

Fisiologia do Exercício e Avaliação funcional



Prof. Paulo Sergio Chagas Gomes, Ph.D.

Material de propriedade do Prof. Paulo Sérgio Gomes, Ph.D., preparado para o Curso de Especialização: Fisiologia do Exercício e Avaliação Morfo-funcional (UGF). O material está disponível apenas para consulta, com finalidade exclusivamente acadêmicas, não podendo ser comercializado sem a autorização expressa das fontes e autores/editores originais dos artigos citados.

Declaração de Conflito de Interesse

O grupo de Pesquisa Crossbridges recebeu ou recebe apoio das seguintes instituições:

- CNPq
- CAPES
- FAPERJ
- Globus Italia



A utilização de equipamentos não necessariamente significa a recomendação da sua utilização

Testes de Força e Potência



Conceitos Básicos

Força Muscular

Quantidade máxima de força que pode ser gerada por um músculo específico ou grupo musculares em uma única contração (1 RM)

Componente importante da aptidão física

Razões para estar

Predição do desempenho

Deteccção de talento esportivo

Prescrição do treinamento

Acompanhamento do treinamento

Razões para Testar

Reabilitação

Prevenção de Lesão

- Identificação de Desequilíbrio Muscular
- Indicação de possível pré-disposição de lesão
- Relação pico de torque isocinético de flexores/ extensores do joelho (0,65 a 0,75)

Critérios de Seleção do Teste

- Segurança

- Custo

- Facilidade na aquisição e análise de dados

- Especificidade

Segurança

- Familiarização e aprendizado do protocolo de teste
- Escolha do equipamento:
peso livre vs máquinas vs outros
- Se possível 2 avaliadores

Custo \$\$\$\$\$

• Custo

- aglomerados \$
- peso livre \$\$ a \$\$\$
- máquinas “cam” \$\$\$
- eletrônicas \$\$\$\$\$
- hidráulica \$\$ a \$\$\$
- isocinética \$\$\$\$\$\$\$

Especificidade

Específico para o equipamento a ser utilizado

Não necessariamente para gestos desportivos

Força é segmento específico

Maior ou menor habilidade pode influenciar o resultado do teste

Tipo de Exercício

Pouco vs Muito Complexo

Uniarticular vs Pluriarticular

Peso livre vs Máquina

...e os outros são exemplos de exercícios complexos



Complexo



Simples



Extensora



Agachamiento



Voador reto



Supino



vantagens:

Movimentação nos três planos

Maior solicitação da musculatura estabilizadora

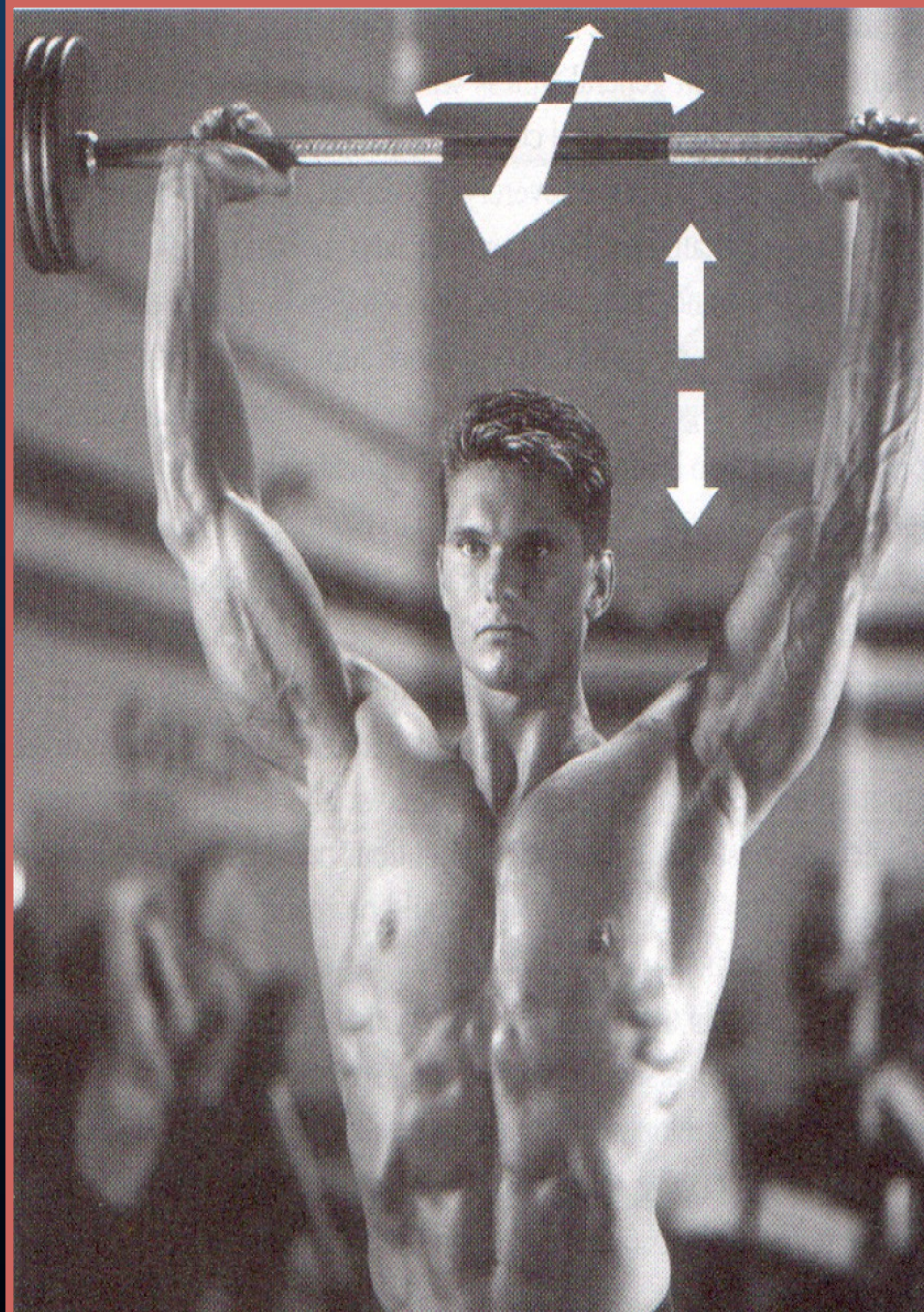
Treinamento corporal total

Simulação real das atividades diárias (osteoporose)

