

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Anterior Cruciatum Ligament (ACL) dianggap sebagai penahan pasif utama untuk translasi anterior tibia pada tulang femura, dan memberikan stabilitas rotasi pada genu pada bidang frontal dan transversal. Ruptur ACL merupakan cedera genu yang cukup sering timbul terutama akibat gerakan yang kompleks seperti pada aktivitas olahraga, maupun sebagai efek dari trauma pada area genu.¹ Berbagai faktor risiko yang dapat dimodifikasi dan tidak dapat dimodifikasi (misalnya biologis, hormonal, biomekanik, dan psikososial) dapat memengaruhi kondisi kerentanan seseorang terhadap cedera genu. Penurunan kontrol neuromuskular dan biomekanik gerakan berisiko tinggi tampaknya dipengaruhi secara signifikan oleh pola gerakan tubuh dan ekstremitas bawah yang abnormal.²

Insiden ruptur ACL diperkirakan berkisar antara 30 hingga 78 per 100.000 orang pertahun.³ Di Indonesia, jumlah rekonstruksi ACL meningkat sebesar 42% pada tahun 2019 dibandingkan tahun 2018.⁴ Atlet wanita secara keseluruhan memiliki tingkat cedera per paparan yang lebih tinggi dibandingkan atlet pria dan dalam olahraga serupa, seperti sepak bola dan bola basket, angka tersebut jauh lebih tinggi.⁵

Ada tiga mekanisme utama cedera ACL: kontak langsung, kontak tidak langsung, dan nonkontak. Cedera kontak langsung terjadi ketika seseorang atau benda mengenai genu secara langsung. Cedera kontak tidak langsung terjadi ketika seseorang atau benda membentur bagian tubuh selain genu itu sendiri, menyebabkan gaya berlebihan ditransfer melalui genu (seperti trauma langsung ke femura, menggerakkan tulang femura ke belakang ke tibia), mengakibatkan kegagalan pada ACL. Cedera nonkontak terjadi ketika gaya perlambatan atau perubahan arah (poros) diterapkan pada genu, tetapi sering kali mencakup pelepasan neuromuskular pada struktur di sekitar genu pada waktu yang tidak tepat, menyebabkan translasi tibia ke tulang femur, yang mengakibatkan kegagalan pada ACL. Mekanisme nonkontak menyebabkan 60%–70% cedera ACL.⁶

Deteksi dini dari kasus ruptur ACL menjadi penting untuk dapat mengarahkan ke tatalaksana definitif selanjutnya. Pemeriksaan fisik sering kali

sudah cukup untuk membuat diagnosis, meskipun pengujian mungkin diperlukan untuk menyingkirkan penyebab lain dan mengevaluasi tingkat keparahan cedera. Untuk menyingkirkan kemungkinan patah tulang, pemeriksaan foto rontgen mungkin diperlukan. Sebaliknya, pemeriksaan foto rontgen tidak memperlihatkan jaringan lunak seperti ligamen dan tendon, sedangkan MRI menunjukkan tingkat cedera ACL serta bukti kerusakan pada jaringan lain di genu, seperti tulang rawan. Pemeriksaan diagnostik yang ditujukan untuk skiring diharapkan memiliki sensitivitas yang tinggi, serta memiliki nilai prediksi positif yang baik pula.⁷

Artrografi dianggap sebagai standar emas karena sensitivitasnya 92% hingga 100% dan spesifik 95% hingga 100%. Teknik ini adalah teknik klinis ganda untuk pemeriksaan dan tatalaksana yang secara efektif dapat menargetkan lokasi cedera untuk perbaikan dan pengobatan serta juga dapat secara akurat mengidentifikasi lokasi lesi dan menentukan tingkat cedera ligamen melalui observasi visual dan tiga dimensi pada cedera ligamen yang sulit yang dideteksi pada pencitraan. Namun, tindakan ini jarang digunakan sebagai langkah awal diagnosis karena bersifat invasif dan memerlukan anestesi.⁸

MRI merupakan modalitas utama untuk mendiagnosis patologi ACL dengan sensitivitas 86% dan spesifisitas 95%. Diagnosis juga dapat dibuat dengan artroskopi genu untuk membedakan ruptur total dan ruptur sebagian dan ruptur kronis. Pada pemeriksaan MRI, ruptur ACL mempunyai tanda primer dan sekunder. Tanda-tanda primer akan menunjukkan perubahan yang berhubungan langsung dengan cedera ligamen, sedangkan tanda sekunder adalah perubahan yang berkaitan erat dengan cedera ACL. Tanda-tanda utama termasuk edema, peningkatan sinyal ligamen anterior pada gambar T2 *weighted* yakni diskontinuitas serat, dan perubahan jalur ACL. Ruptur biasanya terjadi di bagian tengah ligamen, dan perubahan sinyal paling sering terlihat di sini dan tampak sangat intens. Tanda-tanda sekunder termasuk edema sumsum tulang (sekunder akibat *bone bruising*), fraktur kedua, terkait dengan cedera ligamen kolateral medial, atau translasi tibialis anterior lebih dari 7 mm pada tibia relatif terhadap tulang femur.⁹

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti memandang penting dilakukan penelitian untuk menilai akurasi diagnostik pencitraan MRI dengan artroskopi sebagai *gold standar* untuk deteksi ruptur ACL. Penelitian mengenai topik diatas juga masih sangat terbatas terutama di Indonesia. Oleh karena itu, peran MRI perlu di eksplorasi lebih jauh dalam menilai gambaran kelainan di genu (ruptur

ACL) pada pasien dengan cedera genu akut secara tidak invasif untuk membantu radiologis maupun klinisi dalam menilai kelainan patologis dan memprediksi luaran berdasarkan hasil pemeriksaan radiologi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas maka dapat dirumuskan suatu masalah yaitu “Bagaimana akurasi pencitraan MRI dalam menilai ruptur ACL berdasarkan hasil artroskopi sebagai *gold standard* di RSUP Dr.Wahidin Sudirohusodo Makassar” ?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui akurasi diagnostik pencitraan MRI dalam menilai ruptur ACL berdasarkan hasil artroskopi sebagai *gold standard*.

1.3.2. Tujuan Khusus

- a. Menentukan derajat ruptur ACL pada pencitraan MRI *genu*
- b. Menilai akurasi pencitraan MRI *genu* dalam menentukan derajat ruptur ACL dengan artroskopi sebagai gold standard

1.4 Hipotesis penelitian

Pencitraan MRI *genu* mempunyai akurasi yang tinggi dalam menentukan derajat ruptur ACL.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif diagnosis yang tepat untuk menilai derajat ruptur ACL berdasarkan hasil Artroskopi

1.5.2 Manfaat Metodologi

Memberikan informasi ilmiah tentang penilaian derajat rupture ACL dengan menggunakan MR

1.5.3 Manfaat Praktis

Menjadi acuan standar diagnostik dengan MRI dalam menilai derajat ruptur ACL sehingga dapat menghindari tindakan artroskopi yang tidak perlu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Anterior cruciate ligament (ACL)

