

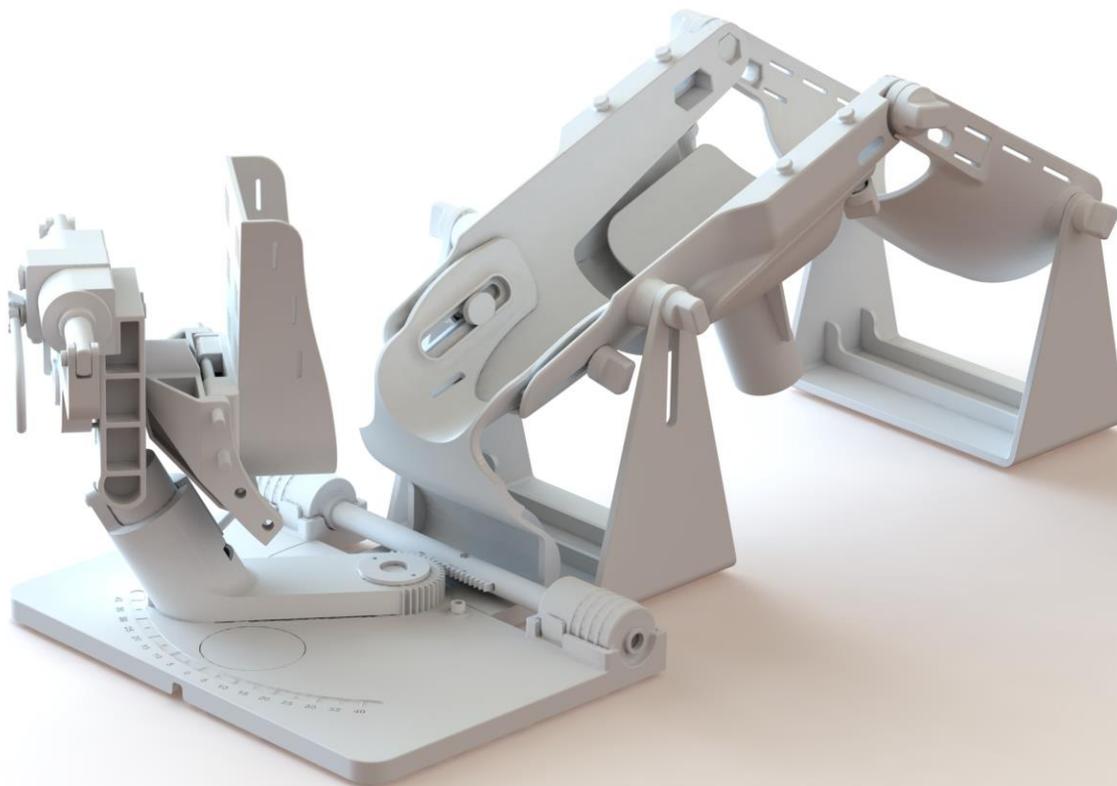
DILATO

Dispositivo Inovador de medição de Laxidez Articular do Tornozelo e Ombro



Universidade do Minho
Research Institute on Biomechanics,
Biodegradables and Biomaterials

Porto Ankle Testing Device



Cofinanciado por:



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional



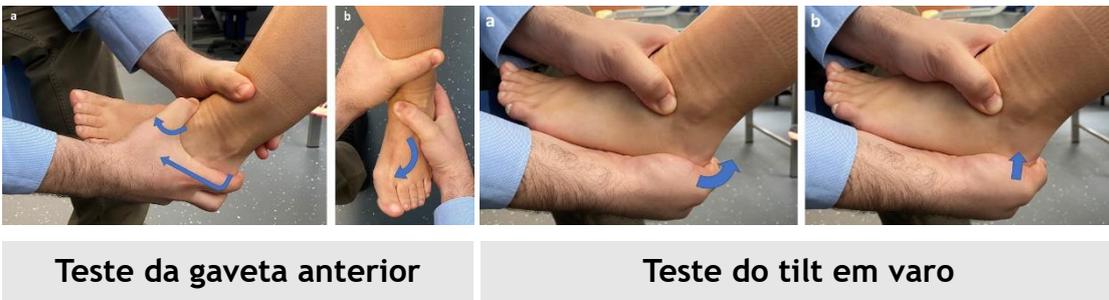
DILATO

Qual o problema que queremos resolver?

As entorses do tornozelo têm uma elevada incidência na população desportiva¹⁻³ e na população em geral⁴, sendo o tipo de trauma músculo-esquelético que causa o maior número de episódios nos serviços de urgência hospitalar e uma das principais causas de procura dos serviços de urgência.^{3 5 6} Devido à elevada incidência, as entorses do tornozelo implicam um elevado impacto socioeconómico.^{3 7-15}

Estas lesões por entorse do tornozelo são muitas vezes encaradas como lesões inócuas e estima-se que cerca de metade dos indivíduos com entorses agudas do tornozelo não procurem avaliação médica e/ou tratamento. Esta realidade, pode resultar numa taxa elevada de progressão para instabilidade crónica do tornozelo e entorses subsequentes.^{4 5 16-20} A instabilidade crónicas do tornozelo quando não resolvida pode levar ao desenvolvimento de lesões cartilagueas e osteoartrose precoce do tornozelo e pé.²¹⁻²⁵ Reduzir a prevalência de instabilidade crónica e recorrência das entorses do tornozelo é determinante para reduzir os custos socioeconómicos e o desenvolvimento de lesões cartilagueas e de osteoartrose precoce.

O diagnóstico de instabilidade do tornozelo é determinado pela história clínica e exame físicos realizado pelo médico/fisioterapeuta. Porém, a fiabilidade e repetibilidade dos testes físicos é limitada pela experiência e sensibilidade pelo avaliador como também a especificidade dos testes empregues.



O diagnóstico é complementado por ressonância magnética para avaliar a integridade dos ligamentos do tornozelo. No entanto, a ressonância magnética é um exame estático e não avalia a componente dinâmica da articulação que está diretamente relacionada com a o grau de integridade estrutural e competência funcional dos elementos de estabilização passiva, *i.e.*, cápsulas articulares e ligamentos. Neste sentido, para o diagnóstico adequado e mais preciso, é necessária a avaliação da componente estrutural (integridade das estruturas musculoesqueléticas) como também da componente funcional (verificar a competência dos ligamentos).

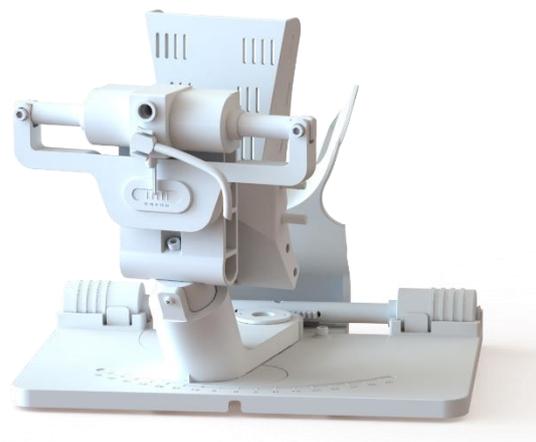
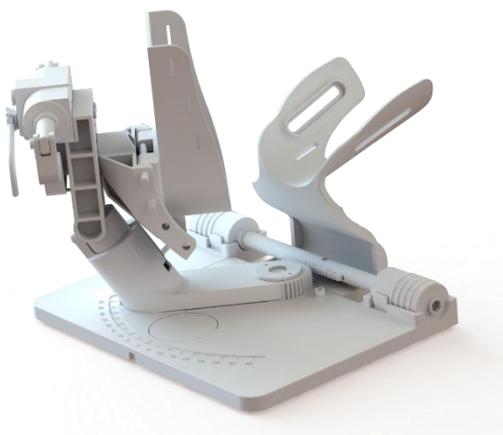


