

Isocinética

Prof Dr Marcelo Riberto

Conceitos iniciais

Antes de entender o movimento isocinético, é fundamental rever conceitos físicos que podem ter sido esquecidos.

Ao contrair-se, um músculo produz força, mas somente ao agir sobre um segmento do esqueleto que ele produz movimento. A movimentação das partes do esqueleto umas sobre as outras se faz, na sua maioria, por meio de articulações e o conjunto músculo-osso-articulação pode ser entendido como uma alavanca, na qual a articulação é ponto de apoio, o músculo produz a força, o osso é o braço de alavanca e a resistência externa pode ser identificada em vários pontos, conforme a situação.

Numa alavanca são importantes: o ponto de apoio (fulcro), os braços, os pontos de resistência e de força.

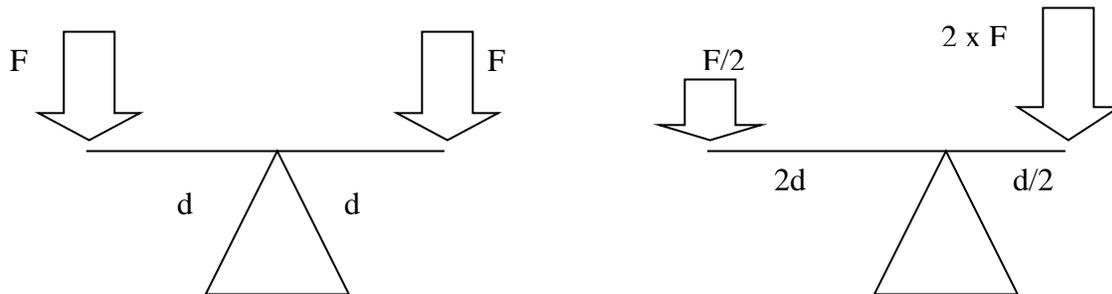


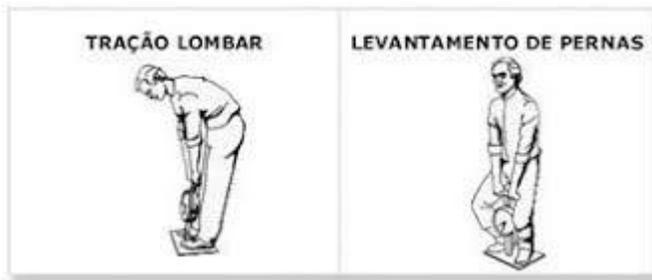
Figura 1 Exemplo de alavancas estáveis.

Na figura 1 estão desenhados dois sistemas de alavancas estáveis. Na ilustração da direita, os braços da alavanca são de igual dimensão (d), portanto a força necessária para manter a alavanca estável deve ser igual nas duas extremidades (F). Na ilustração da esquerda, como os braços têm comprimentos diferentes ($2d$ e $d/2$), as forças necessárias para equilibrar o sistema deve ser diferentes de cada lado. O produto da força vezes o comprimento do braço de alavanca é chamado momento, ou torque. Na ilustração da esquerda, obtêm-se o equilíbrio do sistema quando o torque de um lado da alavanca é igual ao do outro, ou seja, $(2d \times F/2)$ é igual a $(d/2 \times 2F)$.

Torque é definido como a força produzida junto ao eixo de uma alavanca e será o termo usado preferencialmente daqui para frente, pois exprime melhor que ocorre no aparelho locomotor durante o movimento.

Tipos de exercício

Os exercícios físicos podem ser classificados de acordo com o padrão de movimento que produzem. Assim, os *exercícios isométricos* são aqueles nos quais não há movimento articular, seja em virtude de um obstáculo intransponível ou por causa de uma contração simultânea dos grupamentos antagonistas.



O dinamômetro de cabo usado para avaliar a força de tronco e membros inferiores é um exemplo de dinamômetro isométrico

A avaliação da força muscular por meio de contrações isométricas pode ser realizada com os dinamômetros de cabo, entre os quais o exemplo mais habitual é o dinamômetro isométrico de tronco, usado para avaliação de força de extensão de tronco em conscritos das Forças Armadas ou em algumas avaliações admissionais no contexto ocupacional, para trabalhadores com maior solicitação mecânica.