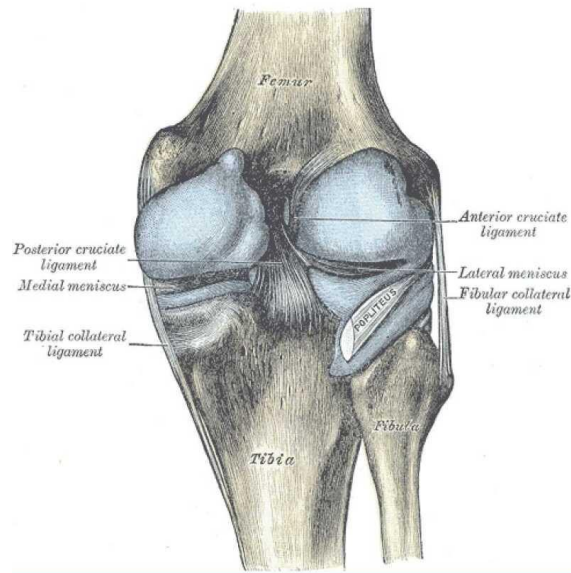
2.1.1. Anatomi ACL

Ligamentum cruciatum anterior (ACL) adalah salah satu dari dua ligamen cruciatum yang menstabilkan sendi genu dengan mencegah gerakan tibia ke depan yang berlebihan atau membatasi gerakan rotasi *genu*. Sendi *genu* dapat diidentifikasi mulai usia enam minggu, dan pembentukan ACL sebagai kondensasi mesenkim pada blastoma janin dapat diamati antara usia kehamilan 6 hingga 7 minggu. ACL muncul sebagai struktur yang berorientasi baik pada usia kehamilan sembilan minggu. ACL awalnya dimulai sebagai ligamen ventral tetapi bermigrasi ke posterior pada sendi *genu* seiring dengan berkembangnya ruang interkondilus. PCL tidak beranjak dari posisi awalnya. Kedua ligamen cruciatum bersifat intrakapsular tetapi ekstra-sinovial.¹⁰

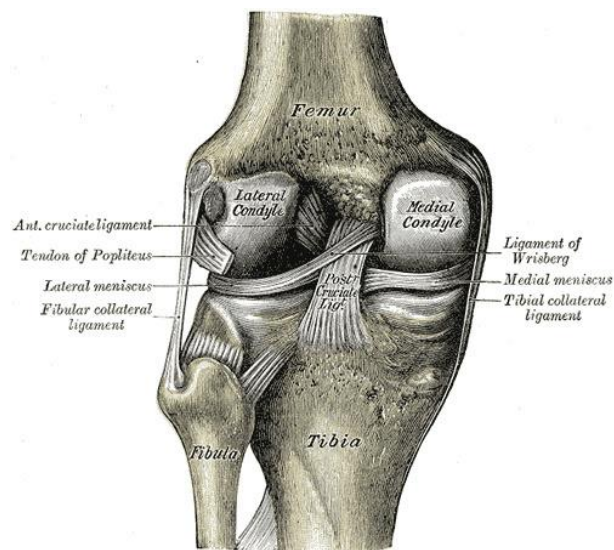
ACL adalah pita jaringan ikat khusus yang terletak di sendi genu yang menghubungkan tulang femura dan tibia. Mereka sebagian besar terdiri dari serat kolagen, yang menyumbang 70% dari berat keringnya. Sebagian besar kolagen tipe I (90%) dan sejumlah kecil kolagen Tipe III (10%). Fibroblas membentuk komponen seluler yang tertanam dalam matriks elastin (<5%) dan proteoglikan. Di sisi femoralis, ACL menempel pada aspek posterior permukaan medial kondilus femoralis lateral, berbentuk setengah lingkaran, berukuran 20 mm kali 10 mm. Dari perlekatan femoralis, ACL turun dan menempel pada lokasi anterior dan lateral tuberkulum interkondilar medial. Ligamen ini adalah yang paling sempit di dekat perlekatan femoralis dan menyebar serta melebar saat berlanjut ke perlekatan tibialis, kira-kira 15 mm di depan *posterior cruciate ligament* (PCL), tapak yang lebih luas dan berbentuk oval berukuran 10 mm kali 30 mm.¹⁰

ACL terdiri dari dua bundel: anteromedial dan posterolateral. Fasikula anteromedial muncul dari tempat paling posterior dan proksimal perlekatan femoralis dan menempel pada bagian anteromedial perlekatan tibialis. Fasikula posterolateral muncul dari bagian distal perlekatan femoralis dan menempel pada bagian posterolateral perlekatan tibialis. ACL sebagian besar terdiri dari posterolateral. Dengan gerakan *genu*, panjang dan orientasi berkas anteromedial dan posterolateral berubah. Dengan fleksi *genu*, anteromedial memanjang dan mengencang sedangkan posterolateral memendek dan kendur. Dengan ekstensi

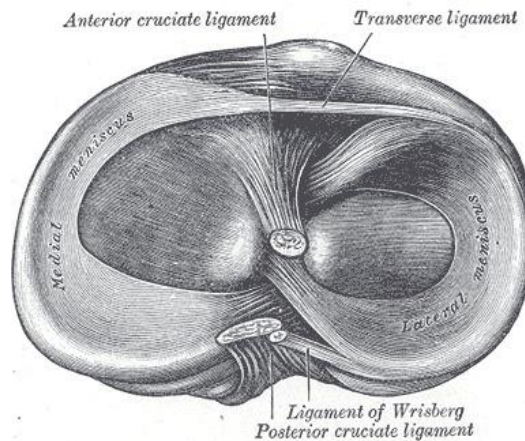
genu, posterolateral memanjang dan mengencang sementara anteromedial tetap kencang tetapi kurang kencang dibandingkan posterolateral. Panjang rata-rata ACL adalah 33 mm, dan rata-rata lebar bahan tengah adalah 11 mm.¹⁰



Gambar 1. Ligamen Genu: Cruciatum Posterior, Meniskus Medial, kolateral Tibial, Cruciatum Anterior, Meniskus Lateral, dan kolateral Fibular.¹⁰



Gambar 2. Ligamen Dalam Sendi Genu Kiri, Ligamen Cruciatum Anterior, Tendon Popliteus, Meniskus Lateral, Ligamen kolateral Fibular, Ligamen Wrisberg, Meniskus Medial, Ligamen kolateral Tibial, Ligamen Cruciate Posterior, Femur, Tibia, Fibula.¹⁰



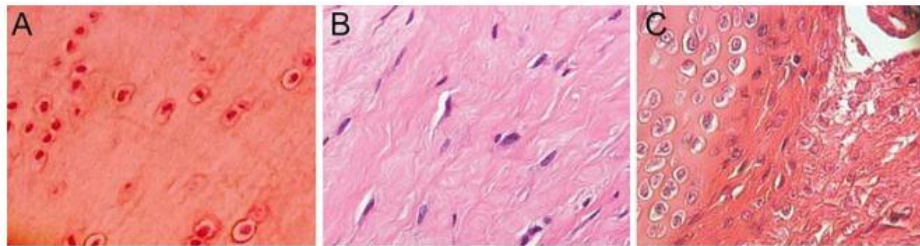
Gambar 3. Kepala Tibia Kanan; Menampilkan meniskus dan perlekatan Ligamen, Ligamen Cruciatum Anterior, Ligamen Transversal, Ligamen Wrisberg, Ligamen Cruciate Posterior, Meniskus Medial, Meniskus Lateral.¹⁰

Secara mikroskopis, ACL dibedakan menjadi tiga zona :

1. Bagian proksimal, yang kurang padat, sangat seluler, kaya akan sel bulat dan ovoid, mengandung beberapa fibroblast fusiform, kolagen tipe II dan glikoprotein seperti fibronectin dan laminin.¹¹

