



FISIOLOGIA DA FLEXIBILIDADE
 Patricia Chakur Brum
 pcbum@usp.br




AGENDA

Parte 1

- ✓ Definição: Flexibilidade e Alongamento
- ✓ Estruturas envolvidas e fatores que influenciam na flexibilidade
- ✓ Adaptações ao treino de flexibilidade

Parte 2

- ✓ Técnicas de Alongamento (estático, dinâmico e facilitação neuromuscular proprioceptiva-FNP)


Flexibilidade

Componente da aptidão física relacionado à saúde e ao desempenho esportivo

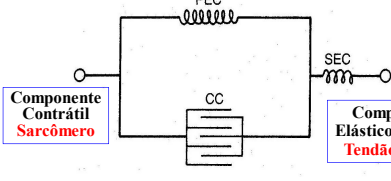
Mas o que é ?

Flexibilidade	x	Alongamento
		
Capacidade de uma dada articulação de realizar um movimento na máxima amplitude possível, sem lesionar-se.		Conjunto de práticas que objetivam o desenvolvimento da flexibilidade a partir de alterações nos componentes do tecido muscular esquelético e articular.
Capacidade Física		Método de Treinamento

Estuturas que influenciam a flexibilidade
músculo-tendíneas



Componentes Elásticos em paralelo.
Tecido conjuntivo
Estruturas do sarcômero

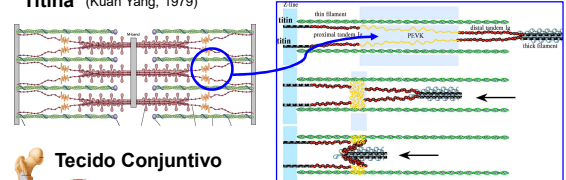


Componente Contrátil Sarcômero

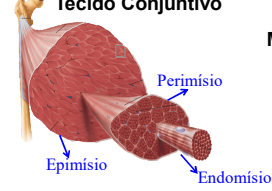
Componentes Elásticos em série. Tendão + Titina

Estuturas que influenciam a flexibilidade
músculo-tendíneas

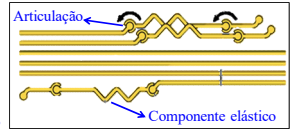
Titina (Kuan Yang, 1979)



Tecido Conjuntivo

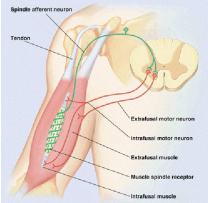


Miosina

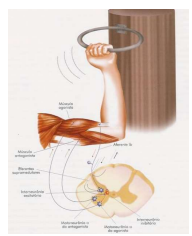


Articulação
Componente elástico

Estuturas que influenciam a flexibilidade
Reflexos músculo-tendíneos

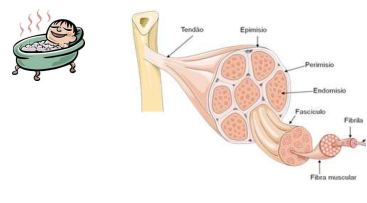
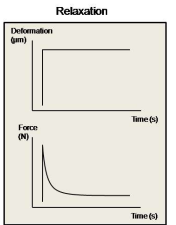


Reflexo miotático
Fuso neuromuscular



Reflexo miotático inverso
Órgãos tendíneos de Golgi

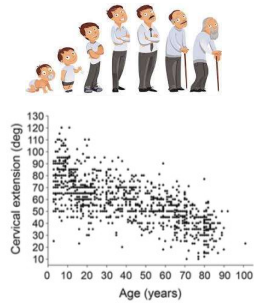
Fatores que influenciam a flexibilidade
Temperatura

(Zakas A 2006; Blazevich et al, 2014; Nakamura et al, 2012)

