

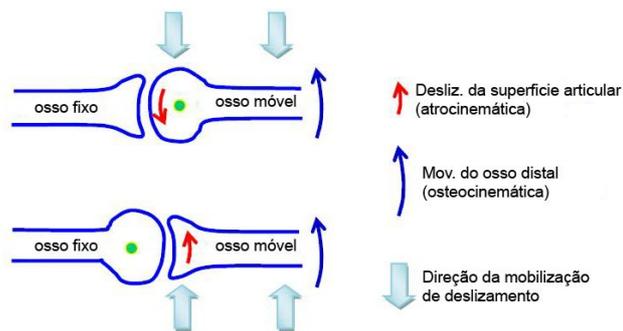
A regra côncavo-convexa e a lei da alavanca

J. Schomacher

www.terapiamanual.com.br

1. Introdução

A regra côncavo-convexa é considerada uma teoria importante durante a tomada de decisão no tratamento (Kirby e outros, 2007). De acordo com esta regra (Fig. 1) o terapeuta move um osso com uma superfície articular convexa em direção oposta ao sentido de movimento restrito do aspecto distal do osso (por exemplo a cabeça do úmero será movida inferiormente para abdução restrita do ombro).



Entretanto, uma superfície articular côncava é mobilizada no mesmo sentido que o sentido do movimento restrito do osso (por exemplo os côndilos tibiais anteriormente para a extensão restrita) do joelho

(Kaltenborn, 2002: p 34).

Fig. 1 A regra côncavo-convexa (Kaltenborn 2002)

Os estudos recentes estão questionando este princípio. Nas reconstruções 3D de dados helicoidais de TC (tomografia computadorizada) de 3 ombros assintomáticos Baeyens e outros (2000) observaram por exemplo uma translação posterior da cabeça humeral durante a rotação externa em uma abdução de 90 graus. Entretanto, a regra côncavo-convexa prevê um deslizamento anterior para a rotação externa. Esta observação poderia igualmente ser feita em 3 ombros sintomáticos com instabilidade menor (Baeyens e outros, 2001). O mesmo método das

reconstruções 3D de dados helicoidais da TC foi usado nas análises de pronação e supinação do antebraço (Baeyens e outros, 2006). Encontrou-se por exemplo uma translação posterior da cabeça radial durante a supinação na articulação radio-ulnar proximal, enquanto a regra côncavo-convexa prevê o deslizamento anterior da incisura radial da ulna.

Cattrysse e outros (2005) usou um dispositivo de seguimento eletromagnético para estudar os movimentos associados das articulações acromioclavicular, glenohumeral e humero-ulnar em cadáveres. Com cálculos matemáticos eles deduziram a cinemática intra-articular que não estava de acordo com o princípio côncavo-convexo. Brandt e outros (2007) encontraram em sua revisão da literatura evidências inconsistentes, qualidade metodológica pobre, e heterogeneidade dos estudos, de modo que nenhuma conclusão clara pudesse ser tirada sobre a direção da translação da cabeça humeral.

Johnson e outros (2007) avaliou o efeito da mobilização de deslizamento em 20 pacientes com capsulite adesiva (ombro congelado). A metade dos pacientes foi mobilizada anteriormente e a outra metade posteriormente. Eles encontraram alívio da dor em ambos os grupos, mas o grupo da mobilização posterior teve melhores resultados na amplitude de movimento - embora a regra côncavo-convexa prevê o deslizamento anterior da cabeça humeral durante a rotação externa. O objetivo deste artigo é explicar a mecânica da regra côncavo-convexa e discutir então interpretações errôneas possíveis nos estudos acima mencionados.

2. Mecânica da regra côncavo-convexa

During o movimento de um osso em torno de um eixo (=osteocinémática), sua superfície articular está fazendo os movimentos complexos descritos pela artrocinemática (Williams e outros, 1989: p 478). A forma da superfície articular se considera induzir seu movimento de deslizamento/escorregamento: uma superfície articular fêmea (=côncava) desliza no mesmo sentido que o movimento do osso, enquanto uma superfície macho (=convexa) deslizar no sentido oposto do movimento do osso (MacConaill e Basmajian, 1977: p 36 e 37; Williams e outros, 1989: 483). Kaltenborn (2002: p 34) descreveu esta mecânica em termos da regra côncavo-convexa.