Maior especificidade para os esportes

Desvantagem:

Necessita de um tempo maior para ser aprendido



vantagens:

Segurança, pois não necessitam
tanto de equilíbrio e coordenação
favorece o desenvolvimento da
flexibilidade

Muito fácil de usar

Exercícios uniarticulares são mais
eficientes e seguros

Trabalho para reabilitação e
pequenos grupamentos

vantagem:

Menor atuação do estabilizadores



Escola do Equipamento Máquinas



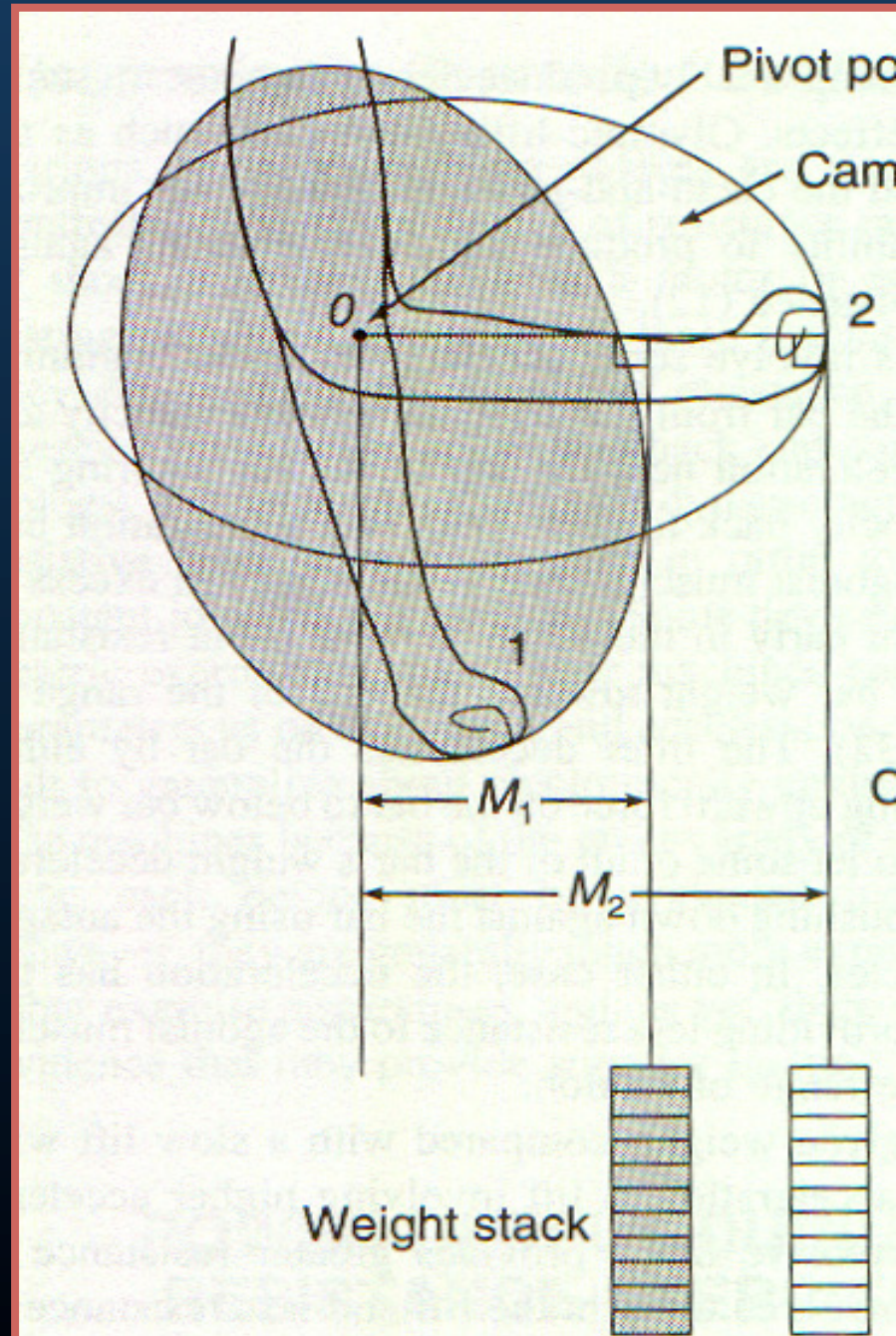
máquina c/polia ou CAM

Esclarecimentos Biomecânicos:

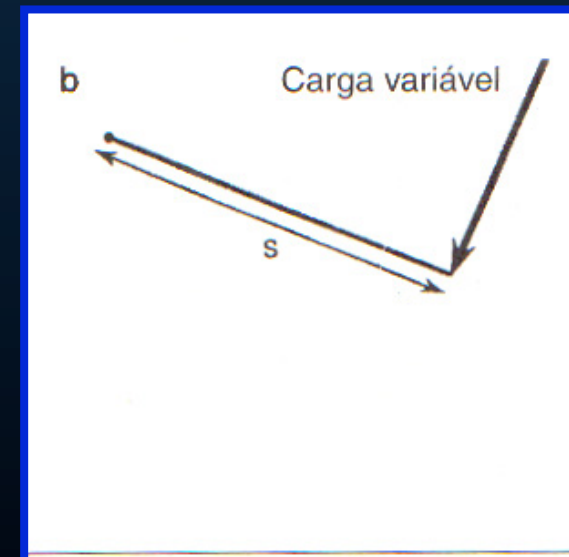
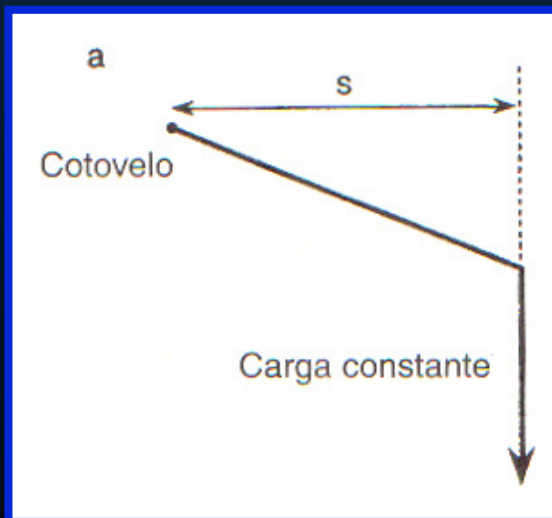
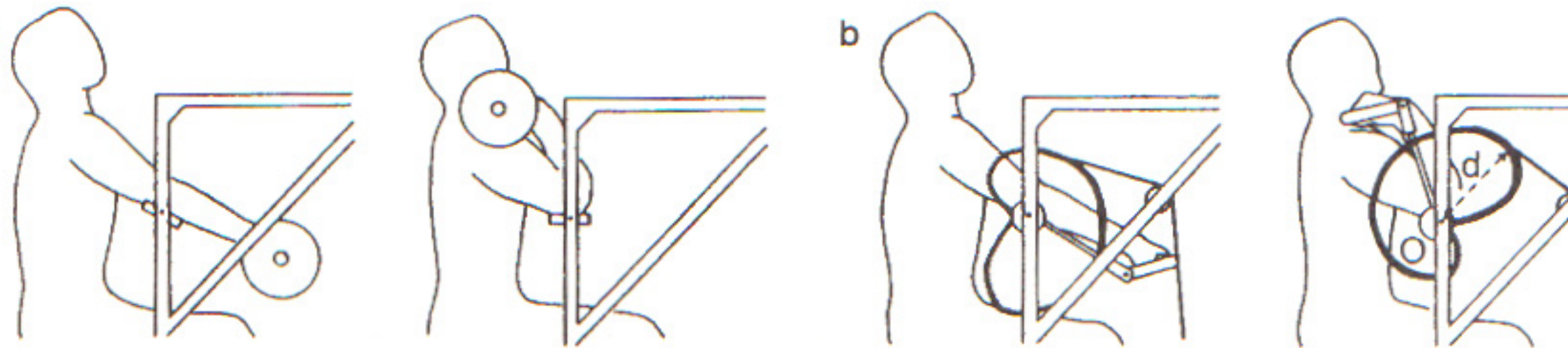
Objetivo principal é sobrecarregar o grupo muscular por meio da amplitude total do movimento

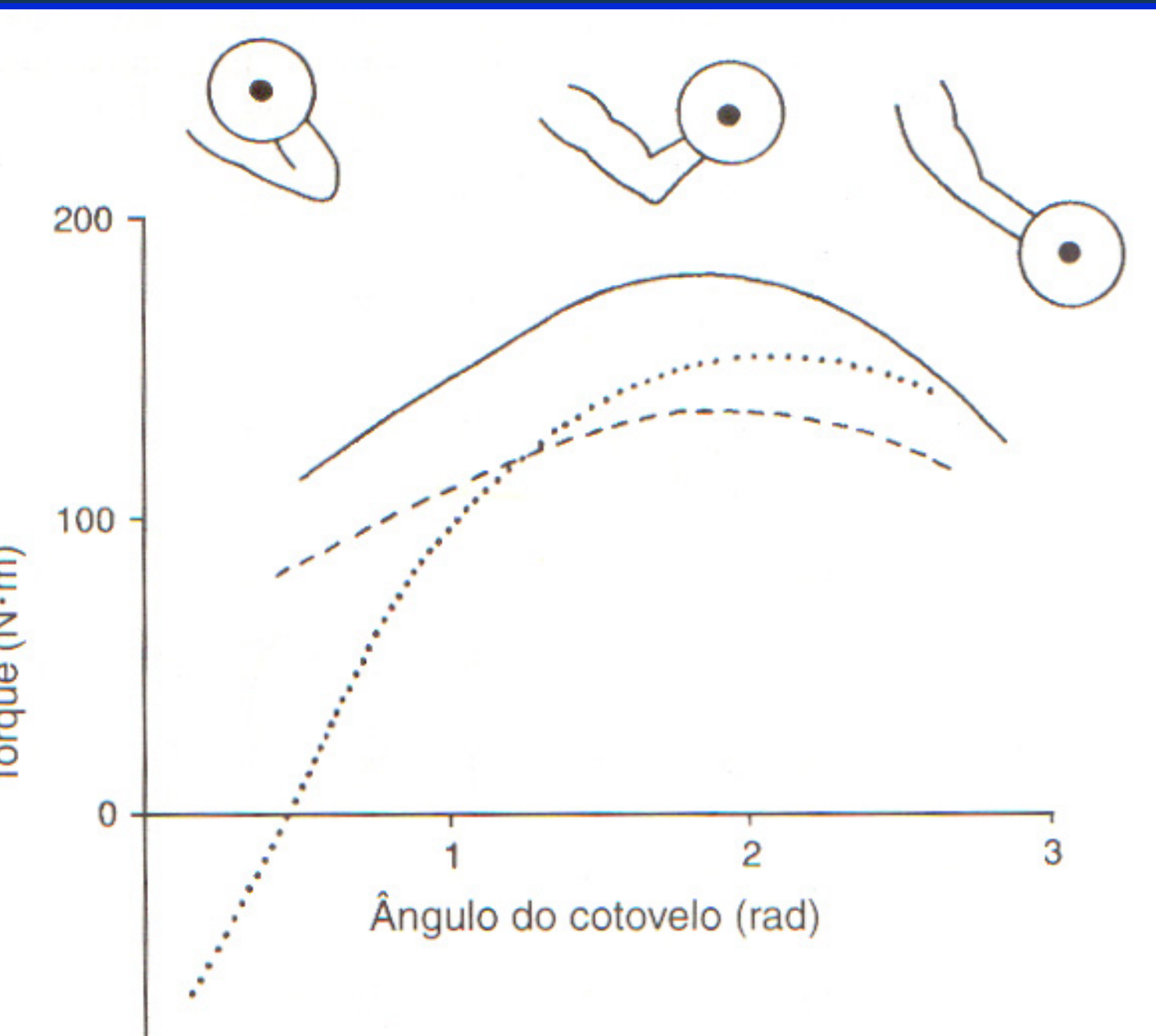
A meta é sobrecarregar o grupo muscular perto do potencial máximo em cada ponto da amplitude do movimento