Fatores que influenciam a flexibilidade

Idade



McKay M et al. 2017

Fatores que influenciam a flexibilidade



Temperatura



Idade



Sexo



Sedentarismo



Fatores mecânicos

AGENDA

Parte 1

- ✓ Definição: Flexibilidade e Alongamento
- ✓ Estruturas envolvidas e fatores que influenciam na flexibilidade
- ✓ Adaptações ao treino de flexibilidade

Parte 2

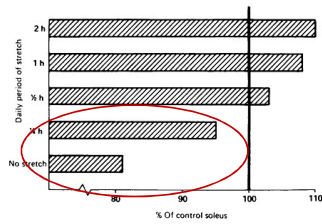
- ✓ Técnicas de Alongamento (estático, dinâmico e facilitação neuromuscular proprioceptiva-FNP)

Como o alongamento aumenta a flexibilidade ?

- ✓ Aumento do número sarcômeros em série
- ✓ Alteração da expressão e isoformas de titina
- ✓ Aumento da amplitude de movimento (5° – 20°; 2-10 semanas de treinamento)
- ✓ Diminuição do ângulo de penação
- * Não está claramente associado à ↓ lesão.

(Killen et al, 2018; Zakaria et al, 2015; Witvrouw et al, 2004)

Aumento dos sarcômeros em série



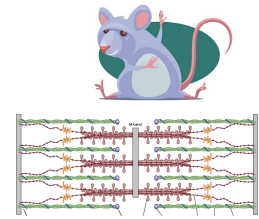
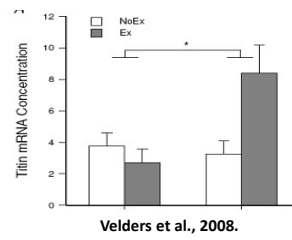
Efeito de diferentes períodos de alongamento diário (15 min, 30 min, 1h e 2h) no número de sarcômeros em série de animais imobilizados na posição encurtada.

Aumento no comprimento muscular

(Willians PE, 1990)

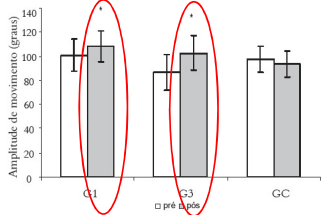
Aumento do mRNA para TITINA

✓ A flexibilidade está diretamente associada a expressão de Titina.



Velders et al., 2008.

Melhora da Amplitude de Movimento



16 semanas 3x/semana

Análise da amplitude articular do movimento de flexão do quadril (FQ) * p < 0,05, pré vs pós teste.

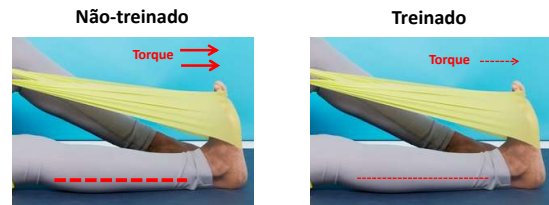
91 indivíduos saudáveis:
 G1 = 1 repetição de 10 segundos de Flexão de Quadril
 G3 = 3 repetições de 10 segundos de Flexão do Quadril
 GC = grupo controle

(Voigt L. et al, 2008)

Como o alongamento aumenta a flexibilidade?

✓ Alterações mecânicas na unidade tendão-músculo
 ↑ Alongamento do fascículo e da unidade muscular na amplitude máxima de movimento.

Dorsiflexão



(Simpson et al, 2017; Blazevich et al, 2014; Nakamura et al, 2012)

Reduz ângulo de penação

Relaxed With tension development

Lateral Gastrocnemius Baseline Superficial Deep MTJ

Lateral Gastrocnemius Week 6 Superficial Deep MTJ

*** Não explica ↓ de torque na CVM após alongamento**

(Simpson et al, 2017; Peixinho et al, 2014; Lévénez et al, 2013; Tilp et al, 2011)

AGENDA

Parte 1

- ✓ Definição: Flexibilidade e Alongamento
- ✓ Estruturas envolvidas e fatores que influenciam na flexibilidade
- ✓ Adaptações ao treino de flexibilidade