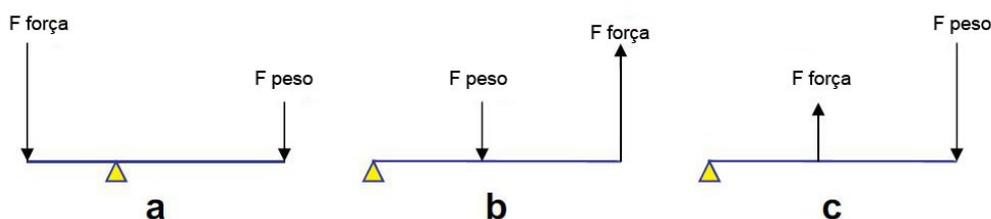
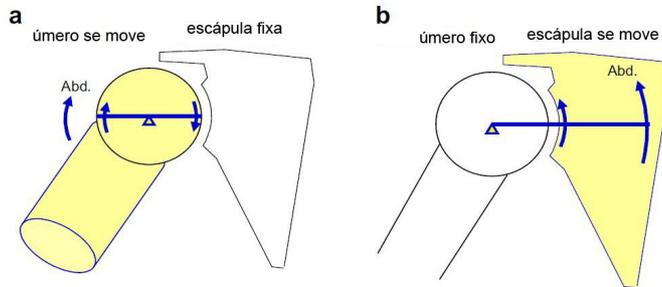


Fig. 2. Os três tipos de alavancas. (a) alavanca com dois braços: O peso e a força estão atuando em ambos os lados do eixo. Exemplo: articulação do quadril quando em pé em uma perna e visto no plano frontal (escala de Pauwels). (b) alavanca com um braço: O peso está atuando entre o eixo e a força em um lado do eixo. Exemplo: articulação metatarsofalangeana no antepé visto no plano sagital. (c) Alavanca com um braço: A força está atuando entre o eixo e o peso em um lado do eixo. Exemplo: flexão na articulação do cotovelo vista no plano sagital.

A base mecânica da regra côncavo-convexa é a lei da alavanca. Uma alavanca é um corpo (na maior parte uma barra) que possa ser movido em torno de um eixo (Brockhaus, 1993). Os ossos do sistema locomotor representam tais alavancas que são movidas pelos músculos ou pelas forças do peso em torno do eixo de uma articulação. Há alavancas com dois braços, onde o peso e a força são atuando em ambos os lados do eixo (por exemplo uma gangorra; Fig. 2 a), e alavancas com um braço, onde o peso e a força estão actuando no mesmo lado do eixo (por exemplo um carrinho de mão e uma pá; Fig. 2 b e c). O movimento de um osso com uma superfície articular convexa como o úmero representa o movimento de uma alavanca com os dois braços (Fig. 3a). O eixo é aproximadamente no meio da cabeça humeral. Um braço de alavanca é o eixo do úmero que move-se cranialmente durante a abdução. O outro braço de alavanca está entre o eixo e a superfície articular da cabeça humeral e está movendo-se caudalmente durante a abdução.

Ao mover um osso com uma superfície articular côncava como a escápula, o sistema de alavanca é uma alavanca com somente um braço (Fig. 3b). O eixo do movimento se mantém aproximadamente no meio da cabeça humeral. O osso da escápula e sua superfície articular estão movendo-se no mesmo sentido, porque ambos estão no mesmo lado do eixo e conseqüentemente na mesma alavanca.



A regra côncavo-convexa é uma simplificação desta mecânica que descreve os movimentos das superfícies articulares usando sua

forma.

Fig. 3. O sistema da alavanca aplicado a abdução da articulação do úmero. (a) Abdução do ombro com úmero se movendo: a regra convexa com uma alavanca com dois braços. (b) Abdução do ombro com a escápula se movendo: regra côncava com uma alavanca com um braço.

