

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Anatomi Hip Joint

Hip Joint (Sendi Coxae) membentuk hubungan antara ekstremitas bawah dan pelvis. Sendi ini merupakan sendi yang kuat, stabil dan termasuk jenis sendi synovial bertipe Spheroidale/ *Ball and Socket Joint* (Perhatikan tabel 1 dibawah) . Sendi coxae didesain untuk menciptakan stabilitas dalam ruang gerak yang lebar. Sendi ini merupakan sendi yang paling bebas bergerak setelah sendi bahu (*Shoulder Joint*). Saat berdiri, seluruh berat dari tubuh bagian atas ditransmisikan tulang coxae menuju caput dan collum femur. Sendi coxae merupakan sendi yang paling stabil pada manusia, oleh karena permukaan persendiannya yang dalam, kapsula beserta ligamen yang kuat serta otot-otot disekitar sendi yang lebih memperkuatnya.⁶

Type	Structure	Movements	Example
Fibrous Joints	Skeletal elements joined by fibrous connective tissue		
1. Suture	Edges of articulating bones frequently jagged; separated by thin layer of fibrous tissue	None	Sutures between bones of the skull
2. Syndesmoses	Articulating bones bound by interosseous ligament	Slightly movable	Joints between tibia-fibula and radius-ulna
3. Gomphoses	Teeth bound into dental alveoli of bone by periodontal ligament	Slightly movable	Dentoalveolar joints (teeth secured in dental alveoli)
Cartilaginous Joints	Skeletal elements joined by fibrocartilage or hyaline cartilage		
1. Symphyses	Articulating bones separated by pad of fibrocartilage	Slightly movable	Intervertebral joints; symphysis pubis
2. Synchondroses	Mitotically active hyaline cartilage located between skeletal elements	None	Epiphyseal plates within long bones; costal cartilages of rib cage
Synovial Joints	Joint capsule containing synovial membrane and synovial fluid		
1. Gliding	Flattened or slightly curved articulating surfaces	Sliding	Intercarpal and intertarsal joints
2. Hinge	Concave surface of one bone articulates with convex surface of another	Bending motion in one plane	Knee; elbow; joints of phalanges
3. Pivot	Conical surface of one bone articulates with depression of another	Rotation about a central axis	Atlantoaxial joint; proximal radioulnar joint
4. Condyloid	Oval condyle of one bone articulates with elliptical cavity of another	Movement in two planes	Radiocarpal joint; metacarpophalangeal joint
5. Saddle	Concave and convex surface on each articulating bone	Wide range of movements	Carpometacarpal joint of thumb
6. <u>Ball-and-socket</u>	Rounded convex surface of one bone articulates with cuplike socket of another	Movement in all planes and rotation	Shoulder and <u>hip joints</u>

Tabel 1. Tipe-tipe persendian, *Hip joint* termasuk Tipe *Ball-Socket joint* .¹²

2.1.1. Artikulasi Dan Tulang Pada *Hip Joint*

Femur Proksimal

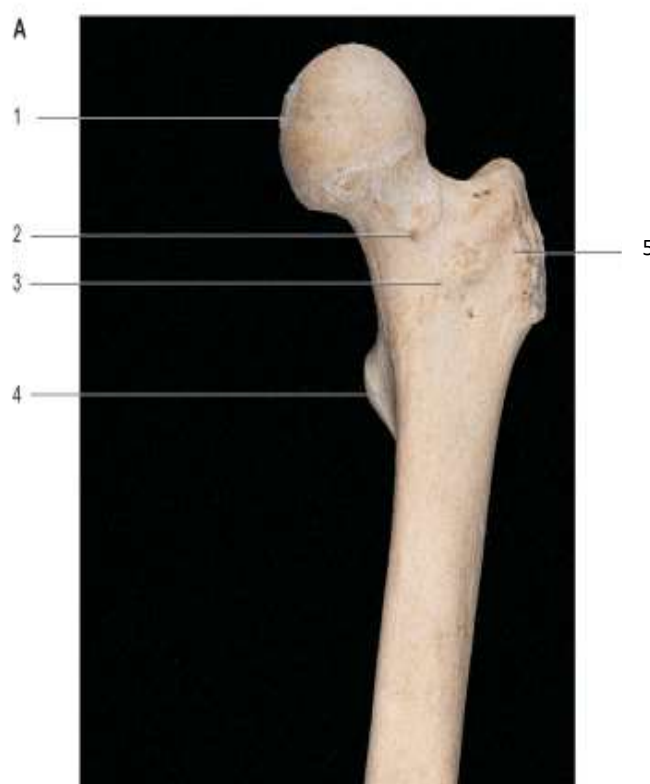
Pada sendi coxae terjadi artikulasi antara caput femur dengan acetabulum dari tulang coxae. Caput femur membentuk sekitar 2/3 dari permukaan *spheris*. Kecuali pada tempat dimana ada perlekatan ligamentum capitis femoris (*fovea capitis femoris*), seluruh caput femur ditutupi oleh tulang rawan artikularis. Tulang rawan artikularis ini paling tebal pada daerah dimana mendapat tekanan berat badan paling besar. Pada acetabulum tulang rawan paling tebal ada pada anterosuperior, sedang pada caput femur paling tebal ada pada anterolateral. Caput femur menghadap anterosuperomedial, pada permukaan paskaeroinferiornya terdapat *fovea*. Permukaan anterior caput femur dibatasi anteromedial terhadap arteri femoralis oleh tendo dari M.Psoas mayor, Bursa psoas dan Kapsula artikularis.⁶

Collum femur paling sempit pada bagian tengahnya dan bagian paling lebar adalah pada bagian lateral. Collum menghubungkan *caput* terhadap *corpus femur* dengan sudut inklinasi (*neck-shaft angle*) kurang lebih 125° , hal ini memfasilitasi pergerakan pada sendi coxae dimana tungkai dapat mengayun secara bebas terhadap pelvis. Sudut inklinasi paling lebar pada masa paska kelahiran ($20-25^{\circ}$ lebih besar¹⁰) dan terus menurun sampai masa remaja serta sudut ini akan lebih kecil pada wanita. Sudut ini sangat penting karena menentukan efektivitas abductor sendi coxae, panjang tungkai dan gaya yang mengenai sendi coxae. Sudut inklinasi $>125^{\circ}$ disebut sebagai *coxa valga*. Peningkatan ini menyebabkan tungkai lebih panjang, menurunkan efektivitas otot abductor, meningkatkan beban pada caput femur dan menurunkan beban pada collum femur. Pada *coxa vara* dimana sudut inklinasi $<120^{\circ}$ menyebabkan tungkai memendek, meningkatkan efektivitas abductor, menurunkan beban pada caput femur namun meningkatkan beban pada collum femur.^{3,9}

Collum femur berada pada posisi rotasi lateral terhadap corpus femur. Sudut yang terjadi disebut sebagai *sudut anteversi*, besar sudut ini adalah $10-15^{\circ}$, walaupun disebutkan sangat bervariasi antar individu dan populasi. Perlekatan collum terhadap corpus pada aspek anterior ditandai oleh *linea intertrochanetrica* sedang pada aspek paskaerior oleh crista intertrochanterica. Terdapat banyak *foramina vascular* pada collum femur terutama pada aspek anterior dan paskaerosuperior.^{8,9}

Anteversi pada coxa meningkatkan efektivitas M. Gluteus maximus sebagai eksternal rotator. Sebaliknya terdapat penurunan efisiensi M. Gluteus medius dan M. Vastus medial yang menyebabkan hilangnya control gerakan pada bidang frontal dan transversal. Terjadinya *over-anteversi* pada sendi coxae (sudut $>14^{\circ}$), caput femur tidak tertutup dan

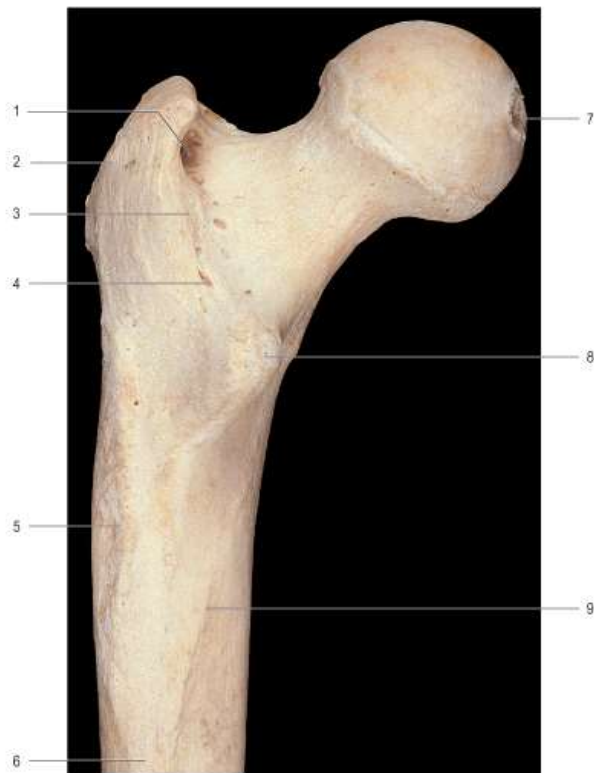
seseorang harus melakukan paskaur internal rotasi untuk mempertahankan caput femur pada acetabulum. Perubahan ekstremitas bawah akibat anteversi berlebihan antara lain meningkatnya Q -angle, pronasi lebih besar pada sendi subtalar dan peningkatan kurvatura lumbal. Selain itu juga berhubungan dengan gaya kontak yang lebih besar serta tekanan sendi patellafemoral yang lebih besar. Jika sudut anteversi geser kearah paskaerior (*retroversi*). *Retroversi* menyebabkan paskaur rotasi eksternal, supinasi kaki dan penurunan Q -angle.⁸



Gambar. 1. Anatomi femur proksimal tampak anterior⁹

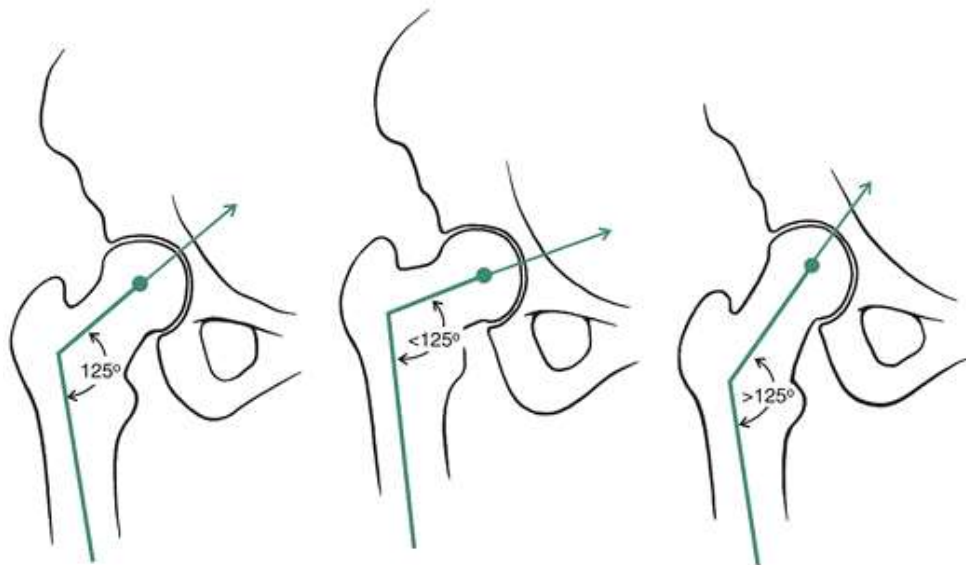
Keterangan:

- 1.Caput Femur, 2.Collum Femur, 3.Linea Intertrochanterica
4.Trochanter minor, 5.Trochanter mayor

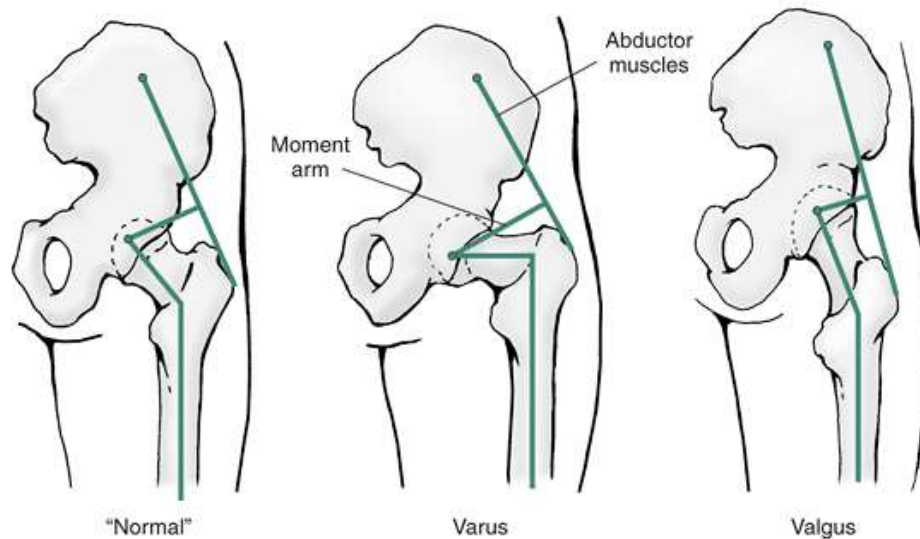

Keterangan:

1. Fossa trochanterica
2. Trochanter mayor
3. Tuberculum quadratum
4. Crista intertrochanterica
5. Tuberositas glutea
6. Linea aspera
7. Fovea capitis femoris
8. Trochanter minor
9. Linea spiralis

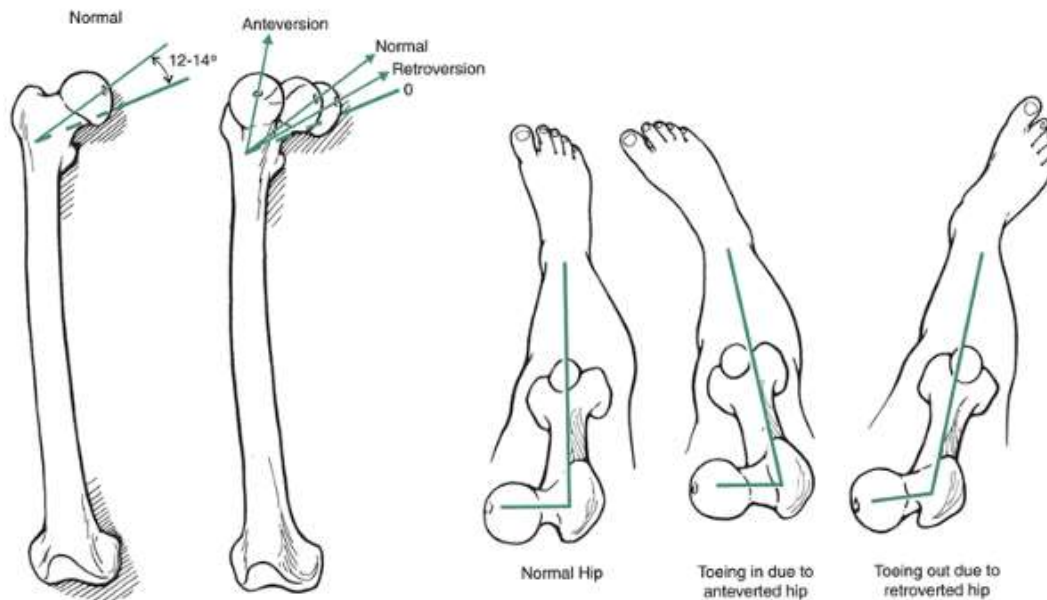
Gambar. 2. Anatomi femur proksimal tampak anterior.⁹



Gambar.3 Sudut inklinasi collum femur kurang lebih 125°. Jika sudut <125° disebut *coxa vara*, sedang jika >125° disebut *coxa valga*.⁸



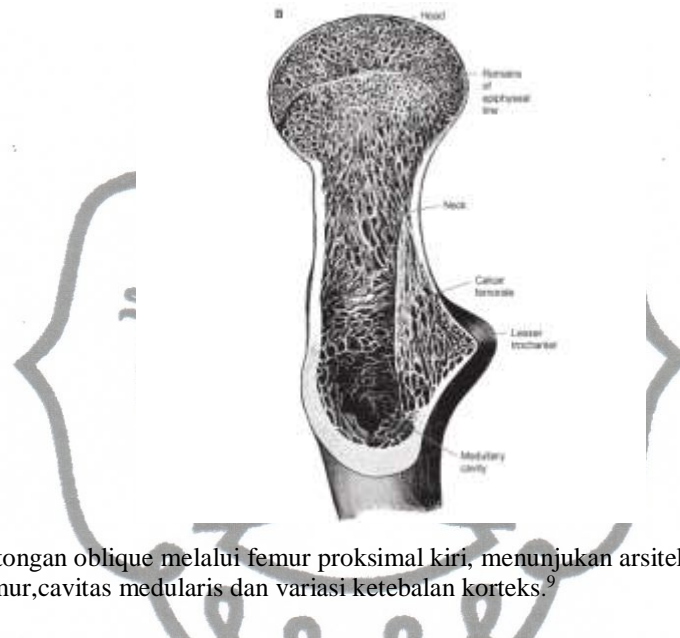
Gambar. 4. Sudut inklinasi collum femur mempengaruhi beban pada collum femur dan efektivitas otot abductor coxa. Pada *coxa vara* ekstremitas lebih pendek dan otot abductor lebih efektif karena *moment arm* yang lebih panjang, beban lebih sedikit terjadi pada caput femur dan beban lebih berat terjadi pada collum femur. *Coxa valga* memperpanjang ekstremitas, menurunkan efektivitas abductor karena *moment arm* yang lebih pendek, meningkatkan beban pada caput femur dan menurunkan beban pada collum femur.⁸



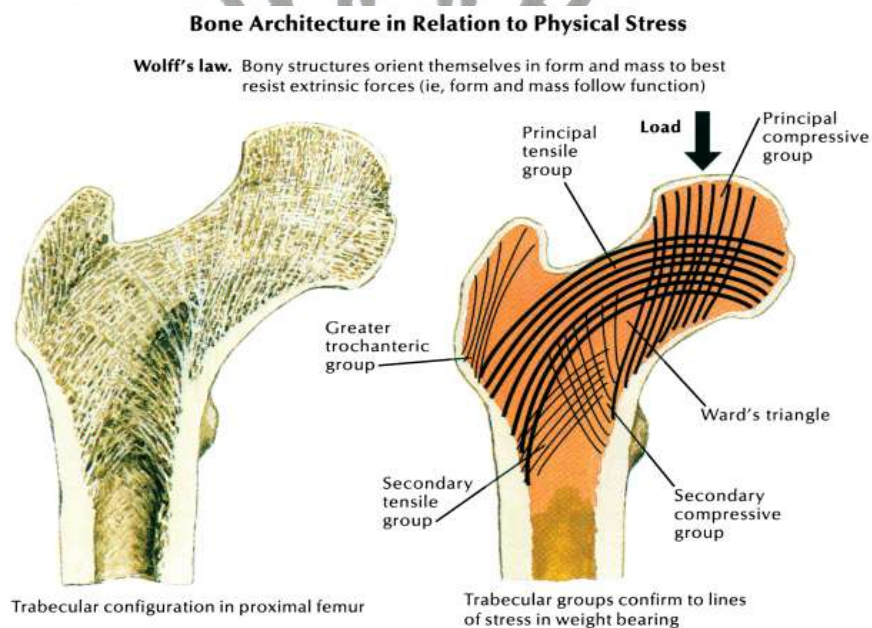
Gambar.5. Sudut dari collum femur pada bidang frontal disebut sudut anteversi. Normalnya 12-14°. Apabila sudut lebih besar dari normal terjadi *toe-in position*. Jika sudut kurang dari normal disebut retroversi dan terjadi *toeing-out*.⁸

Sistem trabekula internal pada caput dan collum femur telah banyak dijelaskan. Orientasi trabekula terjadi sepanjang jalur tekanan (*stress*) dan garis yang lebih tebal datang

dari *calcar femur* dan naik menuju area *wight bearing* dari caput femur. Trabekula yang lebih sedikit terdapat mulai dari daerah inferior dari fovea melewati caput dan bagian superior dari collum menuju trochanter dan korteks lateral. *Calcar femur* adalah struktur berupa *plat* tulang padat yang berjalan mulai dari bagian paskaeromedial collum dibawah trochanter minor dan menyebar kearah lateral menuju trochanter mayor memperkuat collum femur pada daerah paskaeroinferior. *Calcar femur* lebih tebal pada daerah medial dan menipis pada daerah lateral.