Parte 2

- ✓ Técnicas de Alongamento (estático, dinâmico e facilitação neuromuscular proprioceptiva-FNP)

PRINCIPAIS MÉTODOS DE ALONGAMENTO

Classificação segundo o movimento

1. Estático:

Posturas assumidas e mantidas por determinado período de tempo, realizado de forma lenta e controlada

- **Ativo**
- **Passivo**

Esse é o método de alongamento mais eficiente para desenvolver a flexibilidade relacionada à saúde

PRINCIPAIS MÉTODOS DE ALONGAMENTO

Classificação segundo o movimento

2. Dinâmico ou Balístico:

- Movimento vigorosos realizados graças a ação do músculo agonista, buscando progressivamente grandes amplitudes

Esse método é mais utilizado para modalidades esportivas e outras que requerem este gesto específico (lutas, danças...)

OBS: Desencadeiam o reflexo miotático

Devemos alongar no aquecimento ?

Alongamento dinâmico
(> 90 segundos – 5 minutos ou > 15 repetições)

↑ Salto vertical



↑ Sprint



↑ Agilidade



Opplert and Babault, 2018









↓ 30% lesão durante partida ou treino

Sadigursky et al, 2017

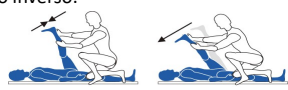
PRINCIPAIS MÉTODOS DE ALONGAMENTO

Classificação segundo o agente que realiza o movimento

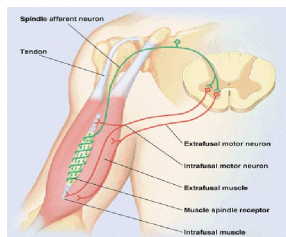
3. Método de facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP):

Utilizam os mecanismos proprioceptivos para aumentar rapidamente a flexibilidade;

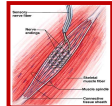
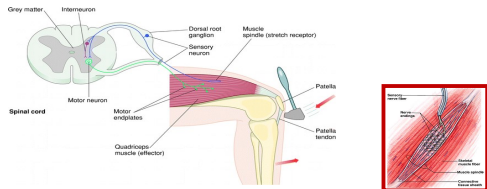
Envolve um padrão de contração e relaxamento alternados dos músculos agonistas e antagonistas com finalidade de inibir o reflexo miotático e ativar o reflexo miotático inverso.



Qual é a participação do Reflexo Miotático/Estiramento na FNP?



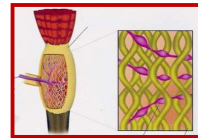
Reflexo Miotático/Estiramento



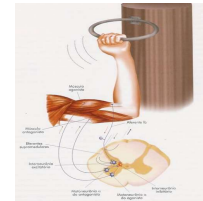
Fusos neuro-musculares

- ✓ Vias aferentes: fibras Ia e II
- ✓ Centro Integrador: Medula
- ✓ Vias eferentes: motoneurônio α e motoneurônio γ
- ✓ Resposta desencadeada: contração do agonista e relaxamento do antagonista

Reflexo Miotático Inverso



Orgãos Tendinosos de Golgi



- ✓ Vias aferentes: fibras Ib
- ✓ Centro integrador: Medula
- ✓ Vias eferentes: motoneurônio α
- ✓ Resposta desencadeada: inibição agonista e ativação do antagonista

Treino: Adaptações reflexas

treinamento de flexibilidade aumenta o limiar de ativação dos reflexos:

Os **fusos neuromusculares** serão ativados com maior amplitude de movimento (maior estiramento muscular).



Os **orgãos tendinosos de golgi** serão ativados com maior tensão gerada.

Aumenta a latência

Björklund et al. (2001)

Qual técnica dentre as que vimos é mais eficaz para melhora da flexibilidade?