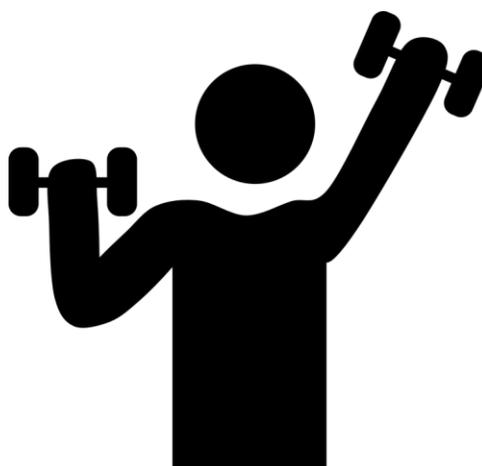
O dinamômetro de mão de Jamar é um tipo de dinamômetro isométrico e é usado para medir a força de preensão manual

O teste manual de força é uma forma de prática e bastante reprodutível de avaliação de força no contexto clínico e utiliza a contração isométrica. Esse teste consiste na realização do movimento articular em consultório ou mesmo no leito, para pacientes acamados. Quando não há contração muscular alguma, a pontuação é zero, se houver esboço de contração, porém sem esboço de movimento, a pontuação é 1, se o movimento articular ocorre, mas somente no plano horizontal, sem a resistência imposta pela gravidade, então a pontuação é 2, se já houver força para ultrapassar a resistência da gravidade, 3; se a força supera uma resistência leve, 4 e, por fim, se ultrapassar uma grande resistência, a pontuação será 5. Esse teste é muito útil, especialmente nas condições de doença, porque é reprodutível, de fácil execução e dá resultados com significado clínico. Todavia, em atletas ou pessoas muito fortes pode ser difícil diferenciar o grau 4 e o grau 5 ou mesmo diferenciar pessoas com maior força dentro do grau 5.

A contração isométrica está indicada quando a mobilidade articular deve ser restringida, como nas artrites e imobilizações gessadas e tem como vantagem o fato de não exigir recursos dispendiosos. Porém, somente o ângulo em questão do arco de movimento será treinado e a avaliação final não corresponderá a toda capacidade do músculo.

Os *exercícios isotônicos* são aqueles nos quais a resistência imposta ao movimento é tida como constante. São as formas mais habituais de contração, seja na vida rotineira ou em terapia e na prática esportiva. A maior crítica ao conceito do exercício isotônico é que ele não tem, de fato, uma resistência constante - a despeito do que seu nome possa levar a entender. Qualquer pessoa que já tenha experimentado a realização de exercícios resistidos isotônicos percebeu que após a acomodação de cargas, a contração é mais fácil no meio do arco de movimento e que um esforço maior é necessário no início e final desse arco. Essa variação de esforço é uma evidência de que a resistência ao longo da contração muscular nessa modalidade de contração não é constante.

As explicações para isso são embasadas em modelos biológicos e físicos. O modelo biológico exige algum conhecimento sobre a ultraestrutura da fibra muscular e sua unidade funcional, o sarcômero. A contração muscular consiste na interação das miofibrilas de actina e miosina, que, deslizando-se umas sobre as outras com consumo de energia, aproximam as extremidades do músculo, produzindo mobilidade articular. Com o músculo na sua extensão máxima, a interação dessas fibrilas seria menos otimizada, portanto a força produzida – e o movimento também – seria menor. No meio do arco, a interação mais eficiente traria maior poder à contração e, finalmente, ao final do arco, não haveria mais superfície para uma interação com bons resultados, implicando em queda do rendimento.



O modelo físico exige um retorno aos conceitos de alavancas, momento de força e vetores. Na figura 1 A está esquematizado o conjunto de forças relacionadas à contraposição à resistência colocada ao final do eixo d . Nessa figura, o vetor F corresponde a força produzida pela contração muscular sobre o eixo d , esse vetor é decomposto em outros 2 - o vetor F_{ta} , que impõe força através da articulação, permitindo sua estabilização ou não, e o vetor F_r , responsável pela rotação do segmento d sobre a articulação. Na figura à direita o vetor F_r é menor que na figura da esquerda em virtude de nessa segunda posição o arranjo dos ângulos serem mais favoráveis ao vetor de rotação. Uma terceira situação, na qual o ângulo entre os segmentos ósseo for muito maior ou muito menor implica na redução do vetor F_r e aumento de F_{ta} , explicando a razão de a contração muscular ser menos eficiente nos extremos do arco de movimento.