2. Bagian tengah, mengandung fibroblast fusiform dan gelendong, dengan kepadatan tinggi serat kolagen, khusus zona tulang rawan dan fibrokartilago (terutama di bagian anterior di mana ligamen menghadap tepi anterior intercondylar takik), dan elastis, dan serat oxytalan. Oxytalan serat menahan tekanan multi arah sederhana, sementara serat elastis menyerap tekanan maksimal berulang. Fibroblast fusiform dan berbentuk gelendong adalah menonjol di bagian tengah ini, yang juga bernama zona fusiform, dan terletak di bagian tengah dan seperempat proksimal ligamen. Zona sel fusiform ditandai dengan jumlah yang tinggi sel berorientasi longitudinal dengan berbentuk fusiform inti, pembuluh darah memanjang, dan crimp tinggi panjang. Fibroblas ini menunjukkan ciri-ciri yang dekat dengan ligamen kolateral medial/medial collateral ligament (MCL) dan dermal fibroblas. Sitoplasma sel dalam hal ini zona tampaknya melekat erat pada kolagen ekstraseluler dan mengikuti bentuk gelombang kerutan serat. Berdasarkan beberapa penelitian, tampak bahwa substansi tengah ACL menunjukkan kepadatan kolagen tinggi, selularitas rendah, dan memanjang fibroblas berbentuk gelendong. Studi menjelaskan bahwa ACL memiliki karakteristik histologis yang berbeda dari MCL atau tendon, dan lebih mirip tulang rawan di alam. Sebagai contoh, zona fibrokartilago adalah terlihat di sepertiga distal dari ligamen yang berdekatan ke atap incisura intercondylar.¹¹

3. Bagian distal, yang paling padat, kaya akan kondroblas dan fibroblas ovoid dan dengan kepadatan bundel kolagen yang rendah. Fibroblas, terletak di kedua sisi kolagen bundel berbentuk bulat hingga bulat telur, berdiameter 5–8 μm dan Panjangnya 12–15 μm , dan menyerupai sel tulang rawan artikular. Mereka memiliki organel seluler yang melimpah menunjukkan tingkat aktivitas seluler yang tinggi. Mereka juga memiliki banyak proses seluler kecil (mikrovili), yang memproyeksikan ke area amorf di sekitarnya substansi dasar dengan serat retikuler, tetapi tidak ke dalam fibril kolagen paralel kompak.¹¹



Gambar 4. Tiga zona histologis ACL. Bagian proksimal yang sangat seluler dengan sel bulat (a), bagian tengah dengan fibroblas berbentuk fusiform dan gelendong serta bundel kolagen dengan kepadatan tinggi (b), dan bagian distal dengan fibroblas bulat telur dan kepadatan kolagen yang rendah (c).

2.1.2. fungsi ACL

ACL merupakan elemen penting dalam menstabilkan sendi genu. Ini terutama menstabilkan translasi tibialis anterior dan memainkan peran kecil dalam menahan rotasi internal dan mencegah gerakan berlebihan. ACL berfungsi sebagai pembatas utama translasi tibialis anterior terhadap tulang femura. Saat genu diluruskan, translasi tibialis anterior rendah (maksimum 2 mm) dan menopang genu saat berdiri. Dengan fleksi genu, translasi tibialis anterior dapat meningkat hingga 3 mm saat berjalan dan hingga sekitar 6 mm saat beban anterior. Pasien dengan genu yang masalah ACL kronis (terkilir tingkat 3) mengalami pergerakan tibialis anterior relatif terhadap tulang femura sekitar empat kali lebih besar dibandingkan pasien dengan genu yang sehat. Sebuah studi oleh Zantop dkk. menunjukkan bahwa ACL yang rusak meningkatkan translasi tibialis anterior hingga 10 hingga 15 mm pada fleksi 30 derajat di bawah beban anterior 134 N. Pada genu kadaver tanpa kekuatan otot aktif, peneliti mengamati bahwa peningkatan tertinggi pada translasi tibialis anterior adalah antara 15 hingga 40 derajat fleksi genu. Kelompok otot ischio-crural, yang meliputi bisep femoris, semitendinosus, dan semimembranosus, menginduksi fleksi genu dengan

menghubungkan tuberositas iskia dengan pes anserinus tibia dan kepala fibular. Pada fleksi genu 90 derajat, kekuatan kelompok otot secara aktif stabil terhadap translasi tibialis anterior. Pada genu kadaver, posterolateral berperan penting dalam menstabilkan translasi tibialis anterior pada sudut mendekati ekstensi, sedangkan anteromedial lebih berperan dalam menstabilkan sudut fleksi yang lebih tinggi.¹⁰

ACL juga berfungsi sebagai penahan sekunder terhadap rotasi internal, terutama ketika sambungan hampir mencapai ekstensi penuh. Dalam studi yang dilakukan oleh Fleming dkk., torsi internal tibia antara 0-10 Nm menghasilkan strain ACL in vivo. Sebuah studi oleh Beynnon dkk. menunjukkan bahwa torsi internal antara 2 hingga 6 Nm mengakibatkan ketegangan anteromedial ketika genu difleksikan pada 90 derajat in vivo. ACL juga dapat berfungsi sebagai penahan sekunder terhadap rotasi eksternal dan angulasi varus-valgus.¹⁰

Sebuah studi biomekanik dari ACL kadaver menunjukkan beban maksimum pada kegagalan, kekakuan, dan modulus elastisitas lebih rendah pada ACL dari mayat perempuan dibandingkan dengan mayat laki-laki. Hal ini menunjukkan bahwa mungkin terdapat variasi komposisi ACL antara pria dan wanita. Wanita lebih mungkin mengalami pecahnya ACL mereka, antara 2 hingga 7 kali lipat lebih tinggi dibandingkan pria pada usia yang sama. Tampaknya bersifat multifaktorial. Penelitian telah menunjukkan bahwa wanita memiliki risiko lebih tinggi mengalami cedera pada paruh pertama siklus menstruasi selama fase pra-ovulasi karena meningkatnya kelemahan ligamen. Intercondylar notch yang sempit dan kemiringan tibialis juga berperan penting dalam meningkatkan risiko pecahnya ACL.¹⁰



Gambar 5. Otot semitendinosus dan gracilis beserta sisipannya. Pada fleksi 90°, gaya otot femura belakang (FHAM) berlawanan dengan gaya translasi tibialis anterior (FATT).¹²

2.2. Ruptur Anterior cruciate ligament (ACL)

2.2.1. Definisi

Genu merupakan sendi kompleks dengan titik kontak, tekanan, dan sumbu yang berubah-ubah yang terpengaruh ketika ligamen cedera. ACL sebagai salah satu ligamen intra-artikular mempunyai pengaruh yang kuat terhadap kinematika yang dihasilkan. Seringkali, cedera meniskus atau ligamen lainnya menyertai ruptur ACL dan semakin memperburuk hasil kinematika dan klinis yang diakibatkannya.¹² Sedangkan ruptur ACL sendiri adalah ruptur yang terjadi pada anterior cruciate ligament yang menghubungkan tulang femur dan tibia.¹³

2.2.2. Epidemiologi

ACL merupakan ligamen sentral genu. Peran fungsional utama ACL adalah memberikan stabilitas terhadap translasi tibialis anterior dan rotasi internal. Insiden ruptur ACL telah meningkat selama dekade terakhir. Ruptur ACL akut merupakan trauma ortopedi yang umum, dengan perkiraan kejadian 78 per 100.000 orang dan usia rata-rata 32 tahun di Swedia dan perkiraan kejadian hingga 84 per 100.000 orang di Amerika Serikat.¹² Insiden ruptur ACL tahunan yang disesuaikan dengan usia dan jenis kelamin secara keseluruhan adalah 74,6 per 100.000 orang-tahun. Di Indonesia, jumlah rekonstruksi ACL meningkat sebesar 42% pada tahun 2019 dibandingkan tahun 2018.⁴

