

Estructura del tendón:
PROGRAMACIÓN
READAPTACIÓN:

Tratamiento de las tendinopatías:

Las últimas investigaciones sugieren que la inflamación es una presencia mínima o una gran ausente en las tendinopatías.
Por esto los tratamientos antiinflamatorios no parecen ser las mejores opciones.

En la revisión se evaluó:

1.-La efectividad de AINES corticoesteroides y se vio que no tenían efectividad demostrada en el largo plazo.

2.-El ultrasonido, las ondas de choque, la iontoforesis y el laser daban resultados inconsistentes.

3.- La escleroterapia, los parches de óxido nítrico y los ejercicios excéntricos dieron muy buenos resultados .

4.- El trabajo con células madres y factores de crecimiento es prometedor .

5.- La cirugía sigue siendo la última opción dado que los resultados son inconsistentes.

6.-La crioterapia funciona en estadíos iniciales y es contraproducente en fases regenerativas.

Estadíos iniciales (2-3 días)

El hielo contribuye a reducir la sensación de dolor ralentizando la conducción neural extralemniscal así como el metabolismo.

Reduce también la lesión hipóxica y las proteínas extravasadas evitando cambios importantes en la presión oncótica.

Durante los primeros 2-3 días enfriar el tejido hasta lograr una temperatura similar al resto del tejido evita desnaturalizaciones protéicas. El ejercicio-enfriamiento es un buen método inicial de trabajo y un mal método en estadíos crónicos o avanzados.

Kenneth .L. Knight

Posteriormente impide al colágeno neoformado una adecuada maduración y ralentiza la reparación.

COLÁGENO:

En el colágeno nuevamente formado, las uniones cruzadas son pocas y son reductibles; el colágeno es soluble en soluciones neutras de sal y en soluciones ácidas, y las uniones cruzadas son desnaturalizadas bastante fácilmente por el calor.

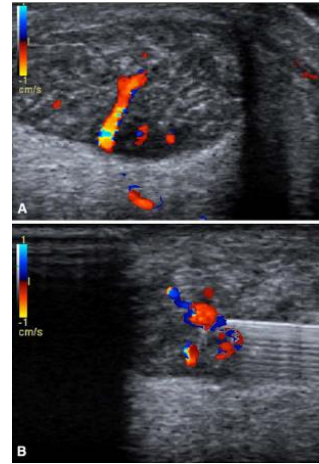
A medida que el colágeno madura, el número total de uniones cruzadas reductibles disminuye al mínimo ya que se forman un gran número de uniones cruzadas estables no reductibles.

El colágeno maduro no es soluble en soluciones neutras de sal, ni en soluciones ácidas y sobrevive a una más alta temperatura de desnaturalización.

Biomecánica Básica del sistema músculoesquelético: Tercera edición. Nordin M, Frankel VH. Mc Graw-Hill/ Interamericana. 2004; 103-109. "Comportamiento mecánico de tendones y ligamentos. Propiedades biomecánicas."

Tratamiento de las tendinopatías:

3.- la escleroterapia, los parches de óxido nítrico y los ejercicios excéntricos dieron muy buenos resultados.



PRESENTACIÓN CLÍNICA:

TODO TENDÓN AFECTO COMBINA
LESIONES REACTIVAS (POR SOBRECARGA
DE LAS ZONAS SANAS) Y DEGENERATIVAS

DOLOR → ALTERACIÓN FUNCIÓN,
DISMINUCIÓN DE FUERZA Y CONTROL
MOTOR → REDUCCIÓN FUNCIÓN...

Revisiting the continuum model of tendon pathology: What is its merit in clinical practice and research? Br J Sports Med. 2016;50:1187-91.

¿CÓMO TRATAR?

EXISTE EVIDENCIA QUE JUSTIFICA EL TRABAJO EXCÉNTRICO, PERO NO ES DE ALTA CALIDAD .

LA CARGA EXCÉNTRICA NO TIENE POR QUÉ SER IDEAL PARA TODOS LOS PACIENTES.

