

BIOMECÂNICA DOS TENDÕES

Prof. Dr. Guanys de Barros Vilela Junior

O que é um Tendão?

- O Tendão é uma estrutura de tecido fibroso que une os músculos aos ossos.
- A força exercida pelos músculos converge para o tendão e através deste o osso é tensionado.
- Esta força permite a realização da maioria dos movimentos articulares.

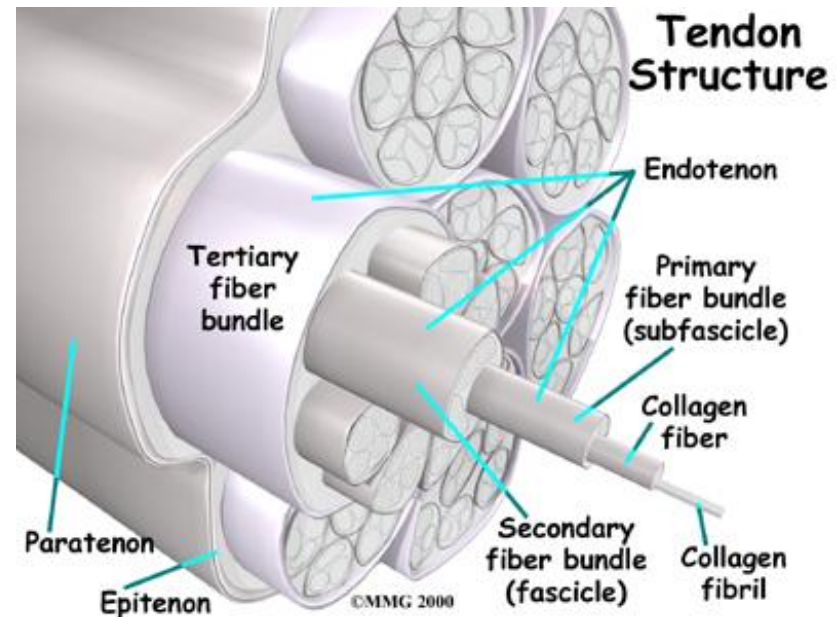


De que é feito um Tendão?

- **Composto por:**

Fibroblastos (células que sintetizam as proteínas *colágeno* e *elastina*);
Colágeno (25%);
Água (70%);
colágeno Tipo I (95-99%);
Tipo III (1-5%);
pouquíssima elastina.

- Colágeno I e III constituem 90% de todo o colágeno corporal;
- Fibras de colágeno longitudinais;
- Pouco vascularizado (1 a 2% da área).



Quais as funções de um Tendão?

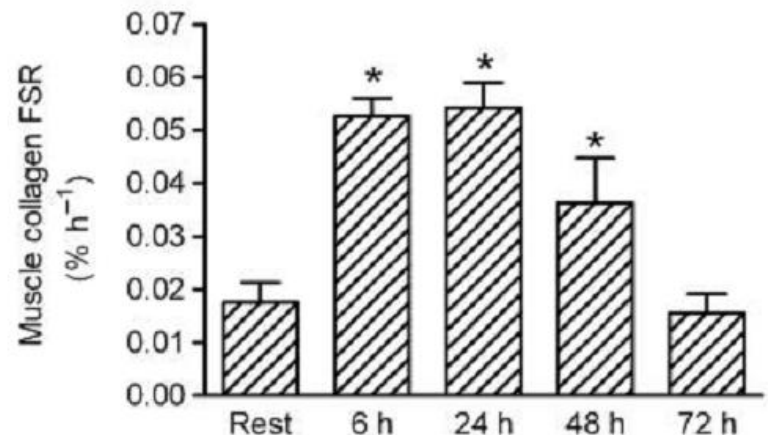
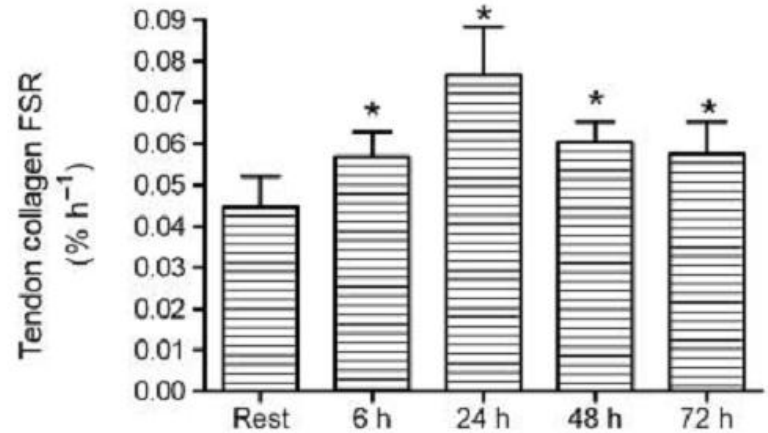
- Transmitir a força muscular (que atuará no osso);
- Armazenar energia (que será utilizada como energia propulsora);
- Possibilitar que o volume muscular esteja longe da articulação (não atrapalhando o movimento articular);
- Funcionar com um amortecedor (dissipador de energia);
- Resistir a forças tensivas na flexibilidade.

