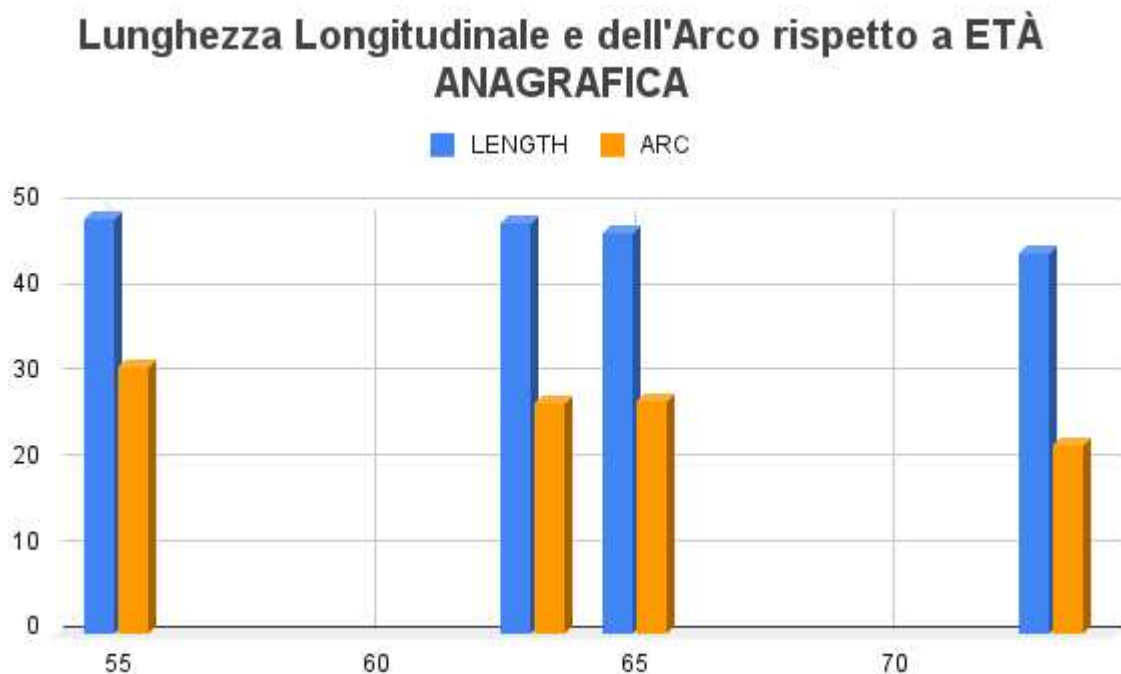


Figura 57) Grafico a istogramma rappresentante la lunghezza longitudinale (in mm; blu) e la lunghezza dell'arco (in mm; arancione) del PL dei pazienti osteoartritici rispetto alla loro età anagrafica

Lunghezza Longitudinale e dell'Arco rispetto a BMI

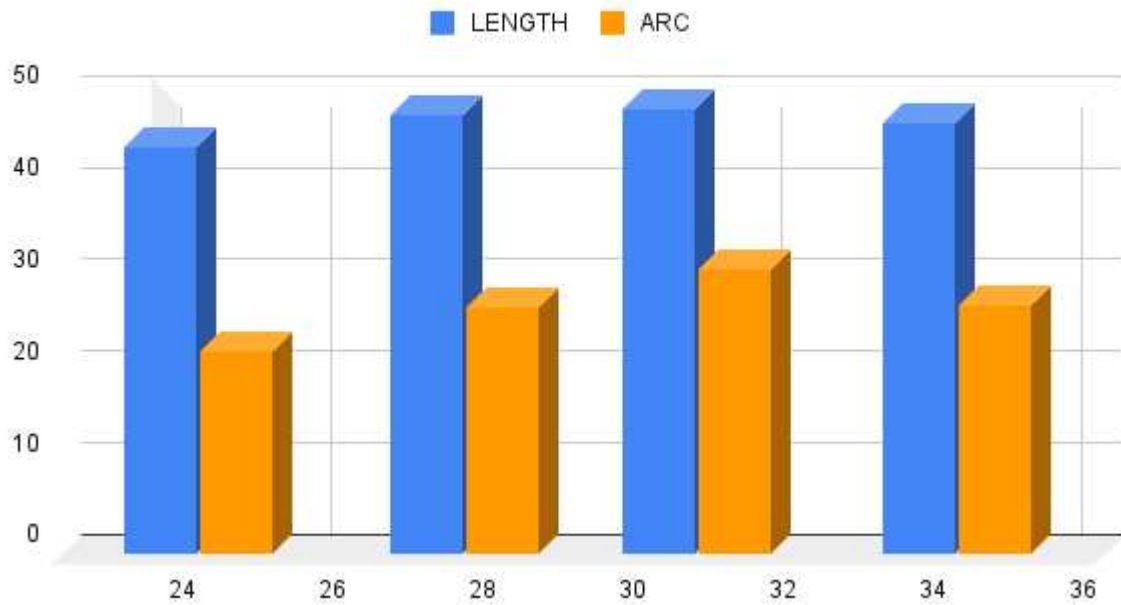


Figura 58) Grafico a istogramma rappresentante la lunghezza longitudinale (in mm; blu) e la lunghezza dell'arco (in mm; arancione) del PL dei pazienti osteoartritici rispetto al loro indice di massa corporeo (BMI)

Profondità rispetto a ETÀ ANAGRAFICA

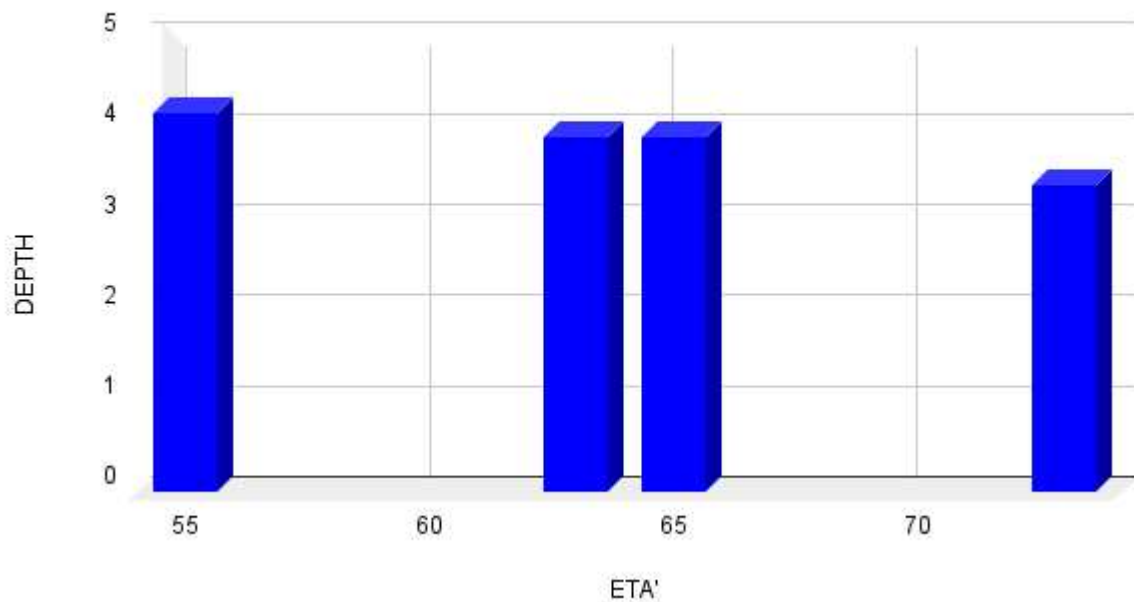


Figura 59) Grafico a istogramma rappresentante la lunghezza della profondità (in mm) del PL dei pazienti osteoartritici rispetto alla loro età anagrafica

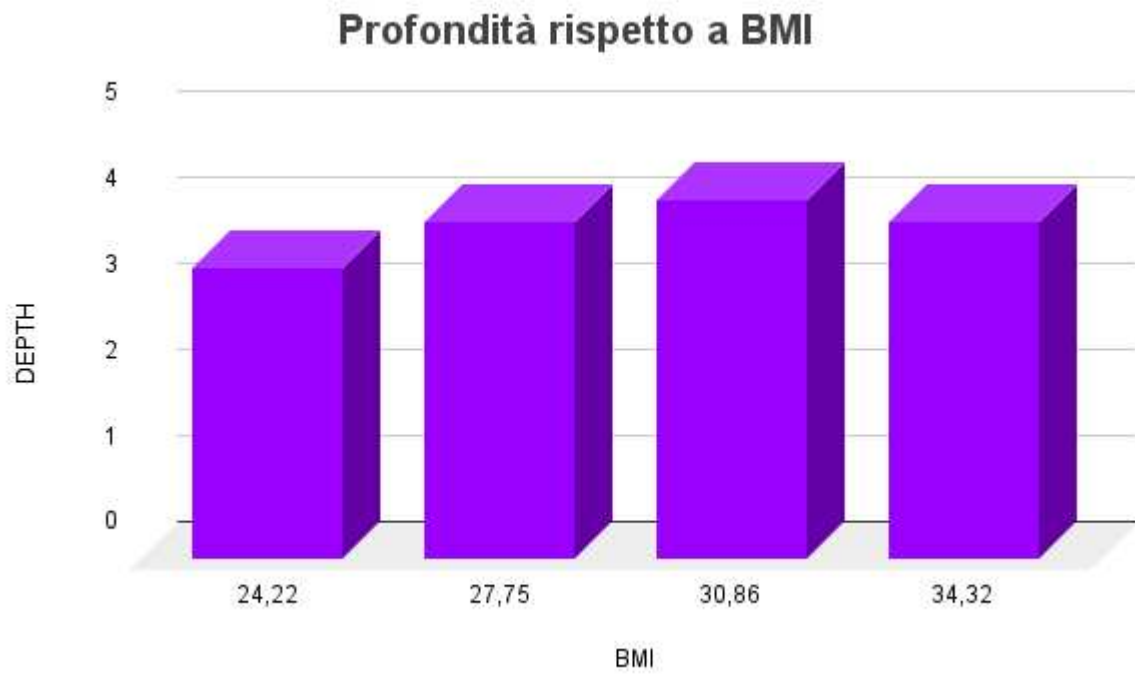


Figura 60) Grafico a istogramma rappresentante la lunghezza della profondità (in mm) del PL dei pazienti osteoartritici rispetto al loro indice di massa corporeo (BMI)

3.3 Conclusioni

Nel calcolo delle distanze vi sono errori quali l'errore umano, l'errore sistematico di 3D Slicer (pari a $\pm 0.01\mu\text{m}$, quindi trascurabile) e l'errore dovuto alle diverse conformazioni anatomiche del ginocchio dei pazienti diverse l'uno dall'altro. Inoltre, non si conosce l'inclinazione della gamba rispetto alla coscia al momento della risonanza, che potrebbe portare a variazioni nelle misure.

Le risonanze magnetiche T1 si sono rivelate adatte per visualizzare l'anatomia dettagliata del ginocchio, come le ossa, i legamenti e i tendini, mentre le immagini T2 sono più sensibili alle lesioni dei tessuti molli, come i danni ai legamenti, ai tendini, alle cartilagini e ai menischi. Ne segue, dunque, che nello studio sono state impiegate principalmente le immagini T1w, in quanto adatte per rappresentare legamenti e grassi come i tessuti adiposi.

In conclusione, il tessuto adiposo infrapatellare di Hoffa (IFP) risulta essere, quindi, quello più coinvolto nell'OA, probabilmente a causa della peculiare localizzazione e della diversa funzione. Nel gruppo dei pazienti osteoartritici analizzati, il genere ha influenzato tutte le misurazioni. Nel caso dei legamenti crociati, c'è una correlazione negativa tra il PCL e l'età. L'SFP e l'IFP presentano una correlazione positiva con l'indice di massa corporea. Infine, per il PL, lo studio mostra una dipendenza sia dall'età (correlazione negativa) che dal BMI (correlazione positiva).