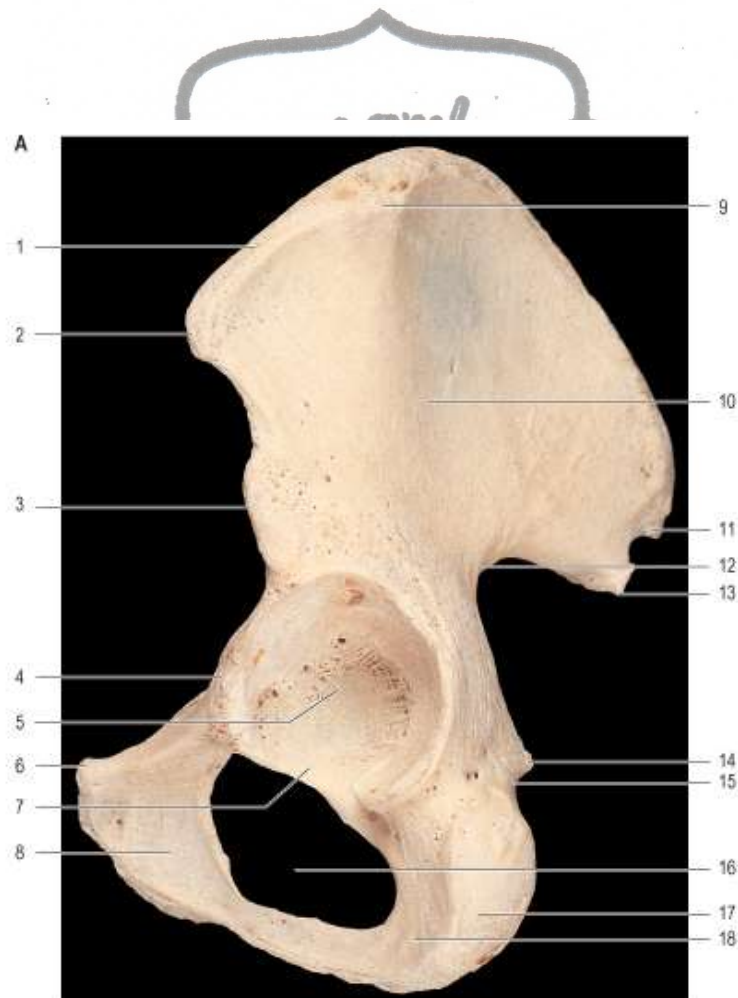
Gambar.6. Potongan oblique melalui femur proksimal kiri, menunjukan arsitektur trabekula, calcar femur, cavitas medularis dan variasi ketebalan korteks.⁹



Gambar.7. Arsitektur trabekula femur proksimal.¹⁰

Acetabulum

Acetabulum dibentuk oleh persatuan dari 3 buah tulang, yaitu: *Os.Illium*, *Os.Ischium* dan *Os.Pubis*. Facies lunata acetabulum ditutupi oleh tulang rawan artikularis. Facies lunata dan limbus acetabuli membentuk kurang lebih $\frac{3}{4}$ lingkaran dan sisanya adalah sebuah celah yang disebut incisura acetabuli. Labrum acetabuli yang merupakan jaringan fibrotulang rawan yang melekat pada limbus acetabuli menambah area articular acetabulum sebanyak sekitar 10%. Ligamentum transversum acetabuli (merupakan lanjutan labrum acetabuli) menjembatani *incisura acetabuli*. Hasilnya lebih dari setengah caput femur masuk dalam acetabulum.^{6,7}

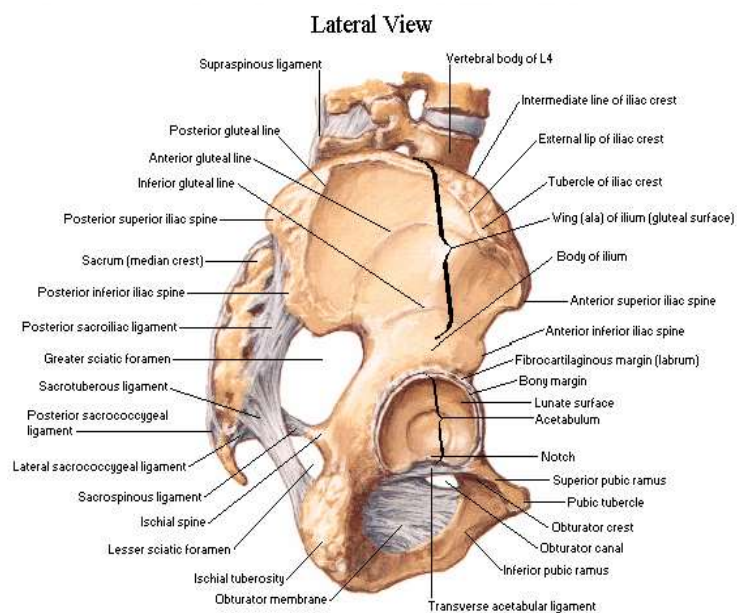


Gambar 8. Tulang Coxae (*Innominata*) aspek eksternal⁹

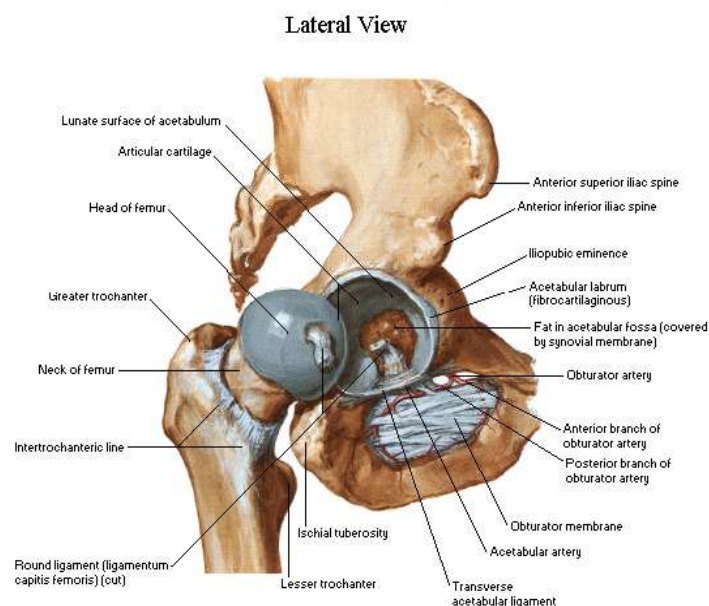
Keterangan:

- 1.Crista iliaca, 2.Spina iliaca anterior superior, 3.Spina iliaca anterior inferior, 4.Eminensia iliopectinea, 5.Acetabulum, 6.Tuberculum pubicum, 7.Incisura acetabuli, 8.Pubis, 9.Tuber crista iliaca, 10.ilium, 11.Spina iliaca paskaerior superior, 12.Incisura ischiadica mayor, 13.Spina iliaca paskaerior inferior, 14.Spina ischiadica, 15.Incisura ischiadica minor, 16. Foramen Obturatorium 17.Tuber ischiadicum, 18.Ischium

Pada bagian tengah acetabulum terdapat fossa acetabuli yang tidak berartikulasi dengan caput femur dan sebagian besar dibentuk oleh Os.Ischium. dasar fossa ini tipis dan terkadang translusen. Acetabulum dan caput femur berada paling kongruen pada saat sendi coxae fleksi 90°, abduksi 5°, dan rotasi eksternal 10°. Posisi ini adalah posisi dimana aksis caput dan collum femur berada segaris (*align*) dengan aksis acetabulum.⁶



Gambar 9. Tulang coxae tampak eksternal, tampak bagian-bagian acetabulum, tampak pula labrum acetabuli.¹⁰



Gambar 10. Sendi coxae dimana caput femur dilepaskan dari acetabulum, tampak perlekatan ligamentum capitis femoris.¹⁰

2.1.2. Kapsula Dan Ligamen Pada Hip Joint^{6,9}

Kapsula sendi pada sendi coxae merupakan kapsula yang kuat, tersusun atas lapisan jaringan fibrosa. Pada daerah proksimal lapisan fibrosa melekat pada acetabulum perifer dari perlekatan *labrum acetabuli* dan *ligamentum transversum acetabuli*. Pada daerah distal melekat pada *linea intertrochanterica* pada daerah anterior dan pada daerah paskaerior kapsula melewati collum femur proksimal dari *krista intertrochanterica* namun tidak melekat. Kebanyakan lapisan fibrosa kapsul berjalan spiral namun beberapa serabut dalam (*profunda*) berjalan sirkular disekitar collum membentuk *Zona orbicularis*. Terdapat juga serabut longitudinal yang disertai penebalan kapsula spiral yang disebut sebagai *ligamen*. Lapisan fibrosa kapsula menambah stabilitas sendi coxae namun menghambat ekstensi sendi sebesar 10-20%. Terdapat 3 ligamentum intrinsik dari kapsula sendi yaitu:

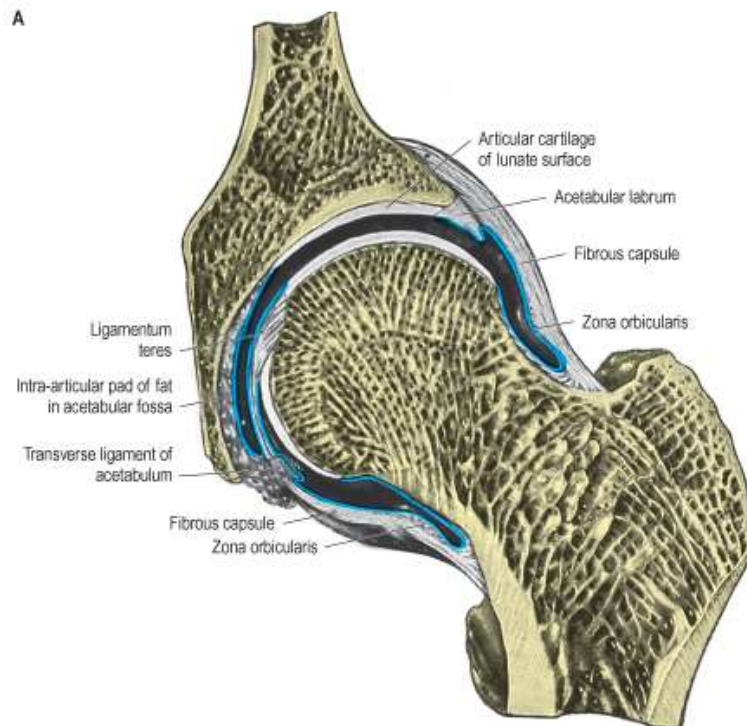
- *Ligamentum Iliofemoral (Bigelow)*: Ligamen ini terletak antero-superior berbentuk huruf Y yang melekat proksimal pada spina iliaca anterior inferior dan limbus acetabuli serta pada daerah distal melekat pada linea intertrochanterica. Ligamen ini dikatakan sebagai ligamen yang paling kuat yang secara spesifik mencegah hiperekstensi sendi coxae saat berdiri.
- *Ligamentum Pubofemoral*: Ligamen ini terletak antero-inferior yang melekat dari crista obturatoria pubis dan berjalan ke arah inferior-lateral bergabung dengan kapsula sendi. Ligamen ini bergabung dengan bagian medial ligamentum iliofemoral dan tegang ketika ekstensi dan abduksi sendi coxae. Ligamentum pubofemoral mencegah overabduksi sendi coxae.
- *Ligamentum Ischiofemoral*: Ligamentum ini terletak pada daerah paskaerior yang melekat dari limbus acetabuli bagian ischial berpilin ke arah superolateral menuju collum femur. Disebutkan sebagai bagian ligamen yang paling lemah dibanding dua ligamen sebelumnya.

Ligamen dan otot periartikular (Otot-otot rotator medial dan letaral) berperan penting dalam mempertahankan integritas sendi coxae. Otot dan ligamen menarik caput femur ke arah acetabulum dan bekerja saling melengkapi. Otot rotator medial (terletak didepan) merupakan otot dengan jumlah lebih sedikit, lebih lemah dan memiliki peran mekanis yang kecil, sebaliknya ligamentum yang berada didepan merupakan ligamen yang paling kuat. Selain itu

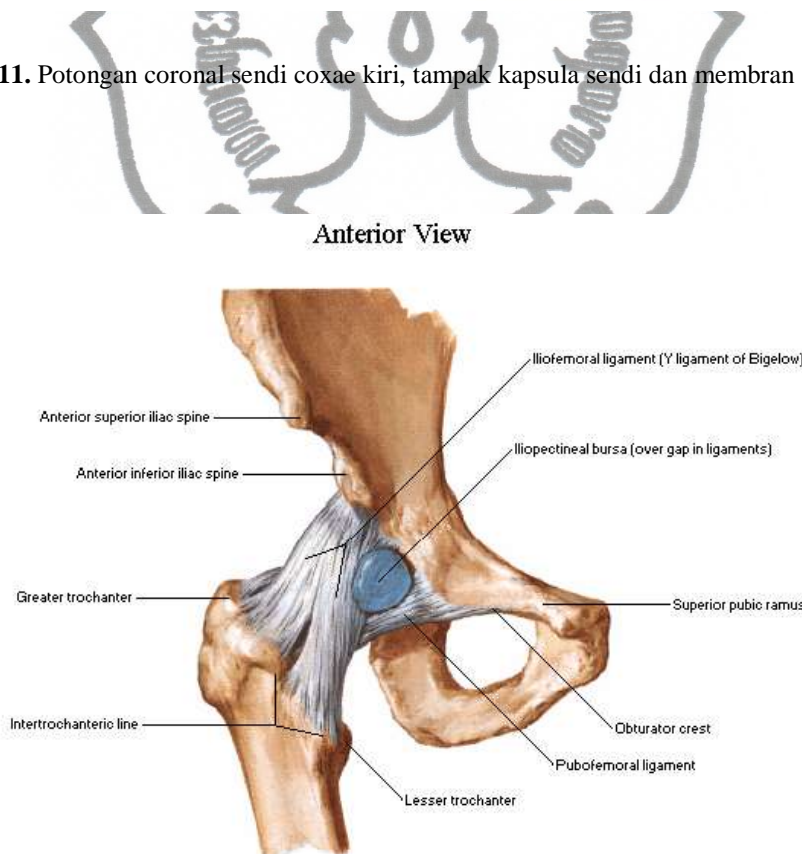
ligamen paskaerior adalah ligamen yang lebih lemah yang dibantu otot rotator lateral yang banyak, kuat dan secara mekanik sangat bermakna.

Pada semua sendi synovial, membran synovial berada pada permukaan dalam kapsul fibrosa termasuk juga permukaan tulang yang berada intrakapsular dan tidak tertutup tulang rawan artikularis. Oleh karena itu, pada sendi coxae dimana kapsula sendi melekat jauh dari caput femur, membran synovial berjalan disepanjang collum femur sampai batas caput femur. Lipatan longitudinal membrane synovial (*retinacula*) terjadi disepanjang membran yang menutupi collum femur. Arteri *retinacula subsynovial* yang berasal dari arteri circumflexa femur medial dan sebagian dari arteri circumflexa femur lateral berjalan pada lipatan membran synovial tersebut.

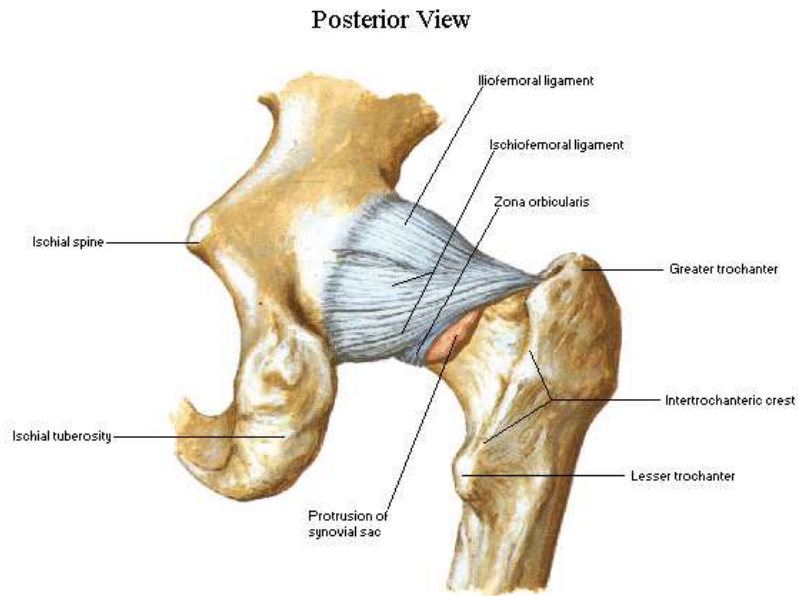
Ligamentum capitis femoris (*ligamentum teres/ round ligamen*) secara primer merupakan lipatan membran synovial menyalurkan pembuluh darah menuju caput femur. Ligamentum ini adalah ligamen yang lemah dan memiliki peran yang kecil pada kekuatan sendi coxae. Ujung lebar ligamen tersebut melekat pada tepi *incisura acetabuli* dan *ligamentum transversum acetabuli*. Ujung sempitnya melekat pada fovea capitis femoris. Terdapat jaringan lemak (*Fat pad*) mengisi tempat pada fossa acetabuli yang tidak tertutup ligamentum capitis femoris. Ligamentum teres berbentuk segitiga pipih. Kadang lapisan synovial hanya berdiri sendiri tanpa inti didalamnya. Ligamen ini tegang saat femur semi fleksi dan adduksi dan relaksasi saat abduksi. Ligamentum capitis femoris dan *Fat pad* tersebut ditutupi oleh membran synovial. *Fat pad* tersebut dapat berubah bentuk sesuai dengan ruang yang tergantung pada kongruensi caput femur dan acetabulum terkait gerakan. *Protrusi synovial* pada daerah bebas dari kapsula paskaerior membentuk bursa bagi tendo M. Obturatorius eksternus. Sendi coxae dapat berhubungan dengan bursa illiac subtendineus (*psoas/iliopectineal bursa*) melalui aperture sirkular antara ligamentum pubofemoralis dan ligamentum iliofemoralis. Bursa yang lebih jauh ada pada perlekatan tendo M. Gluteus medius dan minimus pada trochanter mayor (*trochanteric bursa*) dan antara gluteus maksimus dan vastus lateralis.



Gambar. 11. Potongan coronal sendi coxae kiri, tampak kapsula sendi dan membran synovial.⁹



Gambar 12. Ligamen pada aspek anterior sendi coxae.¹⁰



Gambar. 13. Ligamen pada aspek paskaerior sendi coxae.¹⁰

2.1.3. Vaskularisasi Hip Joint

1. Vaskularisasi Caput Femur^{6,9,11}

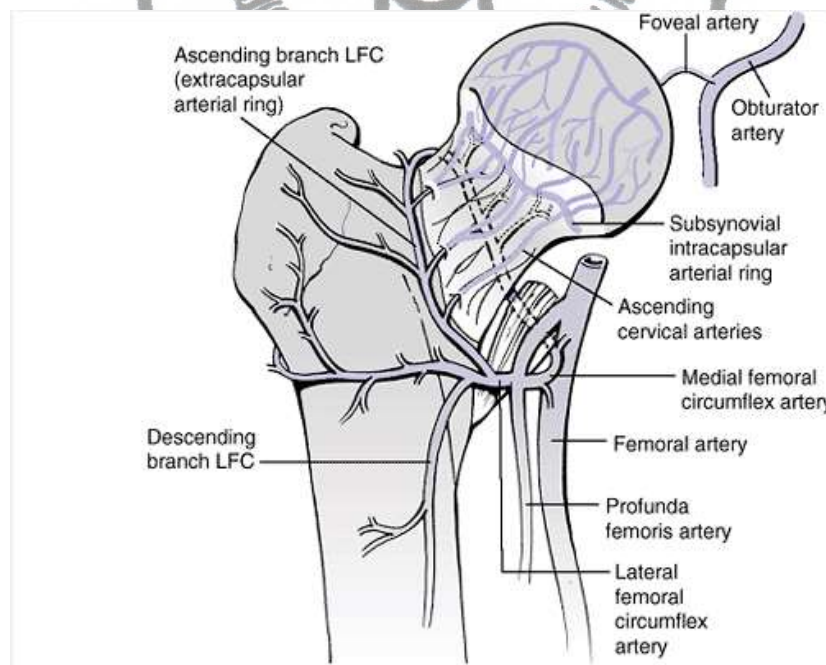
Vaskularisasi terhadap caput femur telah dipelajari secara luas. Arteri yang memvaskularisasi caput femur meliputi:

- Cincin ekstrakapsular yang dibentuk oleh arteri circumflexa femur medial dan arteri circumflexa femur lateral
- Arteri foveolar yang berjalan pada *ligamentum capitis femoris*
- Arteri intraosseus dari *arteri nutricia femur*

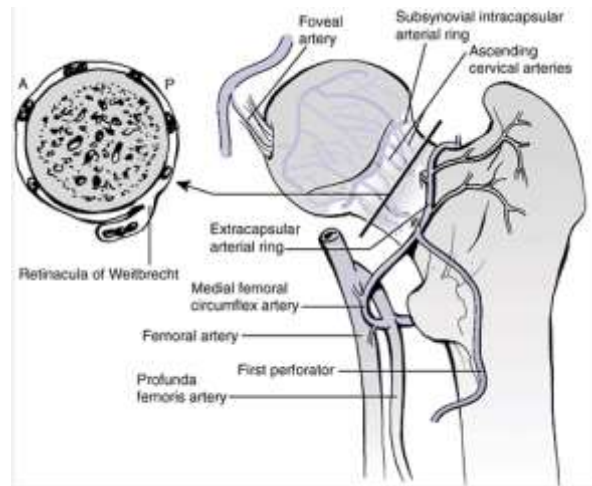
Cincin ekstrakapsular dibentuk pada bagian paskaerior oleh arteri circumflexa medial dan pada bagian anterior oleh arteri circumflexa lateral. *Arteri glutea superior dan inferior* juga disebutkan memiliki sedikit kontribusi pada cincin ini. Cincin ekstrakapsular ini selanjutnya akan memercabangkan cabang arteri cervical ascenden (*ascending cervical branches*). Pada daerah anterior, arteri tersebut menembus kapsula pada sendi coxae pada linea intertrochanterica dan pada daerah paskaerior lewat melalui celah dibawah *zona orbicularis* dari kapsula, karena pada daerah paskaerior ini kapsula tidak melekat pada collum. *Arteri cervical ascenden* berjalan menuju caput femur dibawah membran synovial.

Arteri ini juga dikenal sebagai *arteri retinacula*. Posisinya yang sangat berdekatan dengan tulang memberikan risiko yang sangat besar untuk mengalami cedera pada fraktur collum femur. Arteri cervical ascenden memberikan cabang kecil pada metafisis collum femur.

Vaskularisasi pada metafisis berasal dari cincin ekstrakapsular dan dapat juga berasal dari anastomosis dengan cabang intramedular arteri nutrisi superior, cabang arteri cervical ascenden dan cincin intraarticular subsynovial. Vaskularisasi metafisis yang baik dapat menjelaskan tidak adanya perubahan avaskular pada collum femur, berbeda dengan caput femur yang mudah mengalami perubahan avaskular. Arteri cervical ascenden dibagi menjadi 4 grup (anterior, medial, paskaerior dan lateral) berdasarkan hubungannya dengan collum femur. Dari 4 grup tersebut, grup lateral adalah arteri yang memberikan vaskularisasi paling banyak pada caput femur. Pada daerah perbatasan tulang rawan artikularis caput femur arteri-arteri tersebut membentuk cincin intrakapsular subsynovial.

