

Recomendação de procedimentos da Sociedade Americana de Fisiologia do Exercício (ASEP) I: avaliação precisa da força e potência muscular

Procedures Recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power

LEE E. BROWN¹
JOSEPH P. WEIR²

TRADUÇÃO
Hildeamo Bonifacio Oliveira³; Martim Bottaro⁴
Laila Cândida de Jesus Lima⁵; José Fernandes Filho⁶

Resumo

LEE E. BROWN E JOSEPH P. WEIR. Recomendação de Procedimentos da ASEP I: Avaliação Precisa da Força e Potência Muscular. *Journal of Exercise Physiology*, 2001; 4(3): 1-21. Tradução, BOTTARO, M., OLIVEIRA, H. B., LIMA, L. C. J. R. *bras. Ci. e Mov.* 2003; 11(4): 95-110.

Este manuscrito visa a ajudar o leitor a coletar dados válidos e confiáveis para quantificar a força e a potência muscular. Vários inconvenientes e desvantagens de testes específicos, assim como recomendações para praticantes também são apresentadas. O conteúdo é dividido em seções, abrangendo modos de exercício isométrico, isotônico, testes de campo e isocinéticos. Inerentes a esses modos estão ambas as ações musculares concêntricas e excêntricas, assim como as atividades de cadeia cinética aberta e fechada. Para o teste isométrico, as contrações devem ocorrer com uma duração de quatro a cinco segundos com um período de transição de um segundo no início da contração. Ao menos um minuto de descanso deve ser oferecido entre as contrações. Para cada músculo testado, em cada posição, no mínimo três contrações devem ser executadas, embora outras possam ser executadas se julgadas necessárias pelo examinador. Para o teste isotônico, o teste de 1-RM deve ser executado. Após o aquecimento geral, o indivíduo deve executar uma série de aquecimento específico de 8 repetições a aproximadamente 50% da 1-RM estimada, seguida por outra série de três repetições a 70% da 1-RM estimada. Os levantamentos subsequentes são repetições simples com cargas progressivamente mais pesadas até a fadiga. Repete-se até que a 1-RM seja determinada com o nível desejado de precisão. O intervalo de descanso entre as séries não deve ser menor que um e maior que cinco minutos. O número ótimo de repetições simples varia de três a cinco. Os dados e diretrizes dos seguintes testes de campo também são fornecidos: salto vertical, supino, Teste ciclístico anaeróbico de Wingate (WAT), e o Teste Margaria de corrida em escada (Teste de potência de Margaria). Para o teste isocinético, são fornecidos detalhes sobre o pico de torque, trabalho, potência, endurance e estimativa dos percentuais dos tipos de fibra.

PALAVRAS-CHAVE: resistência, exercício, isocinético, isotônico, isométrico, contração

Abstract

LEE E. BROWN AND JOSEPH P. WEIR. (ASEP) Procedures Recommendation I: Accurate Assessment Of Muscular Strength And Power. *Journal of Exercise Physiology*. 2001;4(3):1-21. R. bras. Ci. e Mov. 2003; 11(4): 95-110.

The content of this manuscript is intended to assist the reader in collecting valid and reliable data for quantifying muscular strength and power. Various drawbacks and pitfalls of specific tests, as well as recommendations for the practitioner are also provided. The content is divided into sections covering isometric, isotonic, field tests, and isokinetic modes of exercise. Inherent in these modes are both concentric and eccentric muscle actions as well as both open and closed kinetic chain activities. For Isometric testing, contractions should occur over a four to five seconds duration with a one second transition period at the start of the contraction. At least one minute of rest should be provided between contractions. For each muscle tested at each position, at least three contractions should be performed although more may be performed if deemed necessary by the tester. For isotonic testing, the 1-RM test should be performed. After the general warm-up, the subject should perform a specific warm-up set of 8 repetitions at approximately 50% of the estimated 1-RM followed by another set of 3 repetitions at 70% of the estimated 1-RM. Subsequent lifts are single repetitions of progressively heavier weights until failure. Repeat until the 1-RM is determined to the desired level of precision. The rest interval between sets should be not less than one and not more than five minutes. The optimal number of single repetitions ranges from three to five. Data and guidelines of the following field tests are also provided; vertical jump, bench press, Wingate anaerobic cycle test (WAT), and the Margaria stair-run test. For isokinetic testing, details are provided for testing peak torque, work, power, endurance, and estimation of fiber type percentages.

KEYWORDS: resistance, exercise, isokinetic, isotonic, isometric, contraction

¹ Professor Assistente e Diretor do Laboratório de Performance Humana, Universidade Estadual de Arkansas, Arkansas.

² Professor Associado, Programa em Terapia Física, Universidade de Des Moines - Centro Médico Osteopático, Des Moines, Iowa.

³ Professor Mestre da Universidade Católica de Brasília (UCB). E-mail: hildeamo@ucb.br

⁴ Professor Doutor do programa de pós-graduação *stricto-sensu* em Atividade Física e Saúde da Universidade Católica de Brasília (UCB). E-mail: Martim@ucb.br

⁵ Aluna do Curso de Graduação em Educação Física da Universidade Católica de Brasília (UCB). E-mail: lalajesus@yahoo.com.br

⁶ Professor Doutor titular do programa em Ciência da Motricidade Humana da Universidade Castelo Branco - RJ E-mail: jff@cobrase.com.br

Recebido: 05/07/2003

Aceite: 30/07/2003

Introdução

A avaliação da força e da potência é fundamental para a performance atlética e humana. O conhecimento preciso do nível de força muscular de um indivíduo é importante tanto para a avaliação da capacidade funcional ocupacional como para uma apropriada prescrição de exercícios atléticos e de reabilitação. Este documento foi desenvolvido para auxiliar o leitor a coletar informações válidas e confiáveis a respeito da força e potência muscular. Ele também é designado para apontar vários inconvenientes e ciladas, assim como recomendações para o praticante. Por fim, este documento proporciona os procedimentos e as técnicas próprias de coleta e interpretação de testes de força e potência. Ele é dividido em seções abordando os modelos isométricos, isotônicos e isocinéticos de exercício. Intrínsecas nestes modelos estão ambas as ações musculares concêntricas e excêntricas, assim como ambas as atividades de cadeia cinética aberta e fechada. Porém, está além do alcance deste documento detalhar aspectos específicos de cada um desses, o leitor deve estar consciente de que as diretrizes aqui declaradas se aplicam a cada variação da expressão de força e potência humana discutida.

Considerações gerais

Certos aspectos dos testes de força e potência são genéricos, há medidas isométricas, isotônicas e isocinéticas. Isto inclui planejamento, segurança, aquecimento, familiarização e especificidade. Estes assuntos serão discutidos aqui e os fatores que são únicos aos modelos específicos de teste serão discutidos nas sessões apropriadas abaixo.

Planejamento

Antes do compromisso com qualquer teste de força e potência, um plano minucioso a respeito do tipo de informações a serem adquiridas deve ser realizado. Por exemplo, no teste isocinético, alguém pode escolher registrar o pico de torque, a potência média ou de pico, ou o trabalho executado por um grupo muscular específico. Um avaliador deve determinar prioridades, do porquê e do quê está testando, antes da avaliação, e que informação específica é de interesse. Como pode ser observado a seguir, o teste de força e potência é específico e evidencia informações baseadas em precisas configurações anatômicas, relações de tamanho/tensão muscular e velocidades da ação muscular. O praticante deve também estar consciente das técnicas de redução de dados designadas para eliminar informações irrelevantes. Se um entendimento claro das limitações do teste for estabelecido antes da interpretação, haverá poucas chances de conclusões errôneas.

Segurança

Medidas de segurança devem preceder uma bateria de testes. Isto inclui, mas não está limitado à inspeção dos equipamentos para verificar componentes quebrados ou desgastados, iluminação e temperatura do ambiente adequadas, assim como a remoção de todos os riscos próximos do local de teste. Procedimentos de emergência devem ser formalizados. Todo o pessoal de teste necessita estar familiarizado com estes procedimentos e estar

certificado em primeiros socorros. O mais importante é que todo o teste deve ser conduzido sob a supervisão de indivíduos experientes em testes e mensurações fisiológicas (i.e., um fisiologista do exercício com certificação do ASEP - EPC). Atenção a estas simples medidas de segurança ajudará a assegurar a proteção dos examinadores e dos examinados.

Aquecimento

Embora exista pouca informação sustentando diretamente a redução do risco de lesões associado às atividades de aquecimento, é fisiologicamente racional presumir que o aumento da temperatura muscular, associado a um aumento da elasticidade muscular, diminui as lesões relacionadas ao teste. Atividades de aquecimento devem incluir tanto o aquecimento geral como o específico. O aquecimento geral deve consistir de atividades leves, como o ciclismo de braços ou pernas, de baixa resistência, objetivando elevar a temperatura muscular. As atividades de aquecimento específico devem incluir o alongamento estático do músculo que será submetido ao teste. Atividades adicionais de aquecimento envolvendo a execução dos movimentos reais do teste são discutidas a seguir.

Familiarização

Muitos indivíduos que passarão pelo teste de força e potência podem ter pouca ou nenhuma experiência em executar as manobras do teste. Embora o teste de força tenha geralmente mostrado ser confiável², indivíduos novatos provavelmente melhorarão seus escores em testes subsequentes simplesmente devido à familiarização e conforto durante o teste^{54,71}. Isto é especialmente verdadeiro para testes de força que requerem níveis relativamente altos de habilidade motora, como o teste isotônico com pesos livres. Se possível, aos indivíduos novatos deve ser oferecida uma sessão de familiarização antes do teste em si. Esta deve envolver o procedimento do indivíduo por meio de todo o protocolo de teste procurando se esforçar ao máximo. A sessão de teste subsequente deve ocorrer em um tempo em que a dor muscular residual tenha acabado (i.e., 2 a 3 dias).

Especificidade

Está bem estabelecido que vários aspectos da força estão associados com altos níveis de especificidade. Por exemplo, muitos instrumentos de teste no mercado hoje são projetados para testar e exercitar os músculos usando a cadeia cinética aberta. Isto é, apenas os músculos isolados da articulação estão sendo examinados. A informação colhida deste tipo de teste levará o examinador a conclusões específicas a respeito daquela única articulação. Resultados e conclusões diferentes podem ocorrer com testes de articulações múltiplas. Similarmente, os dados sobre força derivados de um tipo de contração podem se correlacionar mal com dados de outro tipo. Por isso, deve-se ter sempre em mente que o teste deve ser o mais específico possível para o cenário no qual as informações serão aplicadas.

Teste isométrico

Contrações isométricas são contrações nas quais o tamanho do músculo se mantém constante. Nenhum movimento ocorre, e assim nenhum trabalho físico é executado; entretanto num sentido estrito, as contrações isométricas podem resultar em pequenas mudanças no

tamanho da fibra muscular e no alongamento dos componentes elásticos do músculo. O teste isométrico também é chamado de teste estático. A principal vantagem do teste isométrico de força é que, com os equipamentos próprios, ele é relativamente rápido e de fácil execução, o que se aplica ao testar grandes grupos de indivíduos. Uma variedade de instrumentos tem sido usada para medir a força isométrica. Isto inclui tensiômetros de cabo, aferidores de tensão, e dinamômetros isocinéticos (com velocidade ajustada em zero). Além disso, com exceção de instrumentos isocinéticos, o equipamento de teste não é relativamente caro. E mais, a interface computadorizada com instrumentos de registro isométricos permite o cálculo de variáveis adicionais além da força, como a taxa de força desenvolvida³⁵. Testar em ângulos de articulações múltiplas permite a determinação da força pela zona de movimento.

