

O efeito do treinamento de flexibilidade sobre a força

Prof. Ramon Franco, Esp

2008.2

O que veremos hoje

Respostas agudas

Mecanismos envolvidos

- Musculares
- Neurais

Respostas crônicas

Mecanismos envolvidos

- Musculares
- Hormonais

Respostas nas diferentes populações

Alongamento Estático



Prejuízo na força com AE

- **Isométrico**
 - Avela et al. JAP 1999
 - Fowles et al. JAP 2000
 - Nelson et al. Res Q Exerc Sport 2001
 - Behm et al. CJAP 2001
 - Avela et al. JAP 2004
 - Rubini et al. MSSE 2005
 - Power et al. MSSE 2004
 - Derek et al. Ejap 2005
 - Behm et al. JSSM 2006
 - Brandenburg JSMPF 2006
 - Yamaguchi et al. JSCR 2006
- **Isocinético**
 - Cramer et al. JSCR 2004
 - Mello e Gomes MSSE 2005
 - Marek et al. JAT 2005
 - Cramer et al. EJAP 2005
 - Herda et al. JSCR 2008
 - Nelson et al. JSCR 2001
 - Evetovich et al. JSCR 2003
 - Bandeira et al. 26ª Anal Celafiscs
- **Isotônico**
 - Kokkonen et al. Res Q Exerc Sport 1998
 - Tricoli e Paulo Ativ Fis e Saúde 2002
 - Nelson et al. Res Q Exerc Sport 2005

Total: 22 estudos (11 Isom; 8 Isoc; 3 Ist)

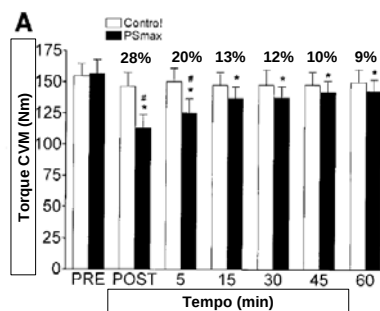
Sem diferença na força com AE

- **Isocinético**
 - Egan et al. JSCR 2006
 - Garrison et al. MSSE 2002
 - Mello e Gomes 25º Simpósio Celafiscs
 - Muir et al. JOSPT 1999
 - Cramer et al. MSSE 2004
 - Samuel et al. JSCR 2008
 - Vieira et al. RBF 2005
- **Isométrico**
 - Behm et al. MSSE 2004
- **Isotônico**
 - Nenhum trabalho