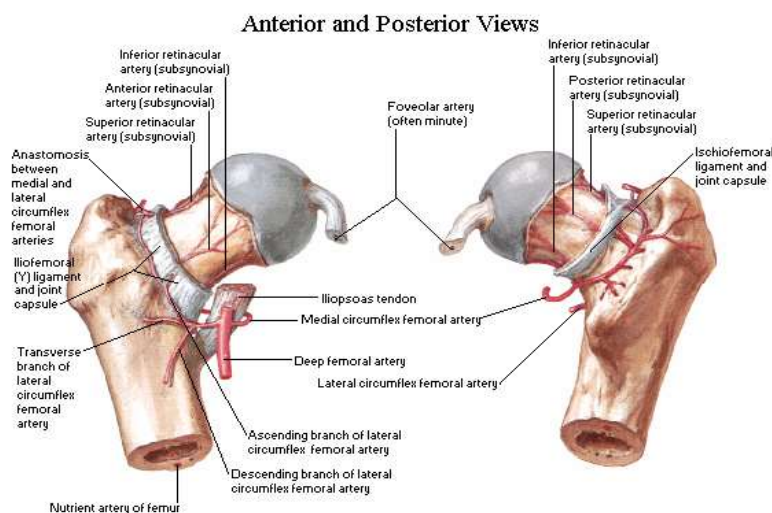


Gambar 14. Vaskularisasi caput dan collum femur pada aspek anterior, tampak cincin intracapsular subsynovial.¹¹



Gambar. 15. Vaskularisasi caput dan collum femur pada aspek paskaerior, pada potongan collum tampak arteri retinacula.¹¹

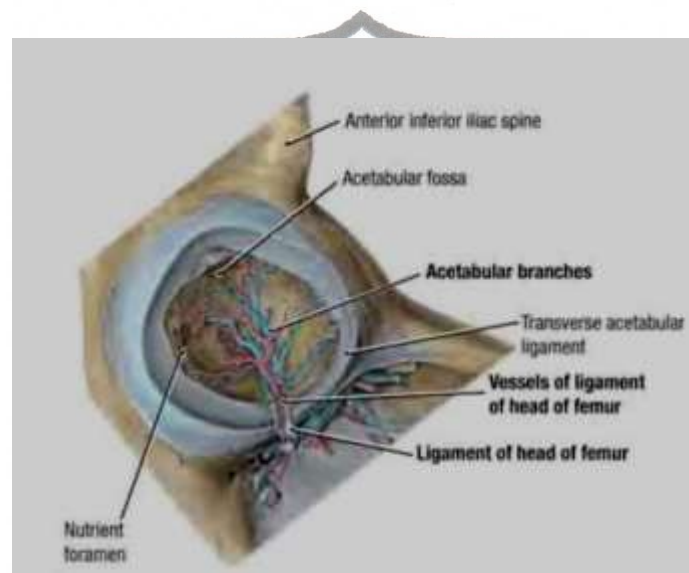
Ketika cabang arteri dari cincin intrakapsular subsynovial menembus caput femur, arteri tersebut disebut sebagai *arteri epifiseal*. Arteri pada ligamentum capitis femoris (*arteri foveolar*) adalah cabang dari arteri obturatoria atau arteri circumflexa femur medial. Disebutkan bahwa patensi arteri foveolar tidak dapat mempertahankan kehidupan caput femur jika semua arteri-arteri lain mengalami kerusakan. Cabang arteri dari arteri foveolar selanjutnya dapat disebut juga sebagai *arteri epifiseal medial*. Sedangkan arteri yang dipercabangkan oleh cincin intracapsular subsynovial disebut sebagai *arteri epifiseal lateral*. Arteri epifiseal medial dikatakan tidak berperan penting pada vaskularisasi caput femur.¹¹



Gambar. 16. Vaskularisasi caput dan collum femur, tampak pada aspek paskaerior arteri retinacula lebih banyak.⁷

2. Vaskularisasi Acetabulum

Arteri obturatoria bercabang menjadi ramus anterior dan ramus paskaerior, arteri acetabular dipercabangkan oleh ramus paskaerior arteri obturatoria. Arteri dan vena acetabular masuk dalam fossa acetabuli dan menyebar pada jaringan lemak (*fat pad*) yang berada pada fossa tersebut. Cabang-cabang tersebut menuju tepi fossa acetabuli dan masuk kedalam foramen nutrisia. Terdapat banyak foramen nutrisia pada margo acetabuli.⁷



Gambar 17. Vaskularisasi acetabulum.⁷

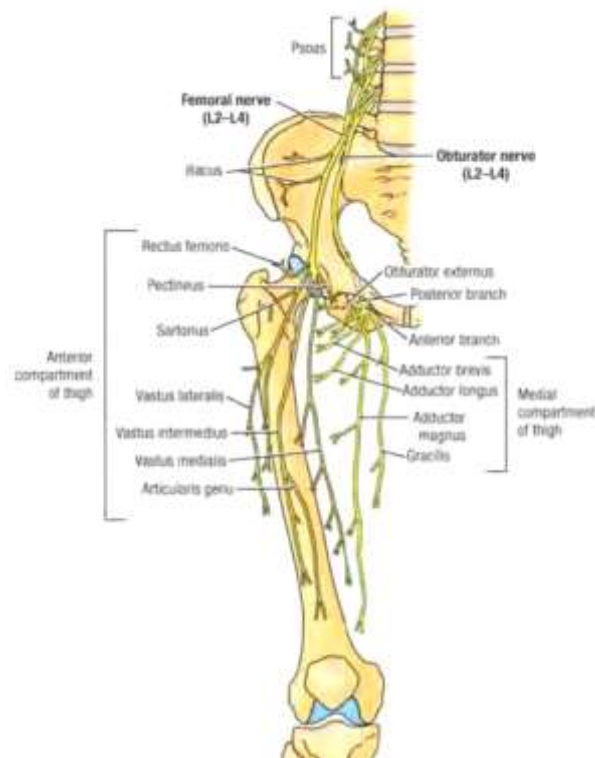
2.1.4. Innervasi Hip Joint

Inervasi terhadap sendi mengacu pada sebuah hukum yang disebut sebagai *Hilton's law*. Dalam hukum tersebut disebutkan bahwa saraf yang menginervasi otot yang melewati atau bekerja pada suatu sendi juga akan menginervasi sendi tersebut. Ramus articularis berasal dari rami intramuscular nervus yang menginervasi otot. Aspek anterior sendi coxae diinervasi oleh *nervus femoralis* secara langsung dan melalui rami articularis dari cabang muscular nervus yang menginervasi M.Pectineus dan M.Rectus Femoris. Aspek inferior sendi coxae diinervasi oleh *nervus obturatorius (rami anterior)* secara langsung atau melalui rami articularis dari cabang yang menginervasi M.Obturatorius eksternus. Aspek paskaerior diinervasi oleh *nervus ischiadicus* dan *nervus muscoli quadrates femoris*. Aspek superior sendi coxae diinervasi oleh *nervus gluteus superior*.⁶

Nervus femoralis yang merupakan cabang terbesar dari *pleksus lumbalis* berasal dari divisi paskaerior rami ventral vertebra lumbal II-IV. Nervus femoralis turun melalui M.Psoas mayor pada tepi lateralnya lalu berjalan diantara M.Iliacus dan M.Psoas profunda dari fascia iliaca. Nervus ini berjalan dibelakang *liagementum inguinalis* menuju regio femur lalu bercabang menjadi divisi anterior dan paskaerior.

Dibelakang *ligamentum inguinalis*, nervus femoralis dibatasi terhadap arteri femoralis oleh bagian dari M. Psoas mayor. Dalam abdomen, nervus femoralis mempercabangkan cabang kecil ke M. Iliacus, M. Pectineus juga cabang ke arteri femoralis. Divisi anterior nervus femoralis mensuplai *Nervus cutaneus femoris medial dan intermedia* dan juga cabang menuju M. Sartorius. Divisi paskaerior nervus femoralis mempercabangkan *nervus saphenus* dan cabang menuju M. Quadricep femoris dan Sendi lutut. Cabang vascular dari nervus femoralis mensuplai arteri femoralis dan cabang-cabangnya.⁹

Nervus obturatorius berasal dari rami anterior vertebra lumbal II-IV. Nervus ini turun bersama M.Psoas mayor pada tepi medial melewati daerah dibelakang arteri-vena iliaca communis dan lateral terhadap arteri-vena illiaca interna. Kemudian nervus ini turun pada dinding lateral pelvis minor pada M.Obturatorius internus, anterosuperior arteri obturatoria masuk foramen obturatum menuju bagian superior regio femur. Saat berada dekat dengan *foramen obturatoria* nervus ini bercabang menjadi rami anterior dan paskaerior yang dipisahkan oleh M.Obturatorius eksternus dan selanjutnya oleh M.Adductor brevis. Rami anterior meninggalkan pelvis anterior dari M.Obturatorius eksternus, turun didepan M.Adductor brevis dibelakang M.Pectineus dan Adductor longus. Dekat dengan foramen obturator, rami anterior mempercabangkan nervus menuju sendi coxae. Rami paskaerior nervus obturatorius memberikan inervasi terhadap M.obturatorius eksternus, M.Adductor magnus dan M.Adductor brevis.⁹ Cabang-cabang lain dari pleksus lumbalis ditampilkan dalam gambar 23 dan tabel 2.



Gambar 18. Nervus pada aspek anterior sendi coxae dan regio femur.⁷

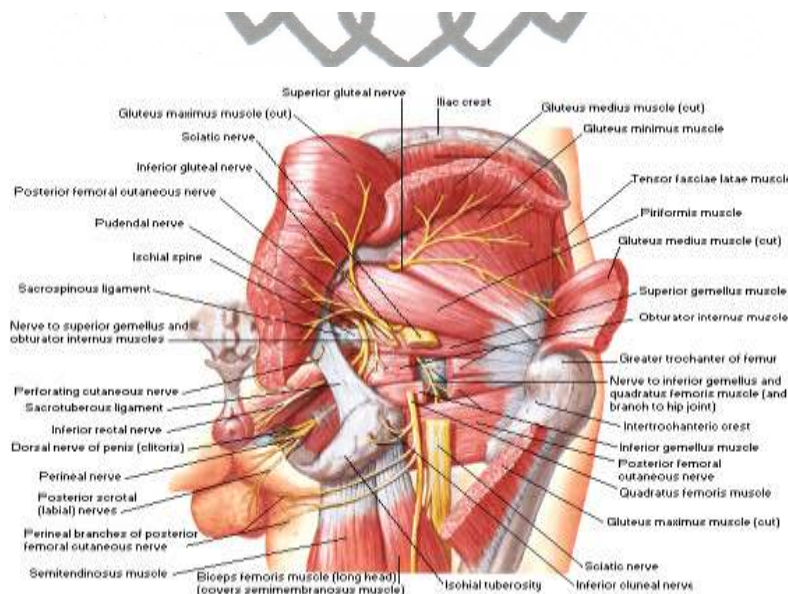
Nerve	Spinal Components	Innervation
Iliohypogastric	T12, L1	Skin of lower abdomen and buttock; muscles of anterolateral abdominal wall (external abdominal oblique, internal abdominal oblique, transversus abdominis)
Ilioinguinal	L1	Skin of upper median thigh, scrotum and root of penis in male, and labia majora in female; muscles of anterolateral abdominal wall with iliohypogastric nerve
Genitofemoral	L1, L2	Skin of middle anterior surface of thigh, scrotum in male, and labia majora in female; cremaster muscle in male
Lateral cutaneous femoral	L2, L3	Skin of anterior, lateral, and posterior aspects of thigh
Femoral	L2-L4	Skin of anterior and medial aspect of thigh and medial aspect of leg and foot; anterior muscles of thigh (iliacus, psoas major, pectineus, rectus femoris, sartorius) and extensor muscles of leg (rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis, vastus intermedius)
Obturator	L2-L4	Skin of medial aspect of thigh; adductor muscles of lower extremity (external obturator, pectineus, adductor longus, adductor brevis, adductor magnus, gracilis)
Saphenous	L2-L4	Skin of medial aspect of lower extremity

Tabel.2. Cabang-cabang pada pleksus lumbalis.¹²

Nervus Ischiadicus lebarnya 2 cm pada pangkalnya dan merupakan nervus paling tebal pada tubuh manusia. Nervus ini meninggalkan pelvis melalui foramen ischiadica mayor dibawah piriformis (*foramen infrapiriformis*) dan turun diantara trochanter mayor dan tuber ischiadicum. Nervus ischiadicus lalu berjalan pada aspek paskaerior regio femur

dan bercabang menjadi nervus tibialis dan fibularis (*peroneus*) pada level yang berbeda-beda pada proksimal sendi lutut, seringnya pada perbatasan sepertiga tengah dan distal femur. Pada daerah superior, nervus ischiadicus berada profunda dari M. gluteus maksimus. Lalu nervus ischiadicus berjalan paskaerior terhadap M.obturatorius internus, Gemelus dan Quadrates femoris yang memisahkannya terhadap M.obturatorius eksternus dan sendi coxae. *Nervus cutaneus femoris paskaerior* dan arteri glutea inferior berjalan medial dari n.ischiadicus. Cabang artikular nervus ischiadicus dipercabangkan pada daerah proksimal untuk mensuplai sendi coxae melalui kapsula paskaerior, namun kadang rami artikular dipercabangkan langsung dari pleksus sakralis.

Nervus gluteus superior dipercabangkan oleh rami lumbal IV-V dan Sacral I. Nervus ini meninggalkan pelvis melalui *foramen ischiadicum mayor* diatas M. Piriformis (*Foramen Suprapiriformis*) bersama arteri gluteus superior. Nervus ini menginervasi M.Gluteus medius dan minimus serta M.Tensor fascia lata. *Nervus gluteus superior* menginervasi aspek superior sendi coxae. Nervus lain yang menginervasi sendi coxae adalah nervus musculi quadrates femoris . *Nervus musculi quadrates femoris* berasal dari rami ventral dari lumbal IV sampai Sacral I. Nervus ini meninggalkan pelvis melalui foramen ischiadicum mayor dibawah M.Piriformis (*Foramen infrapiriformis*). Turun berada profunda dari nervus ischiadicus, M. Gemelus dan tendo M. Obturatorius internus lalu menginervasi M. Gemelus inferior, M.Quadratus femoris dan aspek paskaerior sendi coxae.⁹



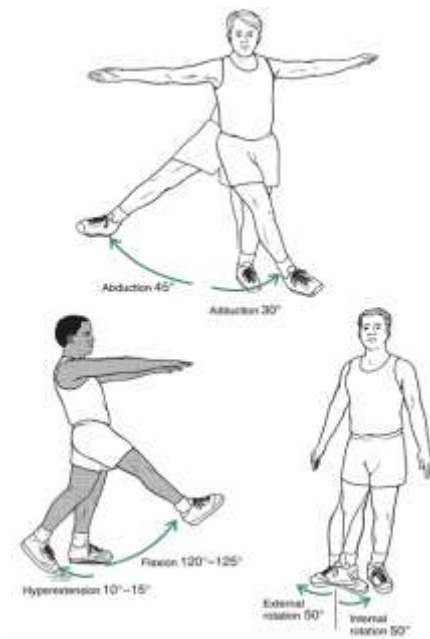
Gambar 18. Nervus dan Otot pada regio glutea. ¹⁰

2.1.5. Gerakan Dan Otot Sekitar *Hip Joint*

Gerakan

Gerakan pada sendi coxae dapat dikategorikan menjadi fleksi-ekstensi, adduksi-abduksi, rotasi medial dan lateral serta sirkumduksi yang ketahu sebagai rotasi pada ketiga aksis orthogonal. Ketika tungkai atas mengalami fleksi-ekstensi, caput femur berputar terhadap acetabulum pada aksis yang hampir transversal. Sebaliknya, acetabulum berotasi pada aksis yang hampir sama pada fleksi dan ekstensi tubuh pada saat caput femur terfiksir (*statis*). Saat kaki statis pada lantai, rotasi medial dan lateral memiliki aksis vertical melalui caput femur dan kondilus medial. Abduksi dan adduksi terjadi pada aksis antero-posterior melalui caput femur.⁹

Tungkai atas dapat bergerak fleksi dengan *Range of Motion* (ROM) 120-125° dan hiperekstensi 10-15° pada bidang sagital. Jika ekstensi sendi coxae terhambat, akan terjadi kompensasi gerakan sendi pada sendi lutut dan vertebra lumbal. Fleksi sendi coxae terhambat terutama oleh jaringan lunak dan dapat ditingkatkan pada akhir ROM jika pelvis condong (*tilt*) kaarah posteorior. Fleksi sendi coxa akan lebih bebas jika sendi lutut berada dalam posisi fleksi, namun akan sangat terhambat oleh M. Hamstring saat lutut ekstensi. Ekstensi sendi coxae dibatasi oleh kapsula anterior, otot fleksor sendi coxae dan ligamentum iliofemoral. *Anterior tilt* pelvis meningkatkan ekstensi sendi coxae. Femur dapat mengalami abduksi 30-45° dan adduksi 15-30° pada posisi anatomis. Kebanyakan aktivitas memerlukan abduksi dan adduksi 20°. Abduksi dibatasi oleh M. Adduktor, sedangkan adduksi terbatas oleh M. Tensor fascia lata. Femur dapat mengalami rotasi internal 30-50° dan eksternal rotasi 30-50° dari posisi anatomis. Internal dan eksternal rotasi dapat meningkat pada fleksi sendi coxae. ROM pada sendi coxae biasanya akan menurun pada usia tua, namun perbedaanya tidak substansial yaitu sekitar 3-5°. ⁸



Gambar. 19. *Range Of Motion* pada sendi coxae.⁸

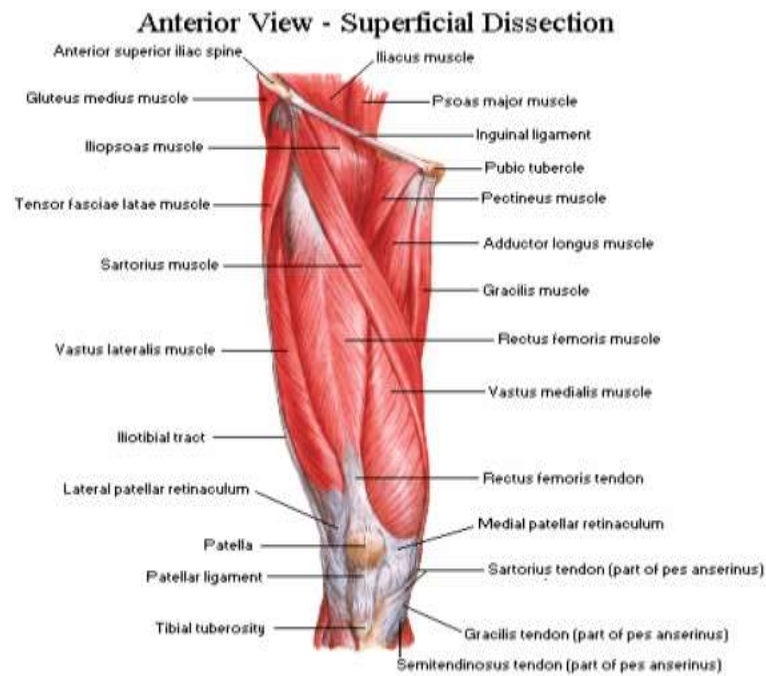
Otot-Otot Penggerak Hip Joint

Fleksi disebabkan terutama oleh kerja M. Psoas mayor dan iliacus, selain itu dibantu oleh M. Pectineus, Rectus femoris dan Sartorius. Otot adductor terutama M. Adduktor longus juga membantu fleksi terutama pada fase awal fleksi setelah ekstensi penuh. Ekstensi disebabkan oleh kerja M. Gluteus maksimus dan Hamstring. Dikatakan M. Gluteus maksimus hanya aktif ketika ekstensi melawan tahanan seperti pada saat memanjat. Abduksi terjadi akibat M. gluteus medius dan minimus, dibantu oleh M. Tensor fascia lata dan Sartorius. Abduksi terhambat oleh tahanan dari otot adductor, Serabut medial lig. iliofemoral dan pubofemoral. Adduksi disebabkan kerja dari M. Adduktor longus, brevis dan magnus, diabantu oleh M. Pectineus dan gracilis.

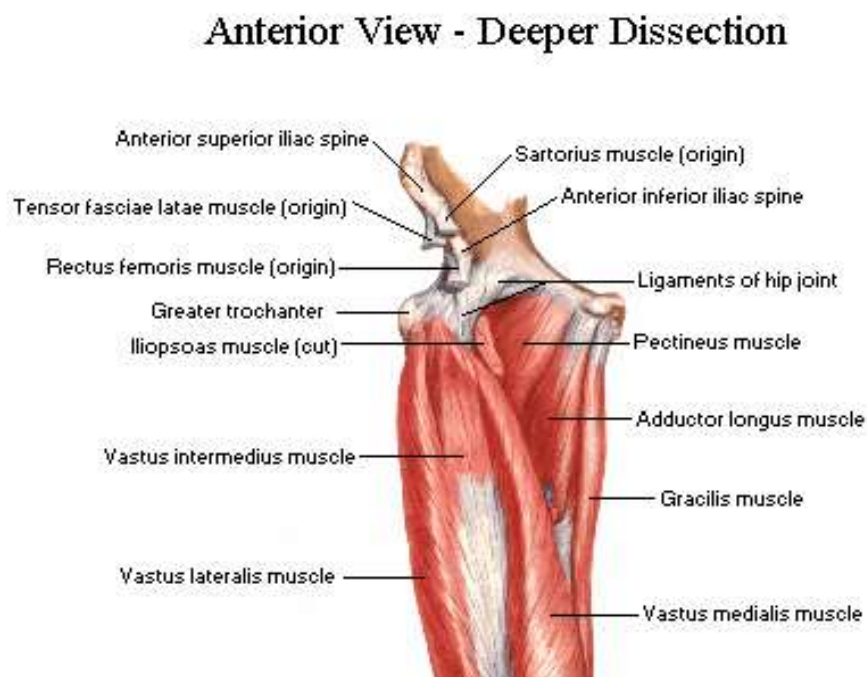
Adduksi dihambat karena kontak dengan tungkai kontralateral, namun akan meningkat jika sendi coxae fleksi. Selain itu juga dihambat oleh M. Abduktor, serabut lateral Lig. iliofemoral dan Lig. capitis femoris. Rotasi medial disebabkan kerja M. Tensor fascia lata dan serabut anterior dari M. gluteus medius dan minimus. Secara umum otot tersebut lemah dan akan dihambat oleh otot-otot rotator lateral, lig. ischiofemoral serat bagian paskaerior kapsul. Otot aduktor dikatakan membantu gerakan rotasi internal. Rotasi lateral terjadi akibat kerja M. Obturator, Gemelus dan Quadratus femoris, dibantu oleh M. Piriformis, gluteus maksimus dan Sartorius. Rotasi lateral dihambat oleh tegangan dari otot rotator internal dan

serabut lateral lig.iliofemoral.