2.2.3. Faktor resiko dan etiologi

Risiko ruptur ACL ditentukan oleh faktor intrinsik dan ekstrinsik. Faktor ekstrinsik meliputi intensitas aktivitas fisik dan jenis permainan. Faktor intrinsik meliputi perbedaan anatomi, jenis kelamin, kontrol neuromuskular, dan konstitusi hormonal. Misalnya, kejadian ruptur ACL 3-6 kali lebih tinggi pada wanita dibandingkan pria, yang sebagian dapat dijelaskan oleh takik intercondylar yang lebih kecil, konsentrasi estrogen yang lebih tinggi, dan pola pergerakan dengan momen adduktor pinggul yang meningkat. dan valgus genu ditemukan pada wanita. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan kecenderungan riwayat pada keluarga untuk pecahnya ACL. Seorang individu yang mengalami ruptur ACL dua kali lebih mungkin memiliki kerabat yang mengalami ruptur ACL. Hewett dkk. menunjukkan bahwa anak kembar dengan ruptur ACL memiliki beberapa faktor risiko yang sama. Hal ini mungkin disebabkan oleh gaya hidup aktif, karena atlet cenderung lebih sering mengalami cedera ACL dibandingkan non-atlet. Namun, faktor genetik atau variasi intrinsik lainnya juga dapat mempengaruhi.¹⁴

Wanita mempunyai risiko lebih tinggi mengalami cedera ACL akibat banyak faktor. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa wanita mungkin memiliki femura belakang yang lebih lemah dan lebih memilih menggunakan kelompok otot femura depan saat melakukan perlambatan. Saat melatih otot femura depan sambil melambat, hal ini menyebabkan peningkatan tekanan yang tidak normal pada ACL, karena otot femura depan kurang efektif dalam mencegah translasi tibialis anterior dibandingkan otot hamstring. Faktor kedua yang dapat meningkatkan risiko cedera ACL adalah peningkatan angulasi valgus pada genu. Sebuah studi yang memanfaatkan analisis video menunjukkan bahwa atlet wanita lebih cenderung menempatkan genu mereka dalam peningkatan angulasi valgus ketika mengubah arah secara tiba-tiba, sehingga meningkatkan tekanan pada ligamen ACL. Terakhir, ada pendapat yang menyatakan bahwa efek estrogenik pada kekuatan dan fleksibilitas jaringan seperti ligamen mungkin berperan dan mempengaruhi wanita untuk mengalami cedera.⁹

Cedera ACL selanjutnya sering disebabkan oleh *sport injury*. Cedera sendi, terutama genu, merupakan persentase cedera yang signifikan pada semua olahragawan, baik profesional maupun rekreasi. Cedera genu tidak hanya memerlukan pembedahan yang diikuti dengan rehabilitasi jangka panjang, namun cacat permanen terkait olahraga dan pekerjaan juga bisa menjadi akibatnya.¹⁵

Sport injury dapat didefinisikan dalam berbagai cara: cedera yang menyebabkan terhentinya latihan atau kompetisi, penurunan aktivitas, dan kebutuhan akan tatalaksana medis. Anggota tubuh bagian bawah paling sering terkena dampaknya, karena beban overhead yang dikenakan dalam olahraga yang melibatkan berlari dan melompat, di mana kekuatan pada genu bisa mencapai hingga 10 kali berat badan dan faktor penting lainnya adalah perubahan arah, dan kontak fisik antar peserta. Sekitar 90% cedera olahraga terletak di pinggul, femura, genu, tungkai, pergelangan kaki, dan kaki. Cedera yang paling umum ditemukan di kalangan praktisi olahraga adalah pecahnya ligamen anterior secara total dengan 54% cedera. Mekanisme cedera yang paling sering dijelaskan adalah kombinasi gaya valgus pada genu yang berhubungan dengan rotasi internal femoral/rotasi tibia eksternal, yang biasanya digunakan selama olahraga. Dari total ini, 34% berhubungan dengan cedera meniskus,. Cedera kedua yang paling sering terjadi pada sport injury adalah cedera meniskus.¹⁶

2.2.4. Patomekanisme

Mekanisme cedera ACL meliputi rotasi internal tibia relatif terhadap tulang femura. Hal ini biasanya terjadi saat terjatuh saat bermain ski, serta saat olahraga kontak seperti sepak bola. Dengan stres valgus, kompartemen sendi femorotibial medial terganggu sehingga menyebabkan cedera kolateral medial dan cedera meniskus medial (triad O'Donoghue). Mekanisme lain dari cedera ACL adalah hiperekstensi seperti yang terjadi pada saat melakukan manuver melompat atau tendangan tinggi dan akan menyebabkan kontusio tulang kontra-kudeta pada tibia anterior dan kondilus femoralis. Ruptur ACL akibat hiperekstensi sering terjadi tanpa disertai cedera ligamen kolateral atau meniskus. Mekanisme ketiga adalah rotasi eksternal tibia relatif terhadap femur dengan tekanan varus yang menyebabkan impaksi dan edema tulang di medial dan distraksi ke lateral yang mengakibatkan avulsi tepi tibialis lateral (fraktur Segond) dan ruptur ligamen kolateral lateral.¹⁷

Ada tiga mekanisme utama cedera ACL: kontak langsung, kontak tidak langsung, dan nonkontak. Cedera kontak langsung terjadi ketika seseorang atau benda mengenai genu secara langsung. Cedera kontak tidak langsung terjadi ketika seseorang atau benda membentur bagian tubuh selain genu itu sendiri, menyebabkan gaya berlebihan ditransfer melalui genu (seperti trauma langsung ke femura, menggerakkan tulang femura ke belakang ke tibia), mengakibatkan kegagalan pada ACL. Cedera nonkontak terjadi ketika gaya perlambatan atau perubahan arah (poros) diterapkan pada genu, tetapi sering kali mencakup pelepasan neuromuskular pada struktur di sekitar genu pada waktu yang tidak tepat, menyebabkan translasi tibia ke tulang femura, yang mengakibatkan kegagalan pada ACL. Mekanisme nonkontak menyebabkan 60% –70% cedera ACL.⁶ Trauma non-kontak gabungan valgus dan rotasi internal pada genu digambarkan sebagai salah satu mekanisme paling sering terjadinya ruptur ACL, karena dapat terjadi pada olahraga berputar seperti sepak bola atau bola tangan. Mekanisme trauma rotasi yang kompleks ini menunjukkan bahwa struktur lain harus diperiksa untuk menentukan apakah struktur tersebut terluka ketika diduga terjadi ruptur ACL.¹²

2.2.5. Derajat ruptur ACL

Perubahan ACL dievaluasi pada pemindaian MRI dan diklasifikasikan menjadi empat jenis menurut tingkat keparahan kerusakan (Derajat 0 hingga 3) yang dinilai pada pemindaian MRI sequence T1-weighted, T2-weighted dan

Sagittal PD-weighted fat saturation oblique:¹⁸

- a) Derajat 0 : Ligamen normal.
- b) Derajat 1 : ruptur sebagian dengan kurang dari separuh substansi ligamen terganggu;
- c) Derajat 2 : ruptur sebagian dengan lebih dari separuh substansi ligamen terganggu.
- d) Derajat 3 : ruptur total ligamen.