- *Achilles and patellar tendinopathy loading programmes: A systematic review comparing clinical outcomes and identifying potential mechanisms for effectiveness. Sports Med. 2013;43:267-86.*
- *Eccentric calf muscle training in nonathletic patients with Achilles tendinopathy. J Sci Med Sports. 2007;10:52-8.*



Referencias bibliográficas

- Eccentric overload training in patients with chronic Achilles tendinopathy: A systematic review. Br J Sports Med. 2007;41:e3-5.
- Conservative management of midportion Achilles tendinopathy: A mixed methods study, integrating systematic review and clinical reasoning. Sports Med. 2012;42:941-67.
- Chronic tendinopathy: Effectiveness of eccentric exercise. Br J Sports Med. 2007;41:188-98.
- Eccentric exercise protocols for chronic non-insertional Achilles tendinopathy: How much is enough? Scand J Med Sci Sports. 2009;19:609-15.
- [Effectiveness of physical therapy for Achilles tendinopathy: An evidence based review of eccentric exercises. Isokinet Exerc Sci. 2006;14:71-80.
-]No effect of eccentric training on jumper??s knee in volleyball players during the competitive season: A randomised controlled trial. Clin J Sport Med. 2005;15:225-34.
- [Treatment options for patellar tendinopathy: Critical review. Curr Sports Med Rep. 2011;10:255-70.

Tratamiento de las tendinopatías:

- La revisión de 16 estudios casos-control ha evidenciado que los ejercicios excéntricos son más efectivos que el tradicional trabajo concéntrico tanto en tendinitis rotulianas como patelares (86% de mejoría clínica y radiológica por resonancia magnética y ultrasonidos, frente al 36% del concéntrico)
- Curiosamente el fortalecimiento excéntrico produjo mejores resultados en tendinopatías del meso que en entesopatías.



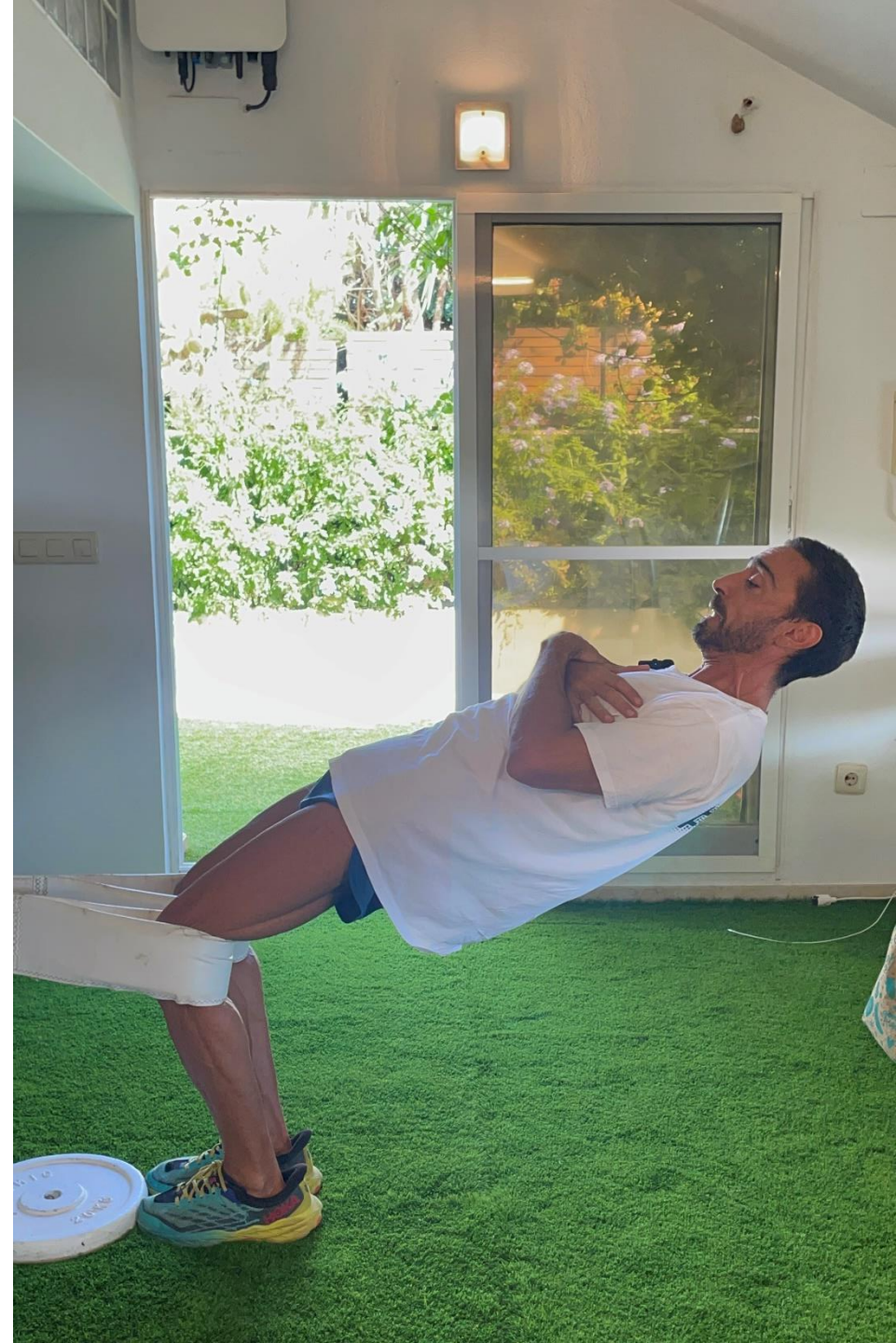
¿todo programa excéntrico es efectivo?