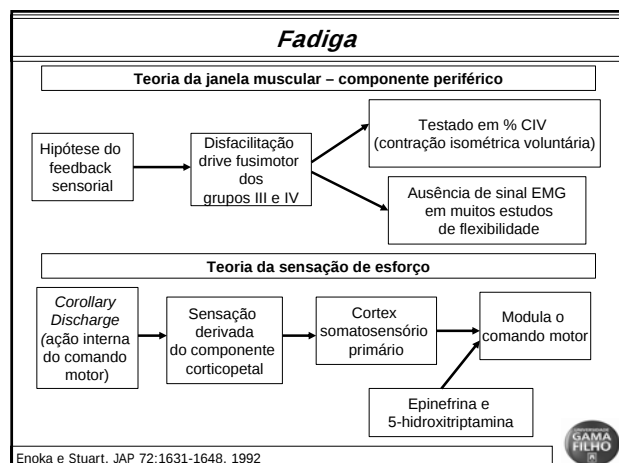
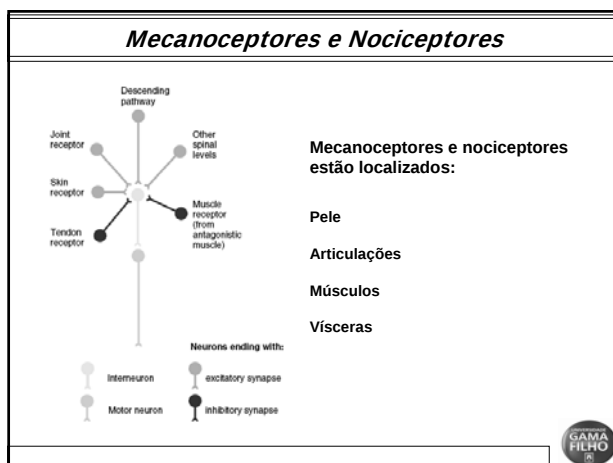
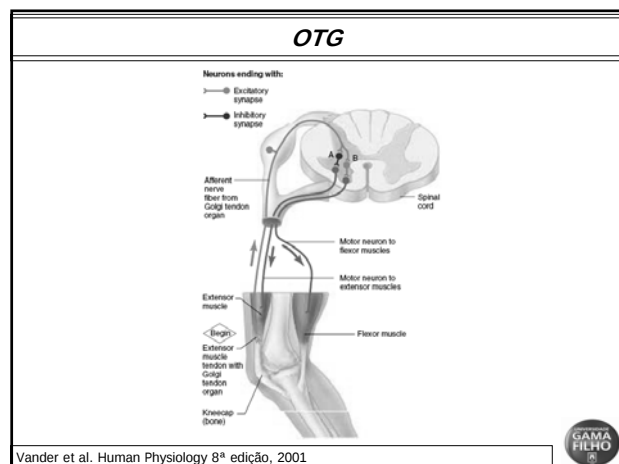
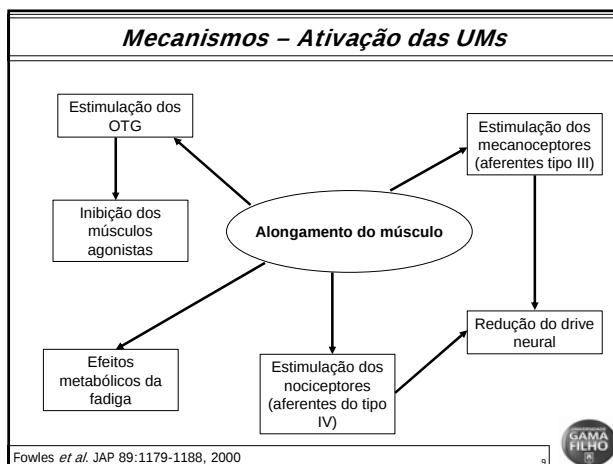
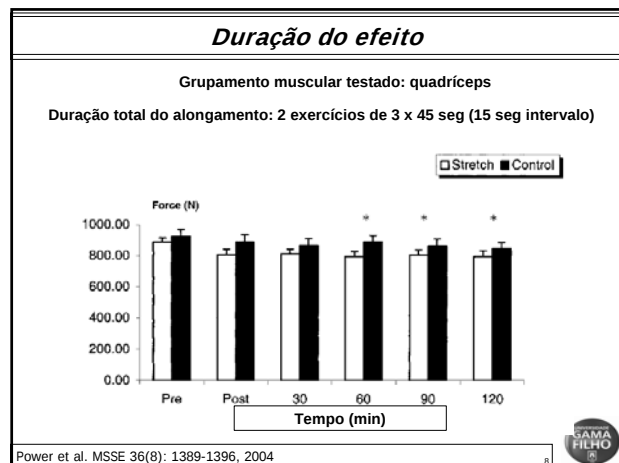
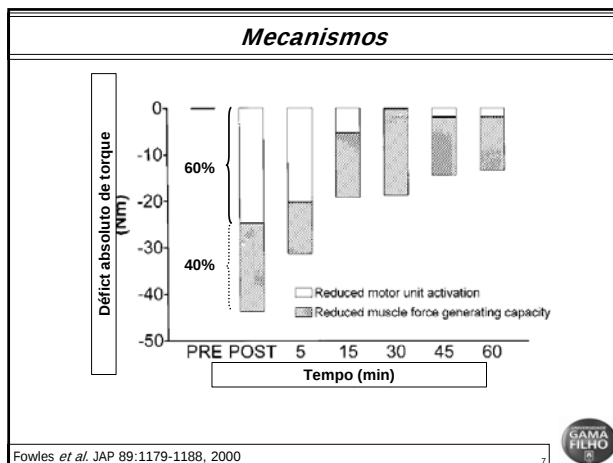
Melhora na força com AE: nenhum

Total: 8 estudos

Mecanismos



Fowles et al. JAP 89:1179-1188, 2000



Fator Neural – mecanismo central

Sujeitos: 14 mulheres
4 exercícios (1AEativo + 3AEpassivo): quadríceps
4 séries x 30 seg (desconforto); 20 seg intervalo

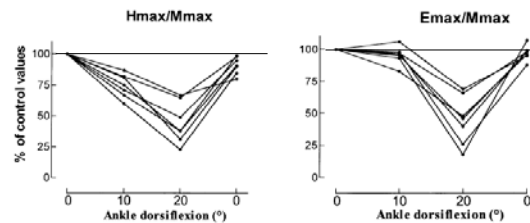
Table 1. Peak torque (Nm) and joint angle at peak torque (°) values.

Variable		Prestretching				Poststretching			
		Dominant leg		Nondominant leg		Dominant leg		Nondominant leg	
		60°·s ⁻¹	240°·s ⁻¹	60°·s ⁻¹	240°·s ⁻¹	60°·s ⁻¹	240°·s ⁻¹	60°·s ⁻¹	240°·s ⁻¹
Peak torque (Nm)	Mean	174.1	112.4	182.4	109.6	170.7	109.3	174.1	106.9
	SEM*	7.7	5.1	7.9	3.9	8.2	4.7	4.7	4.5
Joint angle at peak torque (°)	Mean	65.1	52.9	62.2	57.9	64.1	57.1	57.1	59.1
	SEM*	1.0	3.0	1.3	1.8	1.5	1.6	1.3	1.4



Cramer et al. JSCR. 18(2):236-241, 2004

Intensidade do alongamento



Guissard et al. EBR 137:163-169, 2001

Pequena amplitude

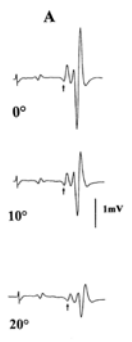
Redução da amplitude do reflexo H

Inibição pré-sináptica

1. Decréscimo autogênico nos aferentes Ia (FM)
2. Depressão homossináptica

- Queda atividade sináptica devido redução na transmissão sináptica dos aferentes Ia p/ MN alfa.