Entretanto, há variações das superfícies articulares onde esta simplificação já não é útil. Por exemplo durante um estudo com cadáver, [Lazennec e outros \(1994\)](#) encontraram em 150 articulações tibiofibular proximal que a superfície articular fibular era plana em 40%, convexa e côncava em 57% e redonda e convexa em 3%. A superfície articular tibial nem sempre tinha forma recíproca, como se esperaria, mas era 55% plana, em 40% convexa e em 5% côncava. Isto ilustra a dificuldade em aplicar a regra côncavo-convexa de acordo com a forma das superfícies articulares nesta articulação. A mecânica articular é determinada pela posição do eixo de movimento e do tipo de alavanca (um ou dois braços). Conseqüentemente, [Lazennec e outros \(1994\)](#) suporam um eixo no plano frontal entre o terço inferior e o dois terços superiores da fibula, que representa uma alavanca com dois braços. Assim quando o maléolo fibular se move posteriormente durante a dorsiflexão do tornozelo, a cabeça da fibula está se movendo anteriormente e o contrário ([Lazennec e outros, 1994](#)).

3. Discussão: movimentos do centro da cabeça humeral e radial ou da superfície articular

Tendo a lei da alavanca como uma base mecânica, a regra côncavo-convexa não pode ser contradita. Então porque é questionada em diferentes estudos?

A explicação é a falta de compreensão! [Baeyens e outros \(2000, 2001\)](#) descreveram a translação do centro da cabeça humeral durante a rotação externa em 90 graus de abdução. O Fig. 4a mostra um movimento similar - abdução horizontal – que é mais fácil de representar graficamente. O úmero se move fisiologicamente como uma

alavanca com dois braços e conseqüentemente sua superfície articular está deslizando anteriormente enquanto o eixo do osso se mover posteriormente - de acordo com a regra convexa.

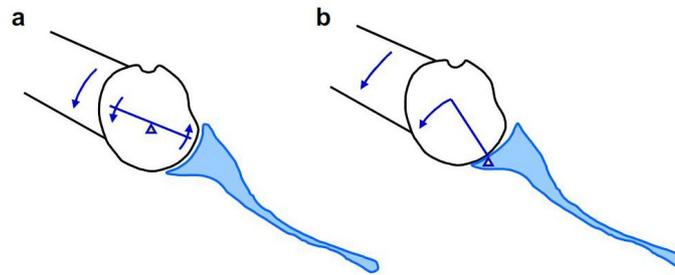
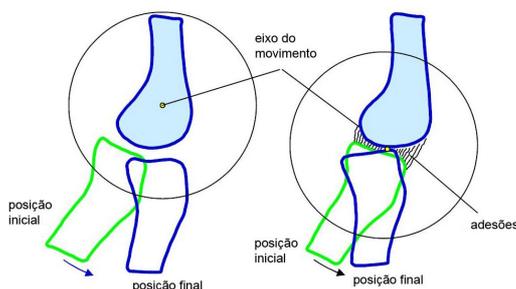


Fig. 4. O sistema de alavanca aplicado a abdução horizontal do ombro com deslizamento fisiológico e restrito da superfície articular humeral. (a) Abdução horizontal em uma seção horizontal: em uma articulação fisiológica uma alavanca com dois braços existe e a superfície articular humeral está deslizando anteriormente de acordo com a regra convexa. (b) Deslocamento do eixo do movimento para o ponto de contato das superfícies articulares por causa de deslizamento restrito. O úmero está transformando-se uma alavanca com um braço e o centro da cabeça do úmero está se movendo posteriormente. Anotar a ausência de deslizamento neste exemplo extremo.

Quando o deslizamento é restrito, o rolamento predomina (Kaltenborn, 2002: p 27). O rolamento desloca o eixo do movimento para o ponto de contato das superfícies articulares. Para a simplificação isto é exagerado na Fig. 4b. Isto transforma o úmero em quase uma alavanca com um braço. Neste caso a superfície articular do úmero está rolando na maior parte posteriormente e seu deslizamento anterior é restrito. O centro da cabeça do úmero está movendo-se agora posteriormente. A observação de Baeyens e outros (2000, 2001) é, conseqüentemente, correta, mas eles não descrevem o movimento da superfície articular como faz a regra côncavo-convexa.