Quando a polia CAM é rodada na direção da posição 1 para posição 2, o braço de momento do peso, e consequentemente o torque aumentam



Pesos Livre vs CAM





Máquina
.....
Barra

Escolha do Equipamento – Evolução

Máquina



Hierarquia da escolha (iniciando)

Segurança

Fator coordenatório

Smith Machine



Barra Livre



Especificidade

- Musculatura envolvida na atividade fim
- Padrão de movimento

Especificidade

- Tipo de ação muscular
 - isométrica vs dinâmica
 - excêntrica vs concêntrica
 - dinâmica
 - Isotônica vs isocinética

Especificidade

- Velocidade da contração
 - lenta
 - intermediária
 - rápida

Para Informações Complementares Referir-se às Publicações

ARTIGO
DE REVISÃO

Rev Bas Med Desp 9(5):325-335, 2003

**Testes de força e resistência muscular: confiabilidade e predição
de uma repetição máxima – Revisão e novas evidências**

Marta Inez Rodrigues Pereira^{1,2} e Paulo Sergio Chagas Gomes¹

Pereira MI e Gomes PSC. Movement velocity in resistance training.
Sports Med 33(6):427-438, 2004.

Teste Isométrico

Definição

- Ação muscular onde a tensão é produzida mas não há mudança no tamanho do músculo
- Ex.: dinamometria de mão, membros inferiores etc.
- Trabalho fisiológico, mas não físico (FxD)

Teste Isométrico

Vantagens

- Simples
- Barato
- Economia de tempo

Desvantagens

- Específico a um ângulo de movimento
- Não representa a amplitude total de movimento
- Baixa correlação com o desempenho



Dinamometria de Mão

Duas ou Três repetições de cada lado
15 s de recuperação entre tentativas
3 s em cada contração
Melhor resultado de cada lado



Dinamometria de Mão

Classificação	Homens (kg)	Mulheres (kg)
Excelente	> 64	> 38
Muito Bom	56-64	34-38
Acima da Média	52-56	30-34
Média	48-52	26-30
Abaixo da Média	44-48	22-26
Fraco	40-44	20-22

Teste Isotônico

Definição

- Ação muscular onde o músculo diminui ou aumenta com a variação da tensão e velocidade enquanto sobrepõe a resistência constante
- Encurta enquanto sobrepõe a resistência constante através da amplitude do movimento
- Ex.: supino horizontal no banco

Isotônico

Vantagens

- Correlaciona-se um pouco melhor com o desempenho esportivo
- Não muito caro
- Acessível
- Quando usado em máquinas pode ser usado em pessoas com pouca experiência

Isotonico

Desvantagens

- Mede o ponto mais fraco da amplitude de movimento
- Não mede força em diferentes velocidades
- Mais difícil em pessoas com história de lesão

Teste Isotônico

1RM

– Protocolo

- 5-10 reps a 40-60% de 1 RM esperada
- 3-5 reps at 60-80% de 1RM esperada
- Aumenta-se a carga
- Descanso de pelo menos 5 min, acrescentando carga p/ nova tentativa
- Máximo de 5 tentativas (de 3 a 5) em um dia
- 1 RM = última carga levantada corretamente com sucesso

Predição de 1RM

Brzycki (1993)

$$\%1RM = (102,78 - (2,78 * n^{\circ}rep))$$

Erro : Supino = 9,4; Agacham. = 26,6

Epley (1985)

$$\%1RM = (0,033 * carga) * n^{\circ}rep + carga$$

Erro: Supino = 7,5; Agacha. = 11,5

Lander (1985)

$$\%1RM = 101,3 - 2,67123 * n^{\circ}rep$$

Erro: Supino = 9,2; Agacham. = 25,6

Mayhew (1992)

$$\%1RM = 52,2 + 41,9e-0,0055 * rep$$

1 RM

8-10 RMs

N RMs

% 1 RM

% de 8-10 RMs

% N RMs

Hoeger et al., 1990
J Appl Sports Sci 4(2):47-54

25 treinados e 38 destreinados

26 treinadas e 40 destreinadas

treinados = 3x semana pelo menos 2
meses

—1RM, Reps @ 40%, 60% e 80% de 1RM

—Leg Press, Puxada por trás, Supino,

Extensão do Joelho, Abdominal,

Flexão do Joelho, Rosca Bíceps

Confiabilidade Teste/Reteste p/ 11M		
	Homens	Mulheres
g Press	0,89	0,88
kada p/ Trás	0,98	0,79
pino	0,93	0,94
t. Joelho	0,98	0,92
dominal	0,97	0,98
xão Joelho	0,97	0,93
sca Bíceps	0,97	0,86

tes de força e resistência muscular: confiabilidade e predi de uma repetição máxima – Revisão e novas evidências

Marta Inez Rodrigues Pereira^{1,2} e Paulo Sergio Chagas Gomes¹

Rev Bras Med Esp 9(5)325-335

Resultados de estudos de confiabilidade intra-avaliador de testes de força e resistência muscular