A principal desvantagem do teste isométrico é que os valores de força registrados são específicos dos pontos da zona de movimento nos quais a contração isométrica ocorreu, e escores de força em uma posição podem estar mal relacionados a escores de força em outras posições^{65,90}. Além disso, uma vez que a maioria das atividades físicas é dinâmica, tem-se discutido se as medidas de força estáticas proporcionam dados de força específicos para as atividades de interesse. Existem resultados conflitantes na literatura sobre se o teste isométrico prediz a performance dinâmica⁸⁸. Entretanto, o teste isométrico de força tem mostrado prover informações que predizem as lesões ocupacionais associadas a tarefas de levantamento dinâmico^{22,45}. E mais, resultados conflitantes a respeito das relações estáticas *versus* dinâmicas podem ser um reflexo do ângulo da articulação usado durante o teste isométrico⁶⁵.

No geral, o teste isométrico de força tem se mostrado mais confiável quando avaliado pelos coeficientes de confiabilidade (correlações entre 0.85 e 0.99)². Entretanto, pode ainda haver um erro sistemático. Por exemplo, Kroll⁵⁴ encontrou alta confiabilidade (0.93) para testes repetidos dos flexores do punho quando analisados com coeficientes de correlação interclasse (CCI). Entretanto, diferenças significantes nos valores médios foram encontradas durante os dias de teste. Similarmente, Reinking *et al.*⁷¹ encontraram um coeficiente de confiabilidade relativamente alto (CCI = 0.80, erro padrão da média (EPM) = 19.4% da média) para o teste isométrico do quadríceps (60° de flexão do joelho) em dias separados. Entretanto, os valores médios foram significantemente diferentes, indicando que existiram aumentos sistemáticos na força isométrica durante os dias de teste. Estes resultados sugerem que uma sessão prática separada, antes do teste em si, pode facilitar a performance máxima e evitar a introdução de vieses sistemáticos devidos aos efeitos da aprendizagem.

Uma variedade de fatores deve ser considerada junto com o teste isométrico. Isto inclui o ângulo da articulação ao se executar o teste, o intervalo de descanso entre as repetições consecutivas, o número de repetições executadas, a duração da contração, e o intervalo de tempo sobre o qual a força ou a torque é calculada. Até o momento, não existem diretrizes específicas para estes fatores, e poucos dados existem que avaliam diferentes procedimentos.

Ângulo da articulação

Se os dados isométricos são necessários para definir a força em posições específicas, então testes em ângulos de articulação associados a essas posições são justificados²². Entretanto, se não existe preferência de ângulo da articulação, então outro critério para a seleção do ângulo da articulação deve ser usado. Sale⁷³ sugeriu que testar com o ângulo da articulação associado à máxima produção de força pode servir para diminuir o erro associado a erros menores no posicionamento da articulação. Por exemplo, a posição do joelho relacionada com a força extensora máxima do joelho é aproximadamente no meio entre a extensão total e a flexão total, a aproximadamente 65 graus⁵⁵. As curvas força-ângulo foram relatadas para uma variedade de articulações⁵⁵ as quais podem ser usadas para escolher o ângulo da articulação a ser testado.

Duração das contrações

Sale⁷³ sugere que contrações isométricas de cinco segundos são longas o suficiente para permitir o desenvolvimento do pico de força. E mais, os indivíduos apenas podem manter a força máxima por ≤ 1 segundo⁷³. Caldwell *et al.*²⁰ recomendaram uma duração de contração de quatro segundos com um segundo de período de transição do repouso para a força máxima. Eles também sugeriram que um esforço de quatro segundos assegura que um platô de três segundos ocorrerá e que a força média durante estes três segundos seja registrada. Similarmente, Chaffin²¹ recomendou uma duração de contrações de quatro a seis segundos. Em resumo, a literatura disponível indica que um período de contração com um período de transição de um segundo e um platô de quatro a cinco segundos pode ser suficiente para alcançar uma contração isométrica máxima. Pode-se notar, porém, que estas recomendações são derivadas da experiência dos autores citados, porém, não validadas experimentalmente.

Intervalos de descanso

Uma variedade de intervalos de descanso tem sido proposta na literatura. Sale⁷³ sugeriu que um minuto de descanso seja dado entre as tentativas. Caldwell *et al.*²⁰ recomendaram um intervalo de descanso de dois minutos. Chaffin²¹ recomendou dois minutos de descanso entre as tentativas se um grande número de tentativas (i.e., 15) for executado, mas que os intervalos de descanso podem ser tão pequenos como 30 segundos se apenas poucas tentativas forem executadas. Em resumo, a literatura disponível sugere que um período de descanso de um minuto pode ser suficiente para permitir a recuperação adequada entre as tentativas. Nota-se, porém, que estas recomendações são derivadas de experiências de testes e não por validações experimentais.

Números de repetições

Edwards *et al.*²⁹ usaram três contrações voluntárias máximas ao testar o quadríceps, desde que a primeira contração fosse usualmente uma "tentativa", enquanto a segunda e a terceira contrações máximas eram similares uma à outra (coeficiente de variação = 2.8%). Zeh *et al.*⁹⁰ relataram que a média de três tentativas era altamente correlacionada com o primeiro escore dos três e concluíram que uma repetição fornece "um indicador razoavelmente bom da força do indivíduo naquela posição". Eles também notaram que o uso de duas repetições aumentou a precisão

da mensuração. A vantagem de se usar poucas repetições de teste é o baixo risco de lesões, especialmente, para testes que stressam a coluna lombar⁹⁰. Além disso, poucas repetições irão minimizar os efeitos da fadiga nos dados sobre força. Entretanto, as análises de regressão não demonstraram sistemáticos potenciais vieses no uso de apenas uma ou duas tentativas. Enquanto não existe um consenso na literatura, três repetições de teste parecem ser suficientes para extrair um valor máximo.

Intervalo médio

Os simples instrumentos mecânicos de registro (i.e., tensiômetros de cabo) tipicamente registram o pico de força ou torque durante a contração. Entretanto, a interface computadorizada dos instrumentos de registro permite a gravação da força ou torque médio durante um dado período de tempo. Chaffin²¹ recomendou que forças/torques sejam medidas num intervalo de tempo de três segundos, o que "evita os erros induzidos pelo tremor e pelas dinâmicas de movimento". Porém, não existem dados sustentando diretamente a superioridade de uma média de três segundos de intervalo em relação a outros intervalos de tempo. E mais, Sale⁷³ cita que os indivíduos apenas podem manter a força por ≤ 1 segundo, o que sugere que a recomendação de três segundos de Chaffin²¹ pode ser muito longa.

Padronização das instruções

Caldwell *et al.*²⁰ relataram alta variabilidade nas curvas força-tempo de indivíduos testados sob diferentes instruções do examinador. Eles argumentaram que os indivíduos necessitam de "instruções explícitas" ou então eles irão "desenvolver suas próprias estratégias, refletindo diversas interpretações da tarefa". Chaffin²¹ recomenda ainda mais que as instruções sejam não emocionais e objetivas e que fatores como barulho, espectadores, etc sejam evitados.

Posicionamento e estabilização

Como a força muscular é afetada pelo tamanho do músculo, e a produção de torque é afetada pela força muscular e alavanca do momento⁵³, mudanças no posicionamento podem resultar em mudanças nas medidas isométricas, independentemente das reais diferenças na força muscular. Isto é verdadeiro não só para a articulação específica testada como também nas articulações adjacentes que são cruzadas por um músculo comum. Por exemplo, os músculos posteriores da coxa cruzam ambas as articulações do quadril e do joelho, e mudanças na posição do quadril afetaram a força de flexão no joelho. Por isso, a estabilização própria e o posicionamento consistente são críticos para resultados confiáveis e válidos.

Procedimentos isométricos padronizados

O teste isométrico deve envolver contrações com durações de quatro a cinco segundos com um período de transição de um segundo no início da contração. Pelo menos um minuto de descanso deve ser dado entre as contrações. Para cada músculo testado em cada posição, ao menos três contrações devem ser executadas, embora mais possam ser executadas se julgadas necessárias pelo examinador (i.e., devido à melhoria da performance nas tentativas). Se possível, a força/torque registrada deve ser amostrada por computador e medida durante o tempo

dentro de cada contração. O tempo ótimo de intervalo médio não foi determinado.

Teste isotônico

Contrações isotônicas referem-se a contrações nas quais um objeto de massa fixada é levantado contra a gravidade. A maioria dos tipos de treinamento de peso, sendo com máquinas ou pesos livres, é classificada como isotônico. A derivação do termo isotônico significa constante (-iso) tensão⁷³, e é tecnicamente incorreta uma vez que a força requerida para se levantar um peso muda durante a extensão do movimento. Outros termos como isoinercial^{2,53,64} e DCER (resistência externa dinâmica constante)⁵² têm sido usados para evitar a imprecisão do termo "isotônico". Entretanto, como o termo isotônico é tão embutido na linguagem da fisiologia do exercício, nós argumentamos que seu uso é aceitável já que ele é operacionalmente definido como descrito acima e é usado consistentemente neste contexto.

O teste isotônico é tipicamente executado em máquinas (i.e., Universal, Nautilus, Cybex) que incorporam pilhas de pesos ajustáveis para resistência, ou com uso de pesos livres. A quantidade máxima de peso que pode ser levantada em uma repetição é chamada de "uma repetição máxima" (1-RM), e é a medida mais comum da força isotônica. Outras medidas como 3-RM, 5-RM, 10-RM, e o número máximo de repetições que podem ser executadas com uma resistência fixa, também podem ser determinadas. Embora os escores nestes testes estejam correlacionados com 1-RM, estas medidas também são afetadas pela fadiga muscular e não são uma medida da força muscular em si.

A vantagem do teste isotônico típico é que o equipamento necessário é, no geral, facilmente disponível e, pelo menos para pesos livres, relativamente baratos⁵². Além disso, uma vez que a maioria dos programas de treinamento de resistência enfatizam o treinamento isotônico, o teste isotônico é específico para o treinamento que é tipicamente executado. E mais, o teste isotônico tem sido geralmente relatado como confiável².

A principal crítica ao teste isotônico é que o escore da força de 1-RM é limitado pelo ponto mais fraco da amplitude do movimento (i.e., o chamado *sticking point*)^{27,73}. Por isso, os músculos usados estão tendo performance sub-máxima durante a faixa de movimento em posições que não sejam a do *sticking point*. Em adição, o escore de 1-RM não provê informações a respeito da taxa de desenvolvimento de força ou produção de força durante a amplitude do movimento⁶³. E mais, o típico teste de 1-RM provê uma medida da performance concêntrica e nenhuma informação sobre a capacidade excêntrica. Além disso, os levantamentos de 1-RM podem não ser específicos para eventos atléticos em termos de padrões de movimento, velocidades de contração e acelerações².