O deslocamento descrito do eixo de movimento acontece especialmente nas articulações rígidas e isso se sabe há muito tempo (Fig.5; Jordan, 1963: p22). A mesma explicação aplica-se ao estudo da pronação e da supinação de Baeyens e outros (2006). Na supinação a cabeça radial gira em seu eixo. Este é um sistema da alavanca de dois braços. Durante a supinação o aspecto lateral da cabeça radial se move posteriormente, enquanto seu aspecto medial - a superfície articular - se move anteriormente na incisura radial da ulna. Isto está de acordo com a regra côncavo-convexa! Entretanto, o rolamento da superfície articular causa o deslocamento posterior do centro da cabeça radial, que era a observação correta de Baeyens e outros (2006).



A simplificação da regra côncavo-convexa descreve somente o deslizamento da superfície articular do osso que se move. Deve-se notar que as superfícies humanas das articulações

não somente deslizam mas rolam simultaneamente em cima da superfície articular oposta (Williams e outros,

Fig. 5. Extensão do joelho com deslizamento fisiológico e com o deslizamento restrito devido às adesões. Note o deslocamento do eixo do movimento (Jordan 1963:22).

1989: p 483), que é nunca inteiramente congruente a outra (MacConaill e Basmajian, 1977: p 33). No modelo do raciocínio da regra côncavo-convexa o eixo do movimento é considerado estacionário para a simplificação. Entretanto, o componente do rolamento em articulações humanas desloca o eixo. Isto é responsável pelo deslocamento do centro da cabeça humeral e radial observada por Baeyens e outros (2000, 2001, 2006).

As articulações rígidas são consideradas ter o deslizamento restrito e o rolamento predominante entre as superfícies articulares (Kaltenborn, 2002: p 27). A causa desta limitação do deslizamento é pouco clara e pode ser uma pressão articular aumentada em consequência do encurtamento da cápsula articular ou da tensão aumentada nos músculos periarticulares. Outras causas são possíveis como um líquido sinovial alterado ou um afrouxamento de ligamentos periarticulares ou uma insuficiência de músculos periarticulares como em articulações hipermóveis. O encurtamento da cápsula articular e dos músculos é mencionada igualmente por Brandt e outros (2007) como um fator que tem uma influência em movimentos artrocinemáticos. Estes autores confundem, como Baeyens e outros (2000, 2001, 2006), o deslocamento do centro da cabeça humeral com o movimento da superfície articular descrita pela regra côncavo-convexa (Schomacher, 2008).

A rotação externa aumentada após a mobilização de deslizamento posterior na articulação do úmero (Johnson e outros, 2007) pode ser explicada pela falha posicional anterior frequentemente observada da cabeça humeral com relação ao acrômio (Schomacher, 2007; Bryde e outros, 2005). Não houve nenhuma diferença significativa entre a mobilização anterior e a posterior de deslizamento no que se concerne à dor (Johnson e outros, 2007). Isto indica, que respeitar princípios mecânicos se vê principalmente alterações em parâmetros mecânicos como a amplitude de movimento, enquanto para o alívio da dor muitas técnicas podem ser feitas - mesmo ignorar a mecânica articular!

Finalmente, deve-se mencionar, que a regra côncavo-convexa descreve o deslizamento em articulações fisiológicas. É válida igualmente nos patológicos em que o deslizamento fisiológico se torna restrito. Entretanto, o fisioterapeuta não deve mobilizar uma articulação patológica de acordo com uma regra, mas tratar os achados clínicos patológicos, que tem uma correlação com as queixas do paciente.

4. Conclusão

A regra côncavo-convexa, introduzida por Kaltenborn na terapia manual, é uma simplificação didáctica da lei da alavanca, durante movimentos rotatórios das

articulações. O movimento de um osso convexo corresponde ao movimento de uma alavanca com dois braços (regra convexa) e o movimento de um osso côncavo a um movimento de uma alavanca com o um braço (regra côncava).