En 1981 Donatelli afirmó: que los factores más importantes para la obtención de resultados terapéuticos regenerativos sobre las estructuras del tejido conectivo eran:

Cantidad, tipo, duración, forma, frecuencia, velocidad y momento del movimiento.

EXCÉNTRICOS

- PROBLEMAS DEL EXCÉNTRICO: implica un mayor riesgo de lesión (130-150% carga exc máxima) si no se realiza con un criterio terapéutico o profesional, dado que las estructuras musculares y los sistemas de estabilidad son más estresados.
- Sin embargo es ideal en el ámbito de la recuperación deportiva.
- En longitud de los tendones y de la creación de sarcómeros en serie.



EXCÉNTRICOS

- EFECTOS METABÓLICOS DEL EXCÉNTRICO:
es el principal responsable del dolor por microrroturas, lesiones a nivel de las líneas Z, lesiones a nivel de los fibroblastos, lesiones en la desmina y la titina .
- Es, a su vez , responsable de reducción en las 72 horas siguientes de la fuerza máxima, pero también de las mejoras a largo plazo en la amplitud del movimiento, en la longitud del componente contráctil, del crecimiento en longitud de los tendones y de la creación de sarcómeros en serie.



¿cómo realizar el excéntrico?:
TRABAJO EXCÉNTRICO PARA
LOS MÚSCULOS TÓNICOS:
(considerar el deporte ...)

- El trabajo isométrico mantenido y el isotónico excéntrico tienen tendencia a crear sarcómeros en serie → alargan el tendón mientras se acorta el músculo (el primero: ISOMÉTRICO) y el tendón y el músculo (el segundo).