O teste isotônico de 1-RM envolve um procedimento de tentativa ou erro no qual pesos progressivamente mais pesados são levantados até que exceda a habilidade do indivíduo. Tentativas subsequentes são executadas com um peso mais baixo até que o levantamento de sucesso mais pesado seja determinado. Devido às múltiplas tentativas envolvidas, o teste pode ser confundido pela fadiga²³ e uma variedade de fatores necessitam ser considerados para otimizar a performance de 1-RM. Isto inclui a escolha de um peso inicial, intervalos de descanso entre as tentativas, incrementos no peso entre as tentativas, uso de *feedback* a

respeito do peso a ser levantado, e critérios para um levantamento aceitável. Como informação, não existem padrões estabelecidos para estas decisões, e poucos dados são disponíveis para ajudar a discriminar entre as opções. As seguintes recomendações representam procedimentos gerais que têm sido empregados na literatura^{76,82,85} e os quais são consistentes com as considerações fisiológicas (i.e., recuperação da fadiga) e de segurança.

Procedimentos isotônicos padronizados

Se o indivíduo tem experiência com o levantamento isotônico a ser executado, um bom ponto de partida é deixar o próprio indivíduo estimar o seu máximo. Desta estimativa, os percentuais desejados da 1-RM estimada podem ser calculados. Similarmente, se o indivíduo sabe o número máximo de repetições que pode executar com um dado peso, a 1-RM pode ser predita usando as equações da sessão subsequente intitulada "Equações de predição do banco de supino". O sujeito deve executar um aquecimento geral de 3-5 minutos de atividade leve envolvendo os músculos a serem testados (i.e., ergometria da parte superior do corpo antes do teste de força da parte superior do corpo). Depois, o indivíduo deve executar exercícios de alongamento estático da musculatura envolvida. Após o aquecimento geral, o indivíduo deve executar uma série específica de aquecimento de 8 repetições a aproximadamente 50% da 1-RM estimada, seguida por outra série de 3 repetições a 70% da 1-RM estimada. Os levantamentos subsequentes são repetições únicas com pesos progressivamente mais pesados até a fadiga. Os incrementos iniciais ao peso devem ser uniformemente espaçados e ajustados de modo que ao menos duas séries de levantamentos únicos sejam executadas entre as três repetições de aquecimento e a 1-RM estimada. No caso de fadiga, um peso aproximadamente da metade entre o último levantamento de sucesso e o de fadiga deve ser tentado. Repita até que a 1-RM seja determinada no nível desejado de precisão. O intervalo de descanso entre as séries não deve ser menor que um nem maior que cinco minutos⁸⁵. O número ótimo de repetições únicas varia de três a cinco⁵².

Testes de campo

Salto vertical

O teste de salto vertical (SV) é o principal teste para avaliar a potência muscular nas pernas. Infelizmente, existe uma variedade de procedimentos e tipos de SV relatados em diferentes estudos³⁷. Existem duas principais formas de testes de SV: o agachamento com salto (AS) e o salto contra o movimento (SCM). No AS, os sujeitos se abaixam numa posição de agachamento e após uma breve pausa, saltam para cima o mais rápido e mais alto possível. Nenhum movimento para baixo é permitido imediatamente antes de saltar para cima. Em contraste, no SCM os indivíduos começam em uma posição de pé, caem para uma posição de agachamento (contra movimento), e sem pausa saltam para cima o mais alto possível em relação à posição mais funda de agachamento. Além disso, tanto o AS como o SCM podem ser executados com ou sem o uso de movimentos de braço. Quando os movimentos de braço são empregados, o indivíduo é instruído a movimentar os braços para frente e para cima durante o salto⁷⁵. Quando os movimentos de braços não são permitidos, os sujeitos

podem ser obrigados a posicionar suas mãos nos quadris³ ou a segurar suas mãos atrás das costas¹⁰.

O SCM resulta em alturas de salto e valores de potência maiores que o AS^{10,75}. Por exemplo, Sayers *et al.*⁷⁵ encontraram alturas de salto SCM que eram 7% mais altas que as de salto AS, e diferenças nos picos de potência de 2.6%. Similarmente, o uso de movimento dos braços tem mostrado aumentos significativos da performance do AS (10 cm) como do SCM (11 cm)³⁶. Na verdade, o efeito da movimentação dos braços excede aquele do contra movimento. Atualmente, não existe um consenso sobre se a movimentação de braços deve ou não ser usada durante o teste de salto vertical. Entretanto, Sayers *et al.*⁷⁵ argumentaram que o AS é preferido ao uso do SCM pelas seguintes razões: primeiro, a técnica do SCM é mais variável que a técnica do AS, já que a extensão do contra movimento não é consistente entre os indivíduos. Segundo, as equações de regressão usadas para prever o pico de potência baseado na altura do salto e na massa corporal são mais precisas quando se usam os dados do AS. Independentemente de as movimentações de braços serem ou não permitidas, ou se alguém usa o AS ou o SCM, os indivíduos precisam ser avaliados com os mesmos procedimentos quando testados repetidamente, e as técnicas usadas durante o teste devem ser consideradas quando se comparam dados do teste contra dados publicados.

Quando usando o AS, o ângulo do joelho e a posição dos pés mostraram afetar a performance. Martin e Stull⁵⁹ reportaram que a altura ótima do salto ocorreu a ângulos do joelho por volta de 115° (como oposto a 90° e 65°) com os pés separados por aproximadamente 5-10 polegadas (12.7-25.4 cm) lateralmente e 5 polegadas (12.7 cm) na direção anterior-posterior. Entretanto, diferentes estudos empregaram diferentes ângulos da articulação do joelho, e alguns estudos deixaram os indivíduos determinar sua própria posição inicial de ângulo do joelho. Como as movimentações de braços, o uso de diferentes posições iniciais pode afetar a performance do SV e esta posição inicial necessita ser constante com testes repetidos e deve ser considerada quando se avaliam dados do teste contra dados publicados.

A confiabilidade de vários testes de SV tem sido relatada como sendo bastante alta^{3,4,11,31,36}. Por exemplo, Ashley e Weiss⁴ encontraram um coeficiente de correlação interclasse para um SCM modificado (sem inclinação do torso ou movimento de braços) de 0.87 para testes repetidos separados por 48 horas.

E mais, Arteaga *et al.*³ encontraram coeficientes reunidos de variação de 5.4% e 6.3% para os escores do AS e SCM (sem permissão para movimentos de braço) registrados durante seis sessões de teste em um período de 12 semanas, sugerindo que existe pouca variabilidade ou aprendizado, nestes testes, com o tempo.

Existe muita variabilidade na literatura a respeito dos procedimentos práticos de aquecimento e empregados durante o teste de salto vertical. Em mulheres não treinadas, Goodwin *et al.*³¹ usaram três saltos sub-máximos práticos antes do teste real e encontraram um CCI de 0.96 para testes repetidos de salto vertical. A mudança no centro de massa corporal foi a variável dependente. Estes resultados sugerem que três provas práticas são suficientes para gerar escores confiáveis de salto vertical. Em adição, Harman *et al.*³⁶ relataram que três a cinco saltos sub-máximos práticos eram suficientes para indivíduos não treinados alcançarem

o pico da técnica do salto, no entanto, nenhum dado foi apresentado para sustentar esta afirmativa.

Uma variedade de variáveis podem ser derivadas do SV. Enquanto mensurações diretas da produção de potência requerem o uso de uma placa de força, estimativas da potência muscular podem ser feitas usando equações de predição que incorporam a altura do salto vertical e a massa corporal⁷⁵. A fórmula de Lewis tem sido comumente usada para estimar a produção de potência durante o teste de SV, entretanto, a validade desta fórmula tem sido contestada³⁷.

Recentemente, Sayers *et al.*⁷⁵ relataram que a seguinte equação, baseada no AS, resultou na predição precisa da potência muscular:

$$\text{pico de potência (watts)} = 60.7 \times (\text{altura do salto [cm]}) + 45.3 \times (\text{massa corporal [kg]}) - 2055;$$

$$\text{EPE} = 355 \text{ watts}$$

Onde: EPE = Erro Padrão de Estimativa

Para a pesquisa de campo, o uso da equação de Sayers é simples e requer apenas a habilidade para registrar a massa corporal e a altura do SV. Para registrar a altura do SV, dois procedimentos são principalmente usados. Primeiro, os indivíduos podem simplesmente passar giz em seus dedos e marcar uma parede quando alcançarem o topo do salto. A diferença entre a marca na altura do salto e a marca da ponta dos dedos em extensão completa quando em pé é registrada como a altura do SV³⁷. Segundo, instrumentos comerciais foram desenvolvidos para registrar a altura do salto⁴. Estes instrumentos têm um pólo vertical com uma série de hastes de metal orientadas horizontalmente e que estão livres para girar em torno da vertical quando tocadas pelos dedos. A altura do SV é baseada na haste mais alta movida no topo do salto.

A respeito do teste específico do SV, tanto o AS quanto o CM podem ser empregados, entretanto o AS é preferido. O uso da equação de Sayers *et al.*⁷⁵ pode ser feito para estimar a potência muscular pela altura do salto. Pelo menos três provas práticas devem ser empregadas antes de registrar a performance de teste. A altura do salto pode ser determinada usando tanto as marcas de giz na parede como o instrumento comercial. Com testes repetidos, é vital que o uso ou não de movimentos de braços seja mantido constante e que para o AS, o ângulo do joelho no início do movimento seja consistente.

Equações de predição do banco de supino

A 1-RM é o padrão para se determinar a força isotônica. Entretanto, determinar os valores de 1-RM para grandes grupos de indivíduos consome muito tempo. Por exemplo, Chapman *et al.*²⁴ notou que quando testando 98 jogadores de futebol americano para a 1-RM no banco de supino, três examinadores foram necessários por seis horas de teste e cinco estações de teste foram utilizadas. Além disso, foi sugerido que o teste de 1-RM pode expor os examinados a elevados riscos de lesão²⁴. Por isso, o uso de testes de série única nos quais os valores de 1-RM são preditos com base no número de repetições executadas com uma carga sub-máxima, tem sido feito. Estes tipos de teste podem notadamente diminuir o tempo envolvido nos testes em grande número de indivíduos²⁴. Em contraste às seis horas e três examinadores necessários para o teste de 98 jogadores de futebol americano descrito acima, apenas um examinador e 2.5 horas foram necessárias para testar os mesmos indivíduos, usando um teste no qual foi determinado o número máximo de repetições capaz de ser

executado em uma série única. Pode-se notar, contudo, que não existem informações para indicar que estes testes são mais seguros que o tradicional teste de 1-RM.

O exercício mais comum ao qual o teste isotônico sub-máximo tem sido aplicado é o banco de supino, e este será o foco desta sessão. Dois tipos de testes de predição da 1-RM foram desenvolvidos. No primeiro tipo, os indivíduos executam o máximo de repetições que eles podem com uma carga que é algum percentual de sua 1-RM estimada (teste de carga relativa). Alternativamente, todos os indivíduos podem ser testados com a mesma carga (teste de carga absoluta). O mais comum teste de carga absoluta envolve a execução do número máximo de repetições possível com uma carga de 225 libras (~102.15 kg). Como este teste é frequentemente usado na *National Football League* (Liga Nacional de Futebol Americano), ele tem sido chamado de Teste NFL-225⁶², embora seja também usado com atletas universitários e de ensino médio.