Quais as alterações do Tendão ao exercício físico?

- As alterações são Adaptativas e Reparativas.
- A atividade física altera a estrutura, a composição química e as propriedades mecânicas do tendão.
- Aumento da capacidade de suportar forças compressivas e tensivas.
- Aumento da síntese de colágeno Tipo I a partir do procolágeno extracelular. Porque?

Quais as adaptações do Tendão ao exercício físico?

- Observar que a TSF (Taxa de Síntese Fracional) no tendão atinge o valor máximo 24h após o exercício intenso, permanecendo elevado até 3 dias depois.
- No músculo a TSF é atingida valores elevados entre as 6h e 24h após o esforço.
- Qual a razão destas diferenças????????????!!!!



Forças exercidas por tendões

ATIVIDADE	TENDÃO	FORÇA (N)
Corrida lenta	Aquiles	4000 – 5000
Corrida lenta	Patelar	7000
Corrida rápida	Aquiles	8000 – 9000
Caminhada	Aquiles	1000 – 3000
Ciclismo	Aquiles	5000 – 6000
Salto (impulsão)	Patelar	7000 – 8000
Salto (aterrissagem)	Patelar	5000 – 7000
Levantamento de peso (ruptura)	Patelar	14000

Riscos de lesões em tendões no Levantamento de Peso

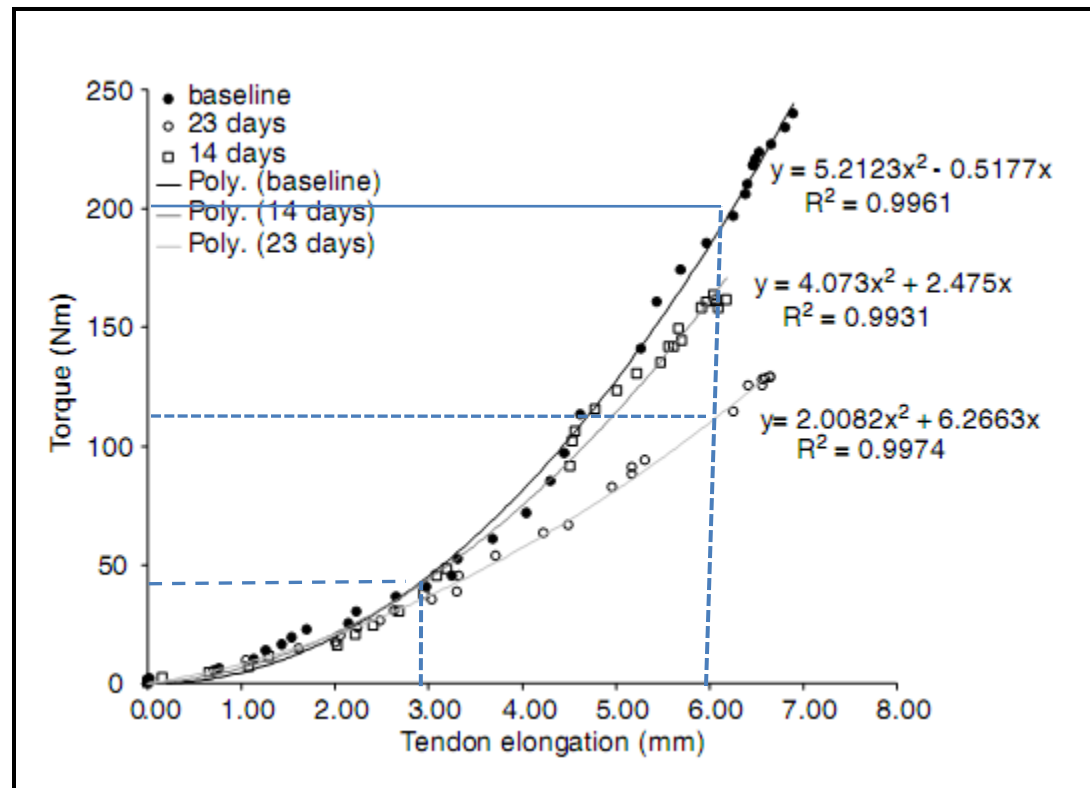
- H. Rezazadeh (Irã) –
- Recorde Olímpico: 263,5Kg (arremesso)
- **Tendões mais vulneráveis:** patelar, do bíceps braquial, do supraespinhal, do infraespinhal, do redondo menor e do subescapular (manguito rotador).