2.2.6. Manifestasi klinis

Pada gejala klinis, kebanyakan pasien mengeluh mendengar dan merasakan “letupan” tiba-tiba dan merasa genu mereka “lepas” pada saat cedera. Gejala lain termasuk nyeri tekan di sepanjang garis sendi, nyeri dan bengkak, penurunan atau hilangnya rentang gerak, dan kesulitan berjalan.⁹

Pemeriksaan fisik harus mencakup waktu terjadinya cedera, mekanisme cedera, status rawat jalan, stabilitas sendi, mobilitas, kekuatan, palpasi, dan evaluasi kemungkinan cedera terkait. Beberapa manuver digunakan untuk menguji ACL dan termasuk anterior drawer test, pergeseran poros, dan tes Lachman. Tes ini harus dilakukan setiap kali ada kecurigaan adanya cedera pada ligamen anterior.⁹

Anterior drawer test dilakukan dengan pasien berbaring telentang dengan genu yang terkena difleksikan hingga 90 derajat dan kaki dalam posisi menjejak (Terkadang dokter paling mudah menstabilkan kaki pasien dengan duduk di atasnya). Dokter akan memegang tibia proksimal dengan kedua tangan dan menariknya dengan gerakan anterior. Jika terdapat gerakan anterior yang berlebihan dan ketidakstabilan, maka tesnya positif. Mungkin juga berguna untuk membandingkan dengan genu yang tidak terkena dampak karena pasien mungkin mengalami peningkatan kelemahan ACL yang tidak bersifat patologis. Tes ini memiliki sensitivitas 92% dan spesifisitas 91% pada cedera kronis, namun tidak pada cedera akut.⁹

Tes pergeseran pivot dilakukan dengan pasien dalam posisi terlentang. Dokter harus memegang kaki bagian bawah pasien dan memulai dengan genu dalam posisi ekstensi dan fleksi pinggul hingga 20 hingga 30 derajat. Selanjutnya, dokter akan membawa tibia ke rotasi internal dengan satu tangan dan mulai memberikan tekanan valgus pada genu menggunakan tangan lainnya. Sambil memegang posisi ini, genu kini harus ditekuk. Hal ini menyebabkan stres,

ketidakstabilan, dan akhirnya subluksasi ACL pada genu yang terkena. Dengan fleksi genu, jika tibia menjadi subluksasi ke belakang dan seseorang mungkin merasakan “bunyi”, ini menunjukkan hasil tes positif. Tes ini mungkin sulit dilakukan pada pasien yang sedang menjaga, dan beberapa pasien mungkin tidak mengizinkan dokter untuk melakukan tes tersebut. Ini adalah tes yang sangat spesifik (98%) jika positif tetapi tidak sensitif (24%) karena kesulitan dalam evaluasi akibat rasa sakit dan kerja sama pasien.⁹

Tes Lachman dilakukan dengan pasien dalam posisi terlentang dengan genu ditekuk sekitar 30 derajat. Dokter harus menstabilkan tulang femura distal dengan satu tangan dan, dengan tangan lainnya, menarik tibia ke arahnya. Jika terdapat peningkatan translasi anterior, maka ini merupakan tes positif. Sekali lagi, perbandingan dengan pihak yang tidak terpengaruh mungkin bisa membantu. Tes ini memiliki sensitivitas 95% dan spesifisitas 94% untuk ruptur ACL. Penting untuk mengevaluasi cedera terkait seperti cedera ligamen kolateral medial atau lateral, cedera pada ligamen kolateral posterior, atau cedera meniskus.⁹

2.2.7. Artroskopi pada ruptur ACL

Artroskopi merupakan suatu prosedur pemeriksaan yang dilakukan untuk dapat melihat keadaan sekitar sendi genu melalui sebuah kamera yang dimasukkan ke dalam sendi genu dengan cara membuat celah kecil melalui sayatan kecil pada kulit. Gambar yang ditangkap oleh kamera akan diproyeksikan ke monitor televisi melalui suatu kabel fiber optik. Prosedur artroskopi ini diharapkan mampu untuk memberikan suatu informasi visualisasi struktur morfologi lebih jelas ke dalam suatu organ tanpa dilakukan prosedur bedah yang lebih besar dan invasif. Pemeriksaan ini dilakukan untuk dapat mendiagnosis beberapa penyakit yang terjadi pada sendi genu seperti trauma meniscus, kerusakan ligament atau arthritis, kerusakan pada tulang atau kartilago. Artroskopi sendiri selain alat diagnostik, pada beberapa kasus juga dapat langsung sebagai media untuk terapeutik.¹⁹

Artroskopi merupakan sebuah alternatif tindakan invasif minimal terhadap teknik bedah terbuka standar dan kini menjadi prosedur bedah ortopedi yang paling umum dilakukan. Operasi invasif minimal ini menghasilkan lebih sedikit pembengkakan pasca operasi dibandingkan teknik terbuka dan mengurangi rasa sakit, risiko komplikasi, dan waktu pemulihan. Artroskopi telah berevolusi dari alat diagnostik menjadi alat terapeutik yang mampu mengobati berbagai macam

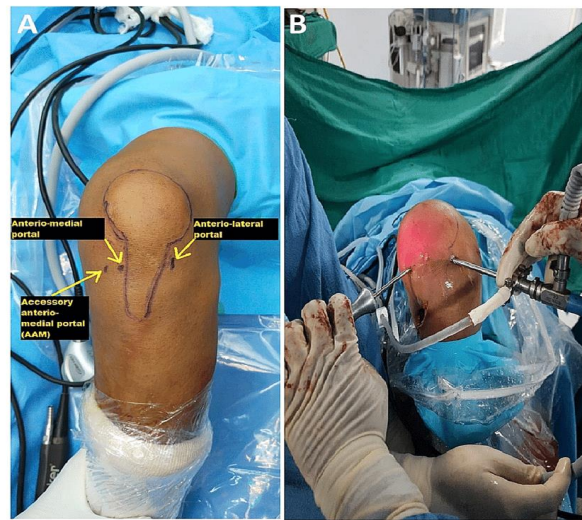
cedera dan kelainan. Banyak cedera, terutama cedera yang dulunya merupakan akhir karier para atlet, kini dapat diatasi dengan artroskopi yang memungkinkan pemulihan fungsi penuh lebih cepat. Meskipun artroskopi telah menghasilkan penurunan morbiditas secara keseluruhan dibandingkan dengan teknik terbuka, tindakan ini masih merupakan prosedur invasif dan memiliki risiko. Hampir semua prosedur artroskopi dapat dilakukan pada pasien rawat jalan.²⁰

Genu adalah sendi model untuk pengembangan artroskopi, dan evolusi artroskop dari alat diagnostik menjadi alat terapeutik umum terjadi pada penerapannya pada sendi lain. Indikasi untuk artroskopi genu sangat banyak dan terus berkembang. Artroskopi telah terbukti menjadi prosedur yang bermanfaat, bersifat sementara, dan terapeutik untuk pengobatan osteoarthritis. Artroskop awalnya digunakan untuk mengidentifikasi dengan jelas patologi intra-artikular tertentu, sehingga membantu dalam manajemen pengobatan.²⁰

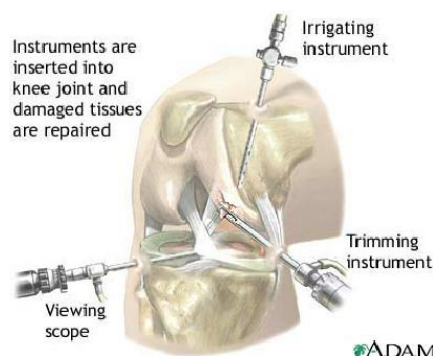
Artroskopi diagnostik melibatkan visualisasi semua struktur intra-artikular genu. Artroskopi diagnostik lengkap mencakup visualisasi kantong suprapatellar, saluran medial, saluran lateral, kompartemen medial, kompartemen lateral, intercondylar notch, dan kompartemen medial posterior dan lateral posterior. Artroskopi diagnostik adalah keterampilan penting untuk mendiagnosis kelainan intra-artikular pada genu termasuk patologi tulang rawan meniskus, sinovial, ligamen, dan artikular.¹⁹