Scand J Med Sci Sports 2017; 27: 1070-1080
doi:10.1111/sms.12722

© 2016 The Authors. Scandinavian Journal of Medicine & Health Science
Scandinavian Journal of Medicine & Health Science
IN SPORTS

Effects of acute static, ballistic, and PNF stretching exercise on the muscle and tendon tissue properties

A. Korra¹, S. Staffilidis¹, M. Timp¹

Table 3. (a) Results of maximum dorsiflexion RoM, as well as changes in fascicle length and pennation angle during RoM measurement. (b) Results of PNT, passive tendon stiffness, muscle stiffness, and muscle-tendon stiffness during passive measurements. (c) Results of MVC torque and active tendon stiffness during MVC measurements.

	Static ^a			Ballistic ^a			PNF ^a			Controls		
	PRE	POST	P	PRE	POST	P	PRE	POST	P	PRE	POST	P
(a)	N = 21			N = 21			N = 20			N = 23		
Range of motion (°)	50.3 ± 3.3	52.3 ± 6.3	0.001*	52.3 ± 5.8	52.4 ± 5.8	0.699	51.8 ± 7.1	53.4 ± 7.2	0.001*	34 ± 6.8	34.7 ± 6.9	0.44
Fascicle length at rest (cm)	6.2 ± 0.9	6.1 ± 0.9	0.76	6.4 ± 0.7	6.4 ± 0.8	0.55	6.2 ± 0.8	6.1 ± 0.7	0.25	6.1 ± 0.7	6.1 ± 0.7	0.60
Fascicle length at straddling position (cm)	7.3 ± 0.9	7.4 ± 0.9	0.31	7.4 ± 0.9	7.3 ± 0.8	0.48	7.2 ± 0.8	7.2 ± 0.7	0.45	7.3 ± 0.9	7.3 ± 0.8	0.65
Pennation angle at rest (°)	18.9 ± 2.3	18.4 ± 2.1	0.08	17.4 ± 2.2	17.4 ± 1.8	0.98	18.3 ± 1.8	18.5 ± 1.7	0.67	18.3 ± 1.7	18.2 ± 1.8	0.62
Pennation angle at straddling position (°)	15.3 ± 1.9	15.7 ± 1.7	0.44	15.4 ± 1.9	15.3 ± 1.7	0.94	15.2 ± 1.7	15.9 ± 1.4	0.011*	16 ± 1.8	15.7 ± 1.6	0.46
(b)	N = 22			N = 20			N = 24			N = 24		
Passive maximum torque (N/m)	23.3 ± 4.7	26.7 ± 7.6	0.001*	25.9 ± 6.6	22.9 ± 7.7	0.06	24.9 ± 7.6	24.9 ± 7.9	0.99	20.4 ± 4.3	19.9 ± 4.4	0.13
Passive tendon stiffness (N/mm)	13.2 ± 4.2	12.8 ± 5.3	0.60	12.7 ± 3.5	13.4 ± 4.3	0.27	12.9 ± 4.4	11.6 ± 5.3	0.11	8.1 ± 2.8	8.9 ± 2.3	0.34
Muscle stiffness (N/mm)	7.5 ± 2.3	6.5 ± 2.6	0.04*	6.1 ± 3.7	7.3 ± 2.4	0.01*	6.9 ± 3.3	6.9 ± 1.9	0.90	6.3 ± 2.2	6.2 ± 2.3	0.67
Muscle-tendon stiffness (N/m)	6.7 ± 0.17	6.6 ± 0.18	0.90	6.6 ± 0.22	6.7 ± 0.20	0.90	6.7 ± 0.19	6.7 ± 0.22	0.90	6.6 ± 0.19	6.6 ± 0.21	0.23
(c)	N = 22			N = 41			N = 43			N = 43		
MVC torque (Nm)	96.7 ± 25.9	97 ± 37.8	0.88	86.5 ± 39.9	84.9 ± 36.6	0.44	99.9 ± 41.9	95.4 ± 39.1	0.01*	69.7 ± 33.0	70.3 ± 35.4	0.81
Active tendon stiffness (N/mm)	24.3 ± 6.3	21.9 ± 7.2	0.06	18.9 ± 3.9	19.2 ± 4.4	0.80	21.7 ± 8.4	21.6 ± 10.6	0.96	17 ± 5.5	17.2 ± 6.4	0.81

*Significant difference between pre- and post-session data.
*Significant difference between the static and PNF stretching groups at the RoM measurement and its corresponding parameters, mean ± SD.