Estudo	Amostra	Teste	Exercício	Correlação
Plotz-Snyder e Giamis ⁸	M jovens (23 ± 4 anos; n = 7) e idosas (66 ± 5 anos; n = 6) sedentárias	1RM	extensão joelho	jovens: 2-5 sessões p/ diferença < 1k idosas: 7-10 sessões p/ diferença < 1k r ² = 0,94 entre duas últimas sessões
Reis e Gomes (dados não publicados)	H (n = 4) e M (n = 6)	1RM 8-10RM 25 ^o .s ⁻¹ 8-10RM 100 ^o .s ⁻¹	agachamento e supino	R = 0,986 (p < 0,001) e 0,999 (p < 0,001) R = 0,989 (p < 0,001) e 0,999 (p < 0,001) R = 0,990 (p < 0,001) e 0,997 (p < 0,001)
Reis e Gomes (dados não publicados)	H (n = 5) e M (n = 3)	1RM 75% 1RM 25 ^o .s ⁻¹ 75% 1RM 100 ^o .s ⁻¹	agachamento e supino	R = 0,991 (p < 0,001) e 0,997 (p < 0,001) R = 0,711 (p = 0,041) e 0,703 (p = 0,08) R = 0,410 (p = 0,292) e 0,896 (p = 0,00)
Ikli et al. ¹⁰	H idosos (n = 42)	1RM	leg press, extensão joelho, supino livre, remada sentado	R = 0,97 a 0,98*
Smith et al. ⁹	H (n = 33) e M (n = 25) adultos jovens sedentários	1RM	extensão bilateral joelho	pré-treino (n = 58): r = 0,98 (p ≤ 0,05) pós-treino (n = 47): r = 0,99 (p ≤ 0,05)
Geiger et al. ¹³	H (n = 16) e M (n = 12)	1RM 40% 1RM 60% 1RM 80% 1RM	leg press, puxada, supino livre, extensão joelho, abdominal, flexão joelho, flexão cotovelo	H: R = 0,89 a 0,98* M: R = 0,79 a 0,98* H: R = 0,80 a 0,98* M: R = 0,80 a 0,96* H: R = 0,79 a 0,96* M: R = 0,80 a 0,95* H: R = 0,89 a 0,98* M: R = 0,80 a 0,95*

H – homens; M – mulheres; R – coeficiente de correlação intraclass; r – coeficiente de correlação de Pearson; * valor de p não reportado.

TABELA 2

Resultado dos estudos de predição de 1RM a partir de número máximo de repetições com uma carga fixa

Estudo	Amostra	Exercício	1RM (kg) (média ± DP)	Repetições (média ± DP)	Carga (kg)	Predição
Pereira e Gomes ¹⁶	M (n = 51)	supino na máquina	33,1 ± 8,4	44,1 ± 20,0	18,2	1RM(kg) = 18,1+0,34 R = 0,81 EPE = 5,0kg
Smith et al. ¹⁴	H (n = 98)	supino livre	121,3 ± 18,5	7,2 ± 5,5	102,1	r ² = 0,92 EPE = 4,9kg
Smith et al. ¹⁵	H (n = 114)	supino livre	137,1 ± 20,7	10,6 ± 6,4	102,1	1RM(lb) = 226,7+7,1 r = 0,96 EPE = 14,1 lb

M – mulheres; DP – desvio padrão; R – coeficiente de correlação múltipla; r – coeficiente de correlação de Pearson; EPE – erro padrão da estimativa; rep – repetições; * equação de predição de 1RM não informada.

Pereira e Gomes 2003; Rev Bras Med Esp 9(5)325-335

TABELA 3
Resultado dos estudos de predição de 1RM a partir de número máximo
de repetições com carga equivalente a percentual da massa corporal

Estudo	Amostra	Exercício	Carga (%)	Predição
Kuramoto Payne ¹⁷	M jovens (20-30 anos; n = 23), meia-idade (40-50 anos; n = 27) e idosas (60-70 anos; n = 23) não treinadas	puxada	45	jovens e meia-idade: $1RM(kg) = 3,41 + (-0,2 \cdot idade) + (1,06 \cdot carga) + (0,58 \cdot reps)$ R = 0,95 EPE = 1,9kg idosas: $1RM(kg) = -3,73 + (0,92 \cdot carga) + (0,79 \cdot reps)$ R = 0,91 EPE = 2,0kg
Schell <i>et al.</i> ¹⁸	H (n = 58) treinados	supino livre	100	$1RM(lb) = 1,43 \cdot carga + 6,6 \cdot reps - 99,4$ R = 0,92 EPE = 21,9 lb (9,9kg)
			110	$1RM(lb) = 1,28 \cdot carga + 7,5 \cdot reps - 74,1$ R = 0,94 EPE = 19,7 lb (8,9kg)
			120	$1RM(lb) = 1,15 \cdot carga + 9,1 \cdot reps - 47,2$ R = 0,96 EPE = 16,3 lb (7,4kg)

H – homens; M – mulheres; MC – massa corporal; R – coeficiente de correlação múltipla; EPE – erro padrão da estimativa; reps – número de repetições.

Estudo	Amostra	Exercício	Carga (%1RM)	Relações
Kravitz et al. ²¹	H (n = 18) adolescentes levantadores de peso de elite	supino livre	70	1RM(kg) = 90,66+0,085·reps·carga-5,306·reps R ² = 0,98 EPE = 2,69kg
		agachamento	70	1RM(kg) = 159,9+0,103·reps·carga-11,552·reps R ² = 0,98 EPE = 5,06kg
		levantamento terra	80	1RM(kg) = 156,08+0,098·reps·carga-12,106·reps R ² = 0,98 EPE = 4,97kg
Pereira e Gomes ²³	H (n = 5) e M (n = 3)	agachamento e supino 25°·s ⁻¹ e 100°·s ⁻¹	75	reps SIG diferente entre exercícios e velocidades
Hoeger et al. ²⁰	H (n = 38) não treinados	leg press, puxada, supino	40	reps SIG diferente
		livre, extensão joelho,	60	
		abdominal, flexão joelho,	80	
		flexão cotovelo		
Hoeger et al. ¹³	H (n = 63) e M (n = 66) treinados e não treinados	leg press, puxada, supino	40	reps SIG diferente treinados SIG diferente destreinados
		livre, extensão joelho,	60	
		abdominal, flexão joelho,	80	
		flexão cotovelo		
Mayhew et al. ²⁴	H (n = 184) e M (n = 251) treinados	supino livre	55-95	%1RM = 52,2+41,9e ^{-0,055reps} r = 0,80 EPE = 6,4%
Mayhew et al. ²⁵	H (n = 70) e M (n = 51) pré e pós-treinamento	supino livre	55-95	reps pré NS diferente pós r > 0,68 EPE < 7,8%
Clairborne e Donolli ¹⁹	M (n = 20) não treinadas	leg press, flexão cotovelo,	60	reps SIG diferente
		flexão joelho, extensão joelho, puxada	80	
McNanamee et al. ²²	M (n = 19)	desenvolvimento, extensão bilateral joelho	85	reps NS diferente

H - homens; M - mulheres; R - coeficiente de correlação múltipla; r - coeficiente de correlação simples; reps - número de repetições; SIG - significativamente; NS - não significativamente.