Vários artigos foram publicados relatando o uso e o desenvolvimento de equações de predição de 1-RM do banco de supino baseadas em testes de carga relativa, e muitos destes foram avaliados por LeSuer *et al.*⁵⁷. Em resumo, sete equações de predição foram validadas com uma amostra de 67 estudantes universitários (27 mulheres). Para o banco de supino, as equações derivadas de Mayhew *et al.*⁶¹ ($1\text{-RM} = 100 \times \text{peso(kg) da repetição} / (52.2 + 41.9 \times \exp [-0.055 \times \text{n}^\circ \text{ de repetições}])$), $r^2 = 0.98$, diferença média entre a 1-RM predita e a real = 0.5 ± 3.6 (kg) e Wathen (83) ($1\text{-RM} = 100 \times \text{peso(kg) da repetição} / (48.8 + 53.8 \times \exp [-0.075 \times \text{n}^\circ \text{ de repetições}])$), $r^2 = 0.98$, diferença entre as médias predita e a real de $1\text{-RM} = 0.5 \pm 3.5$ (kg) demonstraram estimar mais precisamente a 1-RM do banco de supino. A carga sub-máxima usada durante o teste do número máximo de repetições foi escolhida com base na experiência do indivíduo como sendo a carga que pudesse causar fadiga dentro de 10 ou menos repetições. Outro estudo⁴⁷ também concluiu que a equação de Wathen resultou em valores preditos da 1-RM muito próximos da 1-RM real para uma variedade de exercícios para a parte superior do corpo em indivíduos idosos. O importante é que estas equações requerem apenas o registro da massa levantada e o número de repetições executadas. O gênero parece ter pouco efeito na precisão das equações de estimativa⁶¹, indicando que uma equação de regressão comum pode ser usada tanto para homens como para mulheres. Similarmente, adicionar variáveis antropométricas às equações de regressão parece acrescentar pouco à habilidade de predição das equações²⁶.

O teste de carga absoluta NFL-225 também mostrou predizer precisamente a força 1-RM do banco de supino^{24,62}. O trabalho de Mayhew *et al.*⁶² resultou em uma validade da equação de estimativa, como demonstrado abaixo:

$$1\text{-RM (lbs)} = 226.7 + 7.1 (\text{n}^\circ \text{ de reps}), \text{EPE} = 14.1 \text{ lbs}$$

Como informação, esta equação representa a melhor equação de predição disponível para estimar a 1-RM do banco de supino de um teste de carga absoluta. É importante observar dois aspectos: primeiro, este teste é efetivo apenas em indivíduos cuja 1-RM do banco de supino é de pelo menos 225 libras (~102.15 kg), e por isso pode ter utilidade limitada ao testar indivíduos mais fracos. Segundo, a precisão da equação decresce à medida que o número de repetições aumenta além de 10^{24,62}, o que limita sua efetividade em indivíduos muito fortes.

Com respeito ao uso específico de testes sub-máximos para prever a performance de 1-RM do banco de supino, tanto testes de carga relativa como absoluta podem ser usados. Se for usado um teste de carga relativa, a equação de Mayhew *et al.*⁶¹ ou Wathen⁸³ são recomendadas. Se for usado o Teste NFL-225, a equação de Mayhew *et al.*⁶² é recomendada. Além disso, o Teste NFL-225 pode ser usado apenas em indivíduos cuja 1-RM do banco de supino é ≥ 225 libras.

Teste anaeróbico de Wingate (TW)

Este teste tem a intenção de medir a potência anaeróbica dos membros inferiores do corpo. É um teste exaustivo que pode ser usado com uma população acostumada ao exercício vigoroso árduo. A informação resultante é uma medida indireta da habilidade dos membros inferiores de um indivíduo em produzir altos níveis de potência. Estes resultados são divididos em seis períodos iguais de 5 segundos onde o pico de potência, em Watts, é a mais alta produção média de potência durante qualquer período de 5 segundos e a potência média é a média de todos os seis períodos. Percentual de fadiga é a diferença entre o pico de potência e os menores valores de potência no período dos 5 segundos. Valores normativos para este teste foram publicados na literatura^{41,60}.

Confiabilidade e validade

A confiabilidade do teste re-teste de Wingate (TW) tem geralmente sido relatada como sendo mais alta que $r = 0.94$ ^{38,42}. A validade do TW é difícil de medir, porque não existe um "Padrão Ouro" universalmente aceito para a mensuração anaeróbica. Correlações moderadas com o TW foram demonstradas entre medidas de campo de explosão curta, como o salto vertical (potência média $r = 0.74$)⁷⁸, tempo de corrida de 50 jardas (potência média relativa $r = 0.69$)⁷⁸, teste de escada de Margaria (pico de potência $r = 0.79$)⁵, e teste de múltiplas repetições isocinéticas (potência média $r = 0.78$)⁴². Além disso, o percentual relativo das fibras rápidas da perna mostrou correlações moderadas (pico de potência relativo $r = 0.60$)⁹.

Resistência

Uma das questões mais difíceis de se responder quando se aplica o TW é qual ajuste de resistência usar. A resistência clássica (em kilopounds, kp) é determinada pela multiplicação da massa corporal do indivíduo em quilogramas (kg) pela constante $0.075^{8,60}$. Embora 0.075 kp/kg de massa corporal parece trabalhar bem para adultos sedentários⁵, pesquisas subsequentes demonstraram que este pode não ser o ajuste ótimo para outras populações^{69,28}. Além disso, a potência média e o pico de potência requerem ajustes diferentes para a otimização²⁸ devido às relações força/velocidade e potência/velocidade discutidas mais tarde. A relação força/velocidade ótima quando se pedala tem sido relatada como aproximadamente 100 revoluções/min²⁸. Por isso, é recomendado que não-atletas usem uma força de 0.090 kp/kg e atletas de 0.100 kp/kg⁴¹.

Procedimentos padronizados

Durante o teste, pede-se ao indivíduo que pedale contra uma resistência oposta pré-selecionada à taxa máxima de pedaladas possível por 30 segundos. Uma bicicleta ergométrica Monark é mais comumente usada para o teste. O ergômetro deve ser calibrado antes de cada teste, usando

cargas de calibragem padronizadas, durante toda a extensão do pêndulo. Um sistema computadorizado de teste Wingate (Sports Medicine Industries, inc., St. Cloud, MN) é disponível, e conta as revoluções da roda do ergômetro. Resumindo, ele consiste em um sensor óptico, atado à armação do ergômetro, o qual aponta a passagem das marcas refletivas na roda do ergômetro em intervalos de 10 cm. Um microprocessador então converte estes sinais em revoluções por segundo (ver/seg).

A altura do selim do indivíduo é ajustada para produzir de cinco a dez graus de flexão do joelho quando o pé está na posição baixa central nula. O aquecimento deve incluir 2-3 minutos de ciclismo a 1-2 kp alterações de velocidades combinadas. A resistência é ajustada no final do período de aquecimento, pedindo-se ao indivíduo que pedale com um aumento progressivo da resistência. Quando a resistência correta é estabelecida, o indivíduo é instruído a parar de pedalar. Os procedimentos de teste são então revisados com o participante. O teste começa com um início de roda livre de modo que o participante pedale o mais rápido possível com resistência nula. A resistência é então colocada instantaneamente ou aumentada o mais rápido possível. Se um protocolo de aumento de resistência for usado, os primeiros dois segundos do teste (quando o indivíduo enfrenta a inércia da resistência inicial) devem ser excluídos da análise de dados. Esta ação coincide com a ativação do microprocessador. Oscilações pendulares no começo do teste, fora da resistência oposta pré-determinada, devem ser minimizadas mediante a restrição manual. Um *feedback* a respeito do tempo já passado é dado aos 10,15,20,25 e 30 segundos, com o de 30 segundos imediatamente seguido pelo comando "PARE". Encorajamento verbal consistente é utilizado durante o teste, mas nenhum *feedback* visual pode ser usado. Seguindo o comando "PARE", a resistência é decrescida e o indivíduo volta à calma em um ritmo próprio de cadência para facilitar o retorno venoso.

Teste de corrida em escada de Margaria

Este é um teste curto de potência explosiva e requer uma subida de escadas. Uma vez que o teste requer que o participante suba escadas de dois em dois degraus, ele pode não se prestar ao uso com uma população jovem de baixa estatura. A potência no teste Margaria mostrou uma correlação moderada ($r = 0.74$) com a potência média do teste de Wingate, representando validade adequada da potência anaeróbica⁶⁹.

Procedimentos padronizados

O teste requer uma escada e dois tapetes de sensores eletrônicos em interface com um relógio digital capaz de registrar um centésimo de segundo. Os sensores são colocados no 8º e 12º degraus, e a altura dos degraus deve ser de aproximadamente 6.9 polegadas (~17.5 cm).

O indivíduo começa a aproximadamente seis pés (dois metros) do primeiro degrau e é instruído a correr com velocidade máxima em direção à escada. Ao chegar à escadaria, o indivíduo deve transpor os degraus, dois a dois, até passar pelo segundo sensor. Os sensores irão corresponder ao quarto e sexto passo. A potência (P expressa em Watts) é então derivada da seguinte fórmula:

$$P = (M \times 9.8 \times D) / t,$$

onde M = massa do indivíduo em quilos, 9.8 = aceleração da gravidade em m/s^2 , D = altura vertical (em

metros) percorrida entre os sensores um e dois, e t = tempo gasto (em segundos) entre os sensores um e dois. Aumentar a distância de aproximação (seis e dez metros) mostrou aumentar a potência significativamente (⁴⁰).

Teste isocinético

O teste isocinético é, por definição, de velocidade constante e representa uma combinação entre a velocidade mecanicamente imposta e o movimento do indivíduo (i.e., extensão do joelho). A confiabilidade do teste isocinético foi medida repetidamente^{13,77,80} e mostrou ser alta. Entretanto, uma variedade de fatores precisam ser controlados ou explicados a fim de gerar dados válidos e confiáveis. Isto inclui fatores como a escolha da variável medida (i.e., pico de torque, trabalho ou potência), próprio posicionamento e estabilização, e procedimentos de redução de dados (i.e., “windowing”). Os itens seguintes irão delinear elementos que podem confundir e ter impacto nos testes específicos de velocidade, e direcionar os procedimentos padronizados de teste que devem ser considerados quando se utiliza um instrumento isocinético.

Pico de torque, trabalho e potência

Uma ampla faixa de variáveis da performance são disponíveis para a análise de dados isocinéticos. Destes, três são particularmente importantes para o teste de força e potência. O pico de torque é definido como o produto da massa, aceleração e tamanho do braço de alavanca. Este é o máximo de torque produzido na amplitude do movimento (ADM) e é facilmente identificado como o topo da curva de torque (i.e. mostra gráfica do torque dinâmico vs Posição). Como tal, o pico de torque é análogo à 1-RM isotônica discutida previamente, e exibe uma relação inversa com a velocidade. Embora o pico de torque supra o profissional do exercício com informações a respeito da melhor produção de torque do membro testado, e seja um excelente indicador do nível máximo de força do indivíduo, ele não leva em conta a ADM.

O trabalho rotacional é definido como o produto da torque e da distância percorrida, e é mais facilmente computado como a área abaixo da curva de torque. Uma vez que o trabalho leva em conta a distância percorrida, ele revela a habilidade do indivíduo para produzir torque durante a ADM. Como o torque, o trabalho é inversamente correlacionado à velocidade. A potência a variável de maior alcance, já que considera o torque, a distância e o tempo. A potência é definida como o quociente trabalho/tempo e demonstra uma relação parabólica com a velocidade.

De forma mais precisa, o pico de torque é uma medida da força máxima de um indivíduo, enquanto o trabalho avalia sua habilidade de manter a produção de torque durante a ADM de um membro. A potência, uma vez que utiliza o tempo na equação, pode ser mais bem descrita como a habilidade de alguém para expressar a força de explosão. Cada variável comunica a força de maneira levemente diferente e pode ser usada criteriosamente de acordo com a intenção do resultado final.