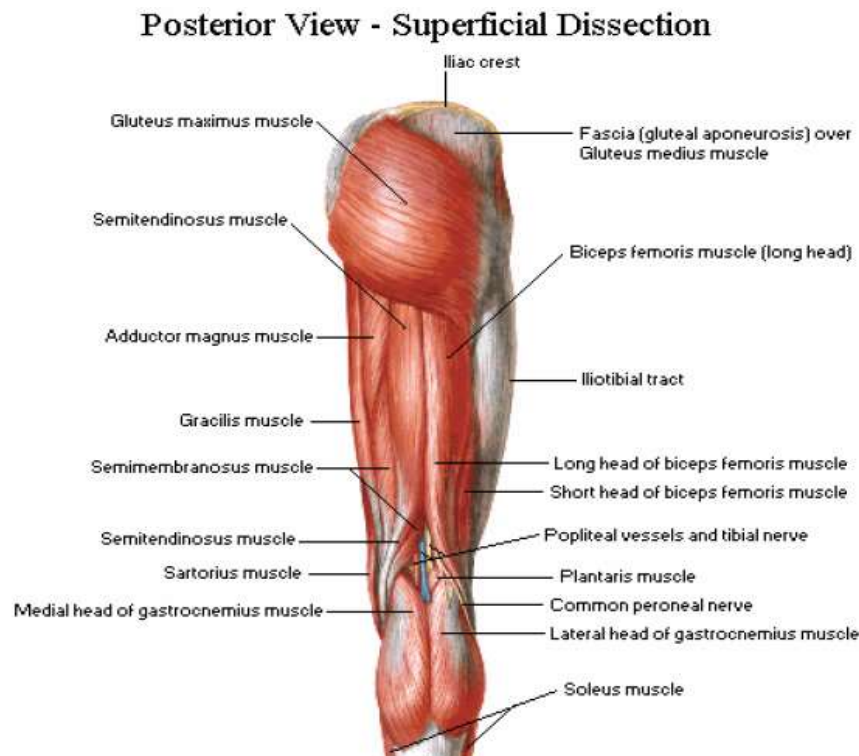
Kapsula sendi dilingkupi oleh otot (gambar 34). Pada bagian anterior, serabut lateral dari M.Pectineus memisahkan bagian paling medial kapsul dari vena femoralis. Lateral dari M.Pectineus adalah tendo dari M.Psoas mayor dengan M.iliacus dilateralnya. Tendo M.Iliacus dan Psoas mayor turun melewati kapsula dengan dibatasi oleh bursa. Arteri femoralis berada anterior dari tendon dengan nervus femoralis berada pada sulcus antara tendo M.psoas mayor dan iliacus. Lebih ke lateral, Caput dari M.Rectus femoris melewati sendi bersama lamina profunda fascia tractus iliotibialis. Pada bagian superior, caput refleksum dari M.rectus femoris melewati sendi dan kontak dengan kapsul medial, sementara M.gluteus minimus menutupi pada bagian yang lebih lateral. Pada daerah inferior, serabut lateral M.Pectineus melekat dengan kapsul dan pada daerah lebih paskaerior terdapat M.obturatorius eksternus. Pada aspek paskaerior, kapsul yang berada agak ke inferior tertutup oleh tendo M. Obturatorius eksternus, memisahkannya terhadap M.Quadratus femoris dan diikuti oleh cabang ascenden arteri circumfleksa femur medial. Diatas tendo tersebut, Tendo dari M.obturatorius internus dan gemelus kontak dengan sendi dan memisahkannya dari nervus Ischiadicus. Nervus yang menuju M.Quadratus femoris berada profunda dari tendo M.obturatorius internus dan turun pada bagian paling medial dari kapsul. Diatasnya, permukaan paskaerior sendi dilewati oleh M.piriformis.⁹



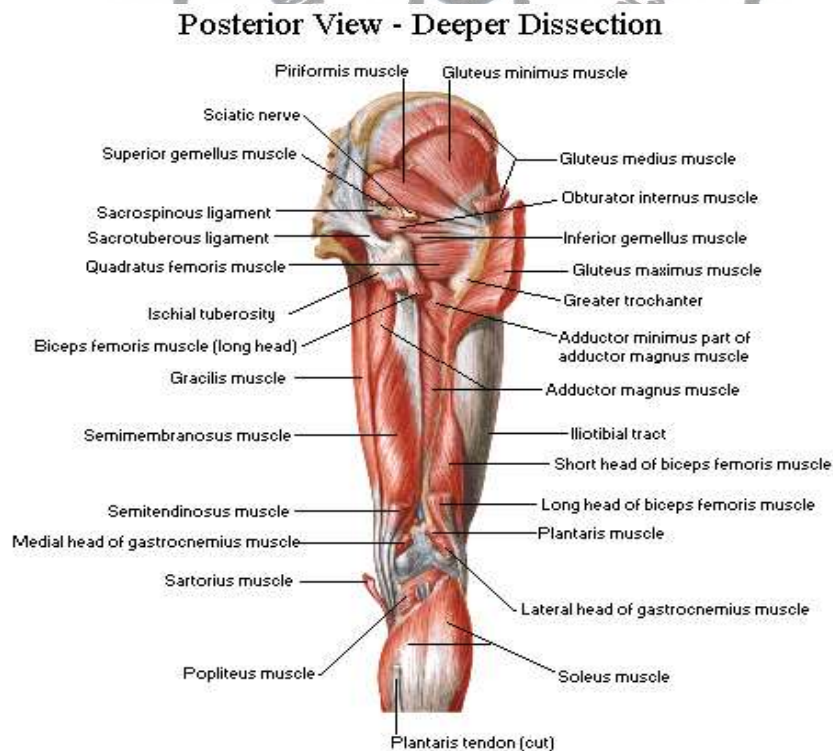
Gambar 20. Otot pada aspek anterior sendi coxae dan femur (*superficial*).¹⁰



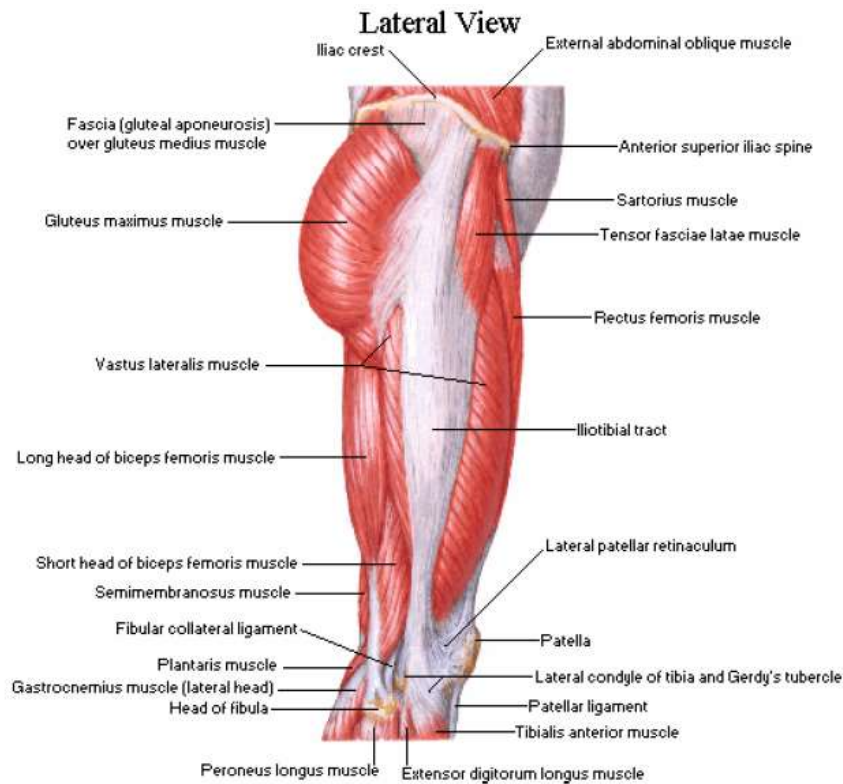
Gambar 21. Otot pada aspek anterior sendi coxae dan femur (*profunda*).¹⁰



Gambar 22. Otot pada aspek paskaerior sendi coxae dan femur (*superficial*).¹⁰



Gambar.23. Otot pada aspek anterior sendi coxae dan femur (*profunda*).¹⁰



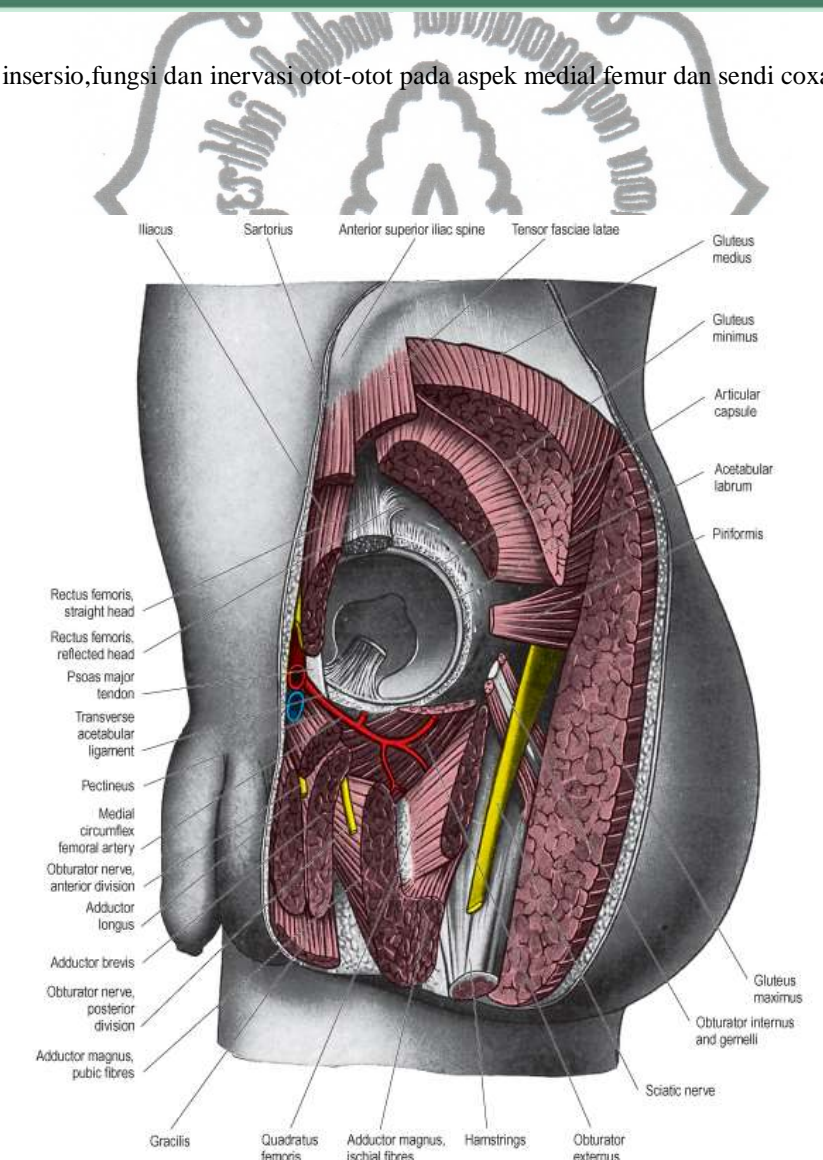
Gambar 24. Otot pada aspek lateral sendi coxae dan femur.⁴

Muscle	Origin	Insertion	Action	Innervation
Iliacus	Iliac fossa	Lesser trochanter of femur, along with psoas major	Flexes and rotates thigh laterally at the hip joint; flexes joints of vertebral column	Femoral n.
Psoas major	Transverse processes of all lumbar vertebrae	Lesser trochanter, along with iliacus	Flexes and rotates thigh laterally at the hip joint; flexes joints of vertebral column	Spinal nerves L2, L3
Gluteus maximus	Iliac crest, sacrum, coccyx, and aponeurosis of the lumbar region	Gluteal tuberosity and iliotibial tract	Extends and rotates thigh laterally at the hip joint	Inferior gluteal n.
Gluteus medius	Lateral surface of ilium	Greater trochanter	Abducts and rotates thigh medially at the hip joint	Superior gluteal n.
Gluteus minimus	Lateral surface of lower half of ilium	Greater trochanter	Abducts thigh at the hip joint	Superior gluteal n.
Tensor fasciae latae	Anterior border of ilium and iliac crest	Iliotibial tract	Abducts thigh at the hip joint	Superior gluteal n.

Tabel. 3. Origo, insersio, fungsi dan inervasi otot-otot pada aspek anterior, paskaerior dan lateral sendi coxae.¹²

Muscle	Origin	Insertion	Action	Innervation
Gracilis	Inferior edge of symphysis pubis	Proximal medial surface of tibia	Adducts thigh at hip joint; flexes and rotates leg at knee joint	Obturator n.
Pectineus	Pectineal line of pubis	Distal to lesser trochanter of femur	Adducts and flexes thigh at hip joint	Femoral n.
Adductor longus	Pubis—below pubic crest	Linea aspera of femur	Adducts, flexes, and laterally rotates thigh at hip joint	Obturator n.
Adductor brevis	Inferior ramus of pubis	Linea aspera of femur	Adducts, flexes, and laterally rotates thigh at hip joint	Obturator n.
Adductor magnus	Inferior ramus of ischium and pubis	Linea aspera and medial epicondyle of femur	Adducts, flexes, and laterally rotates thigh at hip joint	Obturator and tibial nn.

Tabel 4. Origo, insersio, fungsi dan inervasi otot-otot pada aspek medial femur dan sendi coxae.¹²



Gambar 25. Resume posisi otot-otot, nervus dan pembuluh darah terhadap sendi coxae.⁹

2.2. Osteoarthritis

2.2.1. Definisi dan Etiologi Osteoarthritis

Definisi OA adalah suatu kelainan sinovial sendi kronis dimana terjadi kerusakan tulang rawan disertai dengan tumbuhnya tulang baru di dalam persendian (Osteofit), pembentukan kista dan sklerotik pada tulang subkondral, sinovitis ringan dan fibrosis kapsul sendi. Pada umumnya OA tidak disertai dengan penyakit sistemik, dan meskipun terkadang didapatkan tanda peradangan lokal, OA juga bukan disebabkan oleh kelainan inflamasi primer.³

Pada literatur lain disebutkan bahwa OA diakibatkan oleh kondisi biologis dan mekanikal yang mengganggu keseimbangan proses pembentukan dan degradasi kondrosit, matriks ekstraseluler, dan tulang subkondral di dalam persendian. Gangguan ini diikuti meningkatnya komposisi air, menurunnya komposisi proteoglikan, dan gangguan pada matriks kolagen, yang semuanya berujung pada kerusakan tulang rawan sendi.¹³

Dari sudut pandang pasien, simptomatis OA adalah suatu kondisi nyeri kronis pada persendian yang mengakibatkan kesulitan dalam melakukan kegiatan sehari-hari secara mandiri. Sementara itu dari sudut pandang sosiologis, OA adalah suatu penyakit dengan biaya langsung yang mahal dikarenakan adanya tambahan biaya pengobatan hingga biaya rumah sakit dan secara tidak langsung karena hilangnya kemampuan pasien untuk berkarir atau bekerja mencari nafkah.²

Hal yang paling jelas dalam perkembangan OA adalah meningkatnya kejadian OA seiring dengan bertambahnya usia, namun bukan berarti kemudian OA merupakan proses degeneratif murni, oleh karenanya istilah degeneratif arthritis yang banyak digunakan menjadi kurang tepat. Sesungguhnya OA adalah suatu proses yang dinamis, dimana terjadi proses destruksi dan perbaikan yang simultan. Perlunakan tulang rawan dan disintegrasi disertai juga oleh proses pembentukan tulang baru yang agresif, osteofit, dan remodeling. Gambaran akhir OA ditentukan oleh kekuatan relatif dari kedua proses yang bertolak belakang tersebut di atas. Berbagai macam faktor sekunder turut mempengaruhi progresifitas OA, diantaranya terbentuknya kristal kalsium dalam sendi, proses iskemik (terutama pada usia tua) yang membentuk daerah-daerah osteonekrosis pada tulang subkondral, gambaran instabilitas sendi, dan efek samping penggunaan obat anti-inflamasi jangka panjang.³

Telah lama ada anggapan bahwa OA berkembang karena faktor keturunan. Banyak pula penelitian yang berusaha menunjukkan adanya peningkatan prevalensi OA pada orang yang memiliki keluarga dengan OA, namun yang perlu kita ingat bahwa OA pada sendi besar sering disebabkan karena variasi anatomis, seperti *acetabular dysplasia*, dan bentuk lain dari *epiphyseal dysplasia*. Hal itulah yang lebih merupakan faktor keturunan yang menjadi faktor resiko terjadinya OA. Pada level molekular yang menunjukkan adanya defek genetik pada kolagen tipe II, namun pada sebagian besar kasus hal itu tidak menjadi faktor utama.³

Sebagian besar faktor pendorong terjadinya OA adanya peningkatan tekanan mekanis di sebagian permukaan sendi yang disebabkan oleh peningkatan beban (misalnya pada deformitas yang mempengaruhi sistem ungkit sendi), atau berkurangnya permukaan kontak sendi (misalnya pada permukaan sendi yang tidak rata atau instabilitas). Perubahan di tulang subkondral, baik itu perubahan bentuk permukaan sendi atau peningkatan densitasnya (misalnya pada kondisi pasta fraktur), akan mengurangi kemampuannya dalam meredam kejutan.³

Perbedaan etiologi memunculkan klasifikasi untuk OA, yaitu primer dan sekunder. OA primer umumnya melibatkan lebih dari 1 sendi yang penyebabnya tidak diketahui, kemungkinan progresifitasnya lambat dan jarang terjadi sebelum usia 35 tahun. Sebaliknya, OA sekunder umumnya terjadi pada 1 sendi saja, yang merupakan reaksi sendi atas kondisi tertentu yang berpotensi merusak sendi. Berbagai sebab seperti proses mekanis, infeksi, kelainan kongenital, kerusakan *physeal*, instabilitas ligamen, dan fraktur intraartikuler menjadi sebab terjadinya OA sekunder. Prognosis OA primer masih lebih baik dibandingkan OA sekunder, yang dipengaruhi progresifitas OA primer lebih lambat dan lebih tidak “ganas” dibandingkan OA sekunder. OA primer banyak terjadi di sendi yang menumpu tubuh dan usia di atas 50 tahun. Banyak penelitian yang menyatakan bahwa kegiatan mengangkat beban berat dan olahraga berkaitan erat dengan OA hip.¹³

2.2.2. Prevalensi

OA adalah penyakit persendian yang paling banyak terjadi, umum terjadi pada semua ras baik pria atau wanita, terutama pada usia tua yang dipastikan didapatkan proses OA walaupun tidak sama derajatnya. Namun tetap ada beberapa perbedaan signifikan dalam hal tingkat kejadian pada beberapa etnis, jenis kelamin atau lokasi persendian. Wanita cenderung

mengalami OA pada lebih banyak persendian daripada pria. Sendi pada jari, panggul, lutut dan tulang belakang lebih rentan terkena OA daripada siku, pergelangan tangan dan kaki.³

Terdapat berbagai macam variasi hasil laporan prevalensi OA tergantung metode evaluasi yang digunakan. Otopsi menunjukkan selalu didapatkan gambaran OA pada usia di atas 65 tahun. Survei radiologis menunjukkan prevalensi OA berkisar 1% pada usia di bawah 30 tahun, dan meningkat 50% pada usia di atas 60 tahun. Persendian jari tangan pada wanita beresiko terjadi OA sebesar 70% di usia di atas 70 tahun. Perbedaan etnis dan geografis yang menunjukkan perbedaan prevalensi OA dapat dijelaskan dengan cara yang sama. Seperti contohnya prevalensi OA wanita : pria di Eropa bagian utara berkisar antara 1 : 1, namun meningkat hingga hampir 2 : 1 di Eropa bagian selatan dikarenakan tingginya prevalensi displasi acetabulum pada wanita. Gambaran lebih jelas lagi ditunjukkan data prevalensi OA yang sangat rendah pada etnis Cina selatan dan Africa berkulit hitam, kemungkinan dilatarbelakangi oleh rendahnya insiden *Developmental Dysplasia of The Hip* (DDH), *Perthes' disease*, dan *slipped femoral epiphysis* pada ras tersebut.³

Pemaparan di atas menunjukkan prevalensi OA meningkat seiring dengan bertambahnya usia, walaupun usia dikatakan bukan sebagai penyebab utama terjadinya OA, yang disertai adanya proses patologis di sendi. Data di Amerika Serikat menunjukkan pada tahun 2005 penderita OA dalam rentang usia 25 – 65 tahun mencapai 13,9% populasi, dan 33,6% pada usia lebih dari 65 tahun. Kasus insiden baru OA dalam rentang tahun 2001 hingga 2005 sebanyak 7,7 juta pasien. Sementara itu di wilayah Asia, data jumlah populasi penduduk berusia lebih dari 65 tahun diperkirakan akan bertambah 2 kali lipat dalam waktu 2 dekade mendatang. Pada tahun 2008, didapatkan 6,8% penduduk Asia berusia lebih dari 65 tahun, dan akan menjadi 16, 2% pada tahun 2040.^{1,2}

Selain faktor usia, pada penelitian cohort di Amerika Utara dan Eropa, faktor obesitas dan jenis pekerjaan dengan aktifitas berat menunjukkan *evidence base* yang tinggi untuk resiko OA. Sementara itu operasi penggantian sendi yang sulit terjangkau menjadi sebab tingginya OA simptomatis bagi penduduk di kawasan pedesaan di Asia. Faktor obesitas saat ini tidak terlalu banyak didapatkan di kawasan pedesaan di Asia, namun tren menunjukkan angka obesitas terus meningkat, dan bukan tidak mungkin akan menjadi faktor penyebab semakin tingginya prevalensi OA di masa yang akan datang.²