Pereira e Gomes ²⁷	H (n = 11) e M (n = 13)	8-10RM 25°.s ⁻¹ e 100°.s ⁻¹	agachamento supino	25°.s ⁻¹ : H: r = 0,83; M: r = 0,86 100°.s ⁻¹ : H: r = 0,94; M: r = 0,91 25°.s ⁻¹ : H: r = 0,92; M: r = 0,95 100°.s ⁻¹ : H: r = 0,94; M: r = 0,95
Pereira e Gomes (dados não publicados)	H (n = 4) e M (n = 6)	8-10RM 25°.s ⁻¹ e 100°.s ⁻¹	agachamento supino	25°.s ⁻¹ : -75%1RM 1RM(kg) = 1,79·carga-30,02 100°.s ⁻¹ : -86%1RM 1RM(kg) = 1,01·carga+15,27 25°.s ⁻¹ : -70%1RM 1RM(kg) = 1,65·carga-4,78 100°.s ⁻¹ : -79%1RM 1RM(kg) = 1,30·carga-1,70
Kraemer et al. ²⁸	H (n = 8) não treinados c/ experiência	10RM 15 reps·min ⁻¹	supino livre, puxada, extensão joelho, flexão joelho	-75%1RM
Braith et al. ⁹	H (n = 33) e M (n = 25) sedentários	7-10RM pré e pós-treinamento	extensão bilateral joelho	pré -70%1RM 1RM(kg) = 1,554·carga-5,181 r = 0,94 EPE = 9,3kg pós -80%1RM 1RM(kg) = 1,172·carga+7,704 r = 0,95 EPE = 9,9kg
Cummings e Finn ²⁰	M (n = 57) não treinadas	4-8RM	supino livre	1RM(kg) = 1,149·carga+0,7119 R = 0,93 EPE = 1,92kg 1RM(kg) = 1,175·carga+0,839·reps-4,2978 R = 0,94 EPE = 1,73kg
Hopkins et al. ²⁸	H (n = 3) e M (n = 16) não treinados (3 s/adaptação)	7-10RM pré e pós-treinamento	desenvolvimento extensão joelho	-85%1RM pré r = 0,98; pós r = 0,99 -80%1RM pré r = 0,96; pós r = 0,98
Abadie e Wentworth ²⁹	M (n = 30) não treinadas	5-10RM	supino máquina desenvolvimento extensão joelho	1RM(lb) = 7,24+1,05·carga r = 0,91 EPE = 2,5kg 1RM(lb) = 1,43+1,20·carga r = 0,92 EPE = 1,6kg 1RM(lb) = 4,67+1,14·carga r = 0,94 EPE = 2,3kg

H = homens; M = mulheres; R = coeficiente de correlação múltipla; r = coeficiente de correlação de Pearson ou simples; EPE = erro padrão da estimativa; carga = primeira

Comparabilidade p/ 60 % de 1RM

	Homens	Mulheres
Leg Press	0,90	0,88
Puxada p/ Trás	0,89	0,91
Supino	0,93	0,85
Ext. Joelho	0,94	0,91
Abdominal	0,93	0,95
Flexão Joelho	0,98	0,86
Rosca Bíceps	0,92	0,80

Confiabilidade para 60% de 1RM

	Homens	Mulheres
Leg Press	0,86	0,84
Puxada p/ Trás	0,94	0,89
Supino	0,87	0,94
Ext. Joelho	0,90	0,91
Abdominal	0,95	0,90
Flexão Joelho	0,79	0,80
Rosca Bíceps	0,96	0,95

Confiabilidade para 40% de 1RM

	Homens	Mulheres
Leg Press	0,80	0,82
Puxada p/ Trás	0,98	0,95
Supino	0,95	0,92
Ext. Joelho	0,86	0,96
Abdominal	0,82	0,80
Flexão Joelho	0,94	0,83
Rosca Bíceps	0,96	0,89