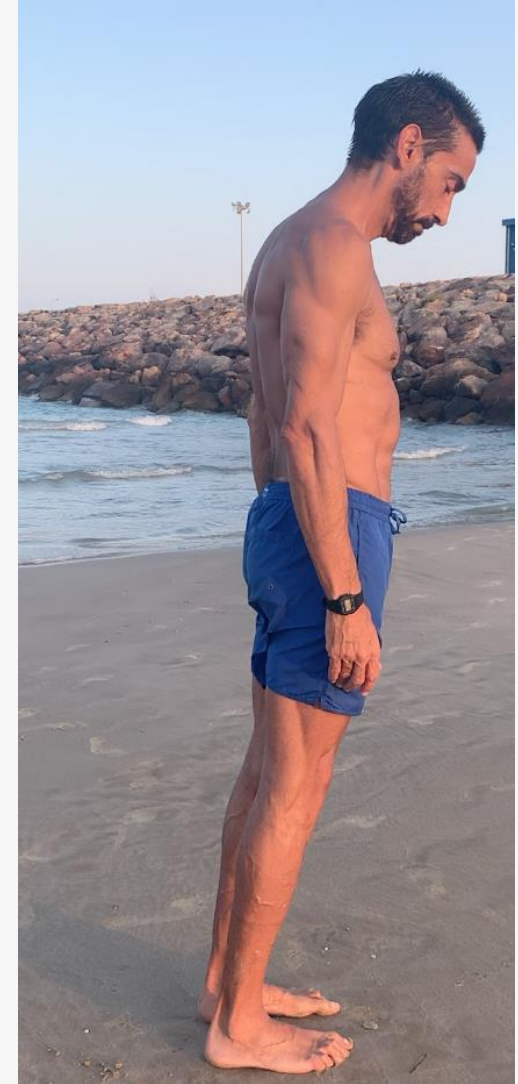


¿cómo realizar el excéntrico?:
TRABAJO EXCÉNTRICO PARA LOS
MÚSCULOS TÓNICOS:(considerar
el deporte ...)

- 1.-Trabajo en amplitud completa:
estiramiento máximo , contracción
máxima. Produce aumentos
considerables de la longitud total
de componente contráctil.

¿cómo realizar el excéntrico?: TRABAJO EXCÉNTRICO PARA LOS MÚSCULOS TÓNICOS y Vibración para los fásicos

- 2.- trabajo en estiramiento completo contracción submáxima:
- Produce un aumento de la longitud total del músculo por crecimiento del tendón.



¿HAY UN CAMBIO CLARO ESTRUCTURAL?

- Existe evidencia razonable para refutar el cambio estructural observable como una explicación de los beneficios del trabajo excéntrico en la tendinopatía.
- PARECE SER QUE MEJORA EL CONTROL MOTOR.

A 5-year follow-up study of Alfredsons heel-drop exercise programme in chronic midportion Achilles tendinopathy. Br J Sports Med. 2012;46:214-8.

Efectividad de ejercicios excéntricos:

Alfredson H, Pietila T, Jonsson P, Lorentzon R. Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis. *Am J Sports Med.* 1998;26:360–366.

Bahr R, Fossan B, Loken S, Engebretsen L. Surgical treatment compared with eccentric training for patellar tendinopathy (Jumper's Knee). A randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88:1689–1698.

Frohm A, Saartok T, Halvorsen K, Renstrom P. Eccentric treatment for patellar tendinopathy: a prospective randomised short-term pilot study of two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med.* 2007;41:e7.

Jonsson P, Alfredson H. Superior results with eccentric compared to concentric quadriceps training in patients with jumper's knee: a prospective randomised study. *Br J Sports Med.* 2005;39:847–850.

Mafi N, Lorentzon R, Alfredson H. Superior short-term results with eccentric calf muscle training compared to concentric training in a randomized prospective multicenter study on patients with chronic Achilles tendinosis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2001;9:42–47.

Martinez-Silvestrini JA, Newcomer KL, Gay RE, Schaefer MP, Kortebein P, Arendt KW. Chronic lateral epicondylitis: comparative effectiveness of a home exercise program including stretching alone versus stretching supplemented with eccentric or concentric strengthening. *J Hand Ther.* 2005;18:411–419, quiz 420.

Efectividad de ejercicios excéntricos:

Ohberg L, Lorentzon R, Alfredson H. Eccentric training in patients with chronic Achilles tendinosis: normalised tendon structure and decreased thickness at follow up. Br J Sports Med. 2004;38:8–11; discussion 11.

Norregaard J, Larsen CC, Bieler T, Langberg H. Eccentric exercise in treatment of Achilles tendinopathy. Scand J Med Sci Sports. 2007;17:133–138.

Petersen W, Welp R, Rosenbaum D. Chronic Achilles tendinopathy: a prospective randomized study comparing the therapeutic effect of eccentric training, the AirHeel brace, and a combination of both. Am J Sports Med. 2007;35:1659–1667.