2.2.3. Fisiologi Persendial Sinovial

Sinovium dan Cairan Sinovial

Lapisan dalam kapsul sendi dilapisi oleh sinovium, suatu lapisan tipis yang kaya akan pembuluh darah, kelenjar getah bening, dan saraf. Sinovium memproduksi cairan sinovial, suatu cairan plasma jernih yang mengandung hyaluronan. Cairan ini berfungsi memberikan nutrisi bagi tulang rawan sendi yang tidak memiliki vaskularisasi, mengurangi gesekan saat pergerakan sendi, dan memiliki sedikit daya rekat yang berfungsi membantu kestabilan sendi. Dalam keadaan normal, volume cairan sinovial tetap tanpa terpengaruh oleh pergerakan sendi. Namun pada keadaan cedera volumenya akan meningkat, dan menunjukkan gambaran efusi sendi. Di dalam sistem sendi, sinovium memiliki kemungkinan tertinggi untuk terjadi infeksi dan penyakit autoimun seperti *rheumatoid arthritis*.³

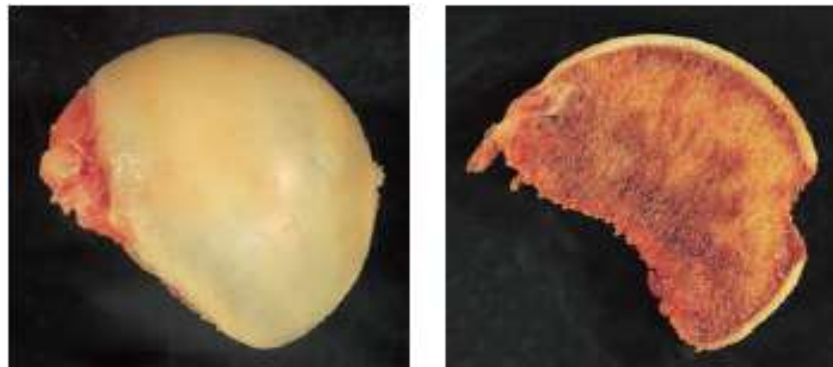
Tulang Rawan Sendi

Tulang rawan hyalin, adalah tulang rawan dengan permukaan yang sangat halus melapisi permukaan tulang di setiap sendi diartordeal. Tulang rawan ini sangat cocok untuk meneruskan beban tubuh dari satu segmen tulang ke segmen di bawahnya, memperluas permukaan sendi dan meningkatkan fungsi dan stabilitas sendi. Bentuknya akan menyesuaikan dengan gaya yang diteruskan dan menyebarkan gaya tersebut secara merata ke seluruh permukaan sendi. Permukaan tulang rawan dilapisi oleh cairan sinovial yang melumasi pergerakan sendi dengan sangat baik.³

Kondrosit pada tulang rawan hyalin dewasa secara *in vivo* hanya memiliki sedikit kemampuan untuk berdivisi, dan bila terjadi kerusakan, kondrosit tidak dapat memperbaiki diri secara utuh atau hanya perbaikan sebagai fibrotulang rawan. Mekanisme pelumasan yang baik oleh cairan sinovial membuat beban normal harian diketahui tidak dapat merusak permukaan sendi. Dengan kata lain, kondrosit dapat memperbaiki kerusakan hanya bila pada stadium awal dengan meningkatkan aktifitas kondrosit dan mengganti kandungan matrix molekular yang rusak.³

Proteoglycan dalam sendi mayoritas tersusun dalam bentuk suatu molekul besar yang disebut *aggrecan*, suatu molekul dengan inti protein tersusun dari rantai kondroitin sulfat dan keratan sulfat glikosaminoglikan, yang terikat dengan *aggrecan* lainnya oleh suatu protein rantai lurus *hyaluronate* yang disebut *hyaluronan*. Muatan negatif dari makromolekul inilah yang mengatur kekakuan sekaligus kelenturan dari tulang rawan sendi.³

Komponen jaringan ikat pada tulang rawan sendi mayoritas tersusun oleh kolagen tipe 2. Ikatan kolagen ini tersusun dengan pola yang terstruktur, paralel dengan permukaan sendi pada daerah superfisial, dan tegak lurus pada daerah yang dalam, yang berfungsi seperti jangkar dalam tulang subkondral.³



Gambar 26. Tulang rawan sendi normal, tampak halus dan mengkilat. Spesimen ini diambil dari pasien usia tua dengan fraktur collum femur.³

Fungsi utama *aggrecan* untuk menyerap perubahan tekanan dan mengurangi terjadinya deformasi, sementara jaringan kolagen berfungsi menahan daya tarikan. Terdapat interaksi yang harmonis antara komponen molekul satu dan lainnya, yang apabila terjadi gangguan dari interaksi tersebut akan merusak susunan tulang rawan. Keadaan ini sebagian disebabkan karena penuaan, namun sebagian besar terjadi akibat proses patologis yang akhirnya menyebabkan OA seperti pada tabel 5.³

THREATS TO CARTILAGE INTEGRITY
Loss of joint stability
Localized increase in loading stress
Increased stiffness of the cartilage
Inflammatory (enzymatic) degradation
Restriction of free joint movement
Sclerosis in the subchondral bone

Tabel 5. Penyebab ancaman pada integritas tulang rawan.³

Proteoglycan memiliki ikatan kuat dengan air, menyebabkan ikatan kolagen mendapat kekuatan tarikan yang besar. Adanya gaya membuat tulang rawan tertekan dan memeras cairan sinovial didalamnya perlahan dan melumasi permukaan. Saat gaya berkurang, cairan sinovial akan masuk lagi sebanyak gaya tarikan oleh ikatan kolagen.

Selama ikatan ini baik, maka *proteoglycan* tetap baik dan tulang rawan akan tetap memiliki kelenturan sekaligus kekuatannya. Namun bila ikatan kolagen terganggu, maka matriks akan terlalu banyak air dan menjadi lunak, *proteoglycan* akan berkurang banyak, kerusakan sel dan perpecahan struktur dari tulang rawan sendi. Kerusakan akan semakin bertambah saat kondrosit yang rusak mengeluarkan enzim pendegradasi matriks.³

Kapsul dan Ligamen

Jaringan lunak yang melingkupi sendi terdiri dari jaringan ikat yang menyatu dan bergabung dengan ligamen pada permukaannya serta berkerja sama dengan sistem otot di sekitarnya mempertahankan kestabilan sendi. Ligamen berasal dari satu tulang ke tulang lainnya tidak elastis dan memiliki panjang yang tetap sehingga ligamen membatasi derajat ruang gerak sendi yang berbeda-beda untuk masing-masing sendi. Kestabilan sendi tercapai bila sendi berada pada sudut dimana ketegangan ligamen mencapai puncaknya meskipun tanpa bantuan dari otot. Bila ligamen tidak maksimal ketegangannya, maka sendi mengalami kelenturan beberapa derajat, namun bila ligamen robek atau putus akan mengakibatkan sendi menjadi tidak stabil.³

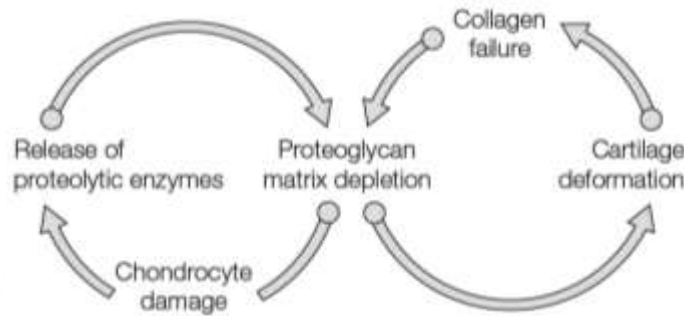
Pelumasan Sendi

Koefisien gesek pada kondisi normal di permukaan sendi sangat kecil, kecuali bila terdapat cedera atau penyakit, itulah alasan mengapa tingkat keausan permukaan sendi pada usia dewasa muda dengan usia tua tidak terlalu banyak berbeda. Lapisan pelumas di tepi daerah permukaan kontak sebagian besar diperankan oleh *lubricin*, suatu molekul glikoprotein larut air di dalam cairan sinovial. Proteoglikan berperan memberikan pelapisan tipis pada permukaan sendi dimana kontak langsung antar tulang rawan tidak terjadi saat menerima beban, dengan mekanisme seperti yang telah dijelaskan di atas. Sementara itu molekul hyaluronat berguna untuk melumasi di area lipatan sinovial.³

2.2.4. Patogenesis dan Patologi

Saat proses OA mulai berjalan, mulanya tulang rawan masih utuh namun terjadi peningkatan kadar air dan mudah lepasnya molekul proteoglikan akibat kerusakan anyaman kolagen. Pada tahap selanjutnya proteoglikan mulai hilang dan kerusakan mulai tampak di tulang rawan. Dengan bertambah kakunya tulang rawan, kerusakan sekunder tulang rawan menyebabkan pelepasan enzim dan kerusakan matrix lebih lanjut. Dengan semakin rusaknya

tulang rawan akan menambah tekanan atas jaringan kolagen yang akan memperparah gangguan siklus normal dan berujung pada kerusakan jaringan. Hal ini tampak jelas pada gambar 36 berikut ini.



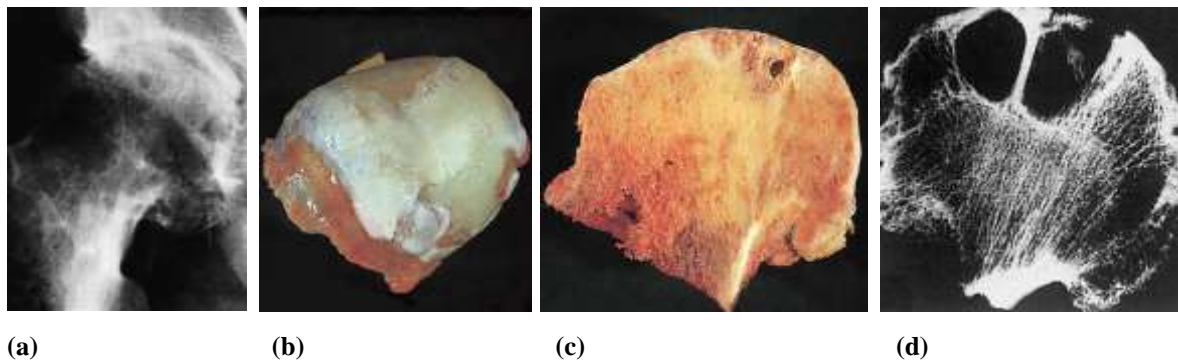
Gambar 27. Siklus deformasi tulang rawan sendi dan kegagalan kolagen³

Tulang rawan sendi berfungsi penting dalam menyebarkan beban secara merata di sendi, sehingga saat terjadi kerusakan tulang rawan maka gaya yang ada akan meningkat dan terfokus pada tulang subkondral. Akibatnya terjadi perubahan pola trabekula dan pembentukan kista bersamaan dengan peningkatan vaskularisasi dan sklerosis reaktif di lokasi tulang subkondral yang mendapat peningkatan tekanan.³

Tulang rawan masih mampu berregenerasi, memperbaiki diri dan remodeling selama masih didapatkan tulang rawan itu. Seiring permukaan sendi yang semakin mengalami kerusakan dan sendi semakin tidak stabil, tulang rawan yang berada di tepi sendi akan meningkatkan aktifitas pertumbuhannya dan melakukan osifikasi endokondral hingga memunculkan osteofit. Hal inilah yang membedakan OA atau disebut juga *hypertrophic arthritis* dengan problem atrofik lainnya seperti *rheumatoid arthritis*.³

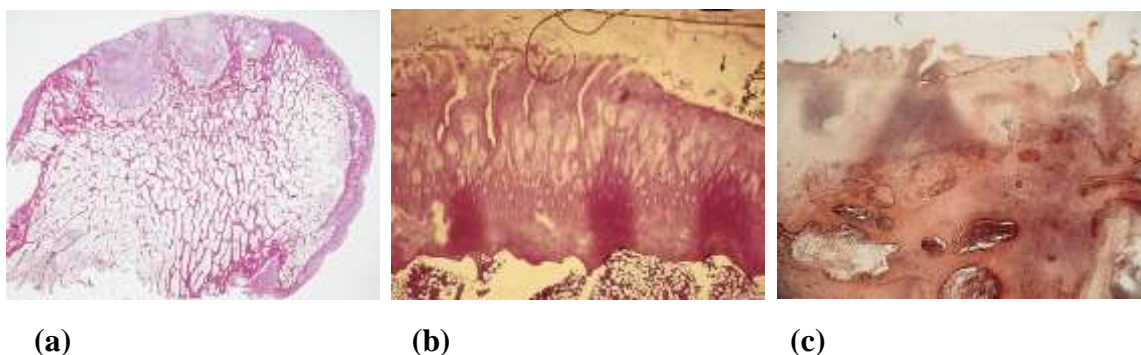
Gambaran utama dari OA antara lain : 1) Kerusakan tulang rawan yang progresif, 2) Pembentukan kista subartikular, 3) Sklerosis di tulang sekitarnya, 4) Pembentukan osteofit, dan 5) fibrosis kapsular. Pada awalnya perubahan tulang dan tulang rawan hanya terbatas pada 1 lokasi sendi yang mendapat gaya terbesar, berupa perlunakan, dan perserabutan dari normalnya berupa tulang rawan yang halus dan berkilau.³

Tepat di bawah tulang rawan yang rusak, tulang subkondral menebal dan sklerosis. Di dalam area yang sklerotik tersebut didapatkan kista berisi substansi gelatin padat. Kapsul sendi juga menunjukkan tanda penebalan dan fibrosis, yang terkadang hingga dengan derajat yang cukup tinggi. Sementara itu batas sinovial hanya menunjukkan inflamasi ringan, dan terkadang tampak berwarna tebal dan merah dengan dilapisi vili-vili.



Gambar 28. (a) Rontgen menunjukkan gambaran tulang rawan sendi di bagian puncak menghilang dengan kista di tulang subkondral; spesimen (b) menunjukkan hilangnya seluruh tulang rawan di puncak sendi dengan kista di sekitarnya; pada potongan koronal (c) tampak jelas kista subkondral; (d) dan gambaran rontgen yang baik menunjukkan ekstensi kerusakan tulang subartikular.

Gambaran histologis OA menunjukkan perbedaan derajat kerusakannya. Pada tahap awal tampak iregularitas atau celah-celah pada permukaan tulang rawan dan hilangnya sebagian metakromasia pada lapisan dalam. Sementara itu hal yang paling mencolok adalah gambaran peningkatan jumlah sel dan kelompok-kelompok kondrosit. Pada tahap lanjut, celah pada permukaan semakin lebar hingga pada beberapa titik tulang subkondral sama sekali tidak tertutupi oleh tulang rawan lagi. Tulang subkondral menampilkan peningkatan aktifitas osteoblas terutama di bagian dalam dari kista. Kista itu sendiri berisi bahan amorf yang belum jelas asalnya, diduga merupakan sisa trabekula-trabekul kecil yang rusak, dari area di sekitar osteonekrosis atau dari cairan sinovial yang terpompa paksa masuk melalui retakan di permukaan tulang subkondral. Osteofit muncul akibat hiperplasi tulang rawan dan osifikasi di tepi permukaan sendi.³



Gambar 29. Histologi OA (a) gambaran kerusakan (hilangnya tulang rawan sendi dan pembentukan kista) tampak paling jelas di daerah yang mendapat tekanan terbesar, perbaikan kerusakan ditandai dengan sklerosis di sekitar kista dan pembentukan tulang baru (osteofit) di daerah yang mendapat tekanan lebih kecil. (b) Pada perbesaran tampak hilangnya metakromasia dan adanya celah-celah yang dalam (fibrilasi) di tulang rawan sendi. Perbaikan terjadi (c) dengan sklerosis dan tunas-tunas fibrikartilago yang tumbuh di permukaan sendi yang rusak.³

Kapsul dan sinovium biasanya menebal tapi tidak terlalu tampak peningkatan aktifitas selulernya, namun kadang nampak inflamasi dan fibrosis di jaringan kapsul sendi. Gambaran hipervaskularisasi dan kongesti sangat sulit terlihat dari gambaran patologi anatomisnya, namun akan tampak jelas pada pemeriksaan angiografi. Demikian juga untuk tampak peningkatan tekanan intraoseusnya. Tampak juga gambaran peningkatan intensitas radionuklida pada pemeriksaan radio nuklir.³

2.2.5. Pencitraan

Gambaran rontgen OA sangat spesifik sehingga untuk kepentingan diagnosis OA jarang memerlukan jenis pencitraan lainnya. Tanda utama OA di rontgen adalah hilangnya tulang rawan asimetris (tampak penyempitan celah sendi), sklerosis tulang subkondral di bawah tulang rawan yang hilang, kista tepat di bawah permukaan sendi, osteofit di batas luar sendi dan remodeling pada ujung tulang di kedua sendi. Gambaran akhir dari OA adalah kerusakan tulang dan deformitas. Demikian pula kita harus memperhatikan tanda-tanda permasalahan lain sebelum OA itu muncul, seperti tanda adanya kelainan bawaan, penyakit *perthes*, atau *rheumatoid arthritis* yang mungkin menjadi penyebab munculnya OA.³

Untuk pemeriksaan pencitraan lainnya seperti CT-Scan dan MRI diperlukan terutama untuk menemukan adanya permasalahan spesifik seperti deteksi awal fraktur *osteocartilagenous*, edema tulang, atau nekrosis avaskular. Pemeriksaan ini juga sering dapat digunakan untuk mengetahui derajat kerusakan dalam penelitian klinis. Scan Radionuklida dengan menggunakan ^{99m}Tc-HDP menunjukkan peningkatan aktifitas selama fase tulang pada daerah subkondral di sendi yang terkena OA disebabkan peningkatan vaskularisasi dan pembentukan tulang baru.³



(a)

(b)

Gambar 30. Tanda utama OA hip tergambar jelas di gambar (a); gambar (b) menunjukkan adanya *tell-tale sign* berupa pendataran caput femur dan pemendekan collum femur yang merupakan tanda displasia epifisis multipel pada pasien OA sekunder.³

2.2.6. Penatalaksanaan

Penatalaksanaan OA sangat bergantung pada sendi yang terkena, derajat OA, keluhan, usia, dan kebutuhan fungsional pasien. Tiga hal yang perlu diperhatikan pada pasien OA adalah 1) keluhan yang menyertai OA biasanya akan mereda dalam jangka waktu lama; 2) beberapa jenis OA biasanya akan berkuang nyerinya dengan berjalannya waktu, yang dibutuhkan pasien terkadang hanya keyakinan dan pereda nyeri; 3) untuk kasus ekstim evaluasi rontgen yang menunjukkan progresifitas OA yang cepat, sebaiknya pasien disarankan untuk melakukan tindakan operatif sebelum mengganggu kondisi tulang dan memperburuk hasil operasinya.³

Pada tahap awal, penanganan OA pada prinsipnya menjaga pergerakan dan kekuatan otot, mencegah sendi menerima beban berlebihan, mengurangi nyeri, dan modifikasi aktifitas sehari-hari. Fisioterapi terutama dilakukan pada tahap awal ini bertujuan untuk meningkatkan kekuatan otot dan mempertahankan stabilitas sendi. Sementara itu pengurangan beban sendi dapat dicapai dengan tujuan memperlambat kerusakan tulang rawan sekaligus mengurangi rasa nyeri. Pemberian obat-obatan pengurang rasa nyeri juga penting untuk diberikan meskipun tidak akan merubah patologi penyakit, dengan diawali pemilihan obat pereda nyeri yang paling ringan.³

Pada tahap menengah, pilihan penatalaksanaannya berupa tindakan operatif, meskipun bukan arthroplasty. Debridemen sendi untuk membersihkan debris seperti *loose body*, tulang rawan yang rusak, osteofit atau acetabulum dan glenoid labrum yang terjepit mungkin bisa mengurangi keluhan, baik dilakukan secara artroskopi maupun operasi terbuka.³

Pilihan penatalaksanaan tahap lanjut adalah operasi rekonstruksi, antara lain osteotomi rekonstruksi, penggantian sendi dan artrodesis. Indikasi operasi rekonstruksi itu sendiri antara lain kerusakan sendi progresif yang disertai dengan nyeri yang meningkat, instabilitas sendi dan deformitas.³

Osteotomi rekonstruksi banyak dilakukan sebelum arthroplasty berkembang. Meskipun demikian, pengembangan teknik dan desain implan terus dilakukan untuk menjaga agar tindakan jenis ini tidak sepenuhnya ditinggalkan. Ada banyak indikasi dilakukan osteotomi rekonstruksi dengan hasil yang menjanjikan. *High tibial osteotomy* untuk kasus

unicompartemental knee OA masih bisa menjadi alternatif tindakan. Selain itu intertrochanteric osteotomi femur juga masih sering dilakukan untuk pasien OA hip usia muda dengan kerusakan OA yang tidak terlalu luas. Operasi ini mensyaratkan stabilitas sendi masih terjaga dan mayoritas permukaan sendi masih dalam kondisi yang baik. Paska osteotomi rekonstruksi, umumnya pasien menyatakan rasa nyeri berkurang signifikan yang dipengaruhi oleh dekompresi vakular di tulang subkondral dan redistribusi beban di permukaan sendi yang tidak rusak, dan jaringan fibrokartilago akan tumbuh menutupi permukaan sendi yang rusak.³

Penggantian sendi saat ini telah berkembang pesat dan menjadi penanganan terbanyak untuk kasus OA pada pasien dengan keluhan nyeri yang hebat hingga menghambat fungsi dan aktifitas sehari-hari. Teknik terkini operasi arthroplasty untuk sendi panggul dan lutut mampu bertahan selama 15 tahun pemakaian, walaupun untuk sendi bahu, siku, dan pergelangan kaki belum sebaik lutut dan panggul, namun terus mengalami perbaikan. Meskipun demikian operasi arthroplasty sangat bergantung pada skill dan teknik operator dan juga ditunjang instrumen khusus, sehingga masih sulit untuk tersebar secara merata pemanfaatannya.³

Artrodesis tetap menjadi pilihan penatalaksanaan OA terutama pada sendi kecil seperti sendi tarsal dan carpal serta metatarsophalangeal.³

2.3 Total Hip Arthroplasty

2.3.1 Sejarah Total hip arthroplasty

Hip artroplasty adalah salah satu prosedur rekonstruksi hip dewasa yang paling umum dilakukan untuk penatalaksanaan OA stadium lanjut dan juga dilakukan pada sepertiga dari pasien dengan fraktur tulang panggul, 332.000 penggantian panggul dilakukan pada tahun 2010 di Amerika Serikat. Hal ini menggambarkan bahwa total hip arthroplasty merupakan salah satu prosedur ortopedi yang banyak diterapkan pada kasus osteoarthritis dan memungkinkan untuk *weight bearing* dan mobilisasi lebih dini, mengurangi nyeri, pemulihan fungsi, dan peningkatan kualitas hidup bagi banyak pasien.^{4,13}