Pemeriksaan arthoskopi dilakukan dengan berbagai tahapan. Artroskop ditempatkan ke dalam kantong suprapatella melalui portal anterolateral. Tali lampu diputar ke bawah untuk melihat ke atas pada patela, dan kemudian tali lampu diangkat untuk melihat ke bawah pada alur troklear untuk mengevaluasi cedera tulang rawan. Artroskop kemudian dipindahkan ke medial ke dalam saluran medial, dan tangan diangkat mengikuti rantai hingga ke tibia, memeriksa benda yang terlepas. Selanjutnya kompartemen medial dibuka dengan meluruskan genu dan memberikan gaya valgus pada tungkai. Artroskop dibawa ke kompartemen medial. Meniskus medial diperiksa dan diperiksa apakah ada ruptur. Tulang rawan di pleateu tibialis dan kondilus femoralis medial dievaluasi. Sudut fleksi genu dapat diubah untuk memeriksa seluruh bagian kondilus femoralis medial yang menahan beban. Genu kemudian ditekuk hingga 90°, dan arthroscope dibawa ke dalam takik intercondylar untuk memeriksa ligamen cruciatum anterior dan ligamen cruciatum posterior dan untuk memeriksa benda-benda yang kendur. Ligamen dapat diperiksa untuk memeriksa integritasnya. Untuk memasuki kompartemen lateral,

diidentifikasi segitiga antara meniskus lateral, femur lateral, dan ligamen cruciatum anterior. Kabel lampu diputar agar terlihat kesamping, dan artroskop dimajukan ke dalam segitiga. Gaya varus diterapkan pada genu baik menggunakan posisi figure-of-4 atau langsung menggunakan penahan kaki melingkar. Perhatian diberikan untuk menjaga artroskop tetap dalam segitiga saat kaki dimanipulasi. Meniskus lateral dan tulang rawan artikular diperiksa serupa dengan kompartemen medial. Hiatus poplitea dan tendon poplitea juga dievaluasi. Selanjutnya, artroskop dibawa langsung ke saluran lateral untuk memeriksa adanya benda lepas.¹⁹



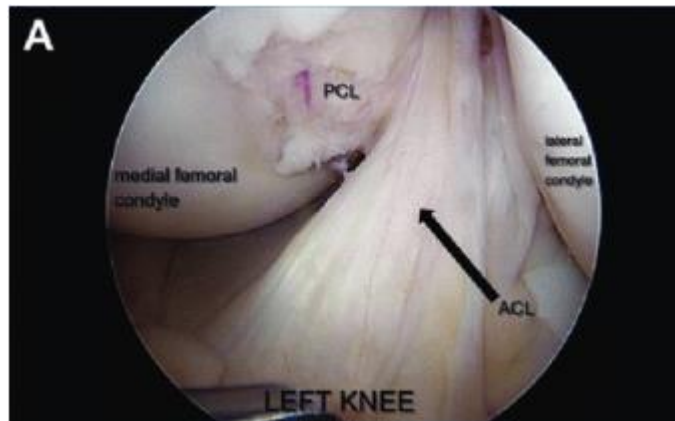
Gambar 6. Prosedur artroskopi genu (A) Portal artroskopi genu standar dan posisi AAM. (B) Instrumentasi melalui AAM selama rekonstruksi ACL AAM: portal anteriomedial; ACL: ligamen anterior.²¹



Gambar 7. Representasi prosedur artroskopi.²²

Derajat cedera ligamen anterior berdasarkan pemeriksaan artroskopi yakni:²³

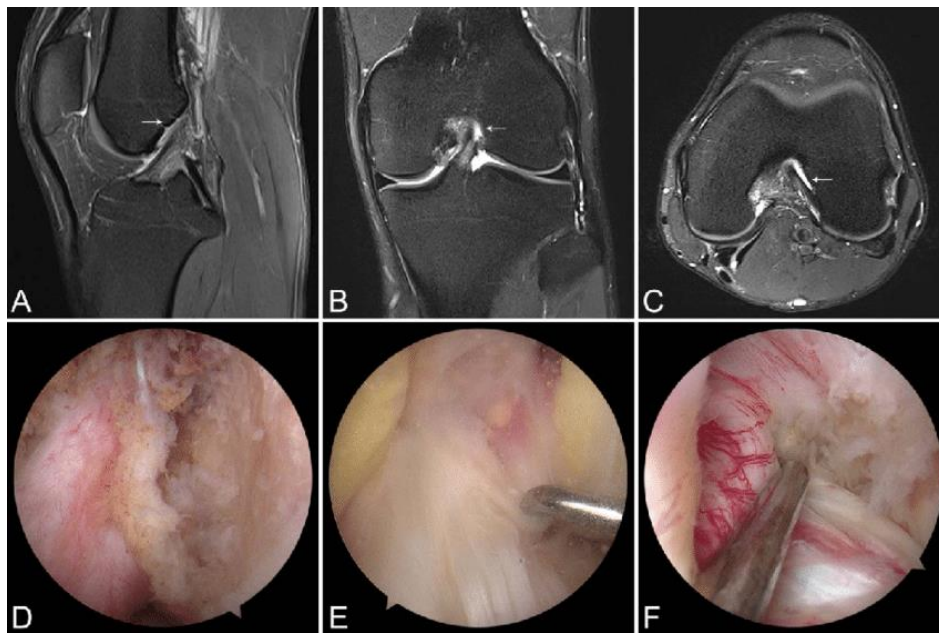
- Derajat 0: ligamen utuh
- Derajat 1: ruptur sebagian dengan kurang dari separuh substansi ligamen terganggu.
- Derajat 2: ruptur sebagian dengan lebih dari separuh substansi ligamen terganggu
- Derajat 3: robek atau ruptur total



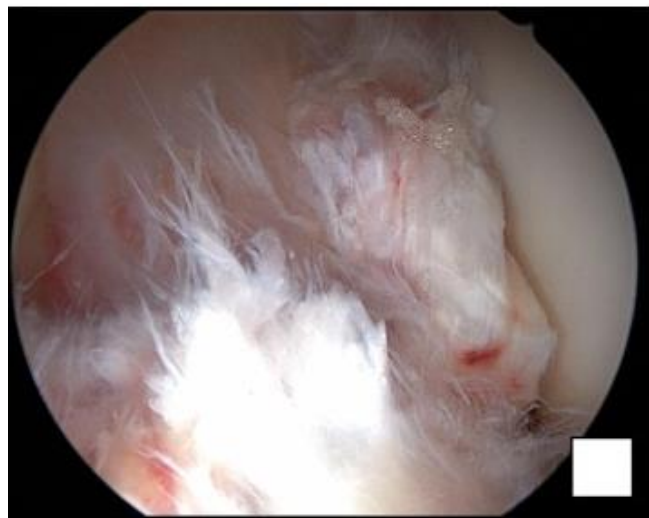
Gambar 8. Artroskopi genu normal. Gambaran arthroscopic menunjukkan bundel posterolateral (PL) yang normal dan utuh.²⁴



Gambar 9. Artroskopi Ruptur ACL Parsial. Gambaran artroskopi cedera parsial ligamen anterior. Pada pasien ini, berkas posterolateral (PL) masih utuh, dan berkas anteromedial (AM) terdapat ruptur.²⁵



Gambar 10. MRI dan Artroskopi Ruptur ACL. Ruptur ACL sebagian proksimal dengan tampilan ligamen distal yang sebagian besar normal diidentifikasi pada MRI T2-weighted sebelum operasi atau dikonfirmasi dengan artroskopi. A, B, dan C, masing-masing, menunjukkan MRI sagital, coronal, dan aksial genu kiri pasien. Panah menunjukkan bagian ACL yang cedera. D, Ruptur sebagian proksimal pada berkas anteromedial dan posterolateral dipastikan melalui artroskopi pada genu kiri pasien. E, Ruptur sebagian proksimal pada berkas anteromedial dikonfirmasi melalui artroskopi pada genu kiri pasien. F, Ruptur sebagian proksimal pada bundel posterolateral dikonfirmasi dengan artroskopi pada genu kiri pasien.²⁶