Isolamento e estabilização

O isolamento em sua forma mais simples é meramente testar um único grupo muscular com a exclusão de qualquer adição de outros grupos para os resultados do teste. Isto pode ser melhor alcançado por meio de um posicionamento e um amarramento (i.e., estabilização) apropriado do

indivíduo no dinamômetro. Usando a extensão do joelho como exemplo, o isolamento ocorre pela utilização da estabilização da cintura e das coxas. O propósito é restringir o movimento à extensão e flexão do joelho, sem movimentos irrelevantes de articulações em volta do quadril. Isto irá assegurar que apenas os grupos musculares do quadríceps e posteriores da coxa estarão produzindo torque através do dinamômetro. Por exemplo, Weir e colaboradores⁸⁴, medindo a torque da extensão do joelho a 60, 180, e 300 °/s em condições estabilizadas e não estabilizadas, mostraram que movimentos externos podem reduzir a produção de torque e mudar o ângulo de produção do pico de torque independentemente das mudanças no tamanho do músculo. Este mesmo erro potencial é apresentado em todas as articulações se não for tomado cuidado para controlar movimentos externos. Por exemplo, o torque de rotação interna/externa do ombro pode ser aumentado através da adição do torque de rotação do tronco se a estabilização do dorso não for alcançada.

Eixo de movimento

Cada dinamômetro no mercado consiste em um braço de alavanca atado à cabeça do dinamômetro. O torque muscular resultante é registrado nesta junção pela rotação do braço. É crucial que o eixo rotação da máquina e a articulação em teste estejam alinhados. Se o eixo da alavanca e o eixo da articulação não estiverem em alinhamento, as mensurações da torque serão inválidas. Rothstein⁷² e seus colaboradores usam um argumento convincente para o uso de eixos de rotação alinhados, colocando que os erros associados ao desalinhamento podem ser amplificados nas articulações onde o eixo muda com o movimento. Joelho e ombro são exemplos destas articulações. Os autores citam ainda que uma vez que o eixo da máquina está estável, qualquer articulação com movimento incontrolado resultará em erros de mensuração.

Compensação da gravidade

Como o exercício em instrumento isocinético é mais frequentemente executado em um ambiente com gravidade, considerações especiais devem ser tomadas para explicar seus efeitos. Usando a extensão/flexão sentada do joelho como exemplo, pode-se ver que a execução do movimento de extensão do joelho requer que o indivíduo levante o peso de seu membro e o braço de alavanca do dinamômetro contra a gravidade. Entretanto, durante a flexão sentada do joelho, a gravidade ajuda o movimento puxando para baixo o membro e a alavanca. Neste cenário, o torque da flexão pode ser artificialmente aumentado devido à gravidade embora o contrário seja verdadeiro para a extensão. Sem compensar os efeitos da gravidade, os resultados do teste estão sujeitos a grandes erros. Winter⁸⁹ e seus colegas documentaram erros no trabalho mecânico variando de 26% a mais de 500% durante o exercício de extensão e flexão a 60 e 150 graus por segundo (°/s).

Amplitude de movimento

Tanto as amplitudes de movimentos (ADM) totais como as fisiológicas precisam ser consideradas quando se executa o exercício num dinamômetro. Estas são operacionalmente definidas como se segue: a ADM fisiológica é o começo e o fim anatômico do movimento, enquanto a ADM total é o arco percorrido através da ADM fisiológica. Por exemplo, ambos os movimentos do ombro de zero a 90 graus e de 90

a 180 graus de flexão têm a mesma ADM total (90 graus), porém ADM fisiológicas muito diferentes. Como a ADM fisiológica afeta o tamanho do músculo e os braços no momento da articulação, segue que as comparações válidas da produção de torque podem ser consistentes com respeito à ADM fisiológica. Similarmente, erros associados com mensurações da ADM podem ser ampliados quando se interpretam as variáveis trabalho e potência. Uma vez que trabalho é o produto da torque e da distância ($W=T \times D$) e que a potência é uma função de trabalho e tempo ($P=W/t$), a distância percorrida deve ser precisa para propósitos de comparação. Provocando paradas bruscas a cada final da ADM, o praticante pode assegurar que toda comparação entre e intra indivíduo envolve a mesma ADM fisiológica e total.

Padronização das instruções

Qualquer instrução dada ao indivíduo deve ser consistente de um teste para o próximo e de um indivíduo para outro. Nem todos os indivíduos respondem da mesma forma ao encorajamento verbal. Por isso, as instruções devem ser concisas e parcimoniosas. Além disso, como o dinamômetro é uma peça única de equipamento, ele pode não ser familiar a maioria dos indivíduos. Esta falta de familiaridade pode causar ansiedade em alguns indivíduos e levar a alterações com relação aos procedimentos de teste. Por isso, os comandos verbais devem ser explícitos quanto a cada faceta do procedimento. Isto inclui, mas não está limitado a, onde prender o acessório, como respirar, o que fazer com o membro contra-lateral, como empurrar em ambas as direções, como dar o máximo de esforço, o que constitui uma repetição completa (i.e., extensão e flexão) e quantas repetições executar.

Prática

Análoga aos comandos verbais para instruções apropriadas é a prática suficiente de repetições. Como o dinamômetro é novo para a maioria dos indivíduos, eles podem requerer várias tentativas práticas a fim de atingir traços de torque confiáveis. É recomendado que se executem quantas repetições forem necessárias para entender completamente o que é pedido durante o teste ou processo de treinamento. Isto pode ser tão pouco quanto três para indivíduos experientes em treinamento de resistência, ou tanto quanto quinze para indivíduos inexperientes.

Repetições

A escolha do número de repetições para incluir em um teste é determinada pela informação desejada no teste ou pelo resultado esperado da sessão de exercício. Para o teste de força, não há necessidade de se executar mais que cinco repetições, mas pode-se escolher executar até 50 repetições quando a resistência muscular é de interesse.

Colocar um membro em um estado pré-ativado (i.e., ativação neural antes do movimento) mostrou afetar significativamente as variáveis de força. A pré-ativação neural das unidades musculares no membro em exercício coloca este membro em pronto estado, o que por sua vez leva a uma maior produção de torque. Kovalski e colegas⁴⁹, usando a extensão do joelho de 120 até 210 %, documentaram o uso da pré-carga (ativação neural prévia) como sendo superior ao treinamento isocinético, e podendo permitir aos indivíduos um desenvolvimento da força da ADM completa baseado em uma faixa reduzida de

aceleração. Adicionalmente, a primeira repetição (começando de um ponto neutro sem uma ação muscular antagonista prévia) tem mostrado resultar em maiores áreas de aceleração antes da fase de velocidade constante¹⁸. Por isso, a primeira repetição (de cinco) durante o teste de força pode ser descartada da análise de dados, porque todas as repetições subsequentes são imediatamente precedidas por um estado de pré-ativação.

Ordem da velocidade

Muitos dinamômetros encontrados hoje no mercado têm uma faixa de velocidade entre 0 e 500 graus por segundo (°/s). O praticante deve decidir qual velocidade usar para o teste ou treinamento, dependendo do resultado desejado. Quando se faz o teste em velocidades múltiplas pode ser benéfico escolher aleatoriamente a seqüência, a fim de controlar os efeitos da ordenação. Entretanto, existe uma evidência conflitante a respeito de se a ordem da velocidade afeta significativamente as variáveis de força assim como o pico de torque, trabalho e potência. Timm e Fyke⁸⁰ não mostraram diferença significativa nas mensurações da torque de extensão do joelho a 60, 180 e 300 °/s quando variando a seqüência de velocidade do teste. Entretanto, Kovalski e Heitman^{48,50,51} mostraram que a ordem de progressão da velocidade desempenham um papel na produção de torque, trabalho e potência durante a extensão do joelho de 30 a 210 °/s. A maior diferença entre estes pontos de vista aparentemente opostos parece ser o número de repetições executadas. Enquanto Timm⁸⁰ executou apenas cinco repetições, Kovalski e Heitman^{48,50,51} executaram 10. Por isso, a fadiga pode ter sido um fator que pode ter afetado os resultados dos últimos estudos. Portanto, os intervalos de descanso talvez necessitem de ajustes.

Déficit bilateral

Os dinamômetros podem ser modificados para testar ambos os membros simultaneamente^{14,15,16}. Quando o teste ou treinamento é executado desta maneira, o praticante deve estar consciente do fenômeno do déficit bilateral. Isto é, quando dois membros estão executando ações musculares máximas simultaneamente, a torque resultante será menos que o cálculo dos membros individuais testados em isolamento. Brown e colegas^{14,16} reportaram que as mulheres podem apresentar um decréscimo no déficit bilateral aumentando a velocidade de 60 até 360 °/s, o que pode ser explicado pela ativação diminuída principalmente das fibras musculares lentas^{14,16}. Eles também mostraram melhoras significativas no torque unilateralmente seguindo o treinamento dos extensores e flexores do joelho a 60 e 180 °/s¹⁴ junto com um decréscimo no déficit bilateral, ao aumentar a velocidade.

Amplitude de carga

Foi demonstrado várias vezes^{17,18,19,32,33,56,66,67,68} que instrumentos isocinéticos, apesar de suas afirmações de movimentos isocinéticos, não são verdadeiramente isocinéticos. O exercício em um instrumento isocinético envolve três fases principais do movimento: aceleração, velocidade constante e desaceleração. Inerentes nestas fases estão ocorrências únicas que podem confundir os dados do teste e assim sua interpretação^{1,6,12}. Entretanto, a fase de aceleração, que é gasta tentando atingir ou igualar a velocidade isocinética, é feita sem resistência do

dinamômetro. Em outras palavras, existe uma porção da ADM disponível durante a qual não existe carga externa quantitativa. A ADM com carga externa ou aquela ADM onde existe uma combinação entre a velocidade isocinética e o movimento do membro é chamado de faixa de carga. A faixa de carga se torna cada vez menor à medida que a velocidade é aumentada^{17,18,19,56,66,67,68}. O trabalho de Osterning e colaboradores^{66,67,68} foi o primeiro a mostrar esta relação inversa. Os autores reportaram decréscimos na faixa de carga de 92% para 16% nas velocidades isocinéticas de 50 a 400°/s.

Praticamente, isso significa que à medida que a velocidade pré-selecionada de um instrumento isocinético é aumentada, um indivíduo em exercício recebe uma sobrecarga externa através de uma porção sempre decrescente da ADM completa. Adiciona-se este efeito ao fato de que o torque está inversamente relacionado à velocidade, e o resultado é um exercício de baixa resistência e pequeno arco articular, em altas velocidades com a ADM restante como aceleração ou desaceleração. Em outras palavras, o exercício em um instrumento isocinético com altas velocidades está principalmente tentando atingir a velocidade pré-determinada (acelerar e atingir o braço de alavanca) ou tornar mais lento a fim de encontrar a parada final (desaceleração). Assim, aceleração e desaceleração não devem ser consideradas durante a interpretação do teste. Entretanto, dados sobre estas fases são geralmente incluídos em análise e podem resultar em conclusões errôneas.