Pemahaman mengenai sejarah hip arthroplasty sangat penting untuk kita miliki, tidak hanya untuk mengerti segala hal tentang arthroplasty saat ini, namun juga untuk pengembangan di masa yang akan datang. Di awal abad ke-20 banyak dikembangkan teknik contouring sendi dan melapisi dengan substansi interposisional dari bahan organik maupun

anorganik. Pada 1923 Smith-Peterson mengembangkan teknik “*mould arthroplasty*” yang pada awalnya menggunakan material kaca sebagai implan, yang sangat rentan pecah. Selanjutnya pencarian bahan implan yang cukup kuat membuahkan hasil cukup memuaskan dengan penemuan substansi *vitallium* oleh Venable dan Stuck pada tahun 1937, yang menjadi prosedur standar dalam rekonstruksi hip hingga periode hip arthroplasty modern oleh Charnley.¹³

Perkembangan revolusioner yang dirintis oleh Charnley di sekitar tahun 1960an, dalam segala hal terkait arthroplasty termasuk konsep *low frictional torque arthroplasty*, pengaruh operasi terhadap biomekanik hip, pelumasan, kondisi ruang operasi, material dan desain implan telah berkembang secara signifikan. Kemajuan penting dalam teknik hip arthroplasty yang dilakukan Charnley adalah digunakannya akrilik semen *Polymehtyl Methacrylate* (PMMA) yang berfungsi memfiksasi implan dengan tulang.¹³

Dari hasil review yang dilakukan Charnley dan banyak peneliti lainnya pada pasien paska THA menunjukkan bahwa keberhasilan operasi sangat bergantung pada pemilihan dan evaluasi pasien serta perhatian yang cermat terhadap teknik operasi dan aseptis. Pada penelitian jangka panjang minimal 5 tahun evaluasi, semakin jelas ditemukan bahwa kerusakan implan, non union trochanter, loosening, keausan, dan bone loss periprostetik menjadi masalah yang mengganggu dalam arthroplasty. Penemuan ini mendorong banyak perubahan desain dan material implan baik femur maupun cup acetabulum, pemahaman mengenai bagaimana PMMA digunakan, dan perubahan teknik dan approach operasi. Dengan ini pula konsep *low frictional torque arthroplasty* menjadi semakin pasti dan penggunaan *metal-on-polyethylene* menjadi standar dalam THA.³

THA yang dilakukan oleh Charnley selanjutnya menjadi tolok ukur untuk membandingkan dengan jenis arthroplasty lainnya saat itu. Penelitian laboratoris dan klinis oleh Charnley turut memberikan kontribusi yang bermakna untuk meningkatkan kualitas hidup pasien paska arthroplasty. Meskipun demikian sejarah perkembangan arthroplasty tetap berjalan dinamis, penelitian terus dilakukan untuk meningkatkan hasil dan kualitas hidup pasien terutama pada pasien usia muda. Penelitian dititikberatkan pada beberapa pendekatan antara lain (1) peningkatan daya tahan implan; (2) mengurangi keausan pada permukaan bantalan persendiannya; (3) pengembangan teknik operasi dengan tujuan untuk mempercepat rehabilitasi pasien dan mengurangi resiko kesalahan penempatan implan.¹³

Seiring dengan kemajuan teknologi implan yang berhasil memperpanjang usia pakainya, muncul masalah baru terkait dengan ketahanan bantalan persendian. Bahan ceramic on ceramic atau metal on metal mendapat perhatian khusus dalam pengembangan bantalan persendian, terutama dikarenakan karakteristik yang tahan terhadap keausan dan memiliki koefisien gesek yang rendah. Selain itu *highly cross-linked polyethylene* tetap mendapat perhatian serius untuk dikembangkan. Meskipun demikian masing-masing teknologi tetap memiliki sisi kelemahan, dimana perhatian utama investigasi sisi kelemahan itu ditujukan pada pasien usia muda dengan kebutuhan fungsi yang tinggi paska THA. Selain pemahaman mengenai jenis bahan bantalan, usaha untuk mengurangi keausan juga dilakukan dengan memperbesar ukuran head femur dan memodifikasi penatalaksanaan paska operasi.¹³

2.3.2. Indikasi dan Kontraindikasi Total Hip Arthroplasty

Pada awalnya indikasi utama THA adalah untuk mengurangi nyeri arthritis yang sangat hebat pada pasien berusia di atas 65 tahun yang nyerinya tidak berkurang dengan segala penanganan non operatif dan bagi seseorang yang satu-satunya pilihan operasi adalah reseksi sendi panggul (*Girdlestone resection arthroplasty*). Indikasi kedua terpenting adalah meningkatkan fungsi sendi panggul. Setelah didapatkan dokumentasi hasil operasi yang sangat sukses, maka indikasi THA selanjutnya dikembangkan seperti pada tabel di bawah ini.¹³

Permasalahan Sendi Panggul	Etiologi
Arthritis	Rheumatoid, Juvenile rheumatoid (Still disease), Ankylosing spondylitis
Degenerative joint disease (OA, hipertrophic)	Primary, Secondary (Slipped Capital Femoral Epiphysis/SCFE; Displasia of the hip; Coxa plana/LCPD; Paget disease; Traumatic dislocation; fraktur acetabulum; hemophilia
Osteonecrosis	Paska fraktur/dislokasi, idiopatik, SCFE, hemoglobinopati (sickle cell disease), renal disease, kortison induced, alkoholisme, Caisson disease, lupus, Gaucher disease, non union femoral/intertrokhanter fraktur dengan keterlibatan sendi

Artritis piogenik atau osteomielitis	Hematogen, paska operasi
Tuberkulosis	
Subluksasi/dislokasi kongenital	
Fusi hip atau pseudoarthrosis	
Kegagalan paska rekonstruksi	Osteotomi, arthroplasti cup, prosthesis head femur, prosedur Girdlestone, THA, arthroplasti resurfacing
Tumor tulang femur proksimal atau acetabulum	
Gangguan hereditas	achondroplasia

Tabel 6. Gangguan sendi panggul yang bisa menjadi indikasi dilakukan THA.¹⁵

Menurut sejarah, pada mulanya pasien dengan usia antara 60 – 75 tahun adalah kandidat yang paling baik untuk dilakukan operasi THA, namun sejak tahun 1990an rentang usia tersebut meningkat. Dengan populasi usia tua yang semakin bertambah, banyak pasien usia tua yang kini menjadi kandidat dilakukan operasi THA. Brander *et al* melakukan review atas 99 operasi THA pada pasien berusia lebih dari 85 tahun menemukan bahwa tingkat komplikasi dan lama masa inap pada grup pasien ini tidak berbeda secara signifikan bila dibandingkan dengan kontrol grup yang berusia lebih muda dengan hasil fungsional yang relatif sama. Sehingga dapat disimpulkan bila hasil fungsional paska THA yang tidak memuaskan bukan dikarenakan usia tua saja, namun lebih kepada komorbid yang telah ada sebelumnya.¹⁵

The 1994 National Institutes of Health Consensus Statement on Total Hip Replacement menyimpulkan bahwa THA adalah suatu pilihan penatalaksanaan untuk hampir semua pasien dengan penyakit di sendi panggul yang menyebabkan ketidaknyamanan dan gangguan fungsi yang signifikan. Untuk pasien usia muda, THA tidak hanya merupakan suatu pilihan prosedur operasi rekonstruksi untuk keluhan nyeri sendi panggul. Charnley telah mengingatkan bahwa (1) prosedur yang cocok untuk usia tua belum tentu cocok untuk usia muda, (2) permasalahan di sendi bilateral berbeda dengan permasalahan di sendi unilateral, (3) penatalaksanaan arthritis hip dengan keterbatasan ROM berbeda dengan arthritis hip dengan ROM yang normal, (4)

kebutuhan fungsi sendi untuk pasien usia aktif / bekerja berbeda bila dibandingkan dengan pasien yang tidak terlalu aktif. Sehingga perlu kita pertimbangkan dengan baik adanya potensi kegagalan, infeksi, dan komplikasi lainnya yang membutuhkan tindakan revisi THA pada pasien usia muda.¹⁵

Sementara itu kontraindikasi absolut untuk pasien yang akan dilakukan THA adalah infeksi aktif di sendi yang akan dilakukan operasi dan di tempat lain, dan segala kondisi tubuh yang tidak stabil sehingga akan meningkatkan resiko morbiditas bahkan mortalitasnya bila dilakukan operasi.¹⁵

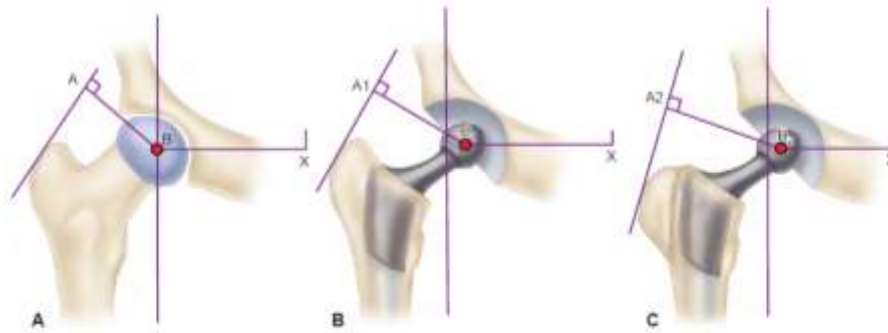
2.3.3. Biomekanik Total Hip Arthroplasty

Pada prinsipnya terdapat perbedaan mendasar biomekanik antara THA dengan osteosintesis. Dalam osteosintesis, implan yang digunakan hanya bertujuan mempertahankan posisi tulang hingga proses union terjadi. Sebaliknya dalam THA implan yang digunakan bertujuan untuk menggantikan fungsi tulang dan harus mampu menahan beban paling tidak 3-5 kali berat badan, bahkan dalam kondisi overload seberat 10-12 kali berat badan dalam jangka waktu bertahun-tahun. Pemahaman dasar biomekanik ini sangat penting untuk dimiliki setiap ahli bedah untuk dapat melakukan operasi dengan baik, untuk mengatasi setiap permasalahan yang mungkin timbul selama dan setelah operasi, untuk memilih implan yang sesuai dan untuk memberikan konseling kepada pasien terkait aktifitas sehari-hari yang betul paska operasi.¹³

Gaya Yang Bekerja di Sendi Panggul

Untuk menjelaskan gaya yang bekerja di sendi panggul, berat badan dapat digambarkan sebagai beban yang berasal dari berat badan seseorang di pusat gravitasi tubuh (di tengah pelvis) yang dipindahkan ke pusat putaran / *Center of Rotation* (COR) head femur oleh suatu sistem lengan ungkit. Otot-otot abduktor berperan sebagai pengungkit beban yang berada di sisi lateral dari trochanter mayor yang memiliki lengan ungkit hingga ke COR head femur. Sistem pengungkit ini harus seimbang kekuatannya dengan beban agar mampu menjaga pelvis tetap sejajar saat seseorang berdiri dengan satu kaki, bahkan harus memiliki kekuatan yang lebih besar untuk memiringkan pelvis ke sisi yang sama saat seseorang berjalan. Dikarenakan perbandingan antara panjang lengan ungkit beban tubuh terhadap otot-otot abduktor adalah 2,5:1, maka kekuatan otot-otot tersebut harus sama dengan 2,5 kali lipat

berat tubuh untuk dapat menjaga pelvis tetap sejajar saat berdiri dengan 1 kaki. Jumlah gaya yang diterima oleh head femur saat fase *stance* siklus berjalan adalah total dari berat badan ditambah gaya yang dihasilkan oleh otot abduktor, dan itu sekitar 3,5 kali lipat dari berat badan, atau sama dengan berat badan saat posisi *straight leg*. Gambar 40 mengilustrasikan sistem pengungkit sendi panggul ini.¹³



Gambar 31. Sistem lengan ungkit di sendi panggul. (A) Gaya yang dihasilkan oleh berat badan akan berada di titik gravitasi tubuh, X. B-X berperan sebagai lengan ungkit beban tubuh, dimana harus dapat diimbangi oleh gaya yang dihasilkan oleh otot-otot abduktor, A. A-B adalah lengan ungkit abduktor yang lebih pendek, dan akan lebih pendek pada sendi panggul yang artritis. (B) Medialisasi yang dilakukan pada THA akan memperpendek lengan ungkit B-X, dan penggunaan offset leher stem yang panjang akan memperpanjang lengan ungkit A-B. (C) *Reattachment lateral distal trochanter mayor* yang telah diosteotomi akan lebih memperpanjang lagi lengan ungkit A-B sekaligus memperketat otot-otot abduktor.¹⁵

Konsep utuh THA yang dikemukakan oleh Charnley adalah memperpendek lengan ungkit beban tubuh dengan memperdalam acetabulum (medialisasi) sekaligus memperpanjang lengan ungkit mekanisme abduktor dengan memposisikan ulang trochanter mayor yang telah diosteotomi lebih ke lateral. Akibatnya gaya yang dihasilkan oleh beban tubuh akan berkurang sehingga gaya penyeimbang mekanisme abduktor yang dibutuhkan juga berkurang. Prinsip medialisasi yang saat ini berkembang dalam hal pendalaman acetabulum secukupnya hingga cukup untuk melingkupi implan acetabulum saja, ditambah osteotomi trochanter mayor lambat laun juga mulai ditinggalkan. Sehingga lengan ungkit abduktor hanya dipengaruhi oleh penyesuaian offset head femur ke stem femur saja. Hal yang tidak sesuai dengan prinsip dasar THA yang dikemukakan oleh Charnley ini ditujukan untuk

mengurangi permasalahan terkait osteotomi trochanter mayor dan penyesuaian terhadap sifat biologis untuk mempertahankan tulang pelvis terutama tulang subkondral.¹³

Gaya yang dihasilkan oleh tubuh berada di pusat gravitasi beban tubuh, yaitu di depan os sacrum 2, sehingga secara 3 dimensi memberikan tekanan pada implant tidak hanya pada penampang koronal, namun juga penampang sagital. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, beban yang diterima implan berkisar antara 3 kali berat badan pada posisi berdiri. Beban tersebut semakin besar lagi hingga 10 kali berat badan saat mengangkat, berlari atau melompat.¹³

Saat berjalan, dari penampang sagital gaya mengarah ke implan head femur dari anterior sekitar 15-25°. Terlebih pada posisi fleksi seperti gerakan berdiri setelah duduk atau naik / turun tangga, gaya yang bekerja di sendi panggul akan bertambah anterior. Gaya-gaya tersebut akan mendorong komponen femur ke arah retroversi / torsional. Sehingga komponen femur harus di desain agar bisa menahan gaya torsional secepat mungkin paska operasi.¹³



Gambar 32. Gaya yang bekerja pada sendi panggul secara coronal (A) cenderung menekan stem ke medial, dan secara sagital (B), khususnya saat fleksi hip atau gerakan mengangkat, cenderung untuk menekan ke arah paskaerior. Paduan keduanya akan menghasilkan gaya torsional.¹⁵

Lokasi COR head femur sangat menentukan gaya yang bekerja pada stem femur. Secara hitungan matematis, gaya yang bekerja akan lebih rendah bila COR head femur diletakkan sesuai dengan lokasi anatomisnya, dibandingkan apabila diposisikan lebih ke superolateral atau paskaerior. Pergeseran yang hanya mengarah ke superior saja akan menghasilkan gaya yang lebih rendah bila dibandingkan pergeseran ke lateral saja. Sementara itu banyak penelitian telah menunjukkan adanya peningkatan insiden radiolusensi dan migrasi implan bila penempatan COR head femur tidak berada di lokasi anatomisnya.¹³

Pemindahan Tekanan Ke Tulang

Bahan, bentuk dan ukuran implan, serta metode fiksasinya sangat mempengaruhi pola tekanan berpindah ke tulang femur. Tekanan ini diharapkan dapat dipindahkan dengan baik sehingga dapat menjadi stimulus tulang untuk mempertahankan massa tulang dan mencegah osteoporosis. Menurunnya modulus elastisitas stem akan menurunkan tekanan di dalam stem, namun meningkatkan tekanan di sepertiga proksimal massa semen, yang memindahkan tekanan tersebut ke tulang di sekitarnya. Pada stem jenis *cementless*, saat stem telah menyatu dengan tulang melalui mekanisme *bone ingrowth*, beban akan ditahan oleh struktur yang lebih kokoh, dan tekanan pada tulang femur proksimal akan berkurang.

Pada bagian acetabulum yang menggunakan implan acetabulum tipe *cementless*, idealnya seluruh permukaan implan menempel erat pada tulang subkondral untuk mencegah adanya sentralisasi kontak dan memaksimalkan permukaan implan untuk terfiksasi dengan tulang. Kesempurnaan persiapan acetabulum dan bentuk serta ukuran implan sangat menentukan daerah kontak awal tulang-implan dan pemindahan tekanan dari implan ke tulang. Adanya gap baik di puncak kubah maupun lingkaran luar acetabulum sangat berpotensi menimbulkan *loosening* di masa yang akan datang karena adanya ketidakmerataan permukaan kontak untuk pemindahan tekanan, bahkan lebih dini lagi mungkin akan terjadi fraktur pada lingkaran acetabulum pada saat pemasangan implan. Adanya gap di puncak kubah acetabulum akan tetap menjadi gangguan kesempurnaan kedudukan acetabulum.¹³



Gambar 33. Peletakan implan acetabulum yang tidak sempurna masih menyisakan gap 3mm di puncak kubah yang mengurangi permukaan kontak untuk pemindahan tekanan dan *bone ingrowth* meskipun implan dalam posisi *press fitted*.¹³

Bentuk transfer tekanan dari komponen acetabular *cementless* terhadap lingkaran acetabulum menentukan stabilitas awal implan. Saat implan diimpaksikan ke acetabulum, tegangan kelembaman tulang akan menstabilkan implan di dalamnya. Tegangan di tepi acetabulum tersebut berupa gaya yang arahnya tegak lurus terhadap lingkaran acetabulum untuk menstabilkan implan.¹³

2.3.4. Pemilihan Komponen Implan Total Hip Arthroplasty

Pertimbangan pemilihan komponen THA yang sangat beragam baik itu dalam segi desain maupun jenis bahan yang digunakan menuntut ahli bedah untuk memahami dasar-dasar keilmuannya. Terlebih perkembangan terus dilakukan dari waktu ke waktu untuk menyempurnakan hasil operasi yang dapat dirasakan oleh pasien. Beberapa jenis implan didesain lebih baik daripada yang lain, dan hal itu memberikan keunggulan untuk kondisi tertentu sesuai dengan kebutuhan pasien. Pemilihan terhadap komponen THA yang akan dipasang secara spesifik pada seorang pasien dapat dipertimbangkan dari seberapa persen keberhasilan implan tersebut memuaskan pasien. Tidak ada satupun desain implan yang mampu menyesuaikan dengan seluruh kebutuhan pasien, dan kelebihan serta kekurangan jenis-jenis implan tersebut merupakan aset berharga yang dimiliki seorang ahli bedah. Sehingga pemilihan implan dapat disimpulkan sebagai suatu proses yang mencakup aspek kebutuhan pasien, prediksi kemampuan pasien dalam menjaga keawetan implan sesuai dengan jenis dan level aktifitasnya, kualitas tulang dan ukurannya, ketersediaan implan dan instrumen penunjangnya, serta pengalaman ahli bedah.¹³

Dalam teknik THA yang umum dilakukan adalah acetabulum, head femur sekaligus neck femur akan digantikan oleh implan prostesis. Sedangkan dalam resurfacing THA hanya acetabulum dan head femur saja yang diganti, sementara neck femur dipertahankan. Subkategorisasi lebih lanjut dilihat berdasarkan material yang digunakan sebagai bantalan implan acetabulum dan head femur. Terdiri dari bantalan “keras” seperti metal atau keramik, dan bantalan “lunak” seperti polyethylene.⁴

Teknik Fiksasi

Cemented stem fixation

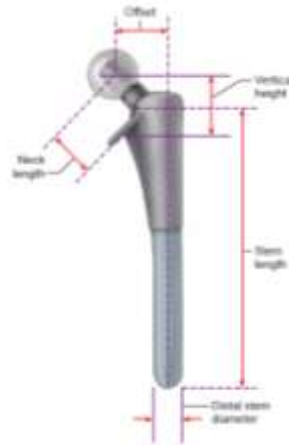
Semen tulang terdiri dari campuran dari semen akrilik dan aditif, termasuk Barium (atau Zirkonium) untuk membuatnya radioopaque. Hybrid artroplasti adalah kombinasi dari batang femoralis disemen dan *acetabular cup cementless*, sedangkan di reverse *hybrid arthroplasty* menggunakan cementless stem femoralis dan cup acetabular disemen.⁴

Cementless stem fixation

Fiksasi stem *Cementless* menggunakan mekanisme *press fitting* dengan menempatkan stem yang sedikit lebih besar ke dalam rongga femoral yang telah dipersiapkan sebelumnya. Lapisan berpori yang memungkinkan tulang mengalami pertumbuhan. *Stem cementless* ini ada dalam berbagai bentuk, dengan kerah atau tanpa kerah; stem meruncing, anatomis atau silinder. Peningkatan ketahanan *cup uncemented* ini dilapisi melingkar dan stem telah mendukung kebutuhannya untuk berkembang, meskipun biaya yang lebih tinggi (sering sekitar tiga atau empat kali lebih mahal jika dibandingkan dengan berbagai semen).⁴

Komponen Femur

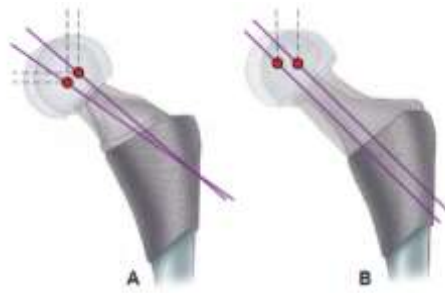
Fungsi utama komponen femur adalah menggantikan fungsi head dan neck femur setelah dilakukan reseksi segmen yang OA. Tujuan utama dari penggantian ini adalah mencapai kestabilan sendi panggul dengan perhatian utama pengembalian posisi COR head femur kembali pada posisi normal. Lokasi ini ditentukan oleh 3 faktor antara lain (1) ketinggian (*vertical offset*); (2) medial offset (*horizontal offset*, atau sederhananya *offset*); (3) sudut hadap (*version*) neck femur (*anterior offset*). *Vertical offset* dan *horizontal offset* akan meningkatkan panjang neck femur, dan rekonstruksi kedua hal tersebut secara tepat adalah tujuan dari memelihara panjang neck femur. Sebagian besar sistem implan THA modern panjang neck femur dapat disesuaikan secara modular yang bervariasi panjangnya mulai 25 mm hingga 50 mm.¹³