Rompe JD, Furia J, Maffulli N. Eccentric loading compared with shock wave treatment for chronic insertional achilles tendinopathy. A randomized, controlled trial. J Bone Joint Surg Am. 2008;90:52–61.

Efectividad de los ejercicios excéntricos:

Rompe JD, Nafe B, Furia JP, Maffulli N. Eccentric loading, shock-wave treatment, or a wait-and-see policy for tendinopathy of the main body of tendo Achillis: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med*. 2007;35:374–383.

Roos EM, Engstrom M, Lagerquist A, Soderberg B. Clinical improvement after 6 weeks of eccentric exercise in patients with mid-portion Achilles tendinopathy – a randomized trial with 1-year follow-up. *Scand J Med Sci Sports*. 2004;14:286–295.

Silbernagel KG, Thomee R, Thomee P, Karlsson J. Eccentric overload training for patients with chronic Achilles tendon pain– a randomised controlled study with reliability testing of the evaluation methods. *Scand J Med Sci Sports*. 2001;11:197–206.

IMPORTANTE PARA EXPLICAR PROBLEMAS DE PERIODIZACIÓN: Visnes H, Hoksrud A, Cook J, Bahr R. No effect of eccentric training on jumper's knee in volleyball players during the competitive season: a randomized clinical trial. *Clin J Sport Med*. 2005;15:227–234.

Efectividad de los ejercicios excéntricos:

El entrenamiento excéntrico conduce a una mayor síntesis de colágeno en el tejido tendinoso gracias a la continua sobrecarga en el tendón.

Tras doce semanas de excéntricos se normalizó la estructura del tendón en las tendinosis.

Langberg H, Ellingsgaard H, Madsen T, Jansson J, Magnusson S, Aagaard P, et al. Eccentric rehabilitation exercise increases peritendinous type I collagen synthesis in humans with Achilles tendinosis. Scand J Med Sci Sports 2007;17:61-66.

Öhberg L, Lorentzon R, Alfredson H. Eccentric training in patients with chronic Achilles tendinosis: normalised tendon structure and decreased thickness at follow up. Br J Sports Med 2004;38:8-11.

Revisión sobre de artículos:



Tras revisar 201 artículos 16 cumplían con el diseño del estudio y otras consideraciones (diseño del estudio, gold standards, Kappa, tests sensibles y específicos, cegados, randomizados, análisis estadístico...).



De estos artículos 6 se referían al aquiles, 7 al rotuliano y 3 a epicondilitis.

Revisión sobre artículos:

De los 16 estudios aceptados 9 usaban el protocolo de Alfredson.

El protocolo consiste en realizar ejercicios consistentes en 3 series de 15 repeticiones 2 veces al día, todos los días de la semana, durante 12 semanas con dolor y añadiendo pesos.

Alfredson H et al. Heavy-load eccentric calf muscle training for load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic the treatment of chronic achilles achilles tendinosis tendinosis. Am J Sports Med 1998;26(3):360 . Am J Sports Med 1998;26(3):360-366.

Este protocolo lo utilizamos desde el 2002 hasta el 2007 en ocasiones combinado con factores de crecimiento.

Revisión sobre artículos:

La primera crítica a Alfredson la realizaron Croisier et al (2007) al encontrar buenos resultados en un estudio controlado entrenando a los sujetos 3 veces a la semana en lugar de 7, aduciendo la necesidad de recuperación de las microrroturas musculares y tendinosas.

Alfredson sostenía que el dolor era esencial en la recuperación. Croisier et al y Curwin et al consiguieron resultados similares sin un protocolo doloroso.

Croisier et al. An isokinetic isokinetic eccentric eccentric programme programme for the management of chronic lateral for the management of chronic lateral epicondylar epicondylar tendinopathy tendinopathy. Br J Sports Med . Br J Sports Med 2007 April 1;41(4):269 2007 April 1;41(4):269-275.