Erros específicos associados a artefatos nas porções da amplitude sem carga da repetição foram identificados e serão examinados nas sessões abaixo. Taylor *et al.*⁷⁷ documentaram erros elevados com velocidades aumentadas de 60 para 450 °/s e cuidados ao atribuir torque de artefato ao membro em exercício. Tis e Perrin⁸¹ advertem que usar uma técnica de redução de dados que elimina os primeiros e os últimos 10 graus da ADM pode eliminar as áreas de aceleração e desaceleração, mas também podem eliminar a faixa de pico de torque.

Ultrapassagem de velocidade e ultrapassagem de torque

Antes do segmento corporal receber resistência da máquina, ele deve passar por uma fase de aceleração livre⁷⁴. Após o engajamento da porção de resistência (faixa de carga) existem artefatos manifestados nos traços do torque. Imediatamente seguindo a fase de aceleração do movimento, o braço de alavanca e o membro atado exibem uma velocidade que é mais que 200% maior que a velocidade pré-selecionada^{70,74,81}. Isto é seguido pela tentativa do dinamômetro de reduzir a velocidade do membro por via de um mecanismo de freio dentro da cabeça de potência. A ultrapassagem de velocidade ocorre quando uma função da aceleração do membro vai além da velocidade desejada. A freada subsequente resulta em uma medida óbvia do torque, já que ela reduz a velocidade do membro para aquela pré-selecionada. O efeito desta freada é brando em velocidades como 60°/s, mas aumenta em magnitude com velocidades elevadas. As ultrapassagens de velocidade e torque são coincidentes no começo da categórica faixa de carga.

Esta ultrapassagem de torque resultante é causada pela ultrapassagem de velocidade precedente. Como mencionado antes, esta medida irá crescer em velocidades elevadas, já que o mecanismo de freada do dinamômetro

deve explicar quantidades sempre aumentadas de velocidade excedente. A medida do torque pode sobrepujar o real pico de torque produzido pelo músculo humano. Obviamente, é importante remover este artefato antes da interpretação do teste. Atualmente, nenhum dinamômetro no mercado irá remover automaticamente a torque excedente, logo o praticante deve reconhecer o artefato e não considerá-lo durante a análise. Entretanto, alguns sistemas de dinamômetro (i.e., Biodex) tentam controlar estes efeitos usando uma técnica de redução de dados chamada "windowing"⁸⁷. Durante a análise com "windowing", as fases de aceleração e desaceleração da repetição são eliminadas e apenas as informações da faixa de carga são preservadas. Esta técnica mostrou aumentar a confiabilidade do teste pelo controle da produção anormal de torque⁸⁷.

Oscilação do braço de alavanca

Outro artefato nos traços da torque é a oscilação. Isto ocorre imediatamente seguinte à ultrapassagem de torque^{25,74}. Logo após a fase de aceleração, há um período de oscilação do braço de alavanca que é uma função do tamanho da alavanca, e um procedimento de frenagem para neutralizar a ultrapassagem de velocidade. O membro em exercício é atado distalmente ao eixo de transmissão do braço de alavanca do dinamômetro, mas produz torque proximalmente e pode, por isso, ser pensado como sendo análogo a uma vara de pescar. Se alguém segura uma vara de pescar em uma extremidade e aplica um rápido movimento de açoite, a extremidade distal irá oscilar indo e vindo por um curto período de tempo até se estabilizar. Maior oscilação ocorre com maiores braços de alavanca e maiores velocidades, uma vez que a extremidade distal desacelera e tenta então alcançar a velocidade da extremidade proximal^{25,74}. A probabilidade de erro é elevada com a inclusão de artefatos do braço de alavanca como estes, porque pode ser impossível determinar as mensurações reais da torque além de dados irrelevantes. Com a ultrapassagem de torque, usar a técnica "windowing" para os dados, por exemplo, pode remover algumas das informações errôneas.

Artefato do impacto e medidas isométricas

Na outra extremidade da repetição, está a desaceleração que culmina na parada do braço de alavanca. Muitos dos confusos elementos já mencionados durante a fase de aceleração ocorrem em ordem reversa durante a desaceleração. O dinamômetro começa a reduzir a velocidade do braço de alavanca em antecipação à parada no ponto de rotação. Isto faz o braço de alavanca oscilar um pouco, e finalmente, resulta em uma grande medida isométrica no final da repetição devido ao impacto do braço de alavanca na parada final mecânica⁸⁹. Esta medida é maior com velocidades aumentadas, uma vez que membro e alavanca estão se movimentando muito mais rápido sobre o impacto. Estas medidas podem tanto quanto duas vezes maior que a torque vista durante a faixa de carga, e não devem ser confundidas com a produção real de torque muscular^{12,72,77,87}.

Procedimentos isocinéticos padronizados

Primeiro posicione o eixo de transmissão do dinamômetro de modo que esteja alinhado com o suposto eixo de rotação da articulação que está sendo testada. O

indivíduo está em uma posição nem sentado nem deitado, com a coluna inclinada, e registrada em uma escala permanente de mensurações. O membro contra-lateral está segurado com correias, assim como a cintura e o dorso. Braços e pernas sem uso também estão seguros com ou agarrando correias. As paradas mecânicas da faixa de movimento são estabelecidas no começo e no final da ADM de teste desejada. A plataforma do braço de alavanca é posicionada para colocar o aspecto inferior imediatamente superior ao ponto mais distal do membro. O aquecimento no instrumento isocinético consiste de três repetições sub-máximas de extensão e flexão concêntricas recíprocas. Com intensidade crescente (i.e., primeira repetição a 25% do esforço percebido, segunda repetição a 50% do esforço percebido, etc) da velocidade menor até a maior^{13,80}. Além disso, cada indivíduo completa duas repetições de intensidade máxima a cada velocidade, então descansa por um minuto antes do teste. Mais repetições podem ser executadas se o indivíduo não estiver confortável no teste.

O teste de força e potência começa de um ponto morto com o membro do indivíduo em uma extremidade da ADM, e consiste de cinco repetições máximas de extensão e flexão concêntricas, recíprocas e gravitacionalmente corrigidas, com trinta segundos de descanso entre as velocidades⁸⁰. Cada indivíduo é encorajado a atingir as paradas mecânicas finais durante ambos os movimentos de extensão e flexão. Um encorajamento verbal consistente e idêntico é fornecido durante o teste, mas nenhum *feedback* visual da geração de torque é fornecido. A primeira e a última repetição são descartadas, usando-se apenas as três repetições intermediárias para análise, e todos os dados passam pela técnica de "windowing" para eliminar informações irrelevantes, como já foi discutido.

Os dados das repetições são então reduzidos para as variáveis de força como o pico de torque (valor máximo), torque médio (média entre todas as repetições), trabalho total (produto máximo de torque e distância), ou trabalho médio (produto médio de torque e distância), e expressas em polegadas-libras (ft/lbs) ou Newton-metros (Nm). A potência média (torque/tempo) e potência instantânea (produto de torque e velocidade), são expressas em Watts.

Curvas de força e potência/velocidade

A interação da produção de velocidade e força humana é conhecida há algum tempo. Desde que Hill³⁴ estabeleceu a relação inversa entre força e velocidade para ações musculares concêntricas, os seres humanos têm tentado alterar a curva através do treinamento e da adaptação muscular. Do mesmo modo, a relação parabólica entre potência e velocidade⁴⁴ tem diagnóstico esportivo específico, e valores preditos. No caso da dinamometria isocinética, a força é rotacional, e por isso chamada de torque.

Uma vez que o formato total de ambas as curvas de torque/velocidade e potência/velocidade é bem estabelecido, é uma tarefa simples deduzir esta informação dos indivíduos separadamente, utilizando um dinamômetro capaz de medir o torque e a potência específicos da velocidade. Os dados podem então ser usados para propósitos de comparação entre atletas ou como linha de base para testes futuros. O procedimento é executar um teste de torque máximo através de um espectro de velocidade começando em 60°/s e aumentando a velocidade em 60°/s até que a velocidade máxima da máquina (i.e.,

400-500°/s) ou do indivíduo tenha sido atingida. Como foi previamente explicado, é muito importante assegurar que os dados são avaliados apenas durante a porção de faixa de carga, já que isso irá prevenir a inclusão de artefatos irrelevantes.

Um trabalho prévio¹⁹ mostrou que homens e mulheres apresentam níveis diferentes de velocidade máxima atingível neste equipamento. Por isso, as curvas devem ser avaliadas de acordo com o sexo do indivíduo. As figuras 1 e 2 representam os dados específicos de homens e mulheres no nosso laboratório, que são representativos das relações força/velocidade em indivíduos em idade universitária. Note que não apenas os valores absolutos dos homens excedem os das mulheres, mas também que as formas das curvas são diferentes. A curva de torque/velocidade (Fig 1) dos homens é mais inclinada que a das mulheres, e o pico de potência (Fig 2) ocorre depois no espectro da velocidade para homens (240°/s), quando comparados às mulheres (180°/s). Embora isso possa ser explicado parcialmente em função da massa muscular, existe uma evidência de diferenças neurais fundamentais entre os gêneros⁴⁶ que podem posteriormente explicar esta diferença.

FIGURA 1 – Curva torque/velocidade concêntrica, por gênero, mensurada em um dinamômetro isocinético biodex system 3

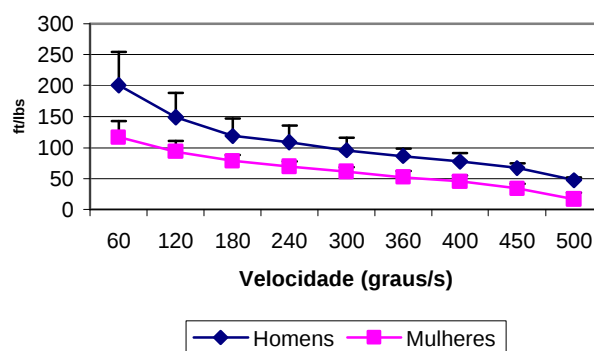
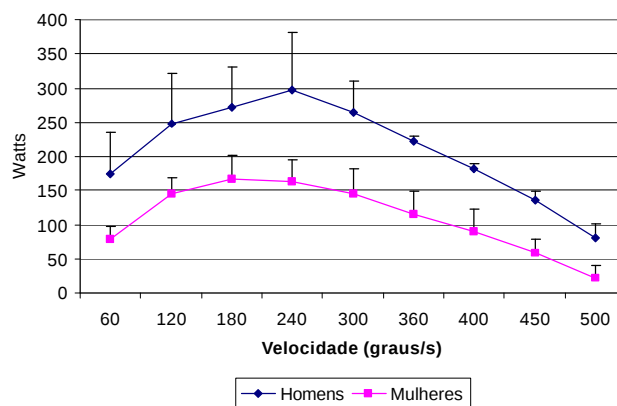


FIGURA 2 – Curva potência/velocidade concêntrica, por gênero, mensurada em um dinamômetro isocinético Biodex System 3



Teste de repetições múltiplas

Qualquer discussão de adaptações associadas ao estímulo de treinamento deve incluir diferenças individuais

na musculatura do segmento corporal e nos tipos de fibras. Estas individualidades levam alguns indivíduos a alcançar maiores ganhos na força, independente da relação força/velocidade ou potência/velocidade.