Gambar 34. Gambaran komponen femur. Panjang neck diukur dari COR head femur ke basis dari neck femur. Head-stem offset / medial offset diukur dari COR hingga garis axis stem femur. Panjang stem diukur dari basis medial neck femur hingga ujung stem. Sudut neck femur diukur dari garis dari COR yang ditarik sejajar dengan neck femur dan memotong garis axis stem femur. Contoh sistem ini menggunakan penambahan di sisi medial neck stem yang biasa disebut *collar*.¹⁵

Vertical offset / ketinggian pada dasarnya ditentukan dari panjang dasar neck prosthesis ditambah ketinggian yang dicapai dari head modularnya. Tambahan ketinggian dapat diperoleh lagi dari seberapa dalam implan dipasang pada kanal femur. Bila menggunakan sistem *cemented* vertical offset juga dapat disesuaikan dengan berbagai macam level osteotomi neck femur. Hal ini yang tidak bisa didapatkan dari sistem *cementless* yang kedalaman pemasangan implan tergantung pada press fit nya implan terhadap kanal femur.¹³

Offset / horizontal offset adalah jarak dari COR hingga ke berpotongan dengan garis yang dibentuk oleh axis stem femur, dan biasanya merupakan fungsi utama dari desain stem. Kegagalan mengembalikan offset ini akan memendekkan lengan ungkit dari otot-otot abduksi yang akan menyebabkan peningkatan tekanan yang bekerja di sendi, pincang, dan jepitan tulang yang bisa berakhir dengan dislokasi sendi. Saat ini banyak jenis komponen femur yang diproduksi untuk memenuhi berbagai macam variasi normal anatomi femur masing-masing individu. Hal itu bisa dicapai dengan mengurangi sudut neck-stem (umumnya 127°) atau meletakkan komponen neck di komponen femur lebih ke medial. Hal ini dapat dengan jelas di ilustrasikan pada gambar 44.¹³



Gambar 35. Beberapa variasi komponen neck untuk meningkatkan offset. (A) Sudut neck-stem dikurangi. (B) Neck diletakkan di stem femur lebih ke medial.¹³

Sudut hadap / *version* adalah orientasi komponen neck terhadap potongan koronal yang disebut anteversi atau retroversi. Pengembalian sudut veris neck femur ini sangat penting untuk mencapai stabilitas sendi prostesis. Normalnya femur memiliki sudut anteversi 10° - 15° terhadap neck dalam potongan koronal saat kaki menghadap lurus ke depan, dan sistem prostesis femur harus sesuai dengan sudut normal ini untuk mencapai ketahanan dan kestabilan yang baik. Anteversi yang baik dapat dicapai dengan mengatur dengan mengatur rotasi implan dalam kanal femur. Dalam teknik *cemented* THA tidak ada masalah berarti dalam mengatur rotasi implan ini, namun pada teknik press-fit THA, komponen femur harus dimasukkan sesuai dengan orientasi neck femur untuk mencapai rotasi yang diinginkan sekaligus press fit ke femur proksimal dan mencapai stabilitas rotasi implan yang baik. Kesulitan ini dapat dipecahkan dengan penggunaan implan dengan neck modular yang bisa menyesuaikan sudut anteversi yang diinginkan tanpa perlu mempertimbangkan arah rotasi implan femur. Pada pengembangan implan modern saat ini komponen femur cenderung diciptakan dengan sistem modular yang utuh, baik itu secara geometris dan panjangnya, terhadap komponen neck yang bertujuan untuk mempermudah pengaturan panjang, offset, dan versi secara bebas.¹³

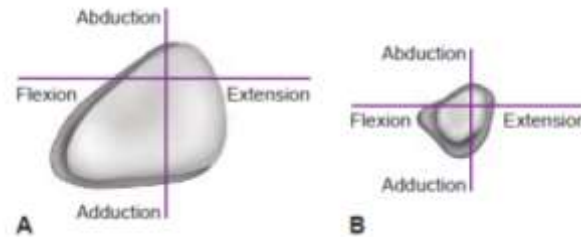


Gambar 36. Neck femur modular dengan sambungan taper di stem dan head femur. Variasi konfigurasi dapat dipilih untuk mencapai offset, ketinggian, dan versi yang baik.¹³

2.3.5. Kestabilan Sendi dan Luas Gerak Sendi dalam Total Hip Arthroplasty

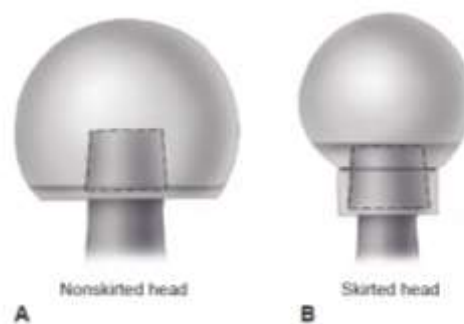
Ukuran head femur, rasio antara diameter head-neck dan bentuk neck di komponen femur memegang peranan penting dalam luas gerak sendi panggul, derajat jepitan antara neck dan bibir soket komponen acetabulum, dan stabilitas sendi panggul. Jepitan itu sendiri dapat mempercepat keausan *polyethylene*, komponen acetabulum, *liner* / bantalan yang semakin longgar, yang pada akhirnya dapat mengarah pada dislokasi sendi atau bahkan fraktur. Penemuan jenis bantalan baru yang lebih canggih memungkinkan untuk menggunakan ukuran implan head femur lebih besar dari yang selama ini digunakan.¹³

Dengan menggunakan suatu perangkat lunak untuk melakukan simulasi ROM dengan implan virtual, Barrack *et al* mendapatkan bahwa ROM sendi panggul akan meningkat 8° pada penambahan diameter head femur dari 28 mm menjadi 32 mm. ROM juga akan menurun drastis bila menggunakan jenis implan neck femur dengan bentuk bulat daripada pipih, terlebih bila digabungkan dengan penggunaan implan head femur dengan kerah / *skirted*.¹³



Gambar 37. Efek diameter head femur dan bentuk neck femur terhadap ROM. (A) Perubahan ukuran head femur 28 mm (warna gelap) menjadi 32 mm (warna terang) meningkatkan derajat jepitan fleksi sebesar 8 mm lebih lebar. (B) penampang neck femur yang bulat secara dramatis akan menurunkan ROM hingga terjadi jepitan (warna terang), yang akan bertambah semakin kecil bila menggunakan implan head femur *skirted*.¹⁵

Penampang neck femur trapezoid akan menghasilkan ROM lebih lebar daripada penampang bulat. Pada model percobaan yang dilakukan oleh Burroughs *et al* ditemukan bahwa diameter head femur yang lebih besar daripada 32 mm jepitan antara tulang dengan prostesis akan dapat diminimalisir secara signifikan, terlebih jika menggunakan diameter lebih dari 38 mm maka jepitan yang akan terjadi hanya antara tulang dengan tulang tergantung dari bentuk tulangnya. Konfigurasi ideal untuk menghindari jepitan dan mendapatkan ROM maksimal adalah penggunaan neck femur berbentuk trapezoid dipadukan dengan head femur dengan ukuran diameter yang besar tanpa kerah. Pada prakteknya, penentuan diameter head femur sangat tergantung dari ukuran acetabulum dan jenis bantalan acetabulum yang digunakan.¹³



Gambar 38. Rasio head-neck implan. Implan head femur dengan diameter besar dipadukan dengan implan neck femur berpenampang trapezoid memiliki ROM lebih luas dan sudut jepitan yang lebih kecil bila dibandingkan dengan diameter kecil ditambah *skirted* dan penampang neck femur bulat.¹⁵

2.3.6. Kepentingan *Center of Rotation* dan Ofset Femur Dalam THA

Pada posisi berdiri dengan satu tungkai, berat badan akan ditahan oleh kekuatan otot abduktor. Segala perubahan pada COR paska THA akan mempengaruhi lengan ungkit ketegangan otot abduktor sedemikian juga lengan ungkit beban tubuh, sehingga mempengaruhi kekuatan yang dibutuhkan otot untuk menyeimbangkan pelvis. Medialisasi COR yang mengurangi panjang lengan ungkit beban tubuh memberikan dampak positif pada fungsi hip dan memperpanjang usia pakai implan THA. Posisi COR pada sumbu vertikal tubuh juga menentukan tegangan otot-otot abduktor, oleh karenanya pergeseran COR paska THA ke arah superolateral dikaitkan dengan peningkatan angka insiden aseptik loosening.⁵

Meskipun disarankan untuk melakukan medialisasi COR disertai dengan peningkatan ofset femur, bukan berarti hal itu tidak membawa dampak negatif. Medialisasi COR mempunyai dampak negatif terhadap kekuatan reaksi sendi, dan meningkatkan resiko penipisan tulang dan perubahan proprioseptif.⁵

Peningkatan ofset femur akan meningkatkan kekuatan otot-otot abduktor, oleh karenanya akan mengurangi kepincangan dan ketergantungan akan alat bantu jalan. Disamping itu, peningkatan ofset femur juga akan meningkatkan ROM sendi panggul dan mengurangi resiko dislokasi serta keausan bantalan *polyethylene*. Sebaliknya pasien dengan berkurangnya ofset femur akan menurunkan tes fungsionalnya. Karena beberapa hal, kecilnya femoral ofset akan meningkatkan skor nyeri paska THA.⁵

2.4. Analisa Radiografi Total Hip Arthroplasty

Saat ini MRI, CT, dan sonografi sebagai modalitas pencitraan sendi sudah cukup banyak digunakan, radiografi polos paska operasi tetap menjadi kunci dalam penilaian paska hip artroplasty, karena mudah dilakukan dan tersedia dengan biaya yang lebih murah serta bebas dari artefak logam yang mengganggu dan bisa menggambarkan perbandingan panjang tungkai kanan dan kiri. Studi *cross sectional* mungkin memiliki peran penting dalam mengevaluasi dan menentukan kelainan tulang periprosthetic dan jaringan lunak juxtaarticular, namun masih cukup mahal. Artefak masih menghambat kualitas gambar MR dan interpretasi pencitraan, meskipun urutan modifikasi telah ditunjukkan untuk memungkinkan evaluasi antar prostetik tulang dan jaringan lunak sekitarnya. Multi detektor CT menginduksi paparan radiasi pasien lebih tinggi dibandingkan dengan radiografi

konvensional. Sonografi tidak cocok untuk mengevaluasi prostesis dan tulang periprostetik karena ketidakmampuan pancaran USG untuk menembus logam atau tulang.⁴

2.4.1. Evaluasi Paska Operasi THA

Pemeriksaan radiografi paska operasi di ruang pemulihan tidak efektif baik untuk tujuan evaluasi awal maupun sebagai dasar evaluasi paska operasi yang berkelanjutan. Oleh karenanya Jan Vanrusselt, *et al*, memberikan rekomendasi untuk dilakukan pemeriksaan radiografi pelvis paska operasi dengan posisi berdiri, ekstensi dan endorotasi maksimal sendi panggul. Dengan fokus sinar X di simfisis pubis untuk memastikan terlihatnya seluruh bagian pelvis hingga femur proximal. Pemeriksaan ini dilakukan pada minggu ke-6 dan bulan ke-12 paska operasi, kecuali didapatkan adanya nyeri atau gejala klinis yang memerlukan evaluasi segera.⁴

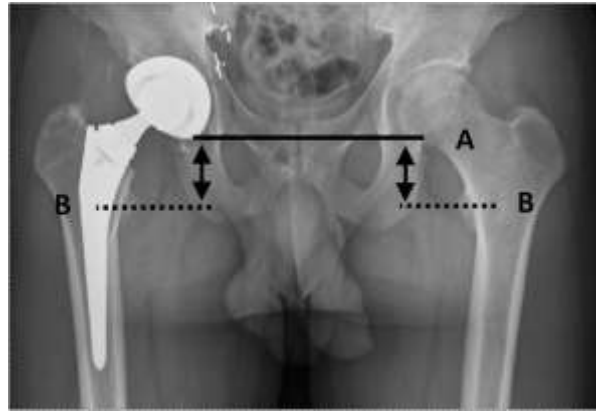
Evaluasi yang dilakukan meliputi parameter yang ada di tabel 7 di bawah ini, dengan penjelasan tabel pada paragraf selanjutnya.

Parameters	Normal findings
Leg length	Acceptable discrepancy of < 1 cm
Horizontal center of rotation	Equal to that of the contralateral hip
Vertical center of rotation	Equal to that of the contralateral hip
Acetabular inclination	Between 30° and 50° (total & resurfacing arthroplasty)
Femoral stem positioning	Neutral alignment with the longitudinal axis of the shaft
Acetabular anteversion (on a lateral radiograph)	Between 5° and 25°
Cement mantle thickness	2–3 mm femoral; no consensus on acetabular mantle thickness (3 mm is suggested)

Tabel 7. Parameter yang harus dievaluasi paska THA.⁴

Leg Length

Panjang kaki diukur dengan menggambar garis melintang yang menghubungkan perbatasan inferior *tear drop* acetabular, garis referensi trochanters panggul. Trochanter minor digunakan sebagai garis referensi femoral. Garis tegak lurus yang ditarik dari garis referensi panggul ke garis referensi femoral, perbedaan antara jarak merupakan *leg length*. Perbedaan panjang kaki merupakan hal umum yang terjadi setelah artroplasti; perbedaan hingga 1 cm masih ditoleransi dengan baik. ketidaksetaraan yang moderate biasanya dikoreksi dengan sepatu orthosis.⁴



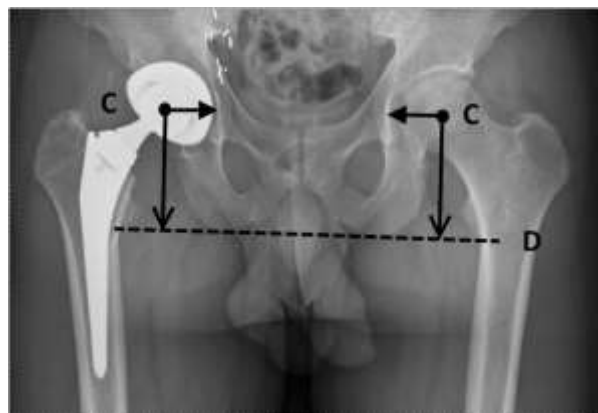
Gambar 39. Pengukuran panjang kaki paska THA. (A) adalah ujung teardrops yang dihubungkan dengan trochanter minor (B).⁴

Pusat Rotasi Horizontal

Pusat rotasi horisontal didefinisikan oleh jarak antara pusat caput femoris dan bayangan *tear drop*. Idealnya, jarak ini seharusnya sama dengan pinggul kontralateral; memposisikan lateral komponen acetabular yang berlebihan meningkatkan risiko dislokasi.⁴

Pusat Rotasi Vertikal

Pusat rotasi vertikal didefinisikan oleh jarak antara pusat dari kaput femoris dan garis transisial tuberositas. Idealnya, jarak ini seharusnya sama dengan pinggul kontralateral, meniru anatomi normal.⁴



Gambar 40. Pusat rotasi horizontal (C) adalah jarak yang di ukur dari COR ke batas lateral teardrop, dan pusat rotasi vertikal (D) adalah jarak yang diukur dari COR dengan garis transischial tuberosity.⁴

Inklinasi Acetabulum

inklinasi acetabulum adalah sudut antara sisi artikular dari cup acetabular dengan axis transversal. Pengukuran sudut ini dengan membuat garis melalui margin medial dan lateral dari cup dan pengukuran sudut dengan garis transisial tuberositas. Rentang normal dari inklinasi ini adalah antara 30 dan 50°. Sudut yang lebih kecil menjadikan pinggul lebih stabil tetapi mengurangi abduksi. Sudut yang lebih besar dikaitkan dengan risiko dislokasi pinggul yang lebih besar.⁴

Penempatan Stem Femoral

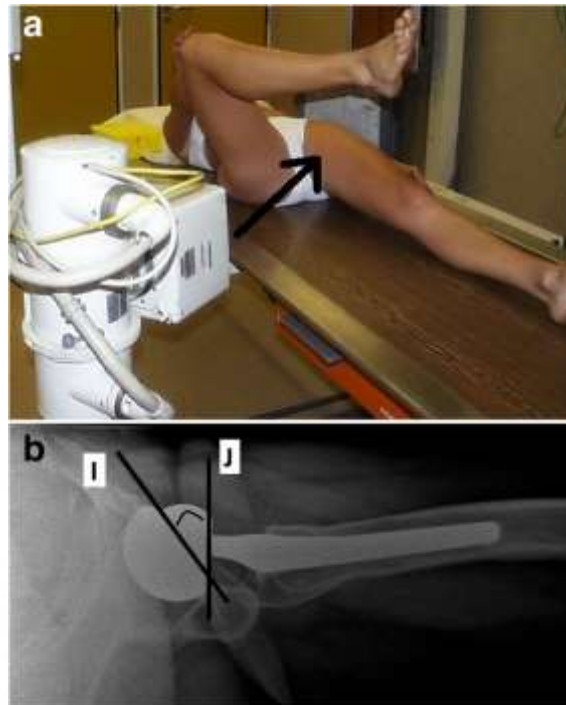
Idealnya, posisi stem femoral pada gambaran AP seharusnya terlihat netral. Dengan axis longitudinal poros femoral dan tepi terletak di poros. Banyak penelitian menggambarkan kegagalan dari stem femoral yang dikaitkan dengan malposisi varus. Komponen femoral dari *resurfacing arthroplasty* seharusnya ditempatkan di posisi relatif valgus 5-10°. ⁴



Gambar 41. Pengukuran sudut inklinasi acetabulum dengan menggaris batas medial dan lateral cup acetabulum (E) yang memotong garis transischial (D). Sementara (F) adalah posisi stem femur yang harus sejajar dengan axis femur.⁴

Anteversi Acetabular

Anteversi acetabular didefinisikan pada gambaran lateral sudut antara axis acetabular dengan *coronal plane*. Rentang nilai normal dari 5° sampai 25° memungkinkan untuk gerakan flexi pinggul yang cukup. Retroversi acetabular adalah predisposisi terjadinya dislokasi sendi panggul.⁴



Gambar 42. (a) Posisi pasien untuk pengambilan rontgen lateral view, gambar panah adalah arah sinar rotgen. Anteversi acetabulum ditentukan sudut yang dibentuk oleh axis acetabulum (I) dengan bidang coronal (J). Pada pasien ini tampak sudut anteversi acetabulum adalah 25° .⁴

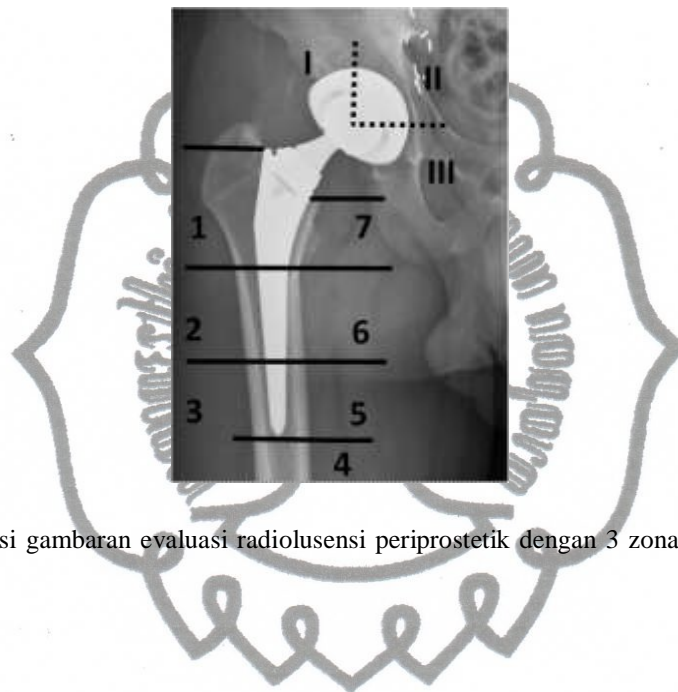
Evaluasi Pergeseran COR Pre dan Paska Operatif



Gambar 43. Pengukuran pergeseran COR paska THA meliputi garis horizontal inter-ischial yang tegak lurus terhadap garis vertikal midline tubuh. (I) Jarak antara garis vertikal midline tubuh dengan batas medial lingkaran acetabulum. (II) Jarak antara garis vertikal midline tubuh dengan dengan korteks femur proksimal lateral. (III) Jarak antara garis vertikal midline tubuh dengan COR (offset acetabular). Offset femur adalah panjang (II) dikurangi panjang (III). (IV) Jarak antara garis horizontal dengan atap acetabulum. (V) Jarak antara garis horizontal dengan COR.⁵

Mantel Cement

Permukaan semen tulang, permukaan semen prostetik dan ketebalan semen seharusnya diteliti untuk terjadinya celah atau lusensi. Tidak terdapat konsensus, bagaimana ketebalan mantel semen acetabular yang ideal in vivo (evaluasi in vitro disarankan ketebalan optimal 3mm). Mantel semen femoral komplit 2-3mm menunjukkan hasil yang baik. Untuk lokalisasi terkait semen atau kelainan periprostetik pada acetabular dan komponen femoral, distandarisasi masing-masing telah dijelaskan oleh Charnley-delee dan Gruen.⁴



Gambar 44. Standarisasi gambaran evaluasi radiolusensi periprostetik dengan 3 zona acetabulum dan 7 zona femur.⁴

2.4.2. Komplikasi THA Dalam Radiografi

Ciri-ciri radiografi terkait komplikasi atau kegagalan bisa diklasifikasikan menjadi tiga kategori mayor, berdasarkan dari tampilan radiografinya.