Liberação Miofascial

Consiste no emprego da força através da técnica manual ou do uso de implementos para reorganizar as estruturas elásticas do músculo esquelético.



Liberação Miofascial

- Benefícios**
- ↑ **Amplitude de movimento**
(agachamento, sentar e alcançar e passada na corrida)
 - ↓ **Rigidez muscular**
 - = **Atividade EMG e Torque; Quads/ham**
 - ↓ **Dor muscular tardia e exaustão neuromuscular**
 - ↓ **Fadiga pós-treino** (jogadores de futebol)
 - ↑ **Função vascular**
(Rigidez arterial e função endotelial)

(Madoni et al, 2018; Rey et al, 2017; D'Amico et al, 2017; Fleckenstein et al, 2017; Behara and Jacobson, 2017; Ichikawa et al, 2015; Okamoto et al, 2014; MacDonald et al, 2013; Grieve et al, 2013; Sullivan et al, 2013)

Acute effects of foam rolling on passive stiffness, stretch sensation and fascial sliding: A randomized controlled trial
Frieder Krause¹, Jan Wilke, Daniel Niederer, Lutz Vogt, Wolfhard Banzer
Department of Sports Medicine, Gorkle University, Paderborn, Germany

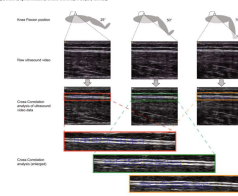


Table 2
Results for active and passive ROM measurements pre and post intervention.

	Pre session (range) [°]	Post session (range) [°]	mean change [°] ± SD	p-value	ES
FR					
active ROM	130.2 (115.2-146.2)	131.1 (118.2-146.8)	1.9 ± 1.9	0.006	0.251
passive ROM	143.4 (119.9-158.4)	150.3 (131.1-161.7)	6.4 ± 2.7	0.006	0.47
SS					
active ROM	130.0 (115.2-146.7)	139.5 (118.2-148.6)	9.5 ± 3.2	0.002	0.28
passive ROM [°]	136.5 (126.6-150.6)	146.5 (133.6-158.5)	9.9 ± 3.6	0.002	0.31
CON					
active ROM	134.2 (115.2-144.7)	134.9 (110.6-146.2)	0.3 ± 3.5	0.469	0.02
passive ROM	151.0 (124.6-163.6)	150.9 (139.9-163.6)	0.3 ± 4.2	0.863	0.02

Legend: SD = standard deviation, FR = foam rolling, SS = static stretching, CON = positive control, ES = effect size.

	Vantagens	Desvantagens
Estático (Passivo e Ativo)	Baixo risco de lesão. Ativação do reflexo miotático Melhor efeito na amplitude muscular	Não reflete algumas habilidades esportivas e atividades da vida diária
Dinâmico/Balístico	Aumento do aporte sanguíneo, importante no aquecimento. Melhora independência de movimento, importante para algumas modalidades. Pode ser importantes para melhorar a performance em alguns esportes.	Possibilidade de lesão em amplitudes máximas do movimento
FNP	Melhora a flexibilidade mais rapidamente, devido ativação dos OTG e reflexo miotático inverso. Utilizado em reabilitação (encurtamento)	Deve ser feito com ajuda de uma pessoa que conheça a técnica para evitar lesões. Não é indicado para indivíduos com lesões por estiramento ou hiper mobilidade

**Muito obrigada
pela atenção**



pcbrum@usp.br