A capacidade funcional, *i.e.*, em que medida os ligamentos contribuem para a estabilidade mecânica do tornozelo, tem sido aferida através de radiografias de stress com ou sem artrômetros para medir a laxidez do tornozelo. No entanto, os processos e equipamento referidos têm variadas limitações. A radiografia de stress comporta uma exposição do paciente a radiação e não permite a visualização de estruturas capsuloligamentares. Isto, faz com que não seja possível determinar se há rutura ligamentar associada à eventual insuficiência funcional. Por outro lado, outros artrômetros usam sensores eletrónicos para calcular as curvas de força-deslocação, mas não permitem medir o movimento ósseo intra-articular nem visualizar as estruturas

capsuloligamentares. Todos estes equipamentos têm materiais ferromagnéticos incorporados, o que os torna não-seguros e incompatíveis em ambiente de ressonância magnética, restringindo a sua usabilidade no meio complementar de diagnóstico isento de radiações e mais adequado para visualização de estruturas moles (ligamentos, músculos, etc.). Neste sentido, tornou-se necessário e o mercado exigia a criação de um instrumento que permita a avaliação objetiva e simultânea da componente estrutural e funcional do tornozelo.

Como propomos resolver este problema?

No sentido de colmatar as limitações que encontramos na prática clínica e dos exames de imagiologia, decidimos desenvolver uma tecnologia inovadora com o intuito de revolucionar o diagnóstico de instabilidades articulares e contribuir para a medicina de precisão. Em oposição aos outros artrómetros, o dispositivo médico que nos propusemos a desenvolver ultrapassa o problema do ferromagnetismo, o que o torna seguro e compatível com a avaliação combinada em ambiente de ressonância magnética. Este dispositivo permite assim combinar a medição precisa da laxidez articular do tornozelo (avaliação funcional da competência ligamentar) com a avaliação estrutural dos componentes osteoarticulares e capsuloligamentares (avaliação anatómica) através da ressonância magnética.



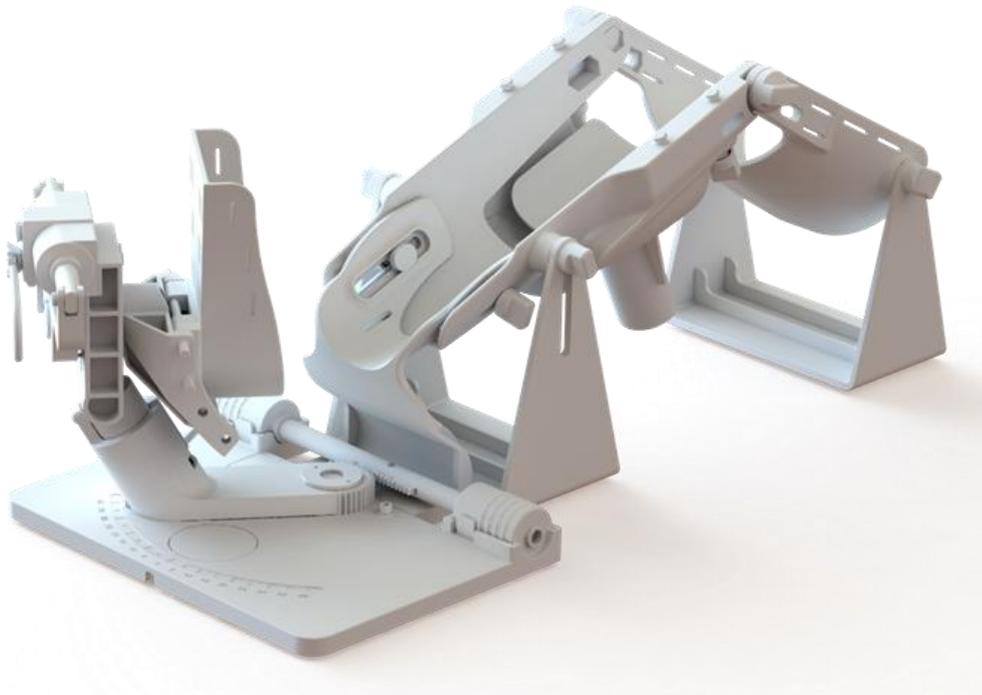
Cofinanciado por:



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional

Porto Ankle Testing Device (PATD)

O Porto Ankle Testing Device (PATD) é um dispositivo médico (artrómetro) contruído com base em poliuretano, tornando-o assim seguro e eficaz para utilizar durante o exame de ressonância magnética. Este dispositivo permite medir objetivamente a laxidez articular do tornozelo (competência funcional) ao mesmo tempo que avalia o estado anatómico das estruturas osteoarticulares e capsuloligamentares (avaliação anatómica).



O PATD desempenha um papel de extrema relevância clínica pois configura informações de que os médicos e fisioterapeutas necessitam para um diagnóstico preciso de instabilidade do tornozelo. A avaliação objetiva, alcançável por meio da tecnologia atual, ajuda a definir exatamente quem são os indivíduos que precisarão de cirurgia e aqueles que podem ser tratados com fisioterapia e programas de prevenção.

Como aplicar o Porto Ankle Testing Device (PATD)?

A avaliação instrumentada com o PATD é implementada durante o exame de ressonância magnética e consiste em três momentos de avaliação:

- (i) um primeiro momento com o tornozelo em repouso (para adquirir o posicionamento articular de base);
- (ii) um segundo momento com a aplicação de pressão posteroanterior no tornozelo (simula o teste da gaveta anterolateral);
- (iii) um terceiro momento em que é aplicada uma pressão em varo e inversão do complexo articular do tornozelo (simula o teste de tilt em varo).

A avaliação inicia com o posicionamento do paciente em que este coloca o membro inferior ao longo do dispositivo médico com o joelho fletido a 50 graus e o tornozelo com 15 graus de flexão plantar. Todos as componentes do PATD são ajustadas à biometria do membro inferior do paciente e os segmentos proximais e distais do membro inferior são fixados no dispositivo através de fitas de compressão.

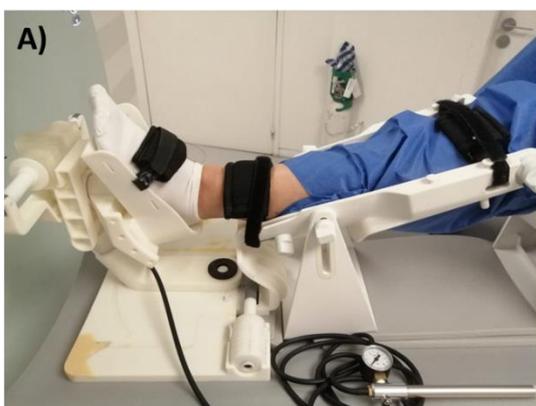
O paciente deve ser instruído para relaxar e evitar contração muscular do membro inferior, o que poderia interferir com os resultados do exame. Deve ser também informado que a pressão será aplicada gradualmente para cumprir com as características mecânicas e viscoelásticas dos ligamentos do tornozelo e assim garantir a segurança do procedimento. Desta forma, na eventualidade de qualquer sinal de apreensão ou desconforto identificado no paciente, o exame é parado e o ar removido do êmbolo para voltar à posição de repouso.

Após o correto posicionamento e estabilização do membro inferior, o paciente está pronto para a primeira sequência de ressonância magnética para registar a posição articular em repouso. São necessárias três sequências de

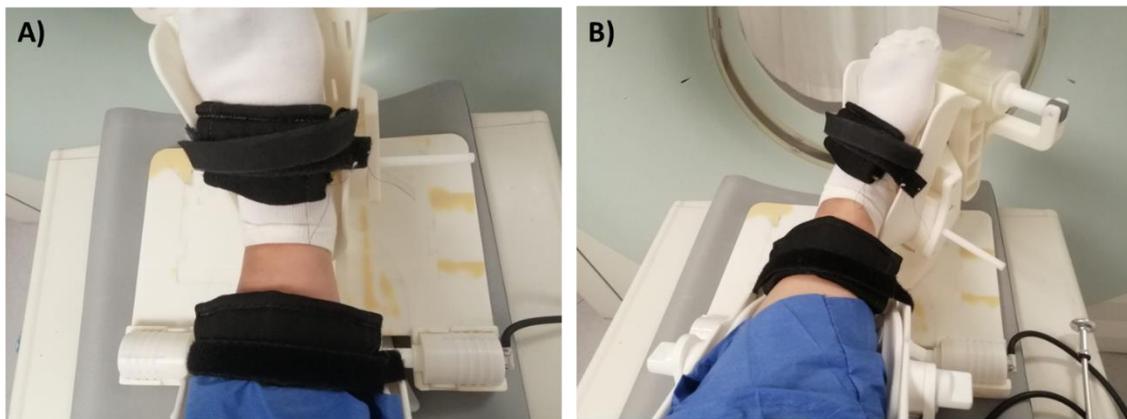
aquisição de imagem (sagital, coronal e axial) as quais servirão como posição de base do complexo articular do tornozelo.



De seguida, é realizado o teste com pressão posteroanterior que tentará recriar o teste de gaveta anterolateral. É realizado um movimento de rotação interna do tornozelo o qual é combinado com pressão posteroanterior aplicada na porção posterior do calcâneo e com um vector de 15 graus de flexão plantar. A pressão (ar) é introduzida progressivamente através de uma mangueira pneumática até o limite álgico do paciente ou até o curso máximo do êmbolo (40 mm). Para este teste apenas são adquiridas as sequências de imagem no plano sagital.



Após a aquisição das imagens de ressonância magnética, o ar é removido dos êmbolos e a componente modular do pé é reposicionada na posição inicial. Assim que o pé e tornozelo regresse à posição inicial, é aplicada uma pressão externa que imprima um movimento em varo no astrágalo e calcâneo e de inversão no medio-pé. Esta combinação de movimentos tenta não só recriar o teste de tilt em varo, mas também emular o mecanismo lesional de entorse do tornozelo. Para este teste são adquiridas as sequências de imagem no plano coronal e axial.



Assim que terminadas as aquisições de imagens do teste de tilt em varo, o ar é removido e a componente modular do pé é reposicionada na posição inicial. O teste com o PATD terminou e poderá ser aplicado no tornozelo contralateral. O exame bilateral permite comparar os valores de laxidez do tornozelo lesado com o seu tornozelo contralateral (como controlo).

Qual o protocolo de requisição de imagem?

As imagens de ressonância magnética devem ser adquiridas com sequências de two-dimension fast spin echo (FSE) e ponderação em T1. A ponderação em T1 permite adquirir imagens com maior resolução das superfícies ósseas, o que será fundamental para as medições com o PATD. O modo FSE reduz o tempo de aquisição de imagem dado que diminui o número de ecos em cada ciclo. Em cada uma das sequências (sagital, coronal e axial), as linhas orientadoras dos planos das imagens são alinhadas na sequência localizer estando paralelas aos maléolos do tornozelo. Abaixo estão descritas as características específicas da aquisição de imagens:

(1) Repouso

- Sequência sagital: tempo de repetição / tempo de eco (TR/TE) = 409/9.5 ms, campo de visão (FOV) = 160 × 90 mm, matriz = 224 x 192, espessura do corte = 3.5 mm, espaçamento entre cortes (GAP) = 1 mm, número de excitações (NEX) = 2.00, comprimento do eco (ETL) = 3, largura da banda (BW) = 25.0 kHz, o que resulta num total de 11 cortes;
- Sequência coronal: tempo de repetição / tempo de eco (TR/TE) = 446/9.5 ms, campo de visão (FOV) = 160 × 70 mm, matriz = 224 x 192, espessura do corte = 3.5 mm, espaçamento entre cortes (GAP) = 1 mm, número de excitações (NEX) = 2.00, comprimento do eco (ETL) = 3, largura da banda (BW) = 25.0 kHz, o que resulta num total de 12 cortes;
- Sequência axial: tempo de repetição / tempo de eco (TR/TE) = 456/9.7 ms, campo de visão (FOV) = 160 × 70 mm, matriz = 224 x 192, espessura do corte = 3.5 mm, espaçamento entre cortes (GAP) = 1 mm, número de excitações (NEX) = 2.00, comprimento do eco (ETL) = 3, largura da banda (BW) = 25.0 kHz, o que resulta num total de 12 cortes;

(2) Gaveta antererolateral

- Sequência sagital: tempo de repetição / tempo de eco (TR/TE) = 446/9.5 ms, campo de visão (FOV) = 160 × 90 mm, matriz = 224 x 192, espessura do corte = 3.5 mm, espaçamento entre cortes (GAP) = 1 mm, número de excitações (NEX) = 2.00, comprimento do eco (ETL) = 3, largura da banda (BW) = 25.0 kHz, o que resulta num total de 12 cortes;

(3) Tilt em varo

- Sequência coronal: tempo de repetição / tempo de eco (TR/TE) = 446/9.5 ms, campo de visão (FOV) = 160 × 70 mm, matriz = 224 x 192, espessura do corte = 3.5 mm, espaçamento entre cortes (GAP) = 1 mm, número de excitações (NEX) = 2.00, comprimento do eco (ETL) = 3, largura da banda (BW) = 25.0 kHz, o que resulta num total de 12 cortes;

- Sequência axial: tempo de repetição / tempo de eco (TR/TE) = 456/9.7 ms, campo de visão (FOV) = 160 × 70 mm, matriz = 224 x 192, espessura do corte = 3.5 mm, espaçamento entre cortes (GAP) = 1 mm, número de excitações (NEX) = 2.00, comprimento do eco (ETL) = 3, largura da banda (BW) = 25.0 kHz, o que resulta num total de 12 cortes;

Cada sequência de aquisição demora cerca de 1 minuto, num total aproximado de 25 minutos de exame para cada tornozelo.

Como fazer as medições de laxidez?

As medidas de laxidez articular do tornozelo visam medir o movimento que ocorre aquando a cargas externas (teste da gaveta anterolateral e teste de tilt em varo). Para calcular o movimento durante estes testes, é preciso recolher as mesmas medidas com o tornozelo na posição de repouso e após a aplicação de carga externa.

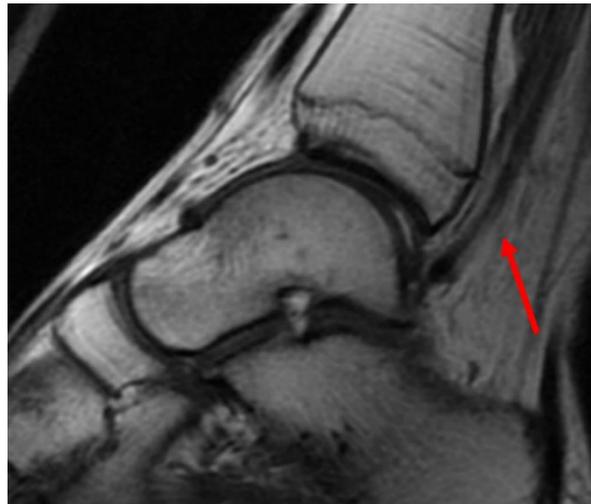
Para o teste da gaveta anterolateral temos as medidas de translação anterior: posição do astrágalo em relação à tibia (ATT) e posição do calcâneo em relação ao astrágalo (ACT).

Para o teste de tilt em varo temos as medidas de abertura tibioastragalina e subastragalina: angulação da abertura tibioastragalina (TT), angulação da abertura subastragalina (STT) e distância da abertura subastragalina (*opening*). Para além disso, pode ser medida a rotação interna do calcâneo sobre o astrágalo (ROT) durante o teste de tilt em varo

Uma vez que se tratam de imagens de ressonância magnética, em que se apresentam numa sequência de imagens (ao contrário da radiografia que apresenta apenas uma imagem), é sempre preciso primeiro definir qual o slide a escolher para fazer as medições. Abaixo explicamos como escolher o slide e como se efetuam as medições para cada uma das medidas mencionadas acima.

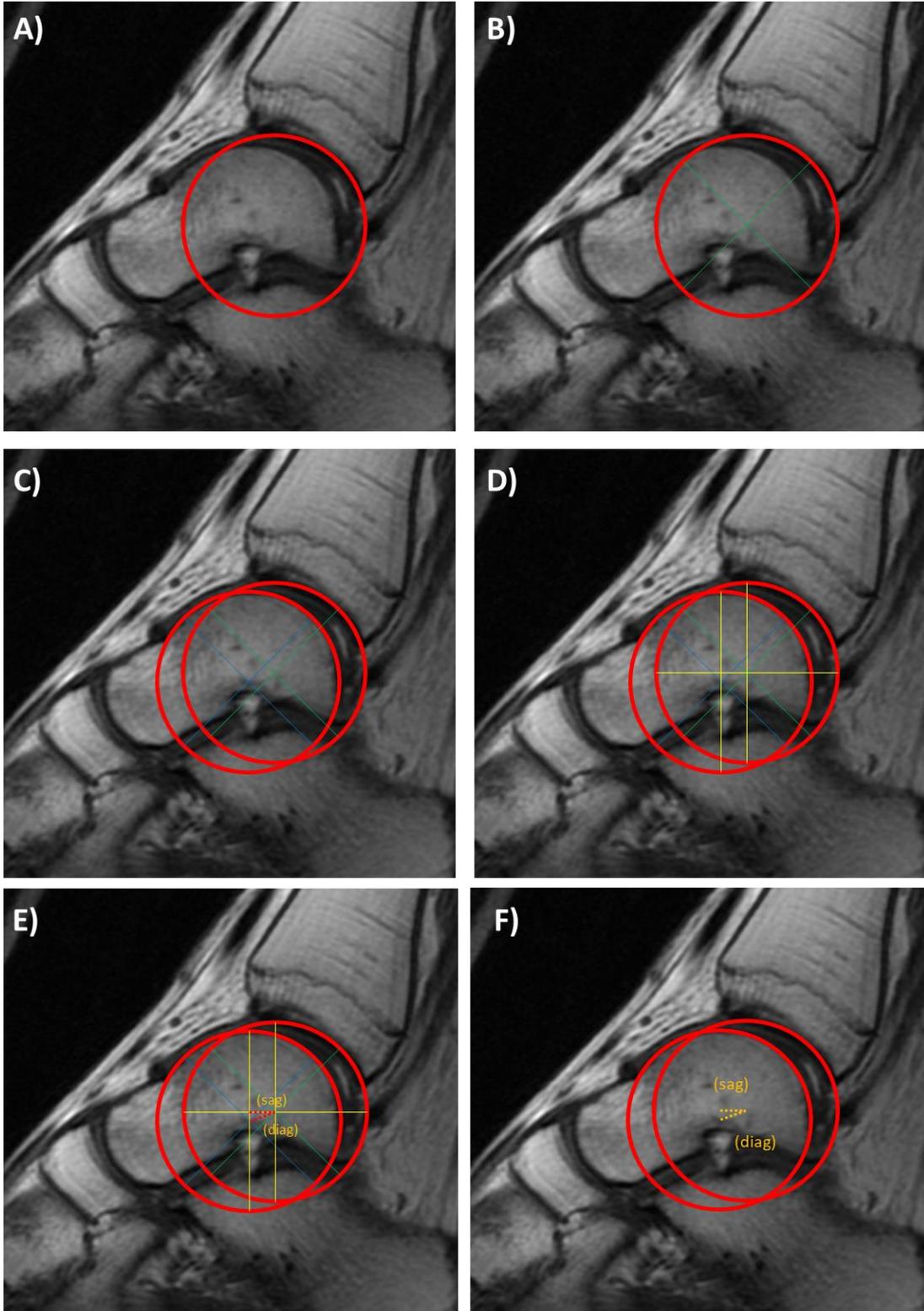
Posição do astrágalo em relação à tibia (ATT)

Para a medição da ATT, são selecionadas as imagens sagitais do tornozelo em repouso e após pressão posteroanterior. Para a escolha do slide de medição, vai-se procurar o último slide (de lateral para medial) que mostra o tendão do extensor longo dos dedos, o qual se encontra posterior ao astrágalo e/ou à tibia.



Começa-se por desenhar um círculo em que a porção superior do círculo coincida com a face inferior da tibia na articulação tibioastragalina (A). São desenhadas duas linhas perpendiculares para encontrar o centro do círculo (B). O mesmo processo é repetido para o astrágalo, em que a porção do círculo coincida com a cúpula do astrágalo (C). De seguida, são desenhadas duas linhas verticais, cada uma a passar pelo centro dos círculos, e uma horizontal que atravesse o centro de um dos círculos (D). Por último, é medida a distância (em milímetros) da posição do centro do astrágalo em relação ao centro da face inferior articular da tibia. Para isso, são medidas as distâncias em diferentes direções: anterior-posterior (sag), na sua diagonal (diag) e superior-inferior (inf). Desta forma, consegue-se compreender qual o deslocamento do astrágalo em vários planos de movimento. Quando o astrágalo se encontra anteriormente à tibia, então os valores são positivos; caso contrário, os valores são negativos. Para calcular o deslocamento do astrágalo sobre a tibia, é calculada a diferença entre a ATT na posição final (após pressão) e a posição inicial de repouso.

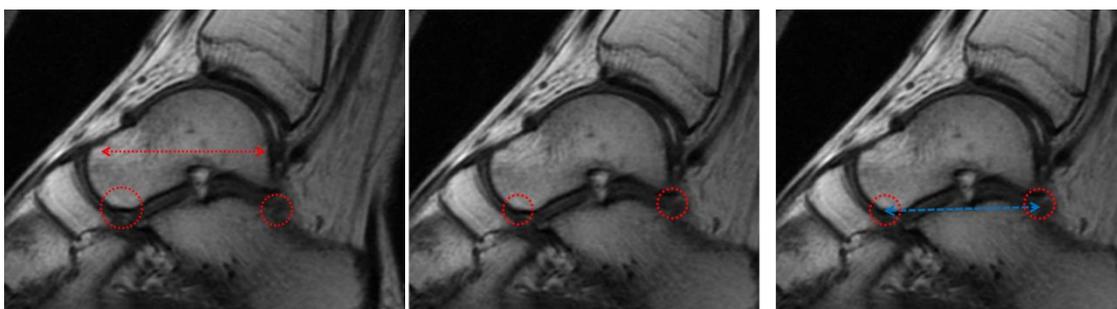
Quanto maior o valor (positivo), maior o deslocamento (anterior, diagonal e inferior) do astrágalo sobre a tibia.



Posição do calcâneo em relação ao astrágalo (ACT)

Para a medição da ACT, são seleccionadas as imagens sagitais do tornozelo em repouso e após pressão posteroanterior. Para a escolha do slide de medição, vai-se procurar o slide apresente a maior distância do eixo longitudinal sagital do astrágalo, em que seja possível ver a cabeça anterior do astrágalo (na sua porção inferior) e a ponta pósterio-superior do calcâneo.

Para a calcular o ACT, é medida a distância (em milímetros) entre a o ponto mais superior da ponta pósterio-superior do calcâneo e o ponto mais inferior da porção antero-inferior da cabeça do astrágalo. Esta distância representa a posição do calcâneo em relação à astrágalo e o valor é sempre considerado positivo. Para calcular o deslocamento do calcâneo sobre o astrágalo, é calculada a diferença entre a ACT na posição final (após pressão) e a posição inicial de repouso. Quanto menor o valor (negativo), maior o deslocamento do calcâneo sobre o astrágalo. O valor de deslocamento é negativo que quando os pontos se aproximam (distancia menor) indica que o calcâneo se moveu anteriormente em relação ao astrágalo.

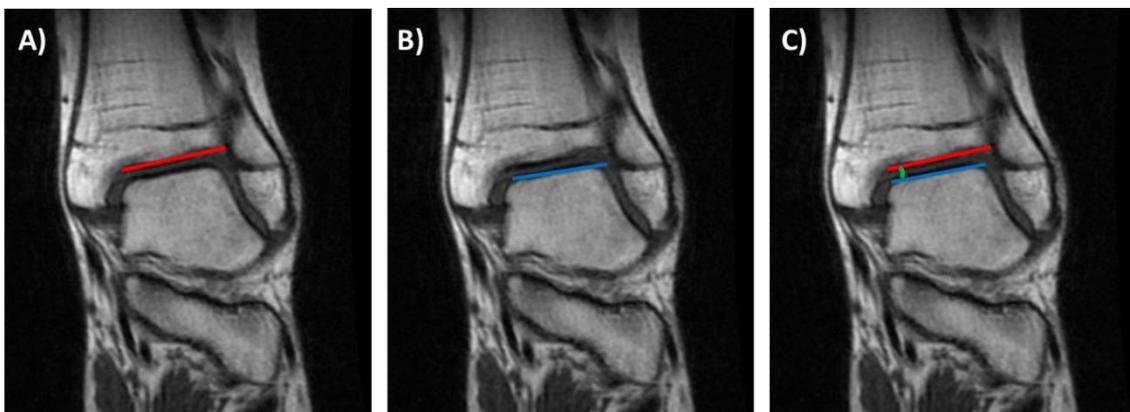


Angulação da abertura tibioastragalina (TT)

Para a medição da TT, são selecionadas as imagens coronais do tornozelo em repouso e após pressão de tilt em varo. Para a escolha do slide de medição, vai-se procurar o slide onde se encontra a ponta óssea inferior do perónio.

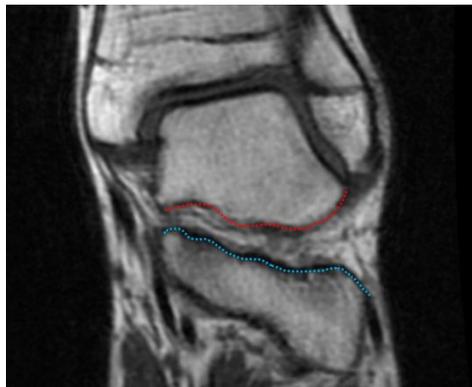


De seguida, é desenhada uma linha que seja paralela à face inferior da tibia na articulação tibioastragalina (A) e outra linha que seja paralela à face superior da cúpula do astrágalo (B). Por último, é medido o ângulo entre as duas linhas para calcular a TT (C). Este ângulo representa a abertura lateral da articulação tibioastragalina. Valores positivos significam uma abertura lateral (ângulo localizado no lado medial) e valores negativos uma abertura medial (ângulo localizado no lado lateral). Para calcular a abertura tibioastragalina, é calculada a diferença entre o ângulo TT na posição final (após pressão) e a posição inicial de repouso. Quanto maior o valor da diferença, maior a abertura tibioastragalina.

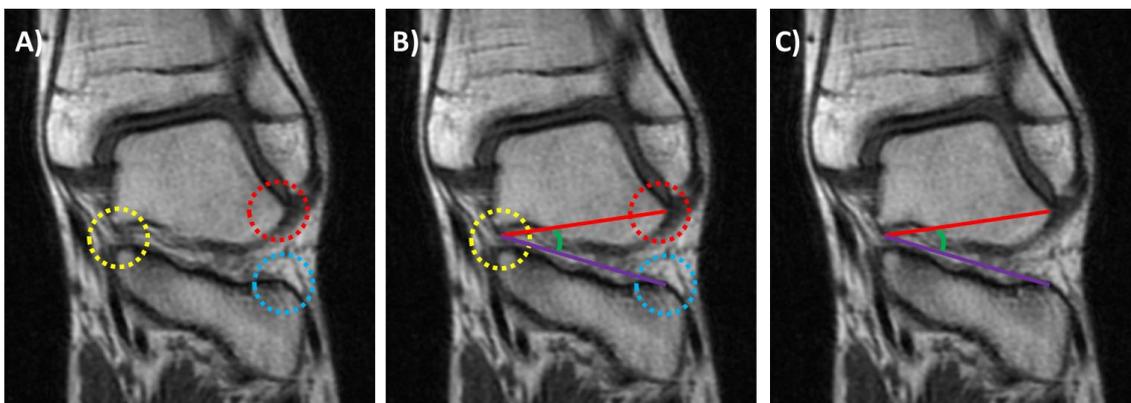


Angulação da abertura subastragalina (STT)

Para a medição da STT, são seleccionadas as imagens coronais do tornozelo em repouso e após pressão de tilt em varo. Para a escolha do slide de medição, vai-se procurar o slide onde se melhor visualiza o contorno inferior do astrágalo e superior do calcâneo.



Para a medição da STT, é preciso encontrar o ponto mais inferior-lateral do astrágalo, o ponto mais superior da linha de contorno superior-lateral do calcâneo e o ponto de encontro da astrágalo e do calcâneo (“*touching point*”) na face medial da articulação subastragalina (A). É desenhada uma linha que conecta o ponto mais inferior-lateral do astrágalo ao *touching point*, e outra linha desde o ponto mais superior-lateral do calcâneo também até ao *touching point* (B). A medida STT é o ângulo entre estas duas linhas (C). Este ângulo representa a abertura lateral da articulação subastragalina. Valores positivos significam uma abertura lateral (ângulo localizado no lado medial). Para calcular a abertura subastragalina, é calculada a diferença entre o ângulo STT na posição final (após pressão) e a posição inicial de repouso. Quanto maior o valor da diferença, maior a abertura subastragalina.

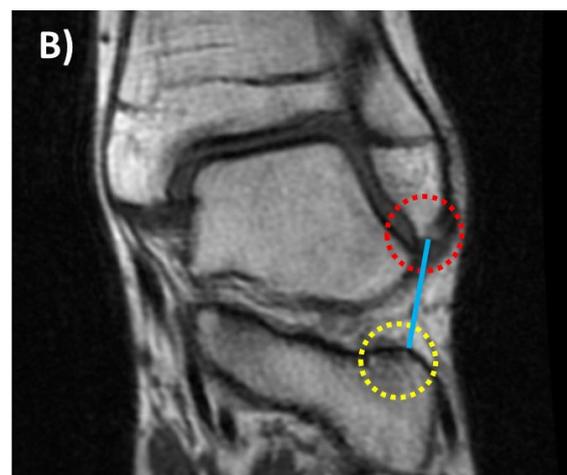
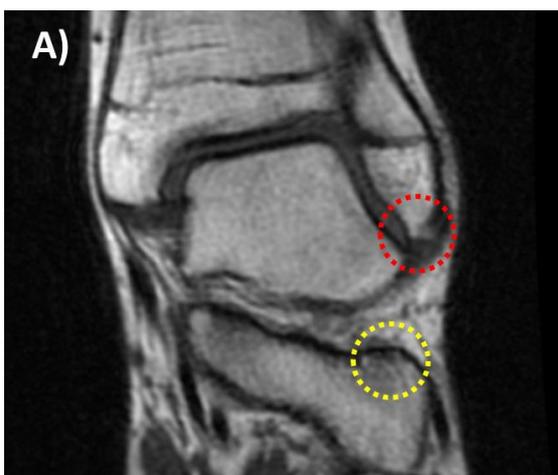


Distância da abertura tibioastragalina e subastragalina (opening)

Para a medição do *opening*, são seleccionadas as imagens coronais do tornozelo em repouso e após pressão de tilt em varo. Para a escolha do slide de medição, vai-se procurar o slide onde se melhor visualiza o contorno superior-lateral do calcâneo e a ponta óssea inferior do perónio.

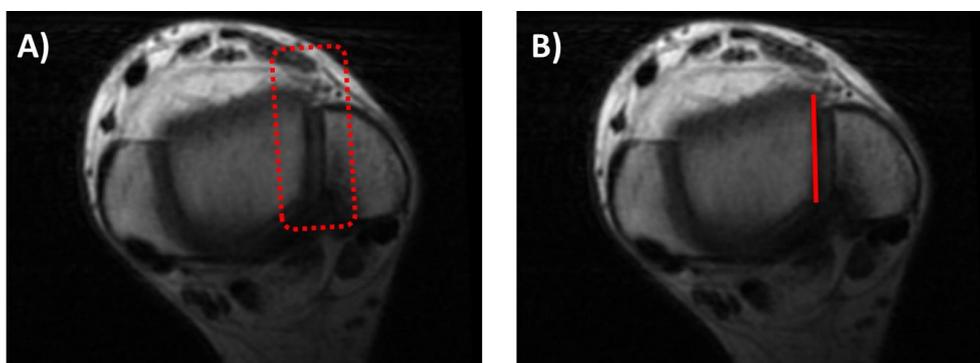


Para calcular o *opening*, é medida a distância (em milímetros) entre a o ponto mais superior do contorno superior-lateral do calcâneo e o ponto mais inferior da ponta óssea inferior do perónio (Figura 22). Esta distância mede a distância entre estes dois pontos e representa a abertura subastragalina, desde a porção inferior do perónio até a porção superior-lateral do calcâneo. O valor é sempre considerado positivo. Para calcular a distância da abertura subastragalina, é calculada a diferença entre o *opening* na posição final (após pressão) e a posição inicial de repouso. Quanto maior o valor da diferença, maior a distância entre os dois pontos e por isso maior a abertura subastragalina.

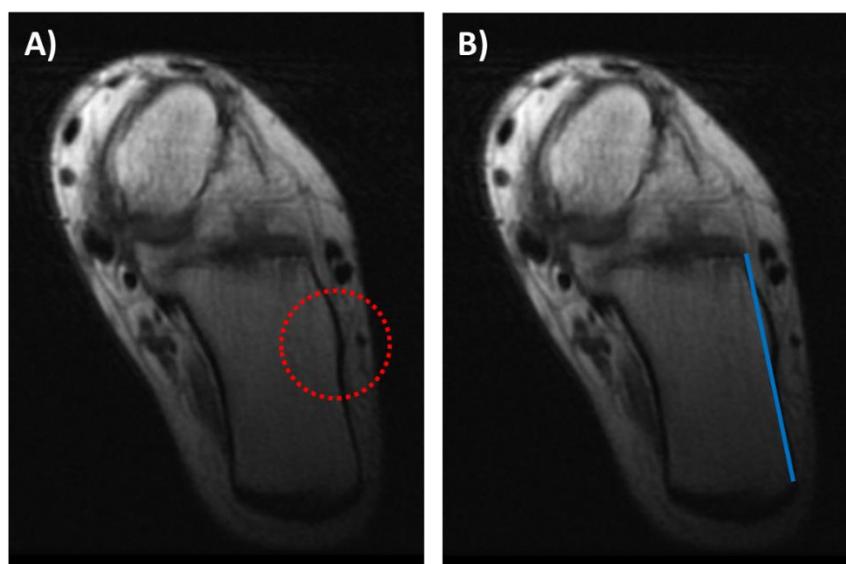


Rotação interna do calcâneo sobre o astrágalo (ROT)

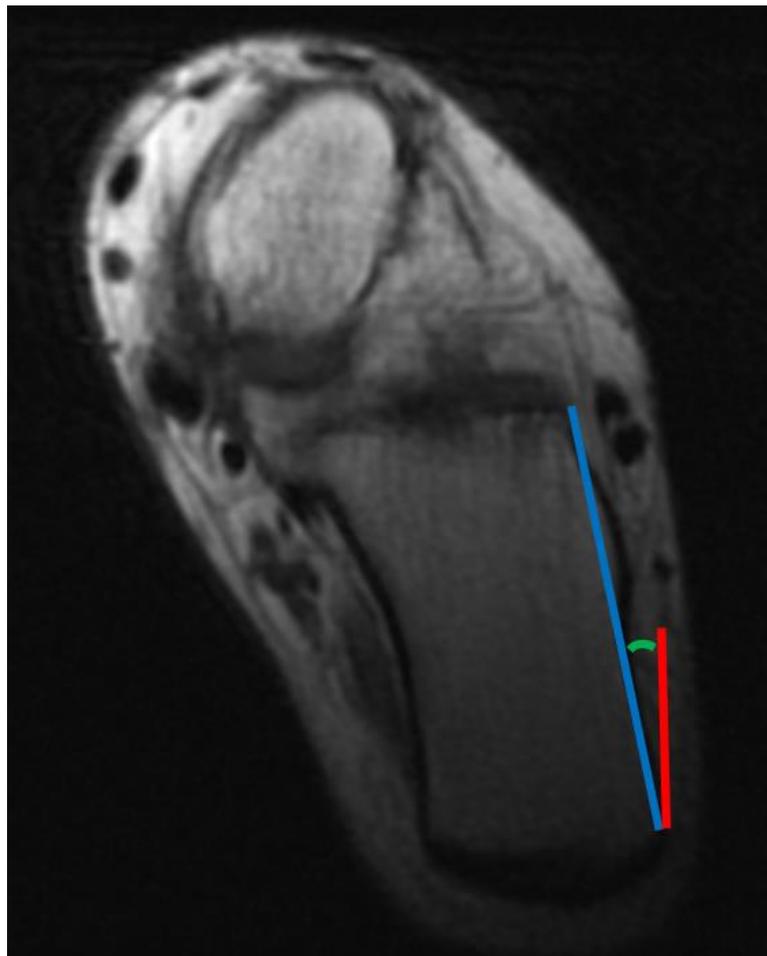
Para a medição do ROT, são selecionadas as imagens axiais do tornozelo em repouso e após pressão de tilt em varo. Para a escolha do slide de medição, vai-se primeiro procurar o slide onde se melhor visualizam os dois maléolos e o contorno medial e lateral do astrágalo; o ponto mais crucial do slide é um bordo lateral do astrágalo bem definido (A). Neste slide desenha-se uma linha de referência paralela ao bordo lateral do astrágalo que representa a posição no eixo axial do astrágalo (B).



De seguida, vai-se primeiro procurar o slide onde se visualiza o tubérculo peronal na face lateral do calcâneo (A). Neste slide desenha-se uma outra linha de referência paralela ao bordo lateral do calcâneo que representa a posição no eixo axial do calcâneo (B).



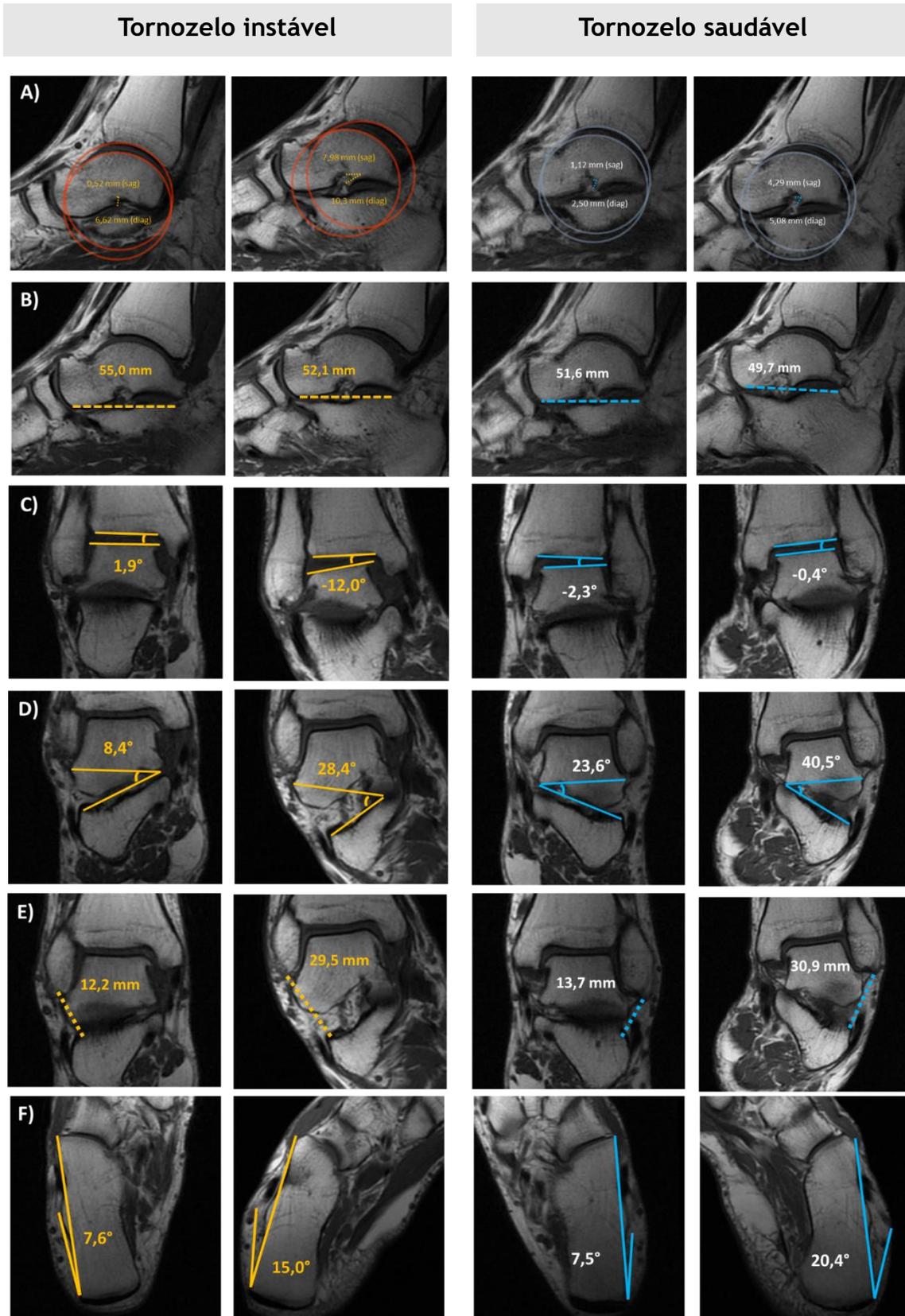
Por fim, ambas as linhas de referências são juntadas no mesmo slide e a ponta inferior das linhas é unida num único ponto. A medida ROT é o ângulo entre as duas linhas de referência. Idealmente as linhas são juntadas no slide do calcâneo uma vez que estamos a medir a rotação interna do mesmo sobre o astrágalo e então garante uma melhor representação desta rotação quando visualizado no slide do calcâneo. Para calcular a rotação interna do calcâneo sobre o astrágalo (ROT), é calculada a diferença entre o ROT na posição final (após pressão) e a posição inicial de repouso. Quanto maior o valor da diferença, maior o movimento de rotação interna do calcâneo sobre o astrágalo. Valores negativos representam (1) uma rotação externa do calcâneo ou (2) um movimento de rotação interna do astrágalo que seja superior à rotação interna do calcâneo.



Como interpretar os resultados?

Para interpretar os resultados de laxidez do tornozelo com o PATD devemos considerar os valores absolutos dos deslocamentos posteroanterior e de abertura lateral. Devemos usar as medidas de deslocamento posteroanterior do astrágalo (ATT sag) e de abertura lateral da articulação tibioastragalina (TT) pois são os mais fiáveis e mais amplamente utilizados. Para o teste da gaveta anterolateral temos um valor de corte de 3,26 mm (ATT sag) para definir o que seria uma laxidez sagital patológica, e no teste 1,95 graus (TT) para definir o que seria uma laxidez coronal patológica.

Quando possível, os resultados devem ser comparados contra o tornozelo contralateral para dar uma melhor perceção do aumento/diminuição da laxidez. Abaixo apresentamos um exemplo ilustrativo comparação de medições de PATD entre tornozelo direito com instabilidade crónica unilateral (lado esquerdo da imagem) e o seu lado esquerdo contralateral não lesado (lado direito da imagem). A diferença das diferenças de deslocamento (final - repouso) entre os tornozelos (instabilidade unilateral - contralateral): (A) ATT em repouso e após pressão PA, com uma diferença de PA - SP ATT entre os tornozelos de 4,29 mm (ant) e 1,30 mm (diag); (B) ACT em repouso e após pressão PA, com uma diferença de PA - SP ACT entre os tornozelos de -1,0 mm; (C) TT em repouso e após pressão em varo, com uma diferença de Varo - SP TT entre os tornozelos de 8,2°; (D) STT em repouso e após pressão em varo, com uma diferença de Varo - SP STT entre os tornozelos de 3,1°; (E) Opening em repouso e após pressão em varo, com uma diferença de Varo - SP Opening entre os tornozelos de 0,1 mm; (F) ROT em repouso e após pressão em varo, com uma diferença de Varo - SP ROT entre os tornozelos de -5,5°.



Quais as aplicabilidades do PATD?

O PATD tem muitas aplicabilidades de avaliação, diagnóstico e seguimento de tratamento ao tornozelo:

- Avaliação da laxidez articular do tornozelo comparando com valores de referência da população;
- Avaliação da laxidez articular do tornozelo com instabilidade unilateral comparando o tornozelo contralateral;
- Fornecer mais informação e complementar o tradicional exame clínico e imagiológico com a avaliação da competência ligamentar do tornozelo;
- Correlacionar o estado das estruturas anatómicas (por exemplo, rutura ligamentar) com a capacidade funcional do tornozelo em restringir os movimentos;
- Adquirir um diagnóstico mais preciso e confiável e assim refinar as indicações do tratamento;
- Avaliar a estabilidade do tornozelo após fisioterapia e perceber se o tornozelo é candidato para intervenção cirúrgica ou estratégias de prevenção secundária;
- Avaliar a estabilidade do tornozelo após intervenção cirúrgica e perceber se a estabilidade do tornozelo foi reestabelecida, ou se poderá necessitar de mais fisioterapia pós-operatória ou até mesmo uma nova intervenção cirúrgica.

Referências bibliográficas

1. Hootman JM, Dick R, Agel J. Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *J Athl Train*. 2007;42(2):311-319.
2. Kenneth L. Cameron SWM, Rodney X. Sturdivant, and Andrew E. Lincoln. Trends in the Incidence of Physician-Diagnosed Mild Traumatic Brain Injury among Active Duty U.S. Military Personnel between 1997 and 2007. *J Neurotrauma*. 2012;29(7):1313-1321.
3. Shah S, Thomas AC, Noone JM, *et al*. Incidence and Cost of Ankle Sprains in United States Emergency Departments. *Sports Health*. 2016;8(6):547-552.
4. Hiller CE, Nightingale EJ, Raymond J, *et al*. Prevalence and impact of chronic musculoskeletal ankle disorders in the community. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012;93(10):1801-1807.
5. Fong DT, Hong Y, Chan LK, *et al*. A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sports Med*. 2007;37(1):73-94.
6. Fong DT, Man CY, Yung PS, *et al*. Sport-related ankle injuries attending an accident and emergency department. *Injury*. 2008;39(10):1222-1227.
7. Cooke MW, Marsh JL, Clark M, *et al*. Treatment of severe ankle sprain: a pragmatic randomised controlled trial comparing the clinical effectiveness and cost-effectiveness of three types of mechanical ankle support with tubular bandage. The CAST trial. *Health Technol Assess*. 2009;13(13):iii, ix-x, 1-121.
8. Derksen RJ, Coupe VM, van Tulder MW, *et al*. Cost-effectiveness of the SEN-concept: Specialized Emergency Nurses (SEN) treating ankle/foot injuries. *BMC Musculoskelet Disord*. 2007;899.
9. Hupperets MD, Verhagen EA, Heymans MW, *et al*. Potential savings of a program to prevent ankle sprain recurrence: economic evaluation of a randomized controlled trial. *Am J Sports Med*. 2010;38(11):2194-2200.
10. Janssen KW, Hendriks MR, van Mechelen W, *et al*. The Cost-Effectiveness of Measures to Prevent Recurrent Ankle Sprains: Results of a 3-Arm Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med*. 2014;42(7):1534-1541.
11. Knowles SB, Marshall SW, Miller T, *et al*. Cost of injuries from a prospective cohort study of North Carolina high school athletes. *Injury prevention : journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*. 2007;13(6):416-421.
12. Lin CW, Uegaki K, Coupe VM, *et al*. Economic evaluations of diagnostic tests, treatment and prevention for lateral ankle sprains: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2013;47(18):1144-1149.

13. Olmsted LC, Vela LI, Denegar CR, *et al.* Prophylactic Ankle Taping and Bracing: A Numbers-Needed-to-Treat and Cost-Benefit Analysis. *J Athl Train.* 2004;39(1):95-100.
14. Ramasubbu B, McNamara R, Okafor I, *et al.* Evaluation of Safety and Cost-Effectiveness of the Low Risk Ankle Rule in One of Europe's Busiest Pediatric Emergency Departments. *Pediatr Emerg Care.* 2015;31(10):685-687.
15. Waterman BR, Owens BD, Davey S, *et al.* The epidemiology of ankle sprains in the United States. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92(13):2279-2284.
16. Anandacoomarasamy A, Barnsley L. Long term outcomes of inversion ankle injuries. *Br J Sports Med.* 2005;39(3):e14-e14.
17. Braun BL. Effects of ankle sprain in a general clinic population 6 to 18 months after medical evaluation. *Arch Fam Med.* 1999;8(2):143-148.
18. Doherty C, Bleakley C, Hertel J, *et al.* Recovery From a First-Time Lateral Ankle Sprain and the Predictors of Chronic Ankle Instability: A Prospective Cohort Analysis. *Am J Sports Med.* 2016;44(4):995-1003.
19. Konradsen L, Bech L, Ehrenbjerg M, *et al.* Seven years follow-up after ankle inversion trauma. *Scand J Med Sci Sports.* 2002;12(3):129-135.
20. Swenson DM, Yard EE, Fields SK, *et al.* Patterns of recurrent injuries among US high school athletes, 2005-2008. *Am J Sports Med.* 2009;37(8):1586-1593.
21. Taga I, Shino K, Inoue M, *et al.* Articular cartilage lesions in ankles with lateral ligament injury. An arthroscopic study. *Am J Sports Med.* 1993;21(1):120-126; discussion 126-127.
22. Valderrabano V, Horisberger M, Russell I, *et al.* Etiology of ankle osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(7):1800-1806.
23. Valderrabano V, Pagenstert G, Horisberger M, *et al.* Sports and recreation activity of ankle arthritis patients before and after total ankle replacement. *Am J Sports Med.* 2006;34(6):993-999.
24. Nieuwe Weme RA, van Solinge G, J ND, *et al.* Total ankle replacement for posttraumatic arthritis. Similar outcome in postfracture and instability arthritis: a comparison of 90 ankles. *Acta Orthop.* 2015;86(4):401-406.
25. Valderrabano V, Hintermann B, Horisberger M, *et al.* Ligamentous posttraumatic ankle osteoarthritis. *Am J Sports Med.* 2006;34(4):612-620.

Agradecimentos e Financiamento

Este guia resulta de um projeto em consórcio entre a Clínica Espregueira - FIFA Medical Centre of Excellence (Saúde Atlântica - Gestão hospitalar S.A), e os parceiros Universidade do Minho (representada pelos grupos 3B's - Biomateriais, Biodegradáveis e Biomiméticos, e CMEMS - Centro de Sistemas Micro Electromecânicos) e a empresa Pro2B (Consultoria e Gestão de Projetos, LDA).



Este trabalho foi financiado pelo projeto “**DILATO - Dispositivo Inovador de medição de Laxidez Articular do Tornozelo e Ombro**” (referência 47289) cofinanciado pelo Programa Operacional Regional do Norte (NORTE 2020), através do Portugal 2020 e do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER).

Cofinanciado por:



Cofinanciado por:

