



ENTENDIMENTO DA ALTERAÇÃO BIOMECÂNICA DA ALAVANCA PATELAR

Embora a biomecânica do cavalo vem sendo estudada há muitos anos, só recentemente tem sido utilizada para facilitar e compreender as patologias dos cavalos de esporte. A dinâmica do movimento acaba sendo um conjunto de acontecimentos musculares, tendíneos, ligamentares, nervosos, vasculares, entre outros, que se reúnem harmonicamente para influenciar detalhadamente em algum movimento que se traduz em performance. O cavalo possui várias fases de movimento; umas em apoio (**Figura 1**: A - recepção, B - metade do apoio e C - propulsão) e outras em elevação (**Figura 2**: A - retração, B - metade do voo e C - protração). Independente de quais fases o cavalo execute para cada movimento, deve ser conhecido o grupo de alavancas que caracterizam cada um deles. Neste artigo, destacaremos uma das alavancas mais importantes do membro pélvico conhecida como “alavanca patelar” (AP).

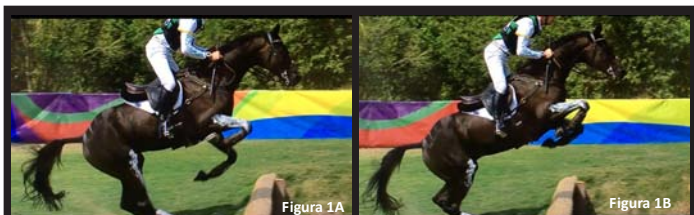


Figura 1A

Figura 1B



Figura 1C

Figura 1: Representação gráfica das três fases biomecânicas do apoio do membro pélvico (A: recepção, B: metade do apoio e C: propulsão)



Figura 2A

Figura 2B

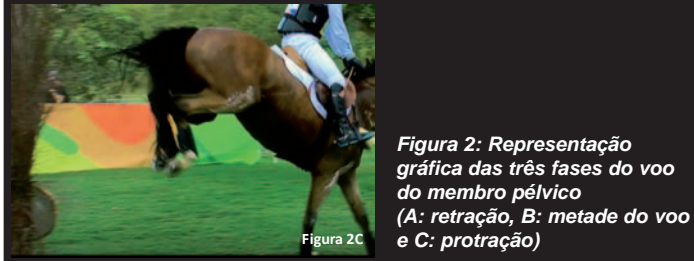


Figura 2C

Figura 2: Representação gráfica das três fases do voo do membro pélvico (A: retração, B: metade do voo e C: protração)

A alavanca patelar, anatomicamente está compreendida pela articulação femorotibiopatelar; especificamente o fêmur distal, o músculo quadríceps femoral (vasto média, vasto médio, vasto lateral e reto femoral), a rótula, os ligamentos patelares (medial, intermédio e lateral) e a tuberosidade da tíbia (**Figura 3**).

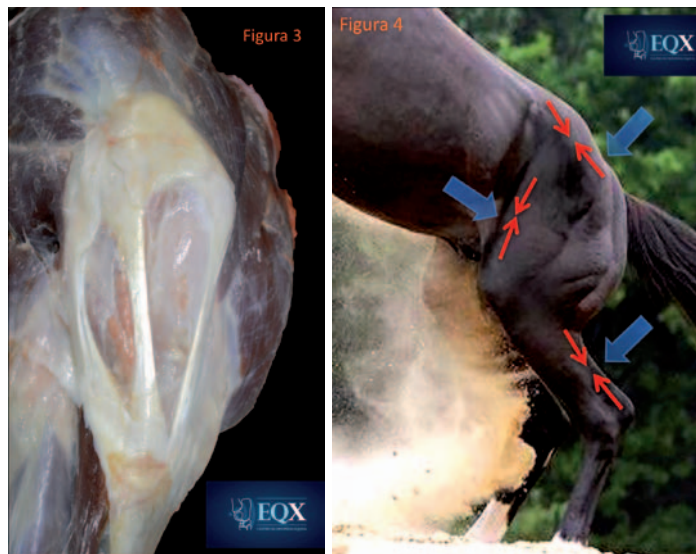


Figura 3

Figura 4

Figura 3: Representação gráfica das estruturas anatômicas que compreendem a alavanca patelar (AP). Lado direito da foto é medial e o esquerdo é lateral numa articulação femorotibiopatelar dissecada.

Figura 4: Representação fotográfica das 3 principais alavancas que funcionam durante o apoio. Especificamente nesta foto a abertura das AT, AP e AC (de proximal para distal). Observe como as setas vermelhas representam o sentido da contração muscular, induzindo a abertura articular durante a propulsão do membro pélvico.

A função mais importante da AP, é a grosso modo, lutar contra a gravidade, ou seja, evitar o colapso da articulação da patela durante a recepção. Outra importante função, ocorre durante a fase da propulsão, quando alavanca abre a articulação femorotibiopatelar, impulsionando o corpo do cavalo para frente ou para cima, durante um sinergismo com as alavancas calcânea (AC) e trocântérica (AT), destacado na **Figura 4**.

A AP, AC e AT trabalham durante o apoio do membro, atuando com dois tipos de contração. Quando o cavalo toca o solo, os músculos que participam nas alavancas citadas anteriormente se esticam ao máximo, acumulando toda a sua energia durante as fases de recepção e metade do apoio (primeiro contato onde o cavalo toca no solo e momento de fechamento máximo no solo respectivamente - **Figura 5A**); este tipo de contração é conhecida como contração excêntrica. Após este episódio, o cavalo precisa “explodir” em contração muscular para poder utilizar o acúmulo de energia a partir do “estiramento” muscular, para uma contração muscular contrária, onde um fechamento articular inicial, termina numa abertura articular que gera a propulsão; este tipo de contração é conhecida como concêntrica (**Figura 5B**). Este tipo de contração excêntrica e concêntrica, participa durante todas as fases do apoio e é fundamental para gerar o movimento.

Focalizando especificamente a AP, e entendendo especificamente quais são os tipos de contração muscular em que ela participa, devem ser destacados os sinais patognomônicos de uma quebra nesta alavanca. Independente da causa primária, os cavalos com alteração da alavanca patelar cursam com os seguintes



Figura 5: Representação gráfica dos tipos de contração durante a AP. Observe o fechamento entre o fêmur e a tíbia (contração excêntrica) que acontece na Figura 5A em comparação com a abertura entre estes ossos na figura 5B (contração concêntrica). Na primeira contração temos um acúmulo de energia enquanto na segunda a explosão desta energia que gera a abertura articular e conseqüentemente a propulsão.

sinais: a) fechamento ou colapso da articulação femorotibiopatelar, b) deslocamento ventral da tíbia proximal, c) deslocamento caudal do osso calcâneo, d) tensão do tendão do músculo flexor digital superficial, e) tração do "scutum" intermédio, f) flexão do boleto e g) apoio na pinça do casco do membro acometido (**Figura**



Figura 6: Representação gráfica da posição patognômica de alteração da AP bilateral por uma luxação lateral da rótula em consequência de uma hipoplasia troclear femoral. Observe o colapso da alavanca patelar (Figura A), induzindo o deslocamento caudal do calcâneo tensionando o flexor digital superficial, terminando na flexão do boleto e apoio na pinça (Figuras A e B)



Figura 7: Representação gráfica da posição de outro cavalo com paralisia do nervo femoral do membro pélvico esquerdo. Observe como neste caso a alteração da AP é unilateral. Na foto 7A se vê o colapso femorotibial e o apoio em pinça, enquanto na foto 7B, o apoio do membro pélvico esquerdo está totalmente normal.



Figura 8: Representação gráfica de uma égua com alteração da AP do membro pélvico esquerdo após a recuperação da anestesia. O apoio em pinça do membro pélvico esquerdo mais uma vez associado como comportamento patognômico desta entidade.

ra 6A e 6B, 7A e 7B, 8A e 8B). Estes sinais citados, são patognômicos, o que quer dizer que se repetem em todas as situações, manifestando a alteração biomecânica em forma de síndrome e não destacam uma patologia específica; ou seja, o diagnóstico desta síndrome, deve ser procurado.

Causas possíveis da alteração da alavanca patelar:

1) Paralisia do nervo femoral: O nervo femoral se origina entre os segmentos das últimas vértebras lombares e primeiras sacras a partir da medula espinhal e se liga na placa motora do músculo quadríceps femoral. Cavalos com esta paralisia, não conseguem controlar o tônus durante a contração excêntrica nem induzir a abertura articular durante a contração concêntrica; estes cavalos terminam em colapso articular e manifestação característica dos sinais patognômicos citados acima. Causas comuns: trauma direto sobre o nervo femoral por hiperextensão do membro pélvico (exemplo de coice), ocorrendo um choque entre o tendão do músculo ileofemoral e o nervo femoral; fratura de fêmur com trauma direto do nervo; overdose de anestesia epidural (neste caso o sinal ocorre nos dois membros pélvicos) e hipo-perfusão neuromuscular da placa motora por hipotensão durante a anestesia geral.

2) Laceração, ruptura ou esgarçamento do músculo quadríceps femoral: Trauma direto sobre o músculo ou incapacidade muscular para tolerar a carga, podem induzir este tipo de lesão. Causas mais comuns: excesso de peso dos membros pélvicos ou trauma direto com objetos lacerantes e/ou cortantes sobre a região cranial do fêmur.

3) Fratura transversal da rótula: Sabemos que a base da rótula que se encontra proximalmente, tem um superfície plana, para poder receber a inserção do músculo quadríceps femoral e o ápice da rótula é triangular, para poder participar com a inserção proximal dos ligamentos patelares. Uma fratura transversal da rótula, acaba perdendo o ponto de estabilidade entre o encontro das forças entre o músculo e os ligamentos patelares, perdendo totalmente a sua capacidade de tração entre pélvis, fêmur e tíbia. Causas comuns: Trauma direto sobre a rótula, associado ou não a hiperflexão do membro pélvico durante a fase do voo. Devemos lembrar que a segunda maior tensão de forças sobre a rótula, acontece durante o momento da hiperflexão da articulação da patela, já que as trócleas femorais pressionam a rótula na fase articular, sensibilizando a fraturas, quando durante esta fase a superfície dorsal da rótula tem um impacto (típico cavalo de salto ou provas de CCE).

4) Ruptura total dos ligamentos patelares: Como comentado no item 3, os ligamentos patelares tem uma inserção proximal do ápice da rótula e uma inserção distal na tuberosidade da tíbia.

Sem os ligamentos patelares, as forças de tração que já vem do quadríceps femoral, não poderiam ser direcionadas para a rótula e para a tíbia para executar a alavanca propriamente dita; temos também que lembrar que a capacidade de redução do estresse desta articulação acontece pelo fato de existir uma rótula em contato com duas trócleas; este é outro dos sistemas biomecânicos do aparelho troclear femoral (similar ao podotroclear no casco ou tarsotroclear no talus). Em conclusão, sem os ligamentos patelares funcionais, seria impossível utilizar a força muscular do quadríceps para alavancar a tíbia, induzindo a uma extensão femoro-tibiopatelar. Causas comuns: Trauma direto com objetos cortantes e lacerantes.

5) Fratura da tuberosidade da tíbia: Resumindo o numeral 3 e 4, o ponto de inserção mais importante dos três ligamentos patelares, é proximal a linha epifisária da tuberosidade da tíbia. Isto faz com que potros com tração forçada associado com ou sem impacto, terminem em fraturas epifisárias que alteram totalmente a AP. Cavalos adultos podem ter o mesmo princípio por impactos violentos que induzem a fratura nesta região. Sem ponto de fixação dos ligamentos patelares, qualquer força proveniente do fêmur, pélvis e quadríceps femoral será totalmente desaproveitada. Causas comuns: Trauma direto (coice, impacto contra uma cerca e etc).

6) Luxação lateral ou medial da rótula (Figura 9A, 9B e 9C): Este episódio acontece como consequência da ruptura do ligamento colateral medial ou lateral femoropatelar, induzida pela instabilidade patelar por causa da falta de congruência da rótula com as trócleas e o sulco intertroclear. Em outras palavras, é a síndrome de hipoplasia troclear femoral. Biomecanicamente se a rótula não se mantém no sulco intertroclear, é impossível o direcionamento das forças de alavanca desde o fêmur até a tíbia, induzindo mais uma vez o colapso femorotibiopatelar. Causas comuns: Congênita e/ou genético (geralmente bilateral e adquirido por trauma (geralmente unilateral)).

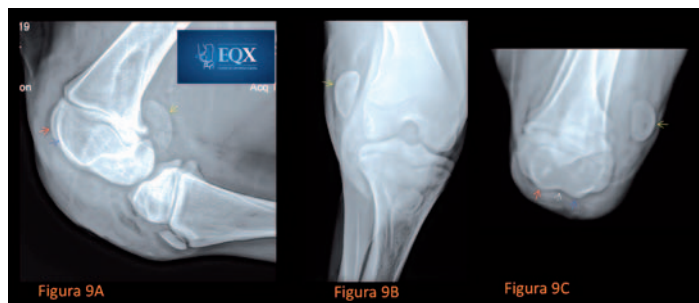


Figura 9: Representação radiográfica do membro pélvico esquerdo de um potro com alteração da AP. É possível observar o deslocamento laterocaudal da rótula (seta amarela) nas vistas lateral (figura 9A), caudocranial (figura 9B) e “sky line” (Figura 9C). Observe também como a hipoplasia troclear medial (seta vermelha) e lateral (seta azul), reduzem a concavidade do sulco intertroclear (seta branca), predispondo a luxação da rótula para qualquer um dos lados.

O diagnóstico é baseado em 3 pontos basicamente: Na inspeção biomecânica durante o movimento, radiografia e ultrassonografia. O prognóstico depende da causa e logicamente da severidade da mesma. O tratamento focaliza remover a causa primária oscilando desde anti-inflamatórios não esteroidais, repouso, terapia sintomática para paralisia de nervos periféricos e inflamação muscular, cirurgia ou eutanásia entre outras.

Na coluna deste mês, gostaria de apresentar um caso clássico de alteração de alavanca patelar misto de origem traumático: Resenha: Fêmea de 8 anos de idade, raça trotter, utilizada para corrida. Histórico: A égua teria escapado e numa tentativa de pular uma divisória de metal entre a pista e um espaço verde, ela recebeu um impacto violento na superfície dorsal da região femorotibio-

patelar do membro pélvico direito. A partir deste momento, o proprietário teria identificado como um animal com muita dor sem capacidade de colocar o membro no chão. Apresentação clínica - inspeção estática: Durante o exame físico, a égua teria uma postura em pinça (**Figura 10**), sem apoio, uma ferida oblíqua de aproximadamente 7 cm levemente sanguinolenta e fresca (**Figura 11A**), um aumento de volume proximal a rótula compatível com retração do músculo quadríceps femoral em sentido proximal e uma redução de volume no aspecto distal do fêmur (**Figura 11B**). Movimentos de tentativas de flexão e extensão associados a fasciculações musculares foram também observados. Inspeção dinâmica: durante a tentativa de locomoção, uma incapacidade total de apoio era interpretada, não como um membro com muita dor, mas sim um membro sem capacidade de abrir a AP. Foi também observada que na tentativa de apoiar, era perceptível a silhueta de tensão do músculo tensor da fásia lata, associada a um deslocamento dorsal durante o aumento de volume do músculo quadríceps femoral na fase de contração. Palpação direta: Uma exploração digital direta com uma luva estéril, após tricotomia e antisepsia, foi realizada para ver o trajeto, profundidade e característica da ferida (**Figura 12**); neste momento do exame, existia a possibilidade de além da alteração biomecânica, ter uma penetração sinovial. Nesta exploração, foi palpável um fragmento potencialmente proveniente da tíbia, muito aumento de volume compatível com hematoma, enfisema e redução da tensão dos ligamentos patelares. Diagnóstico por imagem - Radiográfico: Durante a vista lateromedial da região da patela, uma posição totalmente anormal da rótula



Figura 10: Representação fotográfica da égua do caso clínico com trauma na superfície dorsal da região patelar. A posição em desapoio indica uma suspeita de alteração da AP com a somatória do exame físico e por imagem.



Figura 11: Representação fotográfica de uma ferida cortante profunda no aspecto dorsal da região patelar (figura 11A). Na figura 11B, é visível o direcionamento proximal do músculo quadríceps femoral (palpação direta do músculo), além da insinuação do fêmur distal desprovido de músculo (aparência anormal durante a inspeção estática).



Figura 12: Representação fotográfica do grau de profundidade da ferida no aspecto dorsal da região patelar. Esta exploração deve ser feita como protocolo para procurar a possibilidade de ter uma penetração sinovial, além da palpação das estruturas que envolvem a alteração biomecânica. O procedimento deve ser totalmente estéril mesmo com possibilidade de contaminação.

foi observada. Ela encontrava-se deslocada proximalmente, além da associação de um fragmento proveniente da tuberosidade da tíbia e um área radioluscente difusa entre os côndilos do fêmur e o platô da tíbia (**Figura 13A e 13B**). A posição articular entre o fêmur e a tíbia, encontrou-se mais flexionada do que o normal, quando comparada a um cavalo sem apoio, porém sem alteração da AP. – Ultrassonográfico: 90% das janelas acústicas para a avaliação ultrassonográfica da região ficaram comprometidas pela penetração de ar (visível no raio X). Somente o aspecto medial do menisco da articulação femorotibial medial e o aspecto caudal do fêmur distal foram aptas para visualização. Apesar de que no escaneamento medial do menisco e ligamento colateral medial encontravam-se normais (**Figura 14A**), uma distribuição de ar entre o menisco e o ligamento caracterizou a penetração sinovial da ferida na articulação femorotibial medial (**Figura 14B**), como suspeitado no raio X (**Figura 13A**). Nenhuma outra região ou outra informação adicional foi resgatada da ultrassonografia. Necropsia: Levando em consideração que o exame ultrassonográfico foi limitado, optamos por solicitar autorização para necropsia para acabar de montar, entender e raciocinar o caso. Uma ruptura do ligamento pate-

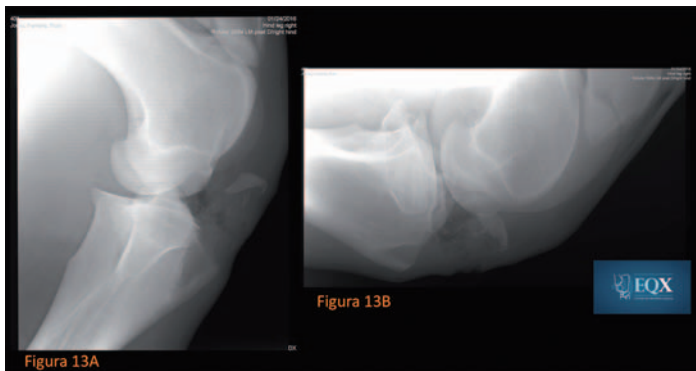


Figura 13: Representação radiográfica lateral da articulação femorotibio-patelar em extensão (figura 13A) e em semi flexão (Figura 13B). Observe que mesmo nesta duas posições, a rótula não muda de lugar. O deslocamento dorsal da rótula é exagerado, além da observação de ar entre a tíbia e o fêmur, o que caracteriza uma alta possibilidade de penetração sinovial. Nas duas imagens, é possível observar o deslocamento dorsal de um fragmento proveniente da tuberosidade da tíbia associado ao impacto.

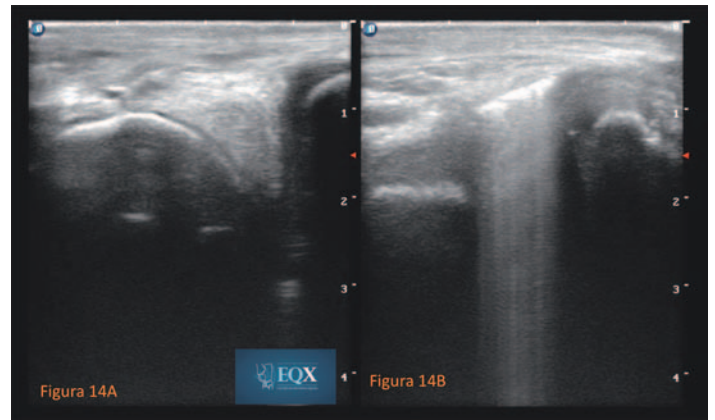


Figura 14: Representação comparativa ultrassonográfica de um segmento que mostra o menisco medial e ligamento colateral medial normal (**Figura 14A**) e uma imagem que mostra a penetração de ar entre o menisco e o ligamento (**Figura 14B**). Este tipo de imagem caracteriza a contaminação sinovial após a observação de ar aparecer hiperecótica deixando uma projeção em sentido contrário da sonda.

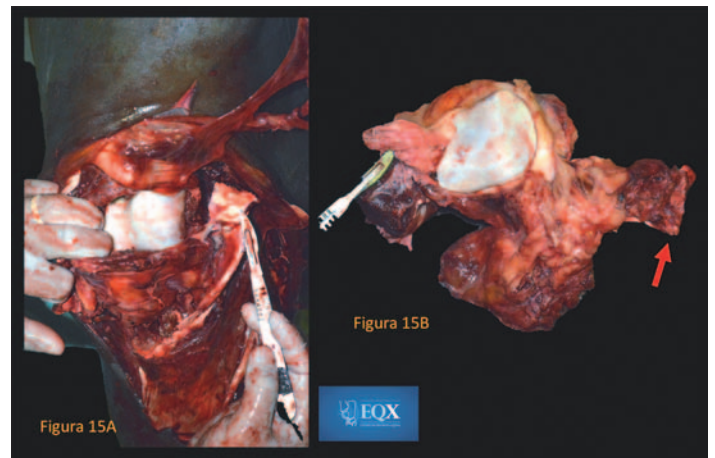


Figura 15: Representação fotográfica da necropsia onde foram destacados: a ruptura do ligamento patelar medial (**Figura 15A e B** assinaladas com o bisturi), e o fragmento da tuberosidade da tíbia (seta vermelha na **Figura 15B**). É possível ver a região hemorrágica com visualização das trócleas que foram palpáveis durante o exame clínico (**Figura 15A**).

lar medial e intermédio associado a uma fratura por avulsão da tuberosidade da tíbia onde se insere o patelar lateral foi associada a uma penetração sinovial da ferida nas articulações femoropatelar e femorotibial medial (**Figura 15A e 15B**). Diagnóstico final: Na somatória biomecânica, exame físico, biomecânica e o diagnóstico por imagem, foi possível concluir um quadro de alteração mista (episódio traumático tanto na tíbia quando nos ligamentos patelares) na alavanca patelar do membro pélvico direito. Levando em consideração o prognóstico e as opções de tratamento, foi solicitada e concedida a autorização para eutanásia.

A análise e conclusão do caso, nos reforça novamente a acreditar que a biomecânica associada com a anatomia funcional facilitam a interpretação de cada caso; elas convidam a escolher qual é o melhor método diagnóstico, suspeitar do diagnóstico específico, fiscalizar um prognóstico e escolher a melhor opção para esse cavalo, mesmo sendo em algumas situações não prolongar o sofrimento dele.