Bibliografia

1. Volker, Joseph H. "*Femur – Earth's Lab - Anatomy.*" *Earth's Lab.*
<https://www.earthslab.com/anatomy/femur/>.
2. Vasković, Jana. "*Tibia: Anatomy and clinical notes.*" *Kenhub.*
<https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/tibia>.
3. Volker, Joseph H. "*Tibia (Shinbone) – Earth's Lab - Anatomy.*" *Earth's Lab.*
<https://www.earthslab.com/anatomy/tibia-synonym-shinbone/>
4. Volker, Joseph H. "*Fibula – Earth's Lab - Anatomy.*" *Earth's Lab.*
<https://www.earthslab.com/anatomy/fibula/>.
5. Shahid, Shahab. "*Patella: Anatomy, function and clinical aspects.*" *Kenhub.*
<https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/patella>.
6. Volker, Joseph H. "*Patella (Knee Cap) – Earth's Lab - Anatomy.*" *Earth's Lab.*
<https://www.earthslab.com/anatomy/patella-knee-cap/>.
7. Volker, Joseph H. "*Knee Joint – Earth's Lab - Anatomy.*" *Earth's Lab.*
<https://www.earthslab.com/anatomy/knee-joint/>.
8. Sendić, Gordana. "*Knee joint: anatomy, ligaments and movements.*" *Kenhub.*
<https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/the-knee-joint>.
9. Volker, Joseph H. "*Medial Meniscus – Earth's Lab.*" *Earth's Lab.*
<https://www.earthslab.com/anatomy/medial-meniscus/>.
10. Volker, Joseph H. "*Medial Collateral Ligament – Earth's Lab.*" *Earth's Lab.*
<https://www.earthslab.com/anatomy/medial-collateral-ligament/>.
11. Belluzzi, E.; El Hadi, H.; Granzotto, M.; Rossato, M.; Ramonda, R.; Macchi, V.; De Caro, R.; Vettor R.; Favero; *Systemic and Local Adipose Tissue in Knee Osteoarthritis*; 2017; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27925193/>.

12. Macchi, V.; Stocco, E.; Stecco, C.; Belluzzi, E.; Favero, M.; Porzionato, A.; De Caro, R.; *The infrapatellar fat pad and the synovial membrane: An anatomico-functional unit*; 2018; <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1111/joa.12820>.
13. F. Draghi; G. Ferrozzi; L. Urciuoli; C. Bortolotto; S. Bianchi; *Hoffa's fat pad abnormalities, knee pain and magnetic resonance imaging in daily practice*; 2016; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4877349/>.
14. Kocak, Mehmet. "*Imaging a risonanza magnetica, Argomenti speciali, Manuali MSD*" <https://www.msmanuals.com/it-it/professionale/argomenti-speciali/principi-di-imaging-radiologico/imaging-a-risonanza-magnetica>.
15. Wohlfeiler, Michael B. 2023. "*Knee joint | Radiology Reference Article.*" *Radiopaedia*. <https://radiopaedia.org/articles/knee-joint-1>.
16. Heard, Zoe. 2019. *Knee Osteoarthritis - An Overview - Robert Howells*. <http://roberthowells.com.au/conditions-and-treatment/knee-osteoarthritis-overview/>.
17. Fanzone, Giuseppe. 2013. "*Classificazione di Kellgren Lawrence.*" <https://www.giuseppefanzone.it/classificazione-di-kellgren-lawrence/>.
18. "*User Interface — 3D Slicer documentation.*" - *3D Slicer documentation*. https://slicer.readthedocs.io/en/latest/user_guide/user_interface.html.
19. "*Markups — 3D Slicer documentation.*" - *3D Slicer documentation*. https://slicer.readthedocs.io/en/5.2/user_guide/modules/markups.html.
20. Laura M Fayad; Elan H Rosenthal; William B Morrison; John A Carrino; *Anterior cruciate ligament volume: analysis of gender differences*; 2008; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18050351/>.
21. C. G: Fontanella; E. Belluzzi; A. Pozzuoli; M. Scioni; E. Olivotto; D. Reale; P. Ruggieri; R. De Caro; R. Ramonda; E. L. Carniel; M. Favero; V. Macchi; *Exploring Anatomico-Morphometric Characteristics of Infrapatellar, Suprapatellar Fat Pad, and*

Knee Ligaments in Osteoarthritis Compared to Post-Traumatic Lesions; 2022;
<https://www.mdpi.com/2227-9059/10/6/1369>.

22. J. Diepold; A. Ruhdorfer; T. Dannhauer; W. Wirth; E. Steidle; F. Eckstein; *Sex-differences of the healthy infra-patellar fat pad in relation to intermuscular and subcutaneous fat content – Data from the Osteoarthritis Initiative*; 2015;
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0940960215000060?via%3Dihub>.
23. Birgit Burda; Eva Steidle-Kloc; Torben Dannhauer; Wolfgang Wirth; Anja Ruhdorfer; Felix Eckstein; *Variance in infrapatellar fat pad volume: Does the body mass index matter?-Data from osteoarthritis initiative participants without symptoms or signs of knee disease*; 2017; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28552637/>.
24. Kunal Kulkarni; Timothy Karssiens; Vijay Kumar; Hemant Pandit; *Obesity and osteoarthritis*; 2016; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27180156/>.