Riscos de lesões em tendões no Levantamento de Peso



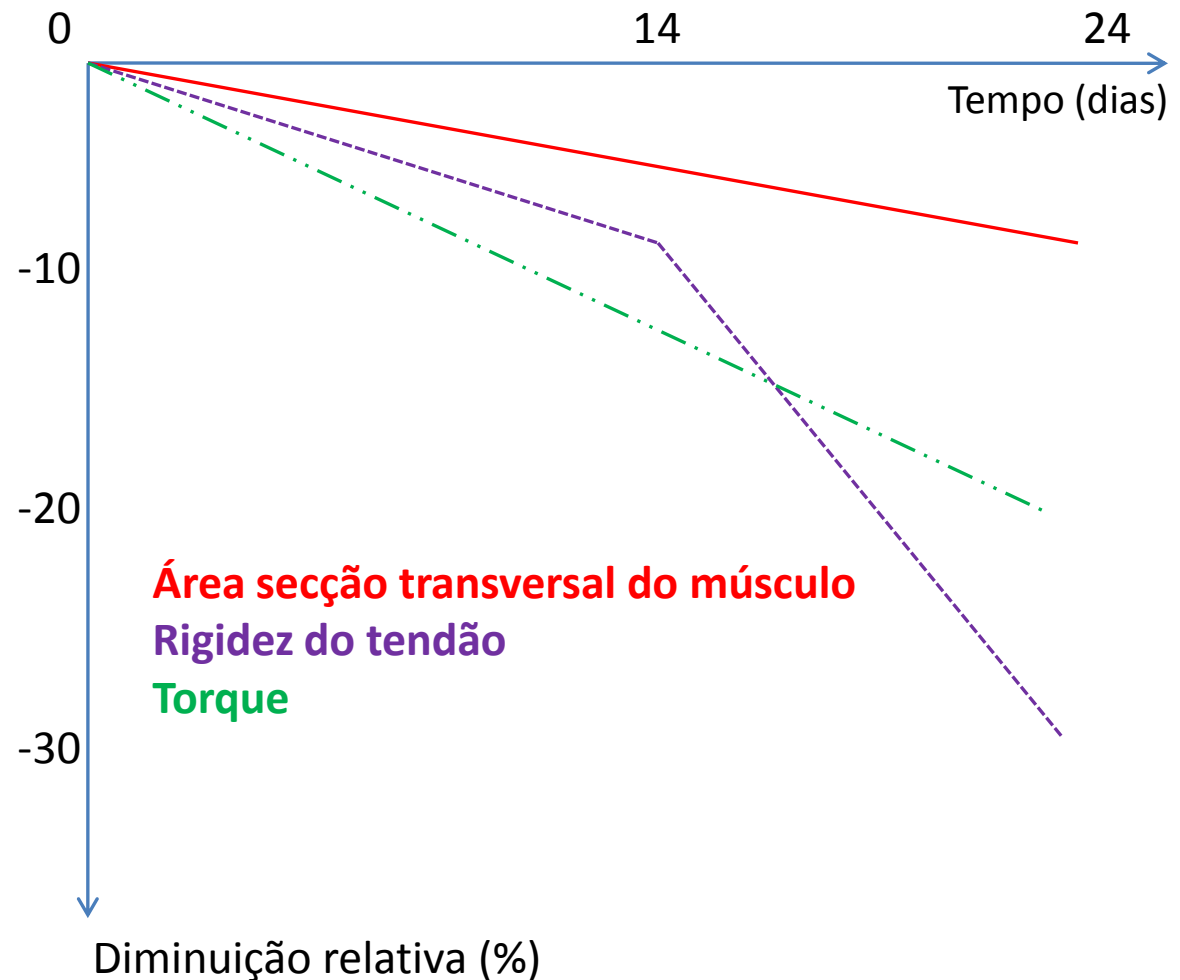
Características biomecânicas do tendão patelar

- Torque gerado pelo tendão patelar na extensão do joelho em homens jovens (19,1 anos);
- Após 23 dias de suspensão unilateral de membro inferior, torque se reduz à metade para alongamento elevado do tendão (6,0 e 7,0mm).