Isocinético

Reabilitação
Treinamento
Pesquisa



Isocinetico

Definição

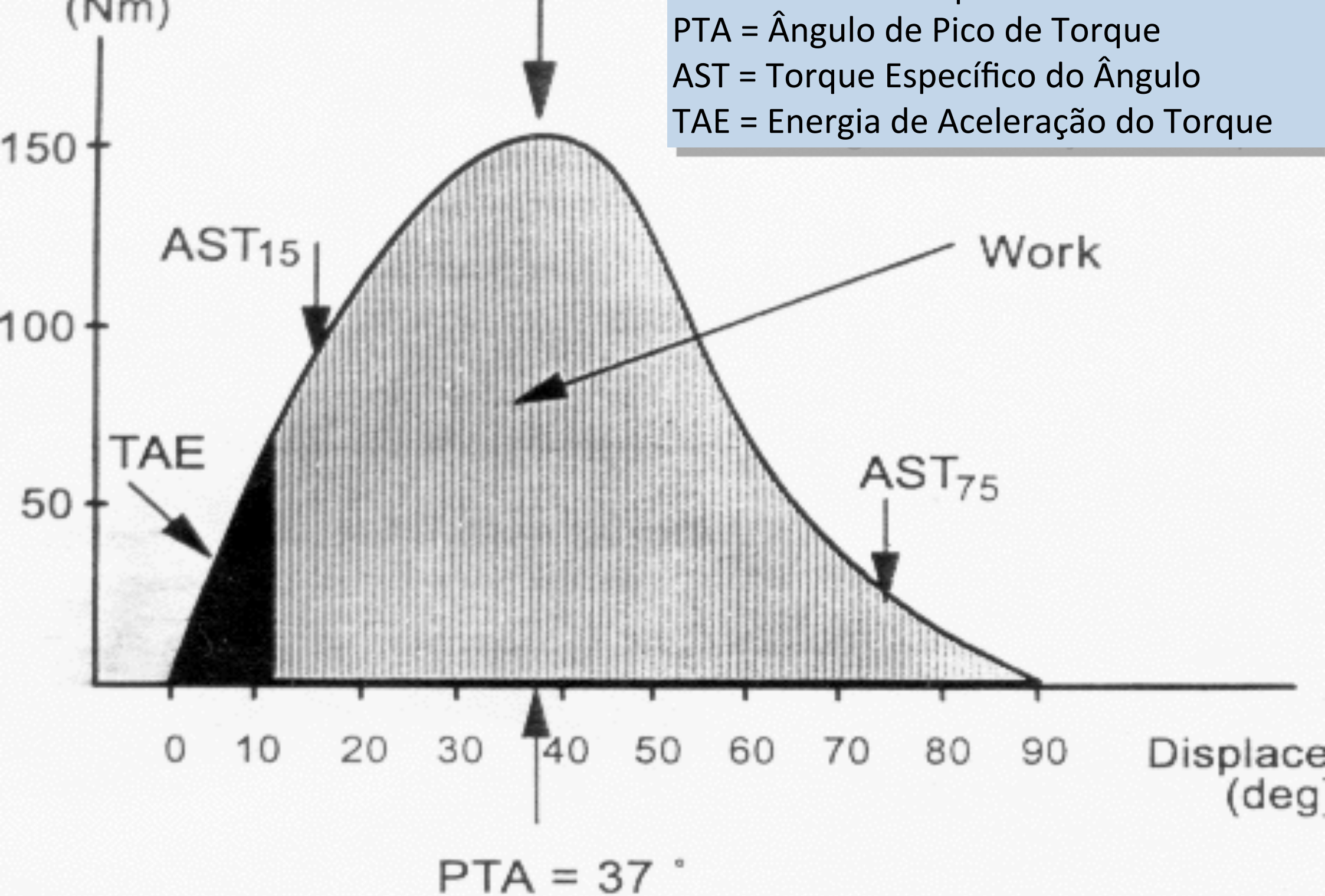
- Velocidade constante em toda a amplitude do movimento
- Tensão máxima é desenvolvida em todos os ângulos de toda a amplitude do movimento, mantendo a velocidade constante

Isocinetico

Vantagens

- Possibilidade de medir o ponto mais forte na amplitude do movimento
- Mede a força em diferentes velocidades
- Permite contração muscular máxima através de toda amplitude do movimento articular
- Carga máxima em toda a amplitude de movimento
- Objetivo, reprodutível e de fácil quantificação

Seguro, principalmente em pessoas com história de



Isocinetico

Desvantagens

- Muito caro
- Difícil acesso
- Necessidade de expertise para fazer o teste
- Gesto motor incomum

variaveis

Pico de Torque

Ângulo do Pico de Torque

Torque em Ângulo Específico

Trabalho Total na Série

Trabalho Total (nas séries)

ndice de fadiga

Aceleração

Pico de Torqu

“O maior torque produzido pela contração muscular quando o segmento corporal move-se através da amplitude de movimento”

Pico de Torqu

Praticamente não muda entre as velocidades angulares de 0° to 60° /s, mas a partir desta velocidades diminui linearmente com o aumento da velocidade