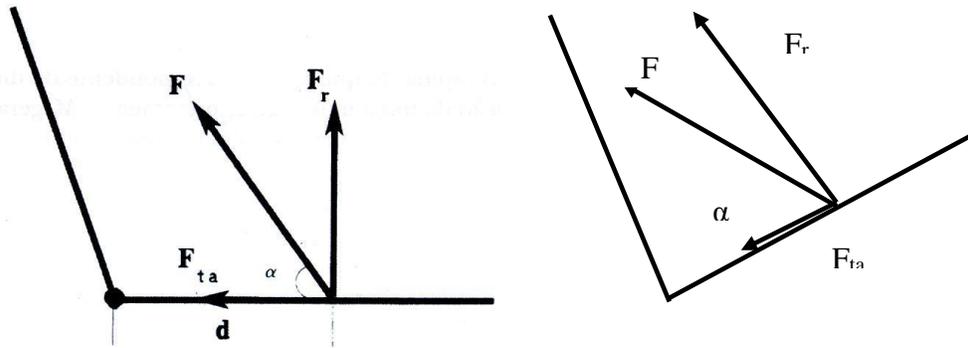


Figura 1. Representação vetorial da variação de forças numa articulação ao longo do arco de movimento.

A utilização da contração isotônica para avaliação da força é habitual na prática de treinamento esportivo, quando se usa a carga máxima para realização de uma contração ou a carga máxima para realização de 10 contrações como parâmetro para estabelecimento da resistência durante o treinamento.

De forma geral o exercício isotônico tem como vantagem a capacidade de contemplar tanto as modalidades concêntricas e excêntricas do movimento, permite o treino de várias articulações simultaneamente e pode ser realizado em cadeias fechadas. Todavia, não permite a avaliação de torque, trabalho e potência, a carga máxima de treinamento é limitada pelo ponto mais fraco do arco de movimento e, quando são realizados treinamentos em cadeia fechada, os grupos musculares mais fortes podem compensar as fraquezas dos grupos mais fracos.

O terceiro tipo de exercício resistido é o *exercício isocinético*. Nesta modalidade de contração motora o parâmetro que é fixo é a velocidade angular do movimento, ou seja, a aproximação ou afastamento das extremidades do músculo ocorre numa velocidade constante.

Para ser realizado um sujeito deve ser adequadamente posicionado para movimentar *apenas uma articulação*, em seguida, o operador do aparelho define a velocidade angular do movimento, por exemplo, 60 graus por segundo, e solicita ao sujeito que movimente o segmento em estudo com a maior força possível. Espera-se, numa pessoa saudável, que ao realizar uma contração com a maior força possível contra uma resistência pequena, o movimento seja muito veloz, porém, como o aparelho foi parametrizado para só permitir a velocidade de 60°/seg, existem dispositivos que percebem que a velocidade angular do aparelho e “freiam” o movimento, fazendo uma resistência à contração que o sujeito fez.

A vantagem do treino de força com o exercício isocinético é que em velocidades angulares baixas (como 60°/seg) a solicitação de força é muito grande (às vezes máxima) em todo arco de movimento, permitindo maiores ganhos, seja em termos de treinamento ou terapêuticos.