Características biomecânicas do tendão patelar

- Atrofia muscular de 10%;
- Diminuição de 20% no torque;
- Diminuição de 30% na rigidez e do Módulo de Young;
- Ou seja: programas de reabilitação e treinamento devem começar 2 semanas após a lesão.



E as características biomecânicas do tendão patelar dos idosos?

- Idosos (74,3 anos) submetidos a um programa de alongamento de 14 semanas (3x/semana)
- Aumentará ou diminuirá a capacidade de alongamento do tendão?

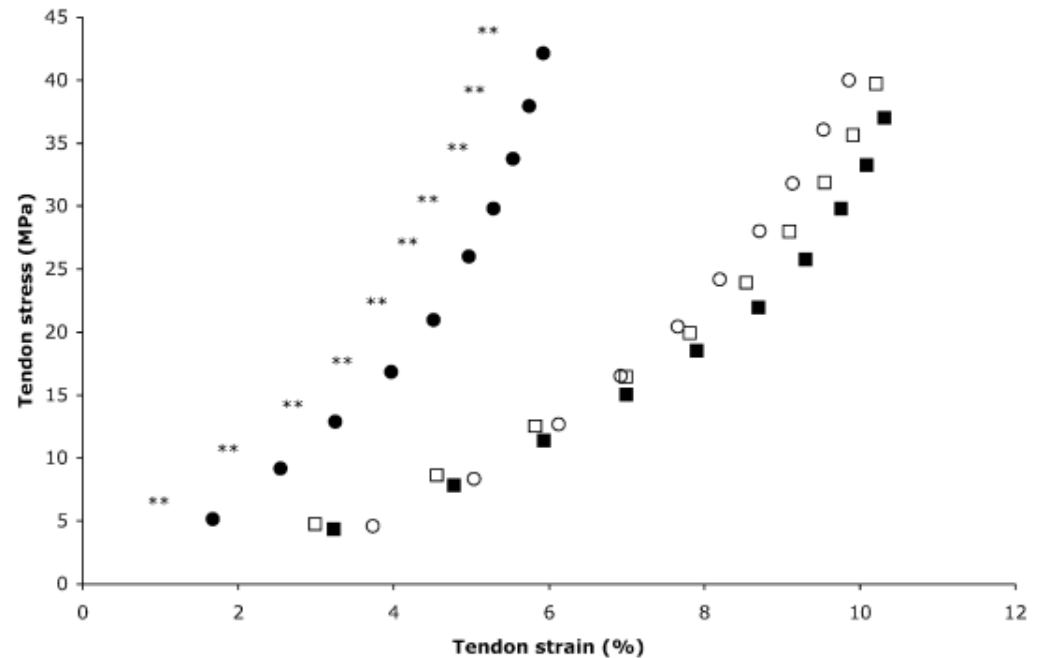


Figure 4. PT stress–strain relation for the training and control groups

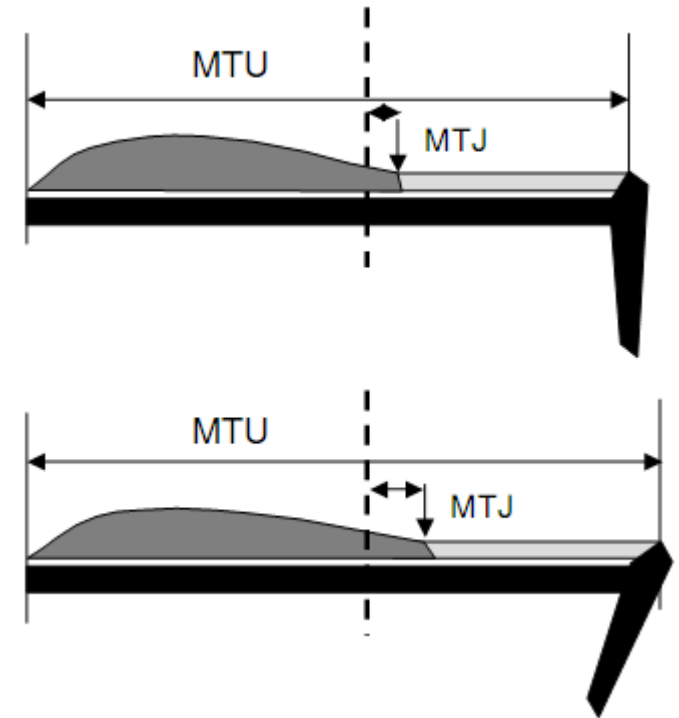
○, Pre, training; ●, post, training; □, pre, control; ■, post, control. ** Significantly ($P < 0.01$) reduced strain after training. Values are means; maximal s.d. values are shown in Table 1.