1. Lusensi Periprostetik

Aseptic loosening atau *ostelysis* adalah proses biologis yang menandakan makrofag memfagositosis debris tertentu, menyebabkan granulomatosi aseptik benda asing. Implan menjadi terpisah dari tulang inang, menghasilkan *loosening* mekanis / aseptik. Pada radiografi hal ini akan memunculkan zona radiolusen periprostetik di sekitar semen dan tulang atau di antara permukaan prostetik dan tulang.⁴



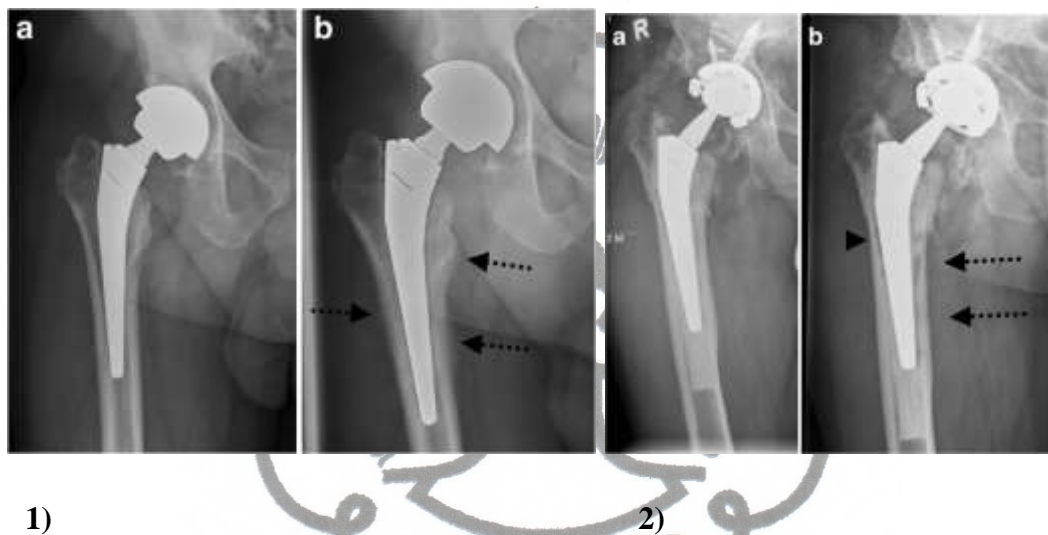
Gambar 45. Gambaran AP 3 tahun paska operasi menunjukkan adanya *aseptic loosening*, yang berdasar evaluasi radiografis menunjukkan daerah radiolusen periporsetetik pada zona Gruen 5/6 (panah).⁴

Aseptic loosening dan *osteolysis* seharusnya dibedakan dengan penyebab yang lain, yaitu penyebab lusensi periprostetik non patologis. Pada *cemented arthroplasty*, lusensi < 2mm pada permukaan semen tulang yang dibatasi oleh garis sklerotik tipis mengindikasikan pembentukan membran fibrous. Hal ini menggambarkan reaksi stabil jaringan ikat pada semen. Pada *cementless arthroplasty*, dimana lusensi yang sama sebesar < 2mm dan juga dibatasi oleh garis sklerotik tipis, dimana sepanjang segmen tersebut menunjukkan tidak ada perkembangan tulang, dianggap cukup stabil.⁴



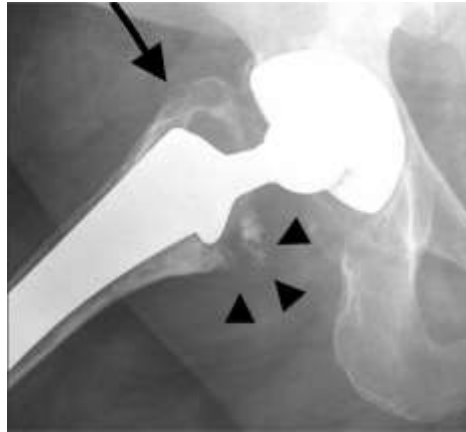
Gambar 46. Gambar AP THA cementless. Lusensi < 2mm dibatasi oleh lapisan sklerotik tipis di zone Gruen 3/4 menunjukkan pertumbuhan jaringan ikat daripada proses pertumbuhan tulang (*bone in growth*), dianggap masih cukup stabil.⁴

Sebaliknya gambaran lusensi periprosthetic lebih dari 2mm dan/atau lusensi progresif menunjukkan adanya masalah yang perlu diwaspadai. Infeksi tetap menjadi komplikasi jangka panjang yang terbesar dan sangat merugikan. Hal ini terjadi pada 1-2% kasus paska THA. Sama dengan *loosening* aseptik, radiografi polos menunjukkan gambaran radiolusen zona periporstetik di sekitar semen dan tulang atau permukaan prostetik dan tulang. Seringkali sangat sulit membedakan antara septik dan aseptic loosening, terutama ketika tidak adanya radiografi sebelumnya. Bagaimanapun, kehadiran reaksi periosteal femur atau penyakit yang progresif mengindikasikan septik daripada *loosening* aseptik.⁴



Gambar 47. (1a) gambar radiografi AP 1 bulan paska operasi THA menunjukkan gambaran normal. (1b) Gambar radiografi AP 3 bulan paska operasi pada pasien yang sama menunjukkan gambaran tanda reaksi periosteal di zona Gruen 2/5/6/7 (panah). Sementara (2a) merupakan gambar radiografi normal 4 bulan pasien paska operasi THA *cemented* dengan fixasi screw acetabulum, menjadi (2b) pada pasien yang sama 5 bulan paska operasi menunjukkan lusensi periprostetik di zona Gruen 5/6 (panah). Kedua hal ini membuktikan adanya proses infeksi.⁴

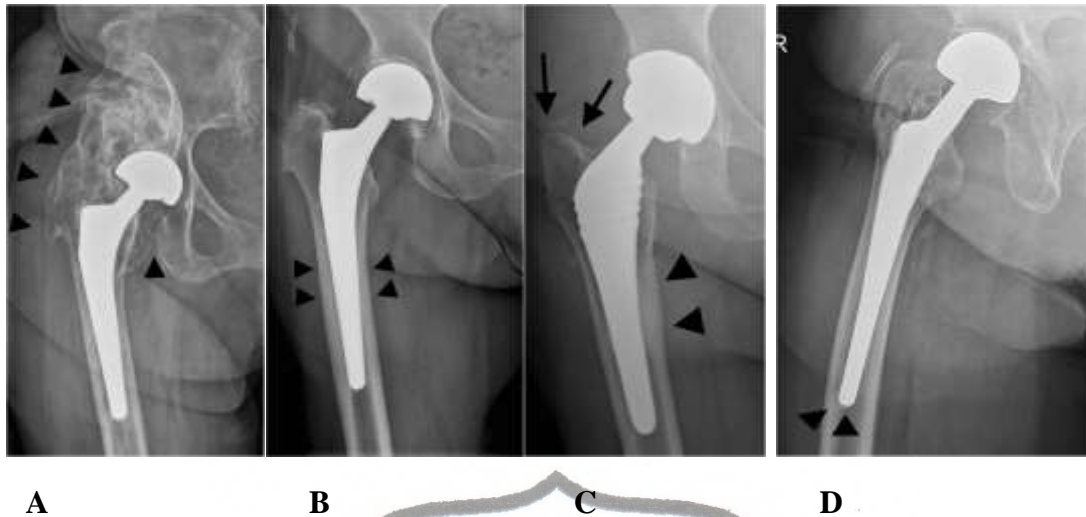
Pengendapan partikel logam pada jaringan periprostetik bisa terjadi, terutama pada THA dengan bantalan metal ke metal. Proses ini disebut juga “efek samping debris metal” merupakan proses yang merugikan dari debris logam, termasuk metallosis, lesi akibat aseptik limfomatik vaskulitis, dan pseudotumor. Radiografi biasanya menunjukkan temuan normal, tetapi pada kasus yang lama memungkinkan muncul gambaran loosening atau pada *resurfacing arthroplasty*, erosis pada tulang kortikal yang diakibatkan oleh tekanan.⁴



Gambar 48. Radiografi AP paska THA Cementless menunjukkan adanya lusensi periprostetik pada area trochanter mayor (panah) dan beberapa densitasi *punctate* di sekitar trochanter minor / zona Gruen 7 (kepala panah) hal ini menunjukkan adanya partikel logam yang merupakan debris logam dari THA.⁴

2. Sclerosis dan proliferasi tulang

Pembentukan tulang di luar lokasi normalnya disebut pembentukan tulang heterotopic, hal ini terjadi hingga setengah dari jumlah pasien dan jarang menyebabkan keterbatasan gerakan yang signifikan. *Spot welding* adalah pembentukan tulang baru yang berasal dari permukaan endosteal dan mencapai prosthesis. Hal ini sebagian besar terlihat di stem femur *cementless* dan merupakan penanda stabilitas yang baik. *Stress shielding* mengacu pada perubahan beban normal dari *neck* femur dan daerah intertrochanter femur ke diaphysis proksimal femur (implan hip mengubah kekuatan mekanik), menyebabkan resorpsi tulang pada sisi lateral femur proksimal, yang paling sering terlihat di Gruen zona 1, serta hipertrofi tulang pada sisi medial proksimal femur. Proses ini menyiratkan stabilitas dan tidak boleh disalahartikan sebagai komplikasi. Alas tulang adalah bagian sklerotik di ujung komponen femur tipe *cementless*, yang menjembatani kanal meduler. Hubungan antara hal ini dengan *loosening* masih belum jelas.⁴



Gambar 49. (A) Rontgen AP hip dengan pembentukan tulang heterotopic (panah), dan terdapat perlengketan dengan pelvis yang menghambat ROM. (B) Rontgen AP yang menunjukkan adanya *spot welding* pada zona Gruen 2. (C) Rontgen AP yang menunjukkan gambaran *stress shielding*. Ditunjukkan dengan hipertrofi kortikal di zona Gruen 1 (kepala panah) dan atrofi pada zona Gruen 6 (panah) yang merupakan proses remodeling tulang. (D) Rontgen AP yang menunjukkan dasar tulang di zona Gruen 4.⁴

3. Komponen Failure/ fraktur

Biasanya terjadi pada artroplasti dengan komponen polyethylene (keras pada lunak atau lunak pada lunak kombinasi permukaan bantalan). Posisi asimetris dari *caput femur* dalam cup acetabular pada radiografi adalah tanda pasti memakai polyethylene.⁴

Dislokasi bervariasi dari 0,5 sampai 10% setelah hip artroplasti total. Dislokasi terjadi pada periode paska operasi awal, selama *weight bearing* awal. Kemiringan abnormal acetabular, retroversi acetabular atau pusat rotasi tidak benar, meningkatkan kemungkinan dislokasi.⁴

Fraktur Periprosthetic lebih sering terjadi di sekitar komponen femoral dari acetabular, baik itu intra atau paska operasi. Klasifikasi vancouver membagi periprosthetic, patah tulang paska operasi femur menjadi tiga jenis utama. Fraktur femoralis paska operasi terjadi biasanya, tetapi tidak eksklusif, pada proksimal shaft femoralis. Fraktur prostetik terjadi terutama di stem femoralis implan,; ini biasanya terjadi pada prostesis distal yang tetap, tetapi proksimal yang mobile dan mengakibatkan patah tulang melalui tengah atau sepertiga proksimal stem. Pasien dengan Indeks massa tubuh (BMI) yang meningkat berada pada risiko yang lebih besar mengalami kegagalan karena beban. *Varus malpositioning* predisposisi fraktur stem femur.⁴



Gambar 50. (A) Dislokasi paskaerior hip (B) Fraktur periprostetik di zona Gruen 5, Vancouver tipe B1 (C) Fraktur prostetik pada neck implan femur.⁴

2.4.2. Metode Penentuan *Center of Rotation* Berdasarkan Landmark Pelvis

Penentuan lokasi anatomis COR sendi panggul yang telah berubah karena perubahan geometri bentuk head femur bisa dilakukan dengan mudah dengan cara memproyeksikannya terhadap sendi kontralateral. Namun hal itu akan sulit dilakukan bila keduanya telah mengalami kerusakan. Terdapat banyak cara yang bisa digunakan untuk menentukan lokasi anatomis COR sendi panggul.¹⁴



Gambar 51. Metode 1. Fessy et al menghitung jarak horisontal (X) dan vertikal (Y) dari pusat sendi panggul dari ujung distal dari teardrop acetabular dan jarak vertikal (L) antara garis yang menghubungkan

tepi inferior dari kedua sendi sacroiliac dan kedua teardrop difigurkan: $Y = 0,204 L - 0,794$. Untuk menghitung X mereka menggunakan garis Koehler sebagai referensi: jarak dari garis Koehler dari tepi medial ilium ke persimpangan dengan garis menghubungkan kedua sendi sacroiliac inferior. Ditemukan menjadi berbeda pada pria dan wanita. X didefinisikan sebagai $0,093 I + 33,195$ pada pria. Pada wanita, horizontal Posisi pusat sendi panggul X langsung berkorelasi dengan Y: $X = 0,284 Y + 29,016$.¹⁴



Gambar 52. Metode 2. Fessy et al didefinisikan jarak horizontal berarti (X) dari tegak lurus terhadap garis antar-titik teardrop dan rata-rata jarak vertikal (Y) dari tegak lurus baris Koehler. garis Koehler dan antar para baris teardrop ditarik gambar x-ray, dan pusat pinggul bersama terletak: jarak rata-rata X adalah 33,6 mm dan jarak rata-rata Y adalah 16,34 mm.¹⁴



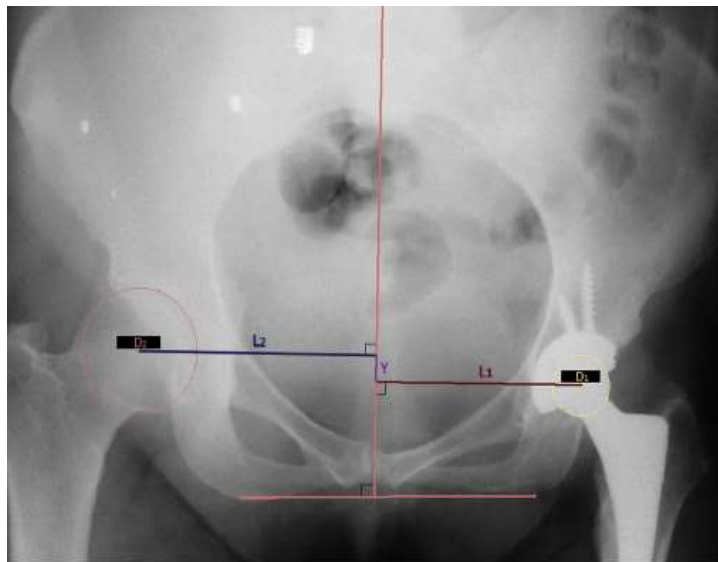
Gambar 53. Metode 3. John dan Fisher mengukur jarak vertikal dan horizontal dari pusat kaput femoral dari tepi inferior dari teardrop. Ketinggian panggul adalah didefinisikan sebagai jarak vertikal antara garis yang menghubungkan *pelvic rim* superior dan tuberositas ischiatic bilateral. Para penulis membagi jarak vertikal dan horizontal dari kaput femoral dari teardrop dengan tinggi badan panggul dan mendefinisikan jarak horisontal 13% dari tinggi panggul dan jarak vertikal 7% dari tinggi panggul. Nilai rata-rata ini digunakan untuk menentukan pusat sendi panggul pada radiografi panggul.¹⁴



Gambar 54. Metoda 4 dan 5. Pierchon et al membuat garis horizontal melalui kedua teardrop dan tepi inferior sendi sacroiliac; jarak vertikal dan horizontal dari teardrop itu dinormalisasi dengan membagi mereka dengan antar-jarak *teardrop* (metode 4) dan jarak antara garis antar-teardrop dan garis inferior sendi sacroiliac (metode 5), masing-masing.¹⁴



Gambar 55. Metode 6. Ranawat et al menerbitkan sebuah estimasi posisi acetabular dan tidak langsung dibangun pusat sendi panggul dari segitiga sama kaki terletak 5 mm lateral dari persimpangan garis Koehler dan Shenton ini. Panjang sisi segitiga didefinisikan oleh seperlima dari tinggi panggul dan tepi acetabulum.¹⁴



Gambar 56. Metode Abolghasemian *et al.* Mempelajari gambaran radiologis displasemen dari pusat panggul dibandingkan dengan sisi yang normal dalam dua bidang (Medial-lateral dan Superior inferior). Metode ini menggunakan *interisical line* sebagai panduan untuk displacemen superior-inferior dan vertical bisector dari panggul untuk displacemen medial-lateral. Kemudian displacemen dibandingkan berdasarkan presentase terhadap sisi yang normal.¹⁴

Berdasarkan landmark pelvis yang telah dilakukan oleh beberapa penulis, sebagian besar menggunakan *teardrop* acetabulum sebagai landmark dengan hasil yang paling sesuai dengan posisi anatomis COR. Deviasi COR ke inferior dan medial ditandai positif sedangkan deviasi ke superior dan lateral ditandai negatif.¹⁴

Pada penelitian tersebut, magnifikasi X-ray dan rotasi dan tilting pelvis dapat diabaikan karena pada prakteknya sangat sulit mengontrol hal tersebut secara akurat. Sedangkan perbandingan metode yang paling akurat untuk menentukan posisi COR adalah metode yang dilakukan oleh Fessy *et al*, terlebih metode ini menunjukkan perbedaan statistik

yang sangat kecil antara pria dan wanita, baik itu dari parameter vertikal maupun horizontalnya.¹⁴

2.5. Penilaian Fungsi Hip Joint

Tujuan utama dalam melakukan operasi THA pada pasien OA hip adalah memperbaiki fungsi dan menghilangkan nyeri *hip joint*. Untuk itu kita harus tahu seberapa besar gangguan *hip joint* dan berapa target yang ingin dicapai paska THA seobjektif mungkin. Terdapat beberapa macam metode untuk mengukur fungsi *hip joint* yang telah digunakan di level internasional antara lain HHS, *Hip Disability and Osteoarthritis Outcome Score*, *Oxford Hip Score*, *Lequesne Index of Severity for Osteoarthritis of the Hip*, dan *American Academy of Orthopedic Surgeons Hip and Knee Questionnaire*.¹⁷

2.5.1. Harris Hip Score

Dalam artikel aslinya, William Harris menuliskan bahwa nyeri dan fungsi adalah pertimbangan mendasar untuk indikasi operatif pada pasien OA hip. Untuk itu diciptakanlah suatu sistem penilaian yang bertujuan untuk mengevaluasi keadaan klinis pasien OA hip terkait nyeri dan fungsi dari sendi panggulnya.¹⁸ Tujuan penilaian itu adalah untuk menentukan seberapa berat kondisi klinis pre operatif yang turut menjadi pertimbangan perlu tidaknya operasi dan evaluasi paska operatifnya.

Penilaian HHS meliputi 4 topik utama penilaian, yaitu nyeri, fungsi, luas gerak sendi, dan ada tidaknya deformitas. Untuk topik fungsi terdapat 2 subtopik yaitu pola jalan dan fungsi. Pola jalan meliputi ada tidaknya pincang dan ada tidaknya alat bantu jalan. Sedangkan fungsi meliputi kemampuan naik turun tangga, memakai sepatu dan kaos kaki, dan menggunakan alat transportasi umum (bus). Poin maksimal yang dapat diraih berdasarkan penilaian topik-topik tersebut adalah 100.¹⁸

2.5.2 Perbandingan Antar Sistem Penilaian *Hip Joint*

	Konten	Problem Responde n	Problem Adminstrat if	Kelebihan	Fungsi Klinis	Fungsi Riset
HHS	Nyeri, fungsi, deformitas dan ROM	Waktu survei 5 menit	Tidak membutuhkan pelatihan resmi.	Telah umum dipakai di dunia, indikasi THR terutama nyeri dan fungsi yang merupakan poin utama penilaian HHS	Tidak ada hambatan dari problem responden maupun administratif	Sangat berguna untuk evaluasi klinis jangka pendek
<i>Hip Disability and Osteoarthritis Outcome Score</i>	Nyeri, keluhan lainnya, fungsi untuk aktifitas sehari-hari, fungsi untuk olahraga dan rekreasion al, kualitas hidup yang dipengaruhi i <i>hip joint</i>	Waktu survei 10-15 menit	Tidak membutuhkan pelatihan resmi, pengolahan data bisa menggunakan format Excel	Merupakan pengembangan dari WOMAC, lebih cocok untuk usia muda yang aktif.	Sebagai instrumen evaluasi pasien OA hip di klinik	Cocok sebagai dasar kuesioner penelitian untuk penyakit spesifik
<i>Oxford Hip Score</i>	Nyeri dan fungsi hip terkait aktifitas sehari-hari	Waktu survei 2-15 menit, terdapat poin-poin yang tidak jelas dan	Hanya berupa kuisisioner, tidak memerlukan pelatihan khusus	Memiliki poin psikometris yang baik dan dapat dipakai sebagai prediktor awal kemungkinan	Aplikasi yang mudah, masih membutuhkan ulangan kuisisioner untuk	Dikembangkan sebagai instrumen penilaian tambahan untuk evaluasi

		menimbulkan pemahaman ganda		revisi THA	meningkatkan validitasnya	jangka panjang paska THA
<i>Lequesne Index of Severity for Osteoarthritis of the Hip</i>	Pengukuran keluhan yang diprovokasi dan fungsi	Waktu survei 2-5 menit	Memerlukan pelatihan untuk pengolahan data	Validitas yang rendah mungkin terjadi bila tidak sesuai dengan aplikasi klinis	Tidak berkaitan langsung dengan evaluasi psikometris	Beberapa usulan perbaikan kuisioner telah ada untuk evaluasi nyeri
<i>American Academy of Orthopedic Surgeons Hip and Knee Questionnaire</i>	Kekakuan, bengkak, nyeri yang berkaitan dengan fungsi aktifitas sehari-hari	Waktu survei yang cepat	Memerlukan aplikasi komputer untuk menghitung penilaian secara cepat	Baik untuk evaluasi psikometrik namun masih memerlukan pengembangan kuisioner	Dikembangkan untuk kegunaan di klinik dan juga untuk penelitian.	-

Tabel 8. Perbandingan antara sistem skoring *hip joint*

Masing-masing sistem skoring fungsi *hip joint* tersebut di atas memiliki kelebihan dan kekurangan. Penggunaan HHS sebagai sistem skoring fungsi *hip joint* dalam penelitian ini karena sistem HHS ini telah digunakan sebagai acuan banyak penelitian dari berbagai negara, penggunaannya sederhana, dapat meminimalisir bias interobserver, ideal untuk evaluasi jangka pendek paska THA, dan dengan tes validitas yang cukup baik.¹⁷