Obs.: Depressão homossináptica dura cerca 12 segundos



Guissard et al. EBR 137:163-169, 2001

Grande amplitude

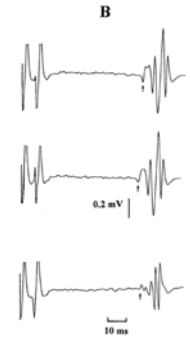
Redução da amplitude do reflexo H e E

Principalmente inibição pós-sináptica ?

Reduzida excitabilidade dos neurônios corticais e motoneurônios alfa

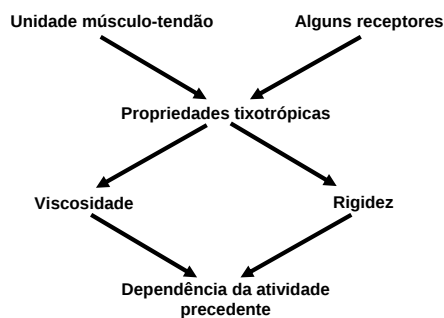
1. Inibição autogênica nos aferentes do OTG
2. Inibição recorrente via células de Renshaw
3. Modulação do padrão reflexo espinal pelos nervos aferentes supra espinhais
4. Inibição pelos nervos aferentes dos receptores articulares e cutâneos

Obs.: Os reflexos H e E retornaram aos valores de repouso 15 segundos após alongamento



Guissard et al. EBR 137:163-169, 2001

Relação Elasticidade e Viscosidade



Guissard e Duchateau. ESSR 34(4):154-158, 2006

Alteração da viscosidade

3 exercícios de alongamento (4x30seg com 15 seg intervalo) para musculatura flexora do cotovelo.

	Alongado	Não Alongado
Torque (N·m)		
30°·s ⁻¹	49.5 ± 4.1	50.4 ± 4.1
270°·s ⁻¹	20.9 ± 2.5	23.4 ± 2.5
EMG (μV)		
30°·s ⁻¹	925.1 ± 81.0	1,018.2 ± 107.6
270°·s ⁻¹	784.9 ± 90.1	895.0 ± 77.3
MMG (mV)		
30°·s ⁻¹	93.5 ± 14.4	63.1 ± 10.6
270°·s ⁻¹	207.6 ± 35.6	136.4 ± 31.7

Quanto maior o valor de MMG, menor a viscosidade do músculo.

Evetovich et al. JSCR 17(3): 484-488, 2003

Relação stiffness e força

Musculotendinous stiffness: its relationship to eccentric, isometric, and concentric performance

GREG J. WILSON, ARON J. MURPHY, AND JOHN F. PRYOR
Centre for Human Movement Science and Sport Management, Southern Cross University, Lismore, 2480
New South Wales, Australia

Relação direta entre rigidez UMT e força concêntrica e isométrica.

Três possíveis explicações (mecanismos):