E as características biomecânicas do tendão patelar dos idosos?

- Programas de alongamento com idosos aumentam a rigidez do tendão, diminuindo o Strain (ε) e a *alongabilidade* do mesmo.
- O Módulo de Young (E) aumenta. $E = \varepsilon/\sigma$
- Isto determina a diminuição de riscos de lesões nos tendões.
- Os ganhos na flexibilidade acontecem na musculatura, melhorando a capacidade de realização de tarefas cotidianas.

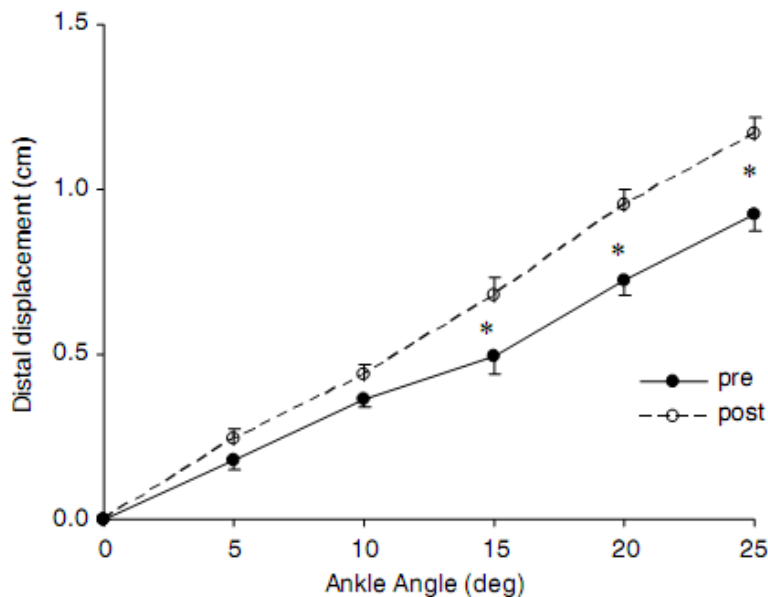
Qual a influência do alongamento passivo no tendão do Gastrocnêmio?

- 8 homens (20,5 anos); eletrogoniometria, ultrasonografia, Cybex e EMG.
- As medidas da rigidez do tendão foram realizadas com 25 graus de dorsiflexão.
- Foram realizados cinco alongamentos passivos com velocidade de $5^{\circ}/s$, sustentado por 1 minuto na dorsiflexão máxima.

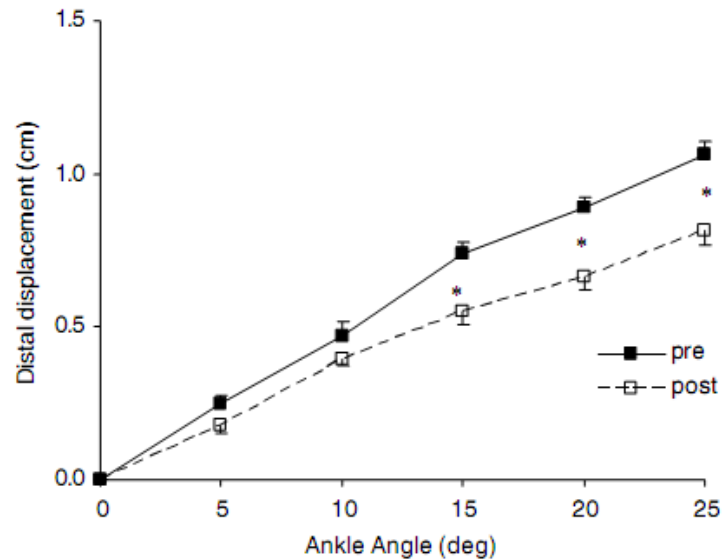


Medida do alongamento da Junção Mio Tendinosa (JMT) no músculo Gastrocnêmio

Qual a influência do alongamento passivo no tendão do Gastrocnêmio?



Músculo



Tendão

* Diferença significativa (0,05)

Qual a influência do alongamento passivo no tendão do Gastrocnêmio?