Martinez et al. Chronic lateral P, Arendt K. Chronic lateral epicondylitis epicondylitis: comparative effectiveness of a home exercise program including : comparative effectiveness of a home exercise program including stretching alone stretching alone versus stretching supplemented with eccentric or concentric stre versus stretching supplemented with eccentric or concentric strengthening. J Hand ngthening. J Hand Ther Ther 2005;18(4):411.

TRATAMIENTO DEGENERACIÓN HIALINA AVANZADA Y/O TENDINOPATÍA DEGENERATIVA:

El alargamiento del tendón sin actividad muscular produce tensiones mayores en el tendón que son dañinas para su salud.

La activación neuromuscular aumenta la rigidez del tendón en carga aumentando su respuesta a la tensión. Esto sirve como mecanismo protector para el tendón.

Hemos, pues de muscular sinergias y trabajar la propiocepción.

*Int J Sports Phys Ther. 2015 Aug;10(4):552-62. **WHY ARE ECCENTRIC EXERCISES EFFECTIVE FOR ACHILLES TENDINOPATHY?** O'Neill S, Watson PJ, Barry S.*

TRATAMIENTO DEGENERACIÓN HIALINA AVANZADA Y/O TENDINOPATÍA DEGENERATIVA:



Este trabajo provoca: ADELGAZAMIENTO
TRANSVERSAL LATERAL Y ALARGAMIENTO
LONGITUDINAL Y ANTEROPOSTERIOR.



Lindstedt et al han estudiado la unión
miotendinosa durante los ciclos de
estiramiento contracción del músculo y
sugieren que los músculos pueden funcionar
como amortiguadores del impacto
absorbiendo energía como calor, y
reduciendo los requerimientos energéticos.

TRATAMIENTO DEGENERACIÓN HIALINA AVANZADA Y/O TENDINOPATÍA DEGENERATIVA:



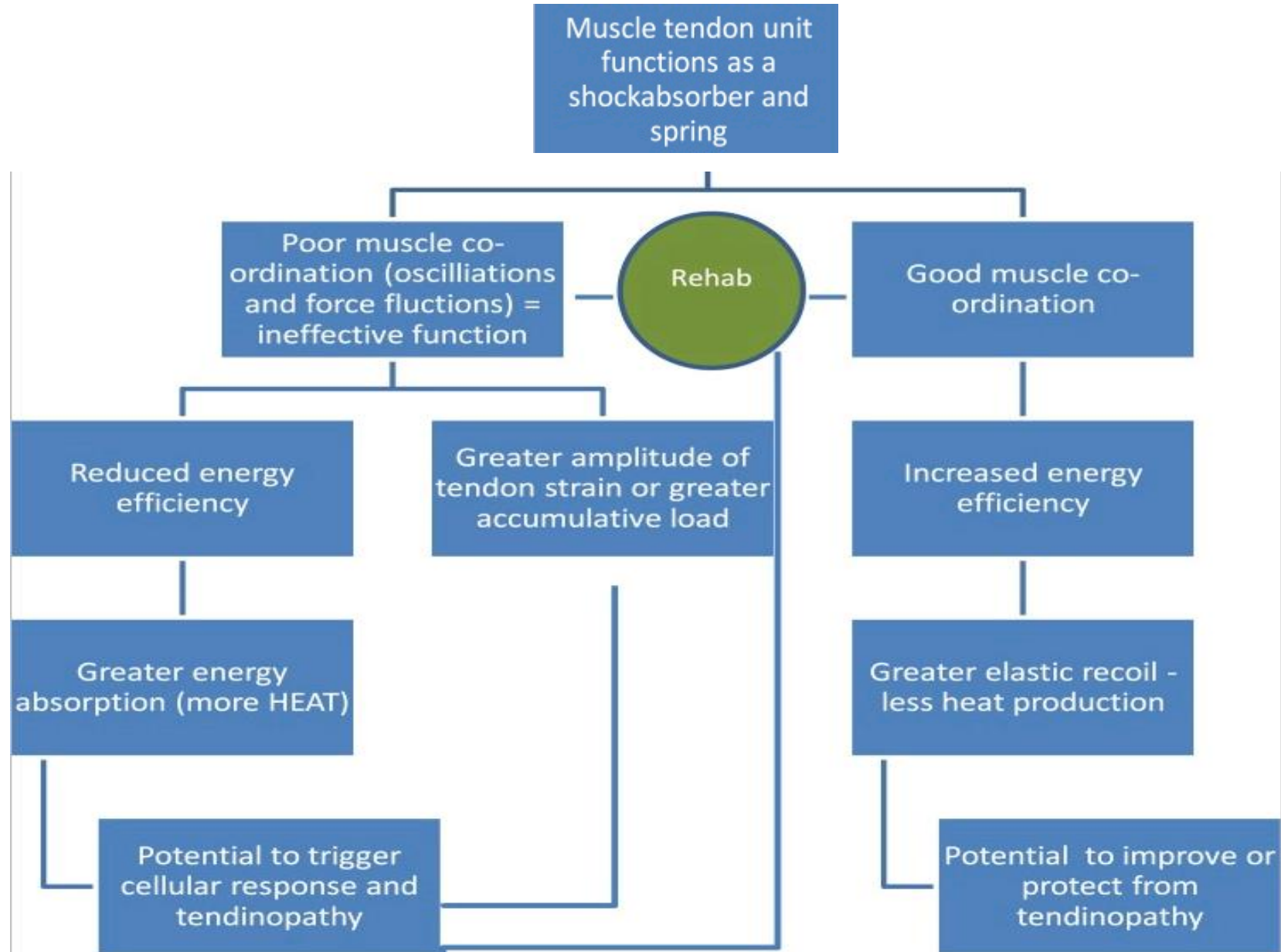
Este trabajo provoca: ADELGAZAMIENTO TRANSVERSAL LATERAL Y ALARGAMIENTO LONGITUDINAL Y ANTEROPOSTERIOR.