Melhor relação comprimento-tensão

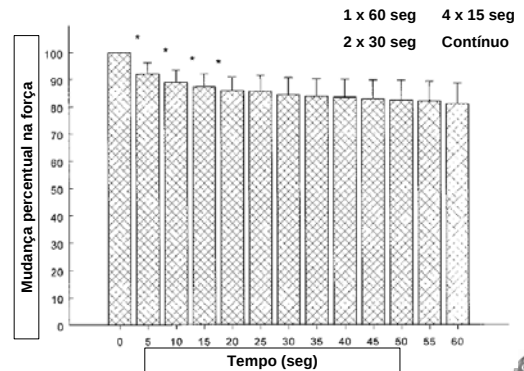
Melhor relação força-velocidade

Maior transmissão de tensão do tendão para osso no início do movimento

Wilson et al. JAP 76(6): 2714-2719, 1994



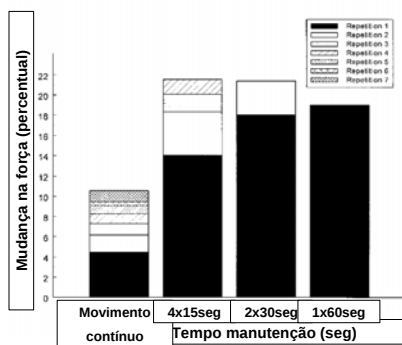
Alteração da tensão passiva durante AE



McNair et al. MSSE 33(3): 354-358, 2000



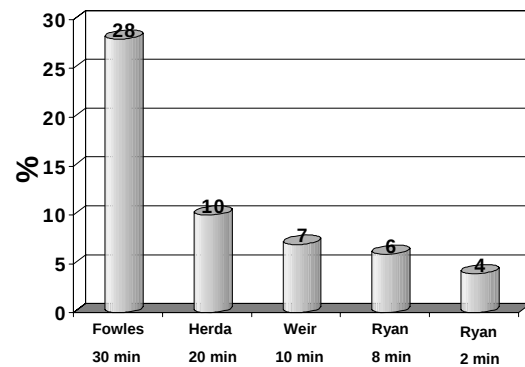
Tensão passiva em cada repetição



McNair et al. MSSE 33(3): 354-358, 2000

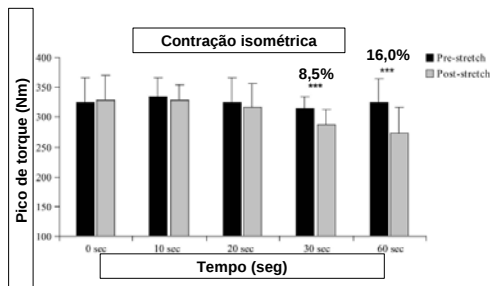


Alteração da força com duração do alongamento



Duração do alongamento

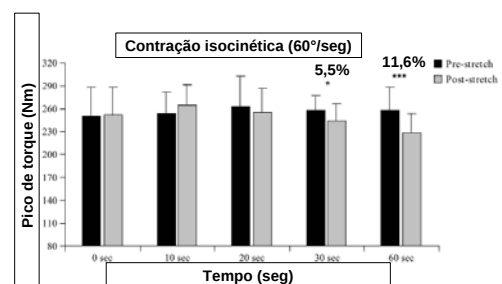
Grupamento muscular testado: quadríceps
50 sujeitos (10 em cada grupo) – AE ativo



Siatras et al. JSCR 22(1): 40-46, 2008



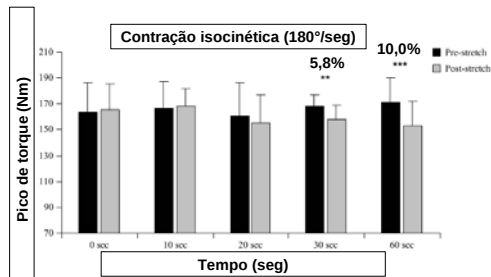
Duração do alongamento



Siatras et al. JSCR 22(1): 40-46, 2008



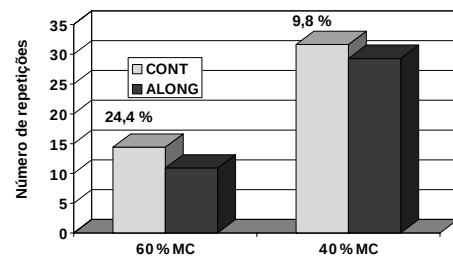
Duração do alongamento



Siatras et al. JSCR 22(1): 40-46, 2008

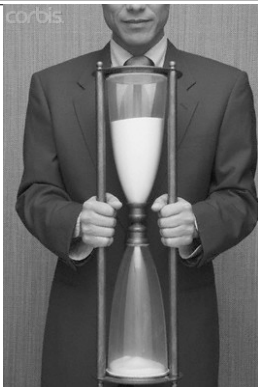
Efeito do alongamento sobre a resistência

4 visitas. Intervalo de 3-4 meses entre as visitas 2 e 3.
Visitas 1 e 2 (60% MC aleatório entre grupos CONT e EXP)
Visitas 3 e 4 (40% MC aleatório entre grupos CONT e EXP)



Nelson et al. JSCR 19(2): 338-343, 2005

Efeito Crônico



Adição de novos sarcômeros em série

Aumento na liberação hormonal

Alteração na tipologia das fibras

Resposta Hormonal

Os hormônios IGF-1 e MFC (variante do IGF-1) são estimulados por ações mecânicas

Aumento significativo na quantidade de RNAr (250% em dois dias) e depois de RNAm (30% massa muscular em 4 dias).

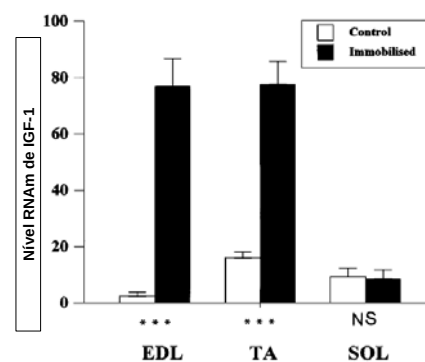
Isso indica que a transcrição é o principal fator inicial do crescimento muscular. A tradução contribui significativamente a partir do segundo dia.

Inibição dos genes de miosina pesada de contração rápida e um concomitante aumento nos genes de miosina pesada de contração lenta.