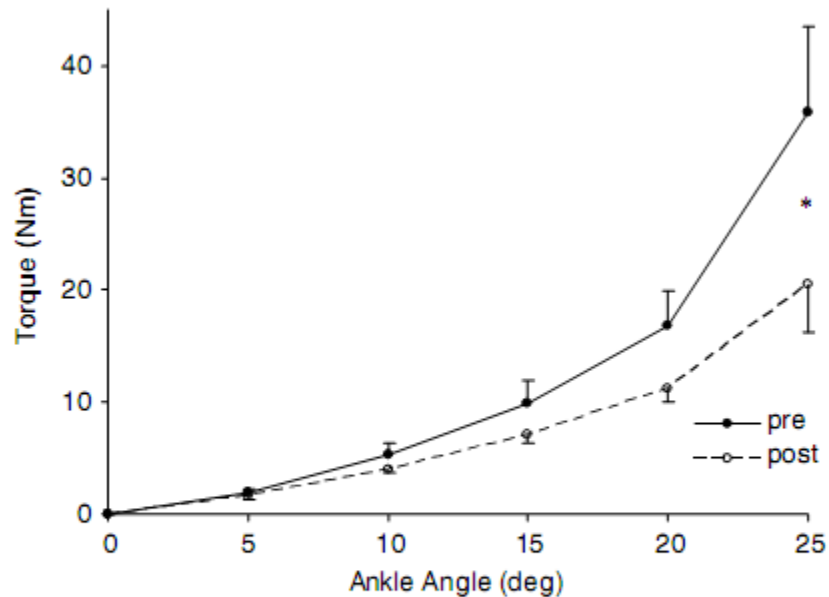
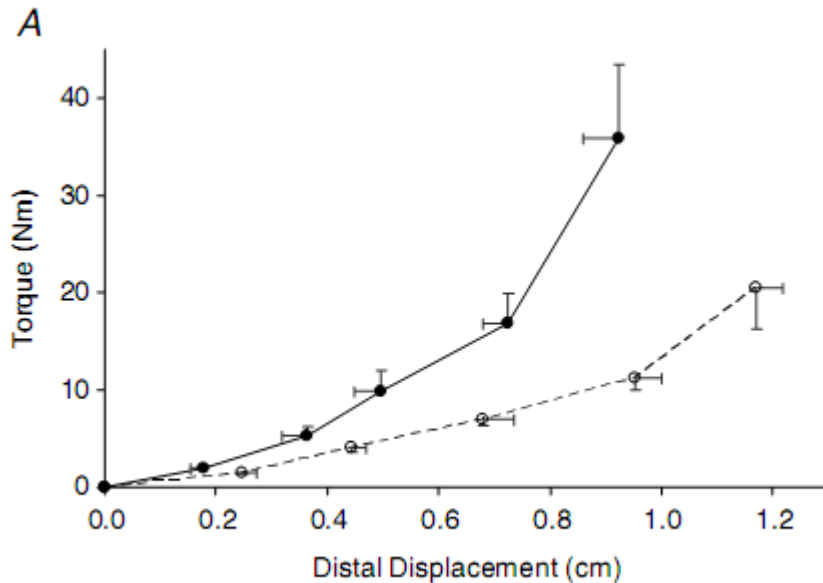


Figure 2. Passive plantarflexion torque throughout a standard stretch pre- and post-conditioning with 5 min of passive stretching

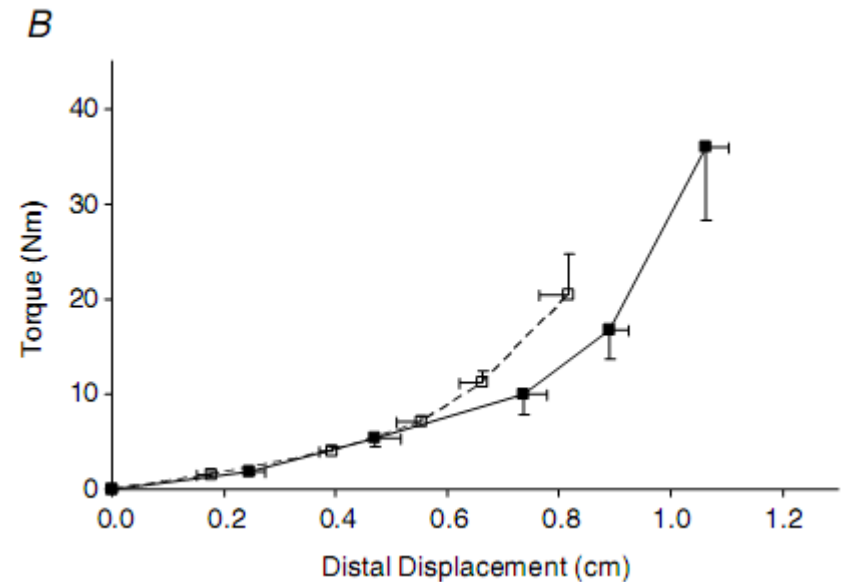
*Significant difference from pre-conditioning values, $P < 0.05$.