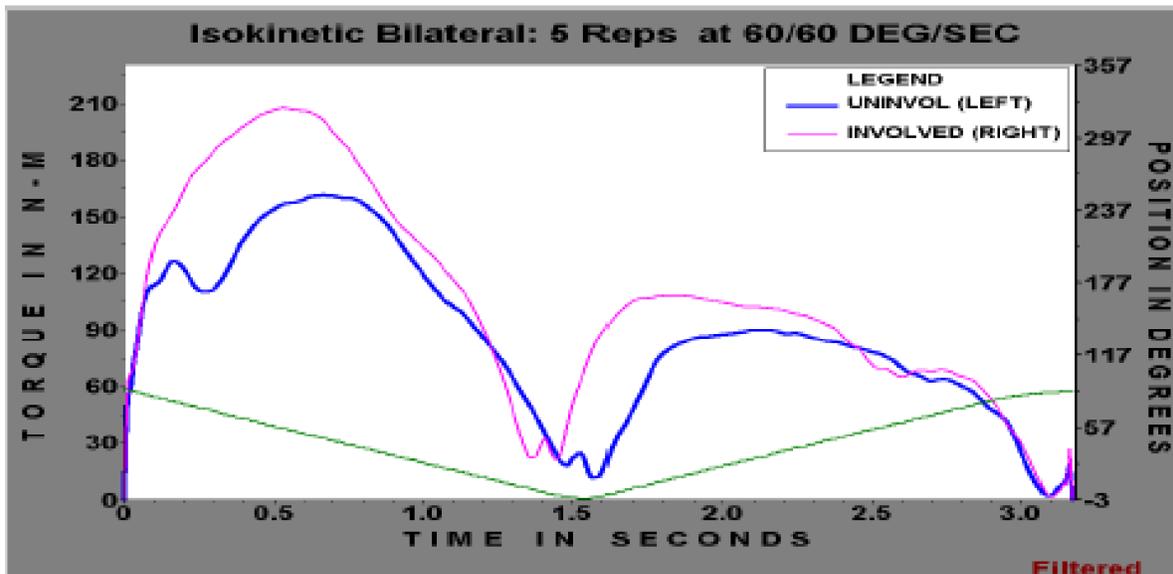


Figura 2. Curva de torque do teste isocinético do joelho a 60 graus por segundo

O equipamento em questão é um dinamômetro porque afere a força ou torque, e é isocinético porque utiliza uma contração muscular em velocidade angular constante. Nessa figura é possível verificar o toque do joelho operado (linha azul) e do joelho não operado (rosa), que serve de base de comparação. As curvas da esquerda expressam a contração para realizar a extensão do joelho e as curvas da direita indicam a flexão da articulação.

O pico de torque é o ponto mais alto das curvas de flexão e de extensão, ele indica a angulação do arco de movimento no qual os músculos envolvidos têm melhor eficiência contrátil. A identificação do pico de torque tem utilidade na quantificação e acompanhamento dos ganhos que uma pessoa pode ter com o treinamento de força de forma mais confiável que as avaliações isométrica e isotônica. Também permite o estabelecimento de relações entre o torque produzido por grupamentos musculares agonistas e antagonistas através da articulação (neste caso, extensores e flexores), o que tem implicações clínicas relevantes.

Além do pico de torque, esse teste permite ainda identificar o torque de ângulos específicos e o torque médio, mas também permite quantificar o *trabalho* produzido pelo músculo. A figura 3 apresenta a relação entre o pico de torque a o trabalho, em algumas situações, apesar de o pico de torque estar em valores normais, o músculo pode apresentar déficits localizados na curva e somente o trabalho poder identificar o comprometimento funcional.

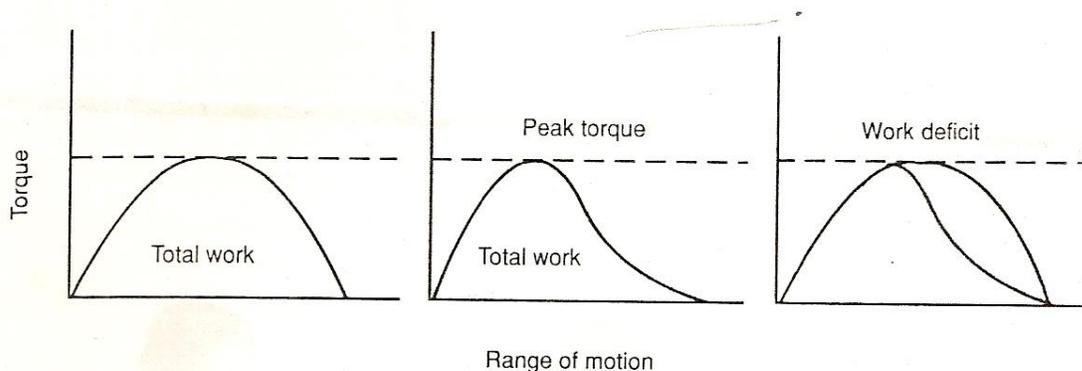


Figura 3 – relação entre o pico de torque a o trabalho na situação normal e patológica