Com o aumento da velocidade, o PT acontece mais tarde na amplitude do movimento

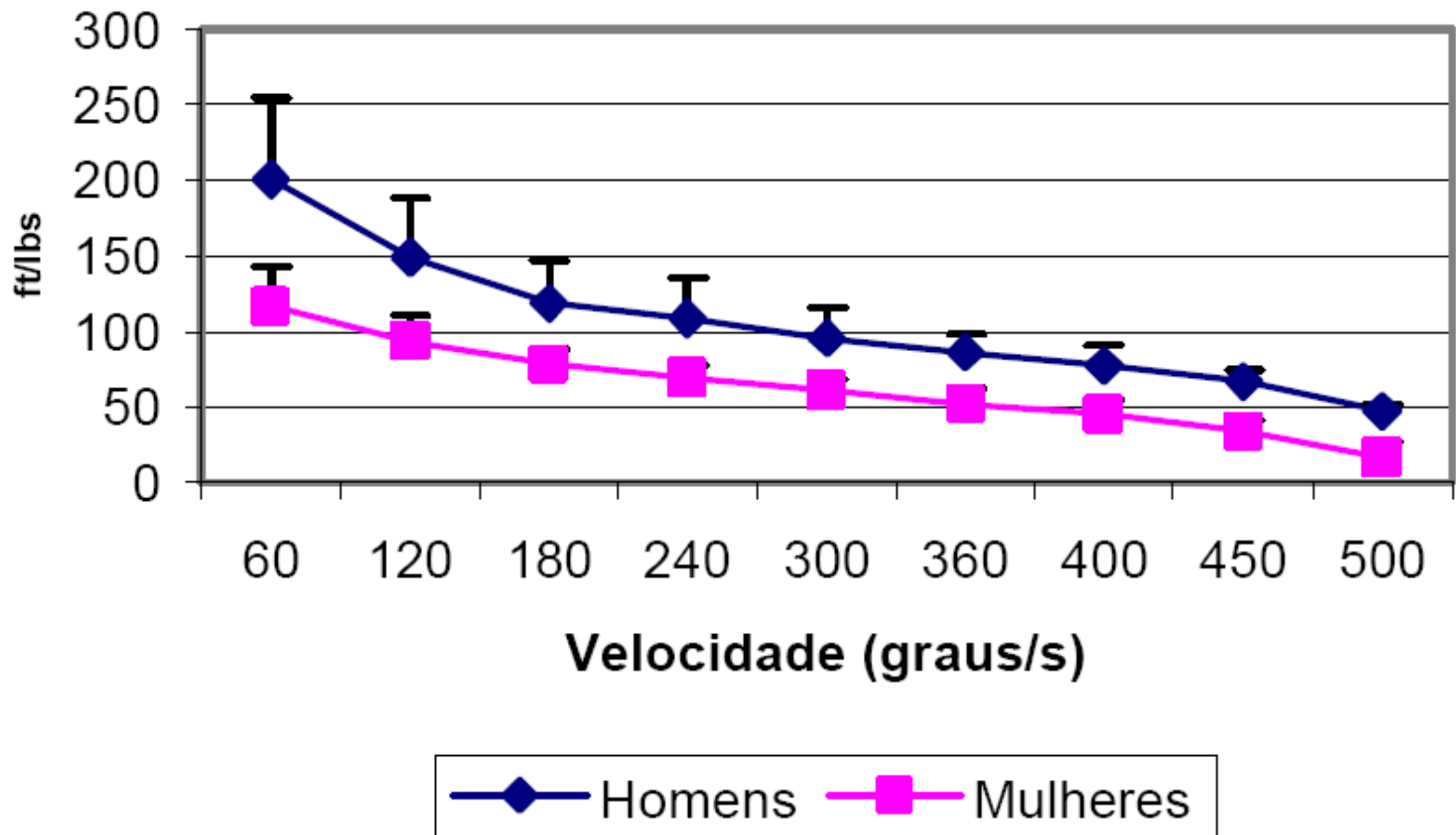
Thorstensson

%Decline

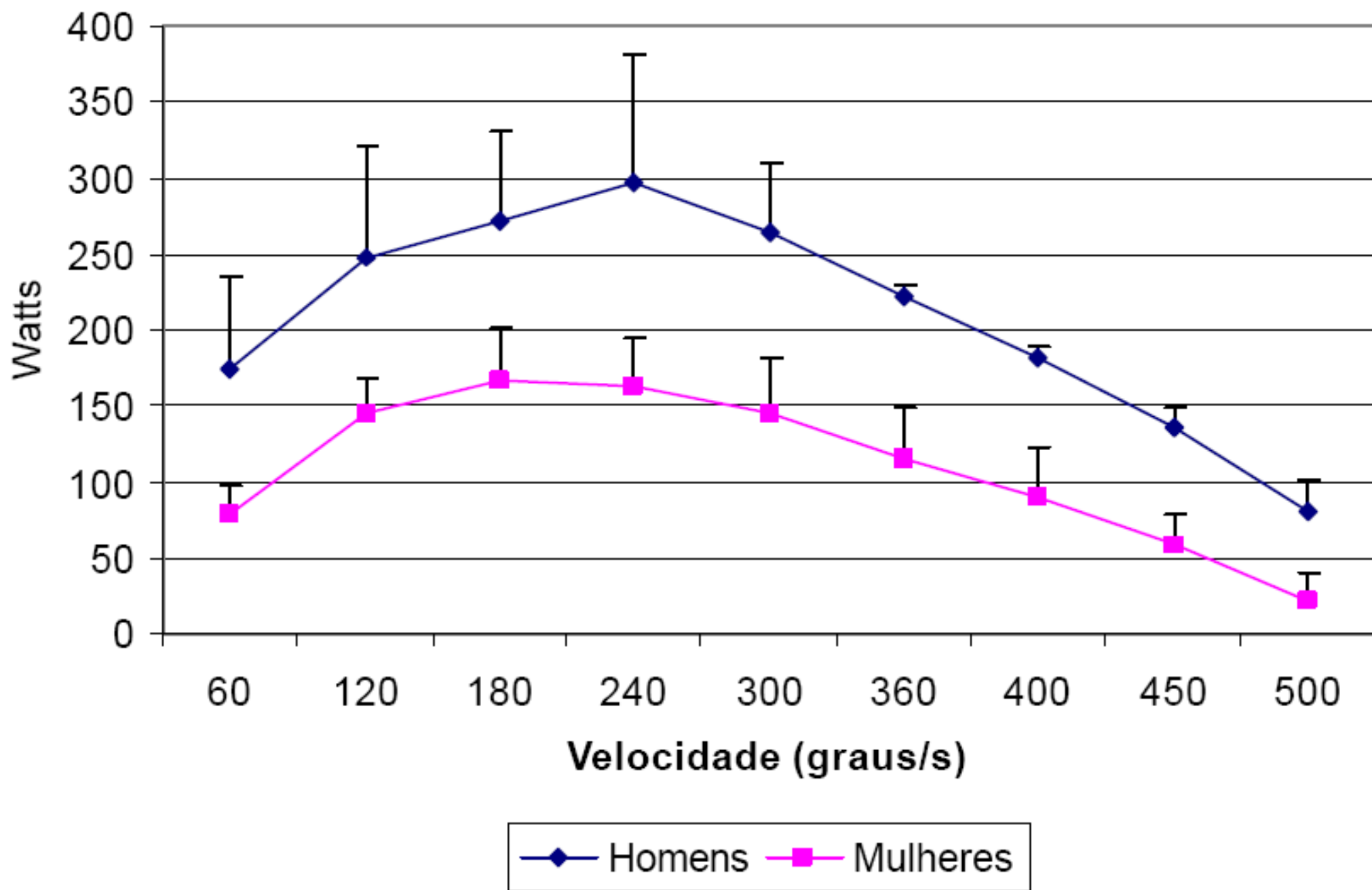
$$= ((PT \text{ inicial} - PT \text{ final}) \div (PT \text{ inicial})) \times 100$$

$$\%FT = (\% \text{ Decline} - 5,2) \div 0,9$$

nero, mensurada em dinamômetro isocinético



Força muscular, mensurada em dinamômetro isocinético



Fatores que Afetam a Força

Nível de treinamento

Tamanho das fibras musculares

Tipo de ação muscular

Velocidade do movimento

Ângulo articular (tamanho muscular)

Fatores Que Atetam a Força

Tipo de fibra muscular

Número de unidades motoras ativadas

Fibras em uma unidade motora ativada

Frequência de impulsos

Fadiga