Qual a influência do alongamento passivo no tendão do Gastrocnêmio?



Músculo

Gera torques maiores
no **pré** condicionamento



Tendão

Gera torques maiores
no **pós** condicionamento

O pré condicionamento com alongamentos reduziu em 56% a rigidez do músculo gastrocnêmio

Qual a influência do alongamento passivo no tendão do Gastrocnêmio?

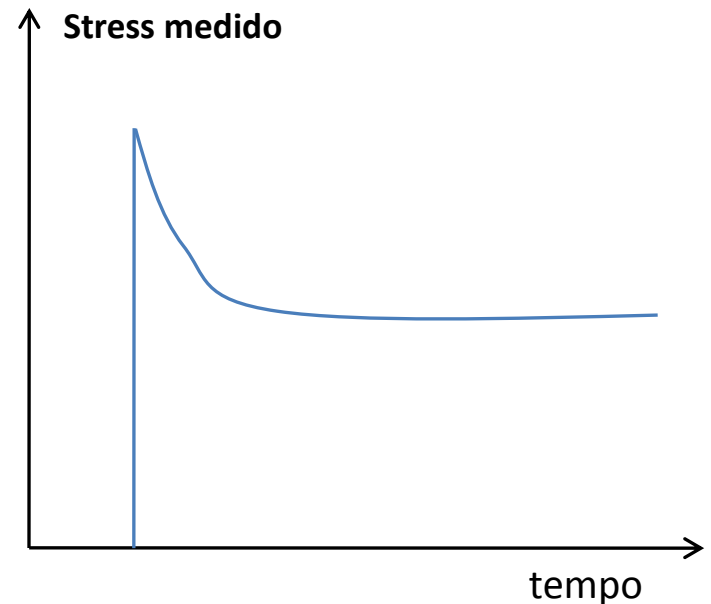
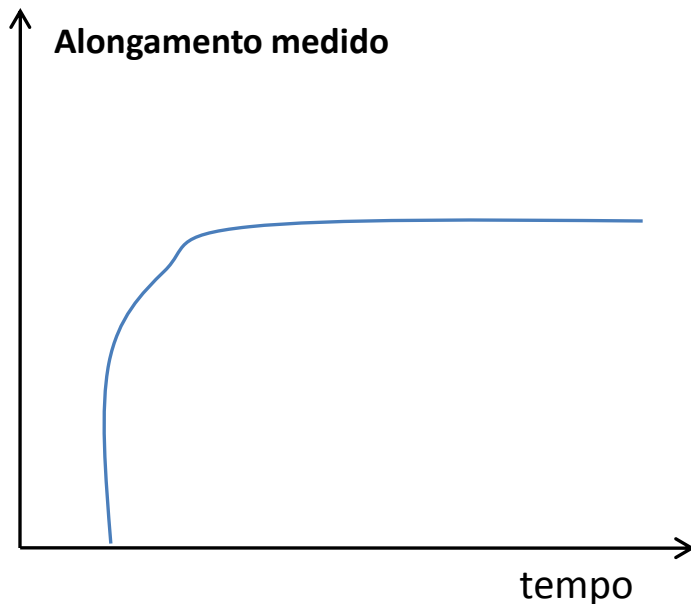
- **Quais as implicações destes resultados?**
- O aumento da flexibilidade decorrente da redução da rigidez muscular.
- Isto beneficia atividades competitivas onde a flexibilidade é fundamental (Pilates, GRD, dança, etc.)
- A diminuição do torque indica que a geração de força e potência ficam comprometidas.
- Esportes que exigem ambos (flexibilidade e potência) devem considerar com cuidado o alongamento preliminar. É o caso da ginástica, da corrida com barreiras, dentre outros.