Por outro lado, ao verificar que o sujeito está produzindo uma contração mais poderosa, que elevaria a velocidade do movimento, o aparelho modula a resistência ao movimento, assim nos trechos do arco de movimento onde o sujeito tem mais força, maior é a resistência, e nos trechos onde a sua força é menor, tanto menor será a resistência. Desta forma, o exercício passa a ser máximo em todos os pontos do arco de movimento, o que o torna mais eficiente.

Resumidamente, a avaliação isocinética pode ser usado em termos clínicos para:

- Comparar as relações de força entre grupos agonistas e antagonistas que atuam ao redor de uma articulação – verifica os desequilíbrios musculares e guia as atividades de fisioterapia (por exemplo, para o joelho a relação flexores/extensores deve estar por volta de 66%)
- Comparar as forças e relações de forças entre os lados do corpo (considera-se simetria adequada uma relação de 90% entre o pico de torque de cada lado do corpo em atletas. Em esportistas ocasionais ou de lazer, a relação pode ser de 85%)
- Aferir o pico de torque, trabalho e potências produzido por um grupo muscular
- Acompanhar a evolução da força ao longo do tempo com ou sem a intervenção de reabilitação – esta avaliação, somada a outras, permite identificar os momentos adequados para liberação do atleta para atividades com maior solicitação física.

Os aparelhos de exercício isocinético permitem a realização de várias modalidades de movimento e contração muscular. Uma vez iniciado o movimento, o aparelho o mantém sozinho, independentemente da resistência ou colaboração do indivíduo que a ele está acoplado. Assim, em condições nas quais o paciente não consegue realizar a contração muscular o operador pode iniciar o movimento e o aparelho moverá o membro do paciente passivamente – realizando a *movimentação passiva*. Se o paciente tiver graus variados e pequenos de força ao longo do arco de movimento, poderá exercer resistência em alguns momentos, mas não em outros – é a *contração ativa-assistida*. Por fim, se o paciente tem força para resistir ao movimento, poderá treiná-la com a *movimentação concêntrica e excêntrica*, sendo esta última responsável por maior força e indicada na fase final do treinamento reabilitação ou para os atletas em preparo esportivo.

Em resumo, o exercício isocinético tem como vantagem a avaliação de treino de grupos musculares isolados, acomodação da resistência a força produzida nos vários pontos

do arco de movimento, permitindo o treino mais integral e seguro, além de possibilitar a quantificação de torque, trabalho e potência. Por outro lado, os exercícios são testados apenas em cadeias abertas, não relacionadas a situações de suporte de carga e o custo da aparelhagem é proibitivo para a prática habitual de reabilitação ou treino no nosso meio.

As alternativas para o exercício isocinético são a hidroterapia, na qual a resistência ao movimento é função direta da velocidade, ou seja, quanto mais rápido o movimento, maior a velocidade. Outra possibilidade é a realização de exercício resistido com aparelho nos quais a resistência é variável, o que pode ser obtido com polias elípticas.

Na figura ao lado, o eixo do movimento não está no centro da polia, o que resulta em distância variável do cabo de transmissão de força em relação ao eixo. Isso produz torque de dimensão variável, assemelhando-se ao efeito final do exercício isocinético.



Referências Bibliográficas

1. Perrin, DH. Isokinetic exercise and assessment. Human Kinetic Publishers. Champaign, IL, 1993.
2. Gaines JM, Talbot LA. Isokinetic strength testing in research and practice. Biol Res Nurs 1999;1(1):57-64.
3. Zeevi Dvir. Isocinética. Avaliações musculares, interpretações e aplicações clínicas. Manole, Barueri, SP, 2002.
4. De Ste Croix M, Deighan M, Armstrong N. Assessment and interpretation of isokinetic muscle strength during growth and maturation. Sports Med 2003;33(10):727-43.
5. Stark T, Walker B, Phillips JK, Fejer R, Beck R. Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. PMR 2011;3(5):472-9.