Thorstensson⁷⁹ levantou a hipótese de que a qualidade do músculo desempenha um papel maior na força. Para testar sua hipótese, Thorstensson coletou amostras de biópsias musculares do vasto lateral de 25 indivíduos, homens treinados, entre as idades de 25 e 30 anos, e manchou para os tipos de fibras lentas (ST) e rápidas (FT). Ele então registrou a velocidade máxima dos movimentos de extensão do joelho sem carga, e testou o pico de torque isometricamente e isocineticamente a 180°/s. Os resultados do teste de força não foram diferentes entre os indivíduos com percentuais baixos e altos de fibras FT, quando comparados isometricamente. Entretanto, quando a velocidade máxima foi medida, diferenças significativas se tornaram aparentes. Isto é, indivíduos com um maior percentual de fibras FT apresentaram maiores velocidades e forças máximas, com uma correlação positiva de $r = 0.75$ entre o pico de torque a 180°/s e o percentual de fibras FT. Foi concluído que uma alta proporção de fibras musculares FT seria vantajoso para uma alta produção de força com rápidas velocidades de movimento, um requisito para o sucesso em atividades esportivas específicas. Wickiewicz e colaboradores⁸⁶ estudaram a relação entre a arquitetura muscular e a curva força-velocidade em 12 indivíduos que executaram um teste de força da extensão isocinética do joelho em velocidades variando de 0 a 300°/s. As comparações foram então feitas com amostras de músculos de cadáveres para o deslocamento linear das fibras musculares e para dados arquiteturais. Os resultados mostraram que os maiores torques em velocidades altas estavam relacionados às fibras rápidas e ao número de fibras em série. Especificamente, indivíduos com sarcômeros mais longos apresentaram menor redução de torque em velocidades rápidas, enquanto indivíduos com uma maior área seccional muscular exibiram as maiores produções de torque em baixas velocidades.

Houston³⁹ examinou a relação entre a composição da fibra muscular e as capacidades de aceleração máxima e torque dos extensores do joelho em 27 indivíduos usando um aparelho sem carga que não restringia a movimentação do segmento corporal. A composição da fibra muscular foi mensurada do vasto lateral de cada indivíduo usando-se técnicas de biópsia com agulhas, e comparadas com medidas eletromiográficas e de performance durante os movimentos de extensão. Correlações positivas entre o pico de velocidade e a aceleração ($r = 0.69$) foram encontradas, assim como aceleração e percentual de fibras rápidas ($r = 0.4$), com uma tendência em direção a uma correlação positiva entre aceleração e área rápida. Comparações entre os sexos demonstraram que o atraso eletromecânico (tempo gasto entre o início da atividade neural elétrica e o começo da aceleração) era similar para homens e mulheres. Entretanto, os homens tinham uma produção de força significativamente maior do que as mulheres, evidenciando um viés neural na direção dos homens.

Em um experimento em nosso laboratório¹⁵, seguindo o protocolo de Thorstensson, nós comparamos o teste ergométrico de Wingate com um teste isocinético bilateral de potência, e encontramos correlações significativas entre os dois testes para o pico de potência ($r = 0.84$) e potência média ($r = 0.54$), mas não para o percentual de fadiga ($r =$

0.37). O pico de potência e potência média do Wingate foram significativamente maior ($p < 0.05$) que os valores isocinéticos, enquanto que o percentual de fadiga não foi estatisticamente diferente entre os testes. Os homens exibiram valores significativamente maiores em todas as variáveis quando comparados às mulheres, com exceção do percentual de fadiga de teste de Wingate. Foi concluído que o teste isocinético bilateral de potência apresentou um perfil semelhante com o teste de potência no cicloergômetro.

Procedimento de repetições múltiplas

As informações acima apontam para a habilidade de estimar os tipos de fibra de um indivíduo através de testes isocinéticos de força e potência. Especificamente, os procedimentos para a avaliação de repetições múltiplas de Thorstensson iram apresentar percentuais de fadiga do quadríceps. Isto pode ser usado para estimar o percentual relativo de fibras rápidas (% FT) do vasto lateral. A posição do indivíduo no dinamômetro isocinético é idêntica àquela discutida previamente. A velocidade deve ser pré-estabelecida em 180°/s e a ADM limitada de 90° de flexão do joelho até 0° de extensão (horizontal). O teste consiste de 50 repetições máxima de extensão do joelho com um retorno passivo para 90° (sem atividade dos posteriores da coxa).

Determine o pico de torque médio das repetições 1-3 e repetições 48-50. Subtraia a média das repetições 48-50 das repetições 1-3 e divida pela média das repetições 1-3, então multiplique por 100. A resposta (percentual de fadiga, PF) devem então ser inseridas na fórmula de Thorstensson, o que irá estimar o percentual de fibras rápidas.

$$0.9 \times (PF) + 5.2 = \% FT \quad (r = 0.86, p < 0.01)$$

Conclusão

Deve-se tomar cuidado para assegurar o uso apropriado de qualquer equipamento de teste de força e interpretação correta dos dados. O praticante deve estar consciente dos procedimentos padronizados de testes como o aquecimento apropriado, segurança (incluindo emergências), período de descanso, isolamento e estabilização de indivíduos e grupos musculares, assim como o alinhamento axial próprio do indivíduo e do aparelho. As instruções devem ser claras e idênticas entre os indivíduos e a cada participante deve ser dada a oportunidade de se tornar completamente familiarizado com o procedimento e o aparelho antes da coleta de dados.

Um plano apropriado deve ser utilizado detalhando as informações desejadas do teste, juntamente com o conhecimento da especificidade dos resultados de força e potência de acordo com o modelo, o procedimento e o aparelho. As Tabelas 1 e 2 identificam possíveis escolhas de testes que são específicas para um resultado esperado.

TABELA 1 – Recomendações de testes específicos de força

Objetivo pretendido	Teste específico
1. Força de membros inferiores	1RM Agachamento
2. Força de membros superiores	1RM banco de supino
3. Ângulo específico de torque	Isométrico
4. Torque de um grupo muscular específico	Cinco repetições Isocinéticas
5. Torque de grupos musculares	1RM Isotônico

TABELA 2 – Recomendações de testes específicos de potência

Objetivo pretendido	Teste específico
1. Membros inferiores	Salto vertical/Margaria
2. Resistência dos membros superiores	Repetições no Banco de supino
3. Resistência Anaeróbica	Wingate no ciclo ergômetro
4. Tipo de fibra muscular	Múltiplas repetições Isocinéticas

Referências Bibliográficas

- Abernathy PJ, Jurimae J. Cross-sectional and longitudinal uses of isoinertial, isometric, and isokinetic dynamometry. **Med Sci Sports and Exerc** 1996;28(9):1180-87.
- Abernathy P, Wilson G, Logan P. Strength and power assessment. Issues, controversies and challenges. **Sports Med** 1995;19:401-17.
- Arteaga R, Dorado C, Chavarren J, Calbet Jal. Reliability of jumping performance in active men and women under different stretch loading conditions. **J Sports Med and Phys Fit** 2000;40:26-34.
- Ashley CD, Weiss LW. Vertical jump performance and selected physiological characteristics of women. **J Strength and Cond Res** 1994;8:5-11.
- Ayalon A, Inbar O, Bar-Or O. **Relationships among measurements of explosive strength and anaerobic power**. In: Nelson RC, Morehouse CA, editors. International series on sports sciences. Biomechanics IV. Baltimore: University Press, 1974:527-32.
- Baltzopoulos V, Eston RG, Maclaren D. A comparison of power outputs on the Wingate test and on a test using an isokinetic device. **Ergonomics** 1988;31:1693-99.
- Baltzopoulos V, Williams JG, Brodie DA. Isokinetic dynamometry: applications and limitations. **Sports Med** 1989;8:101-16.
- Bar-Or O. The Wingate test: An update on methodology, reliability and validity. **Sports Med** 1987;4:381-94.
- Bar-Or O, Dotan, R, Inbar O, Rotstein A, Karlsson J, Tesch P. Anaerobic capacity and muscle fiber type distribution in man. **Int J Sports Med** 1980;1:89-92.
- Bobbert MF, Gerritsen KGM, Litjens Mca, Van Soest AJ. Why is countermovement jump height greater than squat jump height? **Med Sci Sports and Exerc** 1996;28:1402-12.
- Bosco C, Viitasalo JT. Potentiation of myoelectrical activity of human muscles in vertical jumps. **Electro and Clin Neurophys** 1982;22:549-62.
- Brown LE. (Editor). Isokinetics In Human Performance. Champaign, IL: **Human Kinetics**, 2000.
- Brown LE, Whitehurst M, Bryant JR, Buchalter DN. Reliability of the Biodex system 2 isokinetic dynamometer concentric mode. **Isok Exer Sci** 1993;3(3):160-63.
- Brown Le, Whitehurst M, Buchalter DN. Bilateral isokinetic knee rehabilitation following bilateral total knee replacement surgery. **J Sport Rehab** 1993;2:274-80.
- Brown LE, Whitehurst M, Buchalter DN. Comparison of bilateral isokinetic knee extension/flexion and cycle ergometry tests of power. **J Strength and Cond Res** 1994;8(3):139-43.
- Brown LE, Whitehurst M, Gilbert R, Findley BW, Buchalter DN. Effect of velocity on the bilateral deficit during dynamic knee extension and flexion exercise in females. **Isok Exer Sci** 1994;4(4):153-56.
- Brown LE, Whitehurst M, Findley BW, Gilbert R, Buchalter DN. Isokinetic load range during shoulder rotation exercise in elite male junior tennis players. **J Strength and Cond Res** 1995;9(3):160-64.
- Brown LE, Whitehurst M, Findley BW, Gilbert PR, Groo DR, Jimenez J. The effect of repetitions and gender on acceleration range of motion during knee extension on an isokinetic device. **J Strength and Cond Res** 1998;12(4):222-25.
- Brown LE, Whitehurst M, Gilbert PR, Buchalter DN. The effect of velocity and gender on load range during knee extension and flexion exercise on an isokinetic device. **J Ortho Sports Phys Ther** 1995;21(2):107-12.
- Caldwell LS, Chaffin DB, Dukes-Dobos FN, Kroemer KHE, Laubach LL, Snook SH, Wasserman DE. A proposed standard procedure for static muscle strength testing. **Amer Industrial Hygiene Assoc J** 1974;35:201-06.
- Chaffin, DB. Ergonomics guide for the assessment of human static strength. **Amer Industrial Hygiene Assoc J** 1975;36:505-11.
- Chaffin, DB, Herrin GD, Keyserling WM. Preemployment strength testing. An updated position. **J Occup Med** 1978;20:403-08.
- Chandler J, Duncan R, Studenski S. Choosing the best strength measure in frail older persons: importance of task specificity. **Muscle and Nerve** 1997;Suppl 5:S47-S51.
- Chapman, PP, Whitehead JR, Binkert RH. The 225-lb reps-to-fatigue test as a submaximal estimate of 1-RM bench press performance in college football players. **J Strength Cond Res**, 1998;12:258-61.
- Chen WL, Su FC, Chou YL. Significance of acceleration period in a dynamic strength testing study. **J Orthop Sports Phys Ther** 1994;19(6):324-30.
- Cummings B, Finn KJ. Estimation of a one repetition maximum bench press for untrained women. **J Strength Cond Res**, 1998;12:262-65.
- Devries, HA, Housh TJ. **Physiology of Exercise for Physical Education, Athletics, and Exercise Science** (5th Ed). Dubuque, IA: Brown and Benchmark, 1994.
- Dotan R, Bar-Or O. Load optimization for the Wingate anaerobic test. **Eur J Appl Physiol** 1983;51:409-17.
- Edwards RHT, Young A, Hosking GP, Jones DA. Human skeletal muscle function: description of tests and normal values. **Clin Sci Molecular Med** 1977;52:283-90.
- Gehri DJ, Ricard Md, Kleiner DM, Kirkendall DT. A comparison of plyometric training techniques for improving vertical jump ability and energy production. **J Strength Cond Res** 1998;12:85-89.
- Goodwin PC, Koorts K, Mack R, MAI S, Morrissey MC, Hooper DM. Reliability of leg muscle electromyography in vertical jumping. **Euro J Appl Physiol** 1999;79:374-78.
- Gransberg L, Knutsson E. Determination of dynamic muscle strength in man with acceleration controlled