Gambar 11. Artroskopi Ruptur ACL Lengkap.²⁷

Seperti halnya prosedur invasif lainnya, komplikasi dapat terjadi dengan artroskopi, yang saat ini merupakan prosedur ortopedi yang paling umum dilakukan. Sebuah survei nasional tahun 1983 terhadap 118.590 prosedur

melaporkan 930 komplikasi dengan tingkat kejadiannya sebesar 0,8%. Dalam survei ini, kegagalan peralatan menyumbang 17% dari komplikasi yang dilaporkan sementara cedera pembuluh darah menyumbang 1%. Artroskopi adalah prosedur teknis yang memerlukan berbagai macam peralatan (kamera dan monitor, peralatan bedah, tourniquet, dll.) yang dapat mengalami kegagalan fungsi atau kerusakan selama suatu prosedur. Dokter bedah harus memahami peralatan tersebut dan menggunakannya hanya untuk tujuan yang dimaksudkan. Masalah anestesi juga dapat terjadi, tetapi hal ini tidak hanya terjadi pada bedah arthroscopic. Ketika operasi arthroscopic dilakukan di kantor, ahli bedah harus siap menghadapi potensi masalah anestesi yang mungkin timbul.²⁰

Komplikasi lain termasuk hemarthrosis, tromboflebitis, cedera arteri, cedera saraf, sindrom kompartemen, dan infeksi serta komplikasi metabolik pada pasien dengan penyakit metabolik (diabetes, asam urat) atau mereka yang menggunakan steroid. Meskipun artroskopi telah menghasilkan penurunan morbiditas secara keseluruhan dibandingkan dengan teknik terbuka, tindakan ini masih merupakan prosedur invasif dan memiliki risiko.²⁰

2.2.8. Pencitraan pada ruptur ACL

Pencitraan radiologi konvensional memiliki nilai yang terbatas dalam diagnosis cedera ACL akut. Temuannya bersifat tidak langsung dan terbatas pada kelainan tulang. Pada pencitraan radiologi konvensional, terdapat beberapa tanda tidak langsung yang dapat meningkatkan kecurigaan adanya cedera ACL. Fraktur avulsi ACL pada insersi tibialis atau asal femoralis dapat ditemukan pada radiografi tetapi lebih baik ditentukan dengan computerized tomography (CT) (Gambar 9). Fraktur avulsi tepi tibialis lateral (fraktur Segond) (Gambar 10) umumnya dikaitkan dengan ruptur ACL dan secara klasik disebabkan oleh fraktur avulsi pada pita iliotibial meskipun istilah ini juga telah diterapkan ketika terdapat avulsi pada ligamen kolateral fibular atau bisep femoris.¹⁷

Meskipun ACL dapat divisualisasikan pada CT Scan, visibilitasnya terganggu dengan adanya hemarthrosis dan sebagian besar pasien dengan cedera ACL dievaluasi dengan MRI karena MRI juga paling baik untuk mendeteksi cedera menisreal, ligamen, atau chondral yang terjadi bersamaan. Jika cedera avulsi ACL terlihat melalui pencitraan radiologi konvensional, CT Scan akan membantu dalam menentukan ukuran, dan komposisi fragmen tulang avulsi (Gambar 9) dengan CT Scan tiga dimensi memungkinkan gambaran fraktur yang lebih baik. Artrografi CT dapat dilakukan dan memiliki akurasi yang sebanding

dengan MRI dalam mendeteksi cedera krusiat dan cedera meniskus.¹⁷



Gambar 12. Foto polos dan CT scan genu pada cedera lutut 1. Fraktur avulsi tulang belakang tibialis. Seorang pria berusia 20 tahun mengalami cedera genu saat pertandingan sepak bola. A: Pencitraan radiologi konvensional lateral genu menunjukkan fraktur avulsi pada ligamen cruciatum anterior (panah hitam) pada eminensia interkondilar anterior tibia. Fragmen fraktur terangkat seluruhnya dari tulang aslinya. Peningkatan kekeruhan jaringan lunak di kantong suprapatellar (panah putih) dan kantong infrapatellar (panah putih) sesuai dengan hemarthrosis; B: Gambar CT sagittal dari pasien yang sama melalui dataran tinggi tibialis tengah menunjukkan pergeseran fraktur avulsi pada eminensia interkondilar tibialis (panah putih).¹⁷



Gambar 13. Fraktur Foto polos dan CT scan genu pada cedera lutut 2. A: Pencitraan radiologi konvensional frontal genu kanan menunjukkan fragmen fraktur avulsi pada tepi tibialis lateral (panah hitam) yang sesuai dengan fraktur Segond. Fraktur ini sering dikaitkan dengan ruptur ligamen anterior yang juga terjadi pada pasien ini (tidak diperlihatkan); B: Gambar resonansi magnetik coronal T2-weighted dari pasien yang sama. Lokasi yang sesuai menunjukkan fraktur Segond dengan pergeseran minimal (panah putih) yang mungkin mudah terlewatkan pada pasien ini tanpa adanya memar atau edema tulang yang signifikan.¹⁷

MRI sequences yang diterapkan untuk visualisasi ACL yang optimal adalah urutan fast spin echo 2D baik dengan atau tanpa fat suppression. Di sebagian besar pusat kesehatan, rangkaian yang digunakan untuk memvisualisasikan ACL

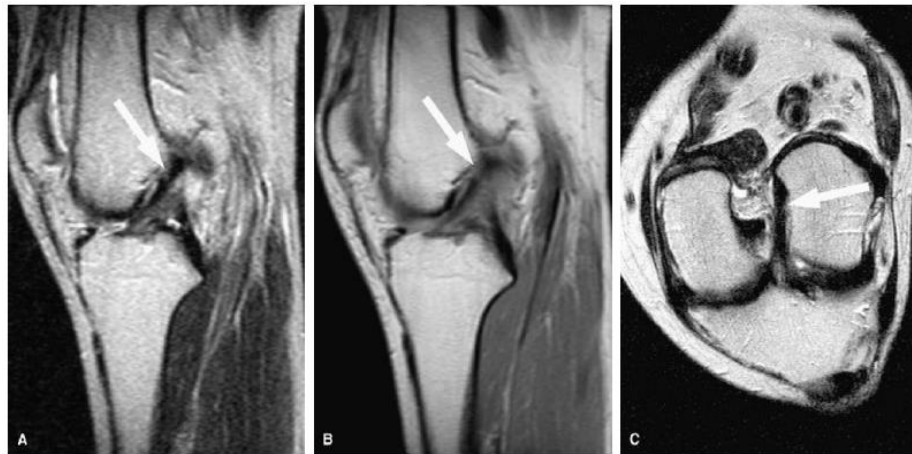
mencakup Turbo spin echo (TSE) sagittal intermediate weighted sequence dengan fat suppression dan penekanan non-lemak, TSE coronal T2 weighted fat suppression sequence dan TSE axial intermediate weighted dengan sequence fat suppression.¹⁷

Gambar MRI dari genu dalam keadaan fleksi dapat memberikan lebih banyak ruang di sekitar ACL dalam area intercondylar, membantu mengurangi artefak rata-rata volume dan dengan demikian memungkinkan visualisasi yang lebih baik pada ujung ligamen femoralis. Baru-baru ini pencitraan gema putaran cepat 3D dengan atau tanpa penekanan telah terbukti memiliki akurasi diagnostik yang sama dengan rangkaian 2D. Hal ini dapat menurunkan rata-rata volume artefak dan mempersingkat waktu pemeriksaan MRI secara keseluruhan.¹⁷