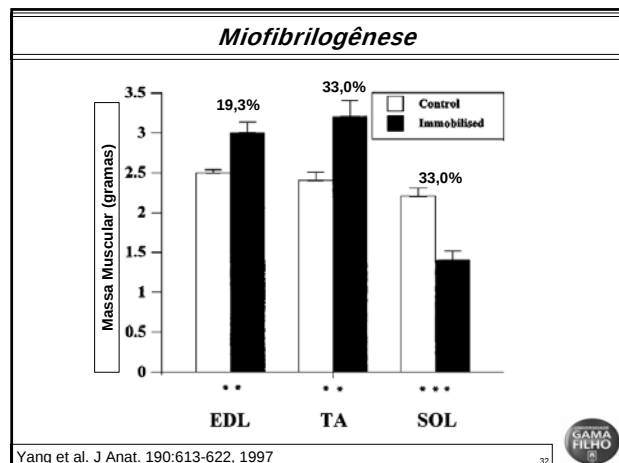
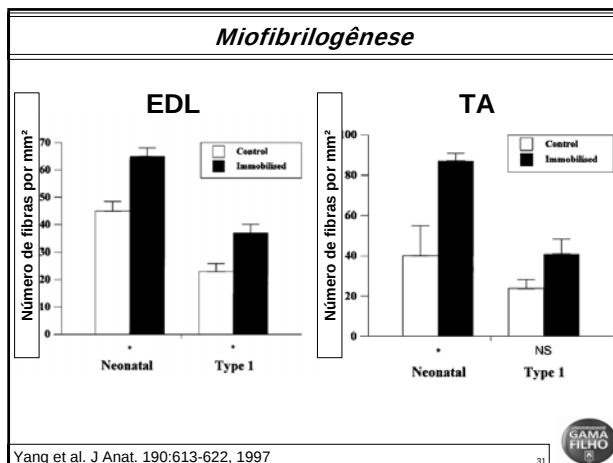
Adição de sarcômeros em série.

Yang et al. J Anat. 190:613-622, 1997; Goldspink. BST 30(2):285-290, 2002

Resposta hormonal



Yang et al. J Anat. 190:613-622, 1997



Resumo e conclusões parciais

AE parece ter efeito deletério sobre a força (isométrica e dinâmica) e resistência

O prejuízo na força ocorre mesmo quando o tempo de estímulo do alongamento é pequeno (30 segundos)

A duração do efeito deletério pode durar até 120 min (talvez mais) dependendo do protocolo de alongamento.

Dois mecanismos são postulados para explicar tal ocorrência: muscular e neural.

Novos estudos são importantes para entender melhor tais mecanismos.

Se a produção de força é importante, evite realizar programa de alongamento estático antecedendo a tarefa principal.

33



Influência do AD sobre a força

SEM ALTERAÇÃO SOBRE A FORÇA Isocinético - Samuel et al. JSCR 2008 - Papadopoulos et al. Isok Exerc Sci 2005 Isométrico - Herda et al. JSCR 2008 Isotônico - Beedle et al. JSCR 2008	MELHORA SOBRE A FORÇA Isocinético - Boyle. J Sports Sci 2004 Isotônico - Yamaguchi e Ishii. JSCR 2005 - Herman e Smith. JSCR 2008 PREJUÍZO SOBRE A FORÇA Isotônico - Nelson e Kokkonen Res Q Exerc Sport 2001
--	---

Total: 8 estudos (3 melhora; 4 igual; 1 piora)

35

Mecanismos associados

Que melhora o desempenho:

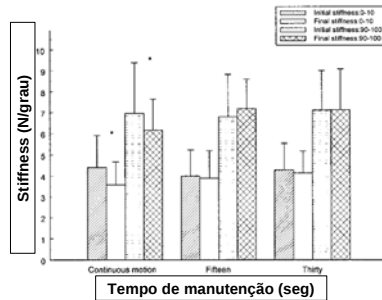
1. Aquecimento muscular
2. Potencialização pós ativação (PPA)

Que piora o desempenho:

1. Fadiga muscular
2. Alteração viscoelástica

36

Rigidez



Redistribuição dos polissacarídeos e da água no interior das fibras de colágeno.

McNair *et al.* MSSE 33(3): 354-358, 2000



Mecanismo - Aquecimento

Decréscimo da rigidez muscular e articular

Quebra das ligações estáveis entre os filamentos de actina e miosina

Aumento da frequência de disparo

Alteração na relação força-velocidade

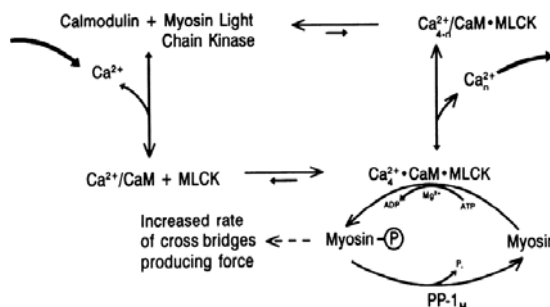
Aumento na glicogenólise e glicólise

Aumento na taxa de degradação dos fosfatos de alta energia (ATP, GTP)

Bishop. SportsMed. 33(7):483-498, 2003



Mecanismo - Potencialização



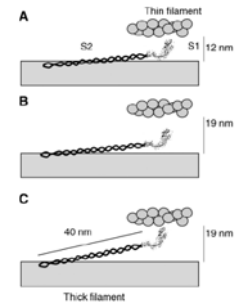
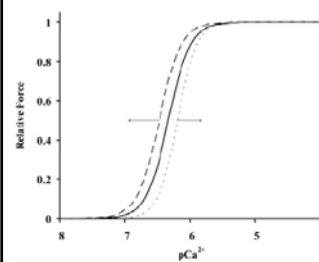
Lee Sweeney. AJP. 264: C1085-C1095, 1993



Mecanismo - Potencialização

Sensibilidade ao Cálcio

Alteração estrutural da miosina



MacIntosh. NIPS. 18:222-225, 2003



Estudo agudo

Alongamento Estático



30 seg estímulo
20 seg recuperação
Alternando membros

Alongamento Dinâmico

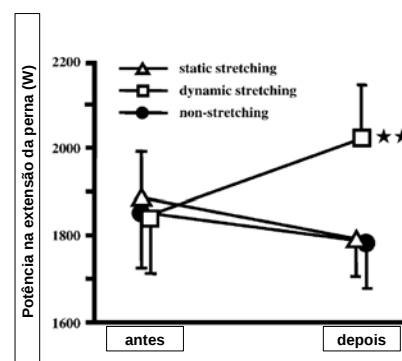


Contração antagonista
2 seg cada ciclo
5 vezes lento
10 vezes rápido
Alternando membros

Yamaguchi e Ishi. JSCR. 19(3):677-683, 2005



Valores do grupo



Yamaguchi e Ishi. JSCR. 19(3):677-683, 2005

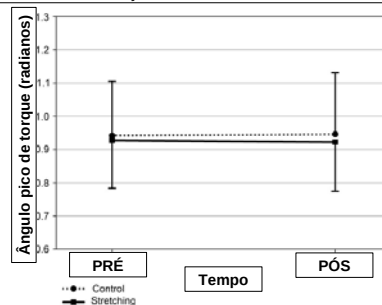


Efeito Crônico



Ângulo do pico de torque

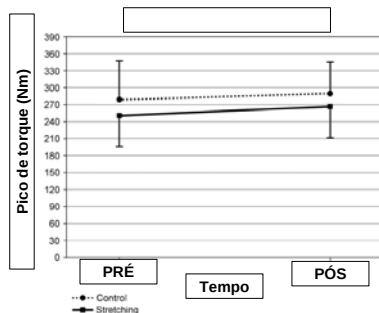
Sujeitos: 29 homens
10min AG + 10 sets x 30 seg manut. (desc) c/ 30 seg de interv. (3x/sem – 1mês)
Duração do estudo: 4 semanas



La Roche. JSCR. 22(2):589-596, 2008



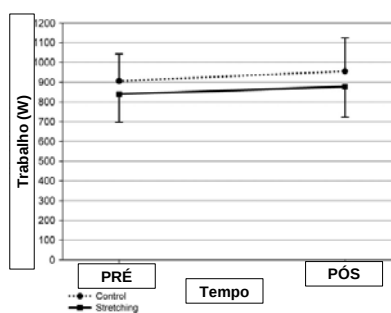
Pico de Torque



La Roche. JSCR. 22(2):589-596, 2008



Trabalho



La Roche. JSCR. 22(2):589-596, 2008



Resumo e conclusões parciais

Existem poucos estudos com este modelo de alongamento, mas pode haver melhora do desempenho da força com esta técnica

Estudos com baixa validade externa (AD x AB) e alguns com séria ameaça a validade interna

Dois mecanismos para explicar melhora: aquecimento (não verificado) e PPA (pouco provável)

Dois mecanismos para explicar piora: viscosidade (investigado durante e não depois) e fadiga (provavelmente pouco influente)

Se realizarem esse protocolo dêem preferência a conjugá-lo com um aquecimento geral

47



Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva



Influência do FNP sobre a força

MELHORA SOBRE A FORÇA

- **Isocinético**
 - Nelson et al. JOSPT 1986
 - Vieira et al. RBF 2005

PREJUÍZO SOBRE A FORÇA

- **Isométrico**
 - Rubini et al. MSSE 2005
- **Isocinético**
 - Mello e Gomes MSSE 2005
 - Marek et al. JAT 2005
 - Wiktorsson-Moller et al. AJSM 1983

Total: 6 estudos (2 melhora; 4 piora)



Mecanismos agudos

Que melhora o desempenho:

1. Somação espaço temporal
2. Reflexo de alongamento
3. Especificidade do movimento
4. Potencialização pós ativação (?)

Que piora o desempenho:

1. Alteração neural
2. Alteração viscoelástica



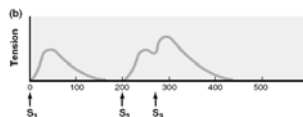
Mecanismo agudo

Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Versus Weight Training for Enhancement of Muscular Strength and Athletic Performance*

ARNOLD G. NELSON, MS,† ROGER S. CHAMBERS, PhD, RPT,† CARL M. McGOWN, PhD,† KEITH W. PENROSE, PhD†

Somação espaço temporal

- Redução do tempo entre os disparos de potenciais de ação, acarretando uma soma entre eles (aumento da força).



Nelson et al. JOSPT 7(1): 250-253, 1986



FNP

4 along p/ quadríceps: 5 CVIM + 30seg AEP (20seg intervalo entre séries)
Tempo total: 17min

Table 1. Peak Torque and Mean Power Output Values*

Stretch and Time	Pico Torque (Nm)	Potência média (W)
Static stretching at 60° s ⁻¹		
Prestretching	180.7 ± 14.8	162.8 ± 13.1
Poststretching	180.4 ± 15.7	162.2 ± 13.3
Static stretching at 300° s ⁻¹		
Prestretching	113.0 ± 11.8	511.3 ± 49.8
Poststretching	111.1 ± 12.8	497.9 ± 52.6
PNFS† at 60° s ⁻¹		
Prestretching	183.0 ± 13.4	162.7 ± 11.5
Poststretching	172.1 ± 14.6	156.1 ± 14.0
PNFS at 300° s ⁻¹		
Prestretching	116.8 ± 11.9	510.7 ± 48.3
Poststretching	113.1 ± 11.7	487.8 ± 46.9

*Values are mean ± SEM.

†PNFS indicates proprioceptive neuromuscular facilitation stretching.

Sem alteração da amplitude do sinal MMG (condição PRÉ x PÓS)

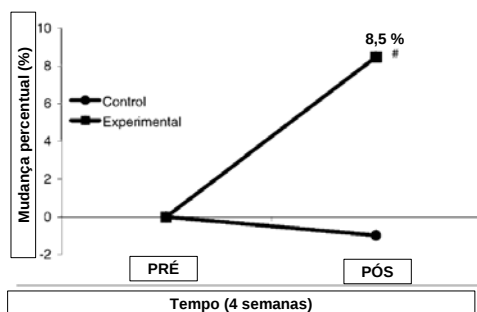
Marek et al. JAT 40(2): 94-103, 2005



Efeito Crônico



stiffness



Rees et al. JSCR. 21(2): 572-577, 2007



Alteração na tipologia das fibras

% da área da fibra muscular

Training	Fibre type	Before	After	p Value
PNF	I	44.49 (8.9)	40.12 (8.5)	NS
	IIA	39.99 (8.7)	46.34 (9.5)	0.05
	IIB	5.67 (4.0)	8.25 (7.4)	NS
	IIC	8.85 (7.9)	0.58 (1.9)	0.01
Isokinetic	I	2.36 (4.0)	5.11 (7.2)	NS
	IIA	37.26 (10.8)	37.46 (9.3)	NS
	IIB	46.61 (9.1)	37.06 (12.6)	0.05
	IIC	5.10 (6.7)	17.24 (9.1)	0.004
	IIB	10.28 (9.5)	6.56 (8.4)	NS
	IIC	1.83 (1.5)	1.93 (3.2)	NS

Values are mean (SD).
PNF, Proprioceptive neuromuscular facilitation.

Alteração na distribuição dos tipos de fibras

Distribuição % das fibras musculares

Training	Fibre type	Before	After	p Value
PNF	I	47.50 (10.5)	43.88 (10.1)	NS
	IIA	36.18 (8.8)	42.31 (10.8)	NS
	IIB	5.81 (4.2)	8.97 (7.6)	NS
	IIC	9.58 (9.8)	0.67 (2.2)	0.016
Isokinetic	I	2.12 (3.5)	4.62 (6.3)	NS
	IIA	40.03 (10.3)	39.69 (10.2)	NS
	IIB	42.43 (9.9)	32.87 (11.5)	0.040
	IIC	5.40 (7.0)	17.92 (8.7)	0.003
	IIB	10.76 (9.4)	7.85 (10.3)	NS
	IIC	1.87 (1.5)	1.99 (3.0)	NS

Values are mean (SD).
PNF, Proprioceptive neuromuscular facilitation.

Alteração na AST das fibras

AST (μm^2) da fibra muscular

Training	Fibre type	Before	After	p Value
PNF	I	4728.0 (1298)	4829.0 (1038)	NS
	IIA	5503.0 (1110)	5828.0 (1251)	NS
	IIB	3541.0 (2364)	2951.7 (2582)	NS
	IIC	3406.8 (2287)	1106.5 (2492)	0.01
Isokinetic	I	2368.4 (3535)	3408.4 (3384)	NS
	IIA	4204.4 (727)	4670.1 (1014)	NS
	IIB	5118.6 (937)	5647.2 (1451)	NS
	IIC	2052.5 (2223)	4695.4 (1594)	0.01
	IIB	3373.4 (2286)	2389.7 (2709)	NS
	IIC	3368.5 (2212)	2754.5 (2617)	NS

Values are mean (SD).
PNF, Proprioceptive neuromuscular facilitation.

Resumo e conclusões parciais

Os estudos com FNP são mais escassos que até mesmo de AD.

Os mecanismos propostos são 6, sendo 4 que explicariam melhora do desempenho (PPA, somação espaço temporal, especificidade e reflexo de alongamento) da força e 2 para piora (alteração viscoelástica e neural).