- isokinetic movements. **Acta Physiol Scand** 1983;119:317-20.
33. Greenblatt D, Diesel W, Noakes TD. Clinical assessment of the low-cost VariCom isokinetic knee exerciser. **Med Eng Phys** 1997;19(3):273-78.
 34. Hill AV. **The heat of shortening and the dynamic constants of muscle.** Proceedings of the Royal Society 1938;B128:263-74
 35. HAff GG, Stone M, O'bryant HS, Harman E, Dinan C, Johnson R, Han KH. Force-time dependent characteristics of dynamic and isometric muscle actions. **J Strength Cond Res** 1997;11:269-72.
 36. Harman EA, Rosenstein MT, Frykman PN, Rosenstein RM. The effect of arms and countermovement on vertical jumping. **Med Sci Sports and Exerc** 1990;22:825-33.
 37. Harman EA, Rosenstein MT, Frykman PN, Rosenstein RM, Kraemer WJ. Estimates of human power output from vertical jump. **J Appl Sport Sci Res** 1991;5:116-120.
 38. Hebestreit H, Mimura K, BAR-Or O. Recovery of anaerobic muscle power following 30-s supramaximal exercise: Comparing boys and men. **J Appl Physiol** 1993;74:2875-80.
 39. Houston ME, Norman RW, Froese EA. Mechanical measures during maximal velocity knee extension exercise and their relation to fibre composition of the human vastus lateralis muscle. **Eur J Appl Physiol** 1988;58:1-7.
 40. Husky T, Mayhew JL, Ball TE, Arnold MD. **Factors affecting anaerobic power output in the Margaria-Kalamen test.** Ergonomics 1989;32:959-65.
 41. Inbar O, Bar-Or O, Skinner JS. The Wingate Anaerobic Test. Champaign, IL: **Human Kinetics**, 1996.
 42. Inbar O, Kaiser P, Tesch P. Relationships between leg muscle fiber type distribution and leg exercise performance. **Int J Sports Med** 1981;2:154-59.
 43. Ives JC, Kroll WP, Bultman LL. Rapid movement kinematic and electromyographic control characteristics in males and females. **Res Quart for Ex and Sport** 1993;64(3):274-83.
 44. Kaneko M. The relation between force, velocity and mechanical power in human muscle. **Res J Phys Educ (Japan)** 1970;14:141-45.
 45. Keyserling WM, Herrin GD, Chaffin DB. Isometric strength testing as a means of controlling medical incidents on strenuous jobs. **J Occup Med** 1980;22:332-36.
 46. Komi PV, Karlsson J. Skeletal muscle fiber types, enzyme activities and physical performance in young males and females. **Acta Physiol Scand** 1978;103(2):210-18.
 47. Knutzen KM, Brilla LR, Caine D. Validity of 1-RM prediction equations for older adults. **J Strength Cond Res** 1999;13:242-46.
 48. Kovalski JE, Heitman RJ, Scaffidi FM, Fondren FB. Effects of isokinetic velocity spectrum exercise on average power and total work. **J Athl Train** 1992;27:54-56.
 49. Kovalski JE, Heitman RH, Trundle TL, Gilley WF. Isotonic preload versus isokinetic knee extension resistance training. **Med Sci Sports and Exerc** 1995;27(6):895-99.
 50. Kovalski JE, Heitman RJ. Interaction of velocity and progression order during isokinetic velocity spectrum exercise. **Isok Exerc Sci** 1993;3:118-22.
 51. Kovalski JE, Heitman RJ. Effects of isokinetic velocity spectrum exercise on torque production. **Sports Med Train Rehabil** 1993;4:67-71.
 52. Kraemer WJ, Fry AC. Strength testing: development and evaluation of methodology. In: Maud PJ and Foster C, editors. **Physiological Testing of Human Fitness**, Champaign IL: **Human Kinetics**, 1991.
 53. Kroemer KHE. Assessment of human muscle strength for engineering purposes: a review of the basics. **Ergonomics** 1999;42(1):74-93.
 54. Kroll W. Reliability of a selected measure of human strength. **Res Quart for Ex and Sport** 1962;33:410-17.
 55. Kulig K, Andrews JG, Hay JG. Human strength curves. **Exerc Sport Sci Rev** 1984;12: 417-66.
 56. Lander JE, Bates BT, Sawhill JA, Hamill JA. Comparison between free-weight and isokinetic bench pressing. **Med Sci Sports Exerc** 1985;17(3):344-53.
 57. Lesuer DA, McCormick JH, Mayhew JL, Wasserstein RL, Arnold MD. The accuracy of prediction equations for estimating 1-RM performance in the bench press, squat, and deadlift. **J Strength Cond Res** 1997;11:211-13.
 58. Margaria R, Aghemo P, Rovelli E. Measurement of muscular power (anaerobic) in man. **J Appl Physiol** 1966;21:1661-64.
 59. Martin TP, Stull GA. Effect of various knee angle and foot spacing combinations on performance in the vertical jump. **Res Quart for Ex and Sport** 1969;40:324-31.
 60. Maud PJ, Shultz BB. Norms for the Wingate anaerobic test with comparison to another similar test. **Res Quart for Ex and Sport** 1989;60:144-51.
 61. Mayhew JL, Ball TE, Arnold MD, Bowen JC. Relative muscular endurance performance as a predictor of bench press strength in college men and women. **J Appl Sport Sci Res** 1992;6:200-06.
 62. Mayhew JL, Ware JS, Bemben MG, Wilt B, Ward TE, Farris B, Juraszek J, Slovak JP. The NFL-225 test as a measure of bench press strength in college football players. **J Strength Cond Res** 1999;13:130-34.
 63. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. **Exercise physiology. Energy, nutrition, and human performance** (4th Ed.). Baltimore MD: Williams and Wilkins, 1996.
 64. Murphy AJ, Wilson GJ. The assessment of human dynamic muscular function: A comparison of isoinertial and isokinetic tests. **J Sports Med Phys Fit** 1996;36:169-77.
 65. Murphy AJ, Wilson GJ, Pryor JF, Newton RU. Isometric assessment of muscular function: the effect of joint angle. **J Appl Biomech** 1995;11:205-15.
 66. Osternig LR. Isokinetic dynamometry: Implications for muscle testing and rehabilitation. In: Pandolf KB, editor. **Exerc Sport Sci Rev** V14,. New York: Macmillan, 1986:45-80.
 67. Osternig LR. Optimal isokinetic loads and velocities producing muscular power in human subjects. **Arch Phys Med Rehabil** 1975;56:152-55.
 68. Osternig LR, Sawhill JA, Bates BT, Hamill J. Function of limb speed on torque patterns of antagonist muscles. In: Matsui H, Kobayashi K, editors. **Biomechanics**

- VIII-A V4A, Champaign, IL: **Human Kinetics**, 1983:251-57.
69. Patton JF, Duggan A. An evaluation of tests of anaerobic power. **Aviation Space Environ Med** 1987;58:237-42.
 70. Perrine JJ, Edgerton VR. Muscle force-velocity and power-velocity relationships under isokinetic loading. **Med Sci Sports Exerc** 1978;10(3):159-66.
 71. Reinking MF, Bockrath-Pugliese K, Worrell T, Kegerreis RL, Miller-Sayers K, FARR J. Assessment of quadriceps muscle performance by hand-held, isometric, and isokinetic dynamometry in patients with knee dysfunction. **J Orthop Sports Phys Ther** 1996;24:154-59.
 72. Rothstein JM, Lamb RL, Mayhew TP. Clinical uses of isokinetic measurements. **Phys Ther** 1987;67(12):1840-44.
 73. Sale DG. Testing strength and power. In: MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ, editors. *Physiological Testing of the High Performance Athlete* (2nd Ed). Champaign IL: **Human Kinetics**, 1991.
 74. Sapega AA, Nicholas JA, Sokolow D, Saranti A. The nature of torque "overshoot" in Cybex isokinetic dynamometry. **Med Sci Sports and Exerc** 1982;14(5):368-75.
 75. Sayers SP, Harackiewicz DV, Harman EA, Frykman PN, Rosenstein MT. Cross-validation of three jump power equations. **Med Sci Sports and Exerc** 1999;31:572-77.
 76. Stone HS, O'bryant HS. **Weight training: a scientific approach**. Minneapolis, MN: Bellwether Press, 1987.
 77. Taylor NAS, Sanders RH, Howick EI, Stanley SN. Static and dynamic assessment of the Biodex dynamometer. **Eur J Appl Physiol** 1991;62:180-88.
 78. Tharp GD, Newhouse RK, Uffelman L, Thorland WG, Johnson GO. Comparison of sprint and run times with performance on the Wingate anaerobic test. **Res Quart for Ex and Sport** 1985;56:73-76.
 79. Thorstensson A, Karlsson J. Fatiguability and fibre composition of human skeletal muscle. **Acta Physiol Scand** 1976;98:318-22.
 80. Timm KE, Fyke D. The effect of test speed sequence on the concentric isokinetic performance of the knee extensor muscle group. **Isok Exerc Sci** 1993;3(2):123-28.
 81. Tis LL, Perrin DH. Validity of data extraction techniques on the kinetic communicator (KinCom) isokinetic device. **Isok Exerc Sci** 1993;3(2):96-100.
 82. Wagner LL, Evans SA, Weir JP, Housh TJ, Johnson GO. The effect of grip width on bench press performance. **International J Sport Biomech** 1992;8:1-10.
 83. Wathen D. Load Assignment. In: Baechle TR, editor. *Essentials of Strength Training and Conditioning*. Champaign, IL: **Human Kinetics**, 1994: 435-39.
 84. Weir JP, Evans SA, Housh ML. The effect of extraneous movements on peak torque and constant joint angle torque-velocity curves. **J Orthop Sports Phys Ther** 1996;23:302-08.
 85. Weir JP, Wagner LL, Housh TJ. The effect of rest interval length on repeated maximal bench presses. **J Strength Cond Res** 1994;8:58-60.
 86. Wickiewicz TL, Roy RR, Powell PL, Perrine JJ, Edgerton VR. Muscle architecture and force-velocity relationships in humans. **J Appl Physiol** 1984;57(2):435-43
 87. Wilk KE, Arrigo CA, Andrews JR. Isokinetic testing of the shoulder abductors and adductors: Windowed vs nonwindowed data collection. **J Ortho Sports Phys Ther** 1992;15(2):107-12.
 88. Wilson GJ, Murphy AJ. The use of isometric tests of muscular function in athletic assessment. **Sports Med** 1991;22:19-37.
 89. Winter DA, Wells RP, Orr GW. Errors in the use of isokinetic dynamometers. **Euro J Appl Physiol** 1981;46:397-08.
 90. Zeh J, Hansson T, Bigas S, Spengler D, Battie M, Wortley M. **Isometric strength testing. Recommendations based on a statistical analysis of the procedure**. Spine 1986;11:43-46.