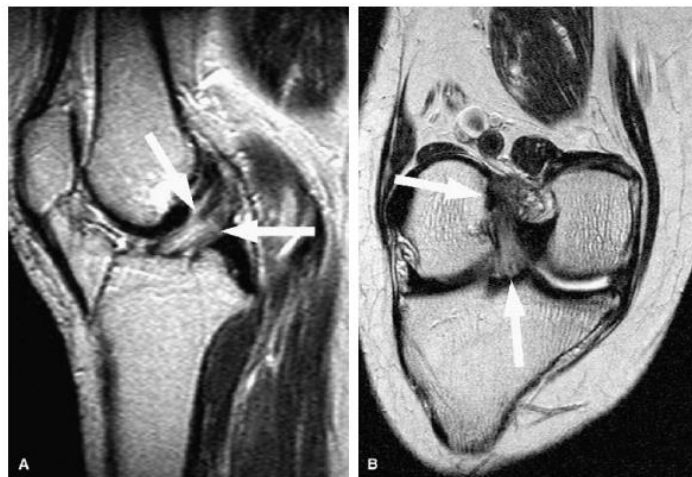
Pencitraan MRI telah dilaporkan akurat dalam membantu membuat diagnosis ruptur ACL. Tanda-tanda utama ruptur ACL meliputi kontur ACL yang bergelombang, intensitas sinyal tinggi fokal atau difus dalam substansi ACL pada gambar T2 weighted, dan kurangnya kontinuitas ACL. Meskipun pencitraan MRI akurat, diagnosis positif palsu dan negatif palsu telah dilaporkan..²⁸

Gentili A dkk, melakukan penelitian retrospektif untuk menetapkan sensitivitas dan spesifisitas tanda tidak langsung ruptur ACL dengan MRI. Laporan sensitivitas dan spesifisitas adalah 89%, 100% untuk garis sudut ACL-Blumensaat, 41%, 91% untuk translasi tibialis anterior, 51%, 91% untuk garis PCL positif. Tanda-tanda sekunder mempunyai spesifisitas yang tinggi tetapi sensitivitasnya rendah. Diagnosis ruptur ACL dapat ditegakkan berdasarkan tanda-tanda primer saja, namun adanya tandatanda sekunder melengkapi diagnosi.²⁸

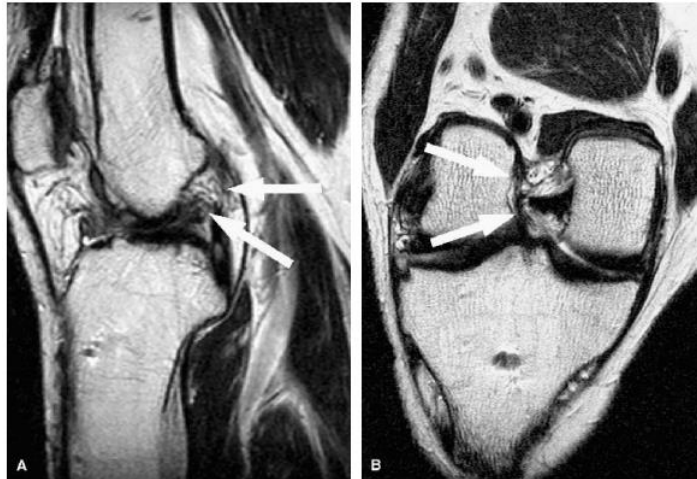
Tingkat beratnya ruptur ACL berdasarkan pemeriksaan MRI dinilai menggunakan sistem 4 poin; (yaitu, derajat 0–3). Cedera derajat 0 berarti ligamen utuh; cedera derajat 1, ruptur sebagian dengan kurang dari separuh substansi ligamen terganggu; cedera derajat 2, ruptur sebagian dengan lebih dari separuh substansi ligamen terganggu; dan cedera derajat 3 karena ruptur total.²³



Gambar 14. MRI ruptur ACL derajat 0 dibandingkan derajat 1. Ligamen anterior cruciatum (ACL) derajat 0 dibandingkan derajat 1. A dan B, Sagittal T2-weighted dan proton density weighted menunjukkan penipisan fokus (panah) pada ACL yang menunjukkan cedera derajat 1. C, Gambar coronal T2-weighted oblique (TR/TE, 3500/96) menunjukkan kontur normal dan ketebalan ACL yang mengindikasikan cedera derajat 0. Pemeriksaan arthroscopic menunjukkan ACL utuh.²³



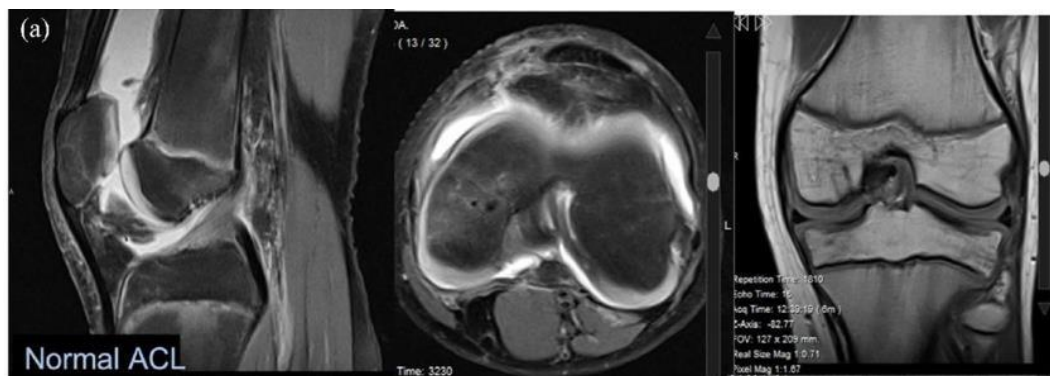
Gambar 15. MRI ruptur ACL derajat 1 dibandingkan derajat 2. Cedera ACL derajat 1 dibandingkan derajat 2. A, Gambar Sagittal T2-weighted (TR/TE, 2200/90) menunjukkan lebih dari separuh substansi ligamen terganggu (panah) di bagian tengah ACL yang menunjukkan cedera derajat 2. B, Gambar coronal T2-weighted oblique (TR/TE, 3500/96) menunjukkan ACL edema dengan peningkatan intensitas sinyal secara difus. Kontinuitas ligamen dan tempat perlekatan femoral dan tibialis (panah) dipertahankan. Cedera derajat 1 lebih mungkin terjadi dibandingkan cedera derajat 2 pada gambar ini, dan artroskopi memastikan cedera derajat 1.²³



Gambar 16. MRI ruptur ACL derajat 2 dibandingkan derajat 3. Cedera ACL derajat 2 dibandingkan derajat 3. A, Gambar Sagittal T2-weighted menunjukkan gangguan ACL lengkap (panah) pada perlekatan femoralis yang menunjukkan cedera derajat 3. B, Gambar coronal T2-weighted oblique menunjukkan penipisan dan pembengkakan (panah) ACL dengan kontinuitas yang terjaga. Artroskopi mengkonfirmasi cedera derajat 2.²³

Perubahan ACL dievaluasi pada pemindaian MRI dan diklasifikasikan menjadi empat jenis menurut tingkat keparahan kerusakan (Derajat 0 hingga 3) yang dinilai pada pemindaian MRI sequence T1-weighted, T2-weighted dan Sagittal PD-weighted fat saturation oblique.³⁰

- a) Derajat 0 : Ligament normal.
- b) Derajat 1 : Ruptur sebagian dengan kurang dari separuh substansi Ligament terganggu;
- c) Derajat 2 : Ruptur sebagian dengan lebih dari separuh substansi Ligament terganggu.
- d) Derajat 3 : Ruptur total Ligamentt



Gambar 17. MRI menunjukkan Ligament normal (derajat 0).³¹