Os resultados dos estudos demonstram contrastividade entre os dados (relação piora para melhora = 4x3)

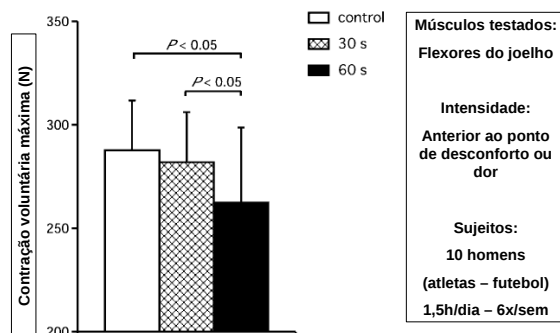
A enorme diferença entre os protocolos poderia explicar essa duplicidade entre os dados.

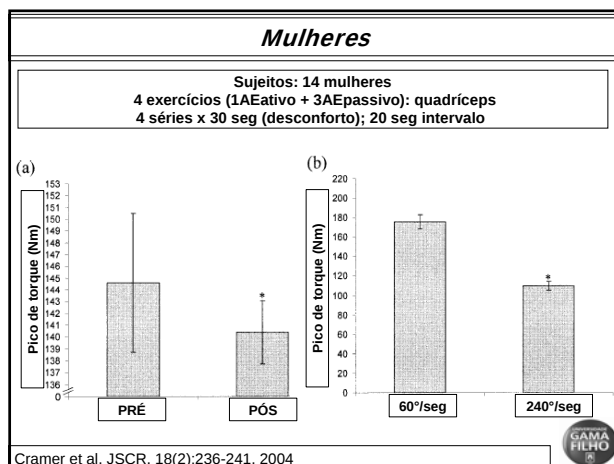
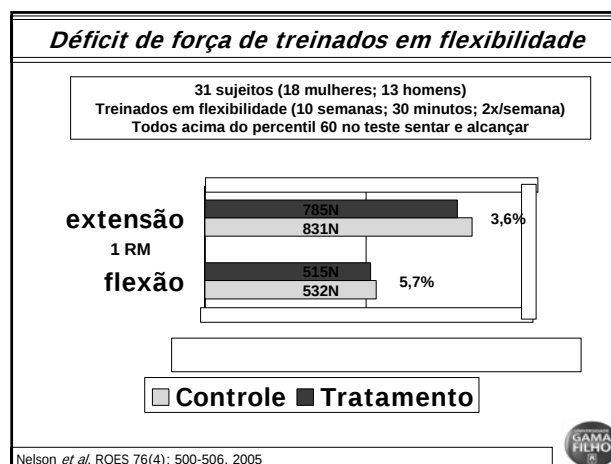
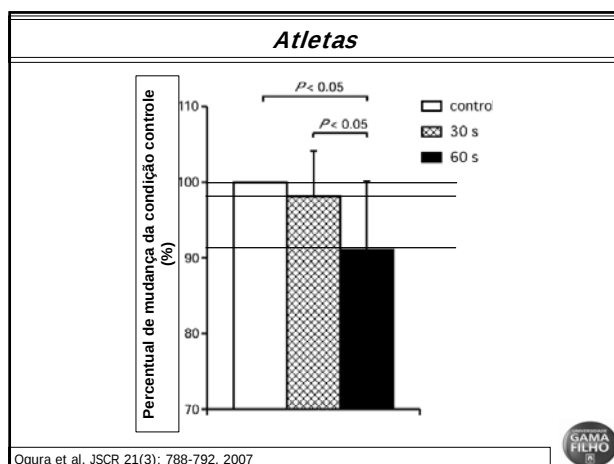
O trabalho de alteração das fibras musculares foi realizada em humanos. Tendência de redução das fibras de contração rápida (IIB)

Respostas em diferentes populações



Atletas





Resumo Geral

O alongamento estático tem influência negativa, mesmo em pequenos períodos de duração.

O alongamento dinâmico pode trazer efeito positivo desde acompanhado de período de aquecimento geral. Entretanto muitos trabalhos demonstram ameaça a validade externa (AD x AB) ou interna (variável interveniente)

O FNP é o que traz maiores conflitos entre os resultados, deixando incertezas de seu efeito sobre a força

A maioria dos mecanismos não foram estudados durante a realização da força, sendo pleiteados a partir do conhecimento prévio da fisiologia, biomecânica...

Resumo Geral

Não há diferença entre os resultados encontrados em diferentes populações. O mecanismo se apresenta de maneira igual em cada situação

A aplicação em diferentes músculos também resultam em diferentes magnitudes de alteração da força (ex.: fusiforme, bipenado...)

Os diferentes protocolos (tipo, duração, intensidade...) de alongamento interferem de forma diferente na produção de força muscular.

Diante deste resultados dê preferência a realização dos programas de alongamento em sessões distintas em relação ao treinamento de força (principalmente de AE)

Caso seja inviável a realização do procedimento acima citado, dê preferência a realizá-lo após treinamento de força (caso seu 1º objetivo seja a força)



Obrigado pela atenção!