3 Conceitos Fundamentais



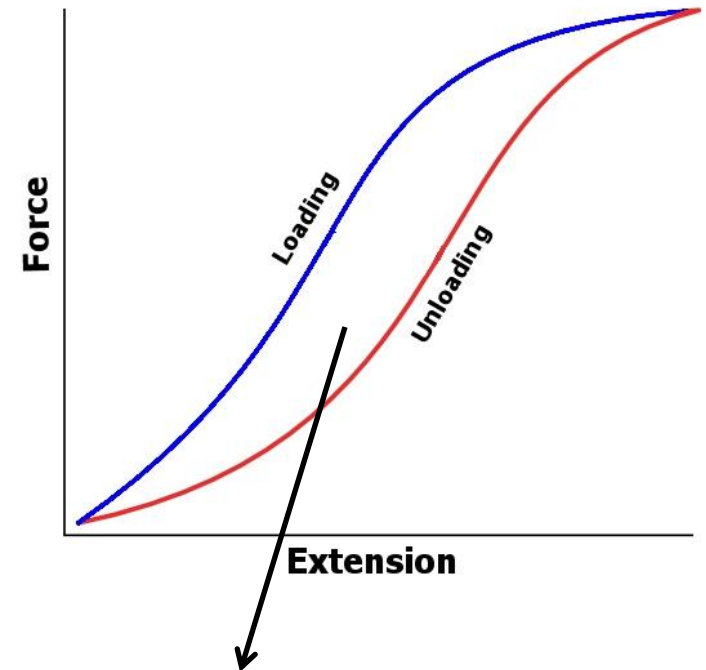
Creep

- Quando o tendão sofre um alongamento decorrente de uma carga que atuou sobre ele um tempo relativamente longo.
- Exemplo: contrações isométricas



Histerese

- Propriedade viscoelástica do tendão, onde a deformação do mesmo possui comportamento diferente durante a atuação da carga e a retirada da mesma.
- O alongamento do tendão nas mulheres é maior que nos homens para $F > 50\text{N}$.
- Logo, o ϵ dos tendões é maior nas mulheres.
- A rigidez e o Módulo de Young (E) é maior nos homens.
- Isto ajuda a explicar as diferenças de performance entre H e M.

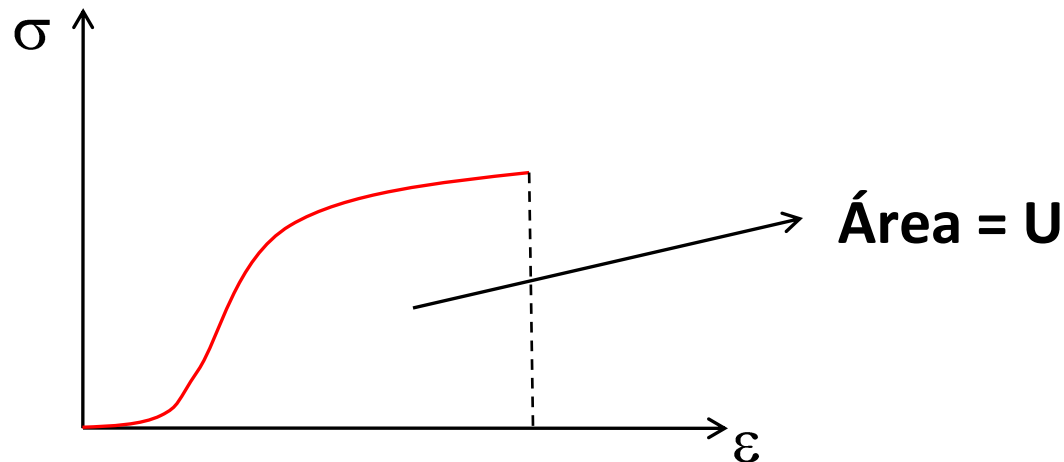


Área é a energia armazenada no tendão!

E as lesões?

Resiliência (U)

- Propriedade que o tendão possui de armazenar energia quando deformado.
- Ou seja, é a energia máxima que o tendão pode armazenar por unidade de volume.
- Pode ser calculado pela área em um gráfico $\sigma \times \varepsilon$



Referências

- Kjaer, M.; Maganaris, N. et ali. Human tendon behaviour and adaptation, in vivo. Journal Physiology 586.1 p. 71-81, 2008.
- Narici, M., Boer, M. et ali. Time course of muscular, neural and tendinous adaptations to 23 day unilateral lower limb suspension in young men. Journal Physiology 583.3, p. 1079-1091, 2007.
- DeFrate, L., Guon Li et ali. The biomechanical function of the patellar tendon during in vivo weight bearing flexion. Journal Biomechanics 40(8), p. 1716-1722, 2007.
- Morse, C.I., Degens, H. et ali. The acute effect of stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit. Journal Physiology, 586.1 p. 97-106, 2008.
- Narici, M.V., Maganaris, C.N., Reeves, N.D. Effect of strength training on human patella tendon mechanical properties of older individuals. Journal Physiology 548.3. p. 971-981, 2003.
- Gandevia, S.C., Butler, J.E. et ali. Change in length of relaxed muscle fascicles and tendons with knee and ankle movement in humans. Journal Physiology 539.2, p. 637-645, 2002.
- Kjaer, M., Magnusson, P. et ali. Extracellular matrix adaptation of tendon and skeletal muscle to exercise. Journal Anatomy 208, p. 445-450, 2006.