Lindstedt et al han estudiado la unión miotendinosa durante los ciclos de estiramiento contracción del músculo y sugieren que los músculos pueden funcionar como amortiguadores del impacto absorbiendo energía como calor, y reduciendo los requerimientos energéticos.



A.Turrina insiste en el ángulo de peneación y el anclaje a 40º del músculo en los septos.



Nota: patologías mixtas

Es posible tener una tendinopatía reactiva asociada a una degenerativa.

Dado que algunas partes del tendón pueden estar degeneradas y otras sanas (estas pueden dar tendinopatía reactiva).

Si el tendón de vuestro paciente está engrosado y presenta áreas nodulares y se ha inflamado por un incremento de carga, comienza tratándolo según los principios de la tendinopatía reactiva y, a las tres semanas más o menos, pasa al protocolo de la tendinopatía degenerativa.

Maffulli N, Khan K M, Puddu G. Overuse tendon conditions. Time to change a confusing terminology. Arthroscopy 1998 14:840–843.

Alfredson H, Lorentzon R. Chronic Achilles tendinosis: recommendations for treatment and prevention. Sports Med 2000;29:135–146.

Archambault J M, Wiley J P, Bray R C. Exercise loading of tendons and the development of overuse injuries. A review of the current literature. Sports Med 1995 20:77–89.

Nota: patologías mixtas

El dolor en las degeneraciones no juega un papel predominante y se imponen los excéntricos, a escleroterapia, el INDIBA, LPG, US, ÓXIDO NÍTRICO, FACTORES DE CRECIMIENTO, CÉLULAS MADRE corticosteroid injection; ESWT, extracorporeal shock wave therapy; GTN, topical glyceryl trinitrate.

El hecho de que una tendinopatía degenerativa mejore en el corto plazo se debe a mecanismos de control neuromuscular favorecidos por el ejercicio excéntrico, aunque los últimos estudios arrojan mejorías más significativas mediante ejercicios concéntrico-excéntrico con carga alta y lenta ejecución (HSR- heavy slow resistance) y la musculación protectora, el tendón puede tardar de 300 a 500 días en regenerar.

Maffulli N, Khan K M, Puddu G. Overuse tendon conditions. Time to change a confusing terminology. Arthroscopy 1998 14:840–843.

Alfredson H, Lorentzon R. Chronic Achilles tendinosis: recommendations for treatment and prevention