A regra côncavo-convexa descreve o movimento de um par de superfícies articulares em acoplamento (artrocinemática) e não o movimento do osso por exemplo o centro da cabeça humeral (osteocinemática), que é analisada frequentemente na pesquisa biomecânica.

Na prática é importante não transferir o sentido do deslizamento das articulações fisiológicas para as patológicas na mobilização sem uma avaliação prévia. O deslizamento restrito e as disfunções associadas podem ter causas diferentes. Devem ser avaliados individualmente em uma exame e os achados devem ser interpretados em um processo de raciocínio clínico completo.

Referências

- Baeyens J-P, van Roy P, Clarys JP. Intra-articular kinematics of the normal glenohumeral joint in the late preparatory phase of throwing: Kaltenborn's rule revisited. *Ergonomics* 2000;43(10):1726–37.
- Baeyens J-P, van Roy P, de Schepper A, Declercq G, Clarijs J-P. Glenohumeral joint kinematics related to minor anterior instability of the shoulder at the end of the late preparatory phase of throwing. *Clinical Biomechanics* 2001;16:752–7.
- Baeyens J-P, van Glabbeek F, Goossens M, Gielen J, van Roy P, Clarys J-P. In vivo 3D arthrokinematics of the proximal and distal radioulnar joints during active pronation and supination. *Clinical Biomechanics* 2006;21:S9–12.
- Brandt C, Sole G, Krause MW, Nel M. An evidence-based review on the validity of the Kaltenborn rule as applied to the glenohumeral joint. *Manual Therapy* 2007;12(1):3–11.
- Brockhaus. *Der Brockhaus in fünf Bänden*. Mannheim – Leipzig: F.A. Brockhaus; 1993. und 1994.
- Bryde D, Freure BJ, Jones L, Werstine M, Briffa NK. Reliability of palpation of humeral head position in asymptomatic shoulders. *Manual Therapy* 2005;10(3):191–7.
- Cattrysse E, Baeyens J-P, van Roy P, van de Wiele O, Roosens T, Clarys J-P. Intraarticular kinematics of the upper limb joints: a six degrees of freedom study of coupled motions. *Ergonomics* 2005;48(11–14):1657–71.
- Johnson AJ, Godges JJ, Zimmermann GJ, Ounanian LL. The effect of anterior versus

posterior glide joint mobilization on external rotation range of motion in patients with shoulder adhesive capsulitis. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 2007;37(3):88–99.

Jordan HM. *Orthopedic appliances*. Springfield: Charles C. Thomas Publisher; 1963.
Kaltenborn FM. *Manual mobilization of the joints*. In: *The extremities, vol. I*. Oslo (Norway): Norlis; 2002.

Kirby K, Showalter C, Cook C. Assessment of the importance of glenohumeral peripheral mechanics by practicing physiotherapists. *Physiotherapy Research International* 2007;12(3):136–46.

Lazennec JY, Besnehard J, Cabanal J. L'articulation péronéo-tibiale supérieure, une anatomie et une physiologie mal connues: Quelques réflexions physiologiques et thérapeutiques. *Annales de Kinesithérapie* 1994;21(1):1–5.

MacConaill MA, Basmajian JV. *Muscles and movements, a basis for human kinesiology*. Huntington, New York: Robert E. Krieger Publishing Company; 1977.

Schomacher J. Response to: Brandt C, Sole G, Krause MW, Nel M. An evidencebased review on the validity of the Kaltenborn rule as applied to the glenohumeral joint. *Manual Therapy* 2007;12(1):3–11. *Manual Therapy* 2008;13(1):e1–2.

Schomacher J. Letter to the editor in response to: Johnson AJ, Godges JJ, Zimmermann GJ, Ounanian LL. The effect of anterior versus posterior glide joint mobilization on external rotation range of motion in patients with shoulder adhesive capsulitis. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 2007;37(7):413 (Authors reply on pp. 414–415).

Williams PL, Warwick R, Dyson M, Bannister LH. *Gray's anatomy*. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1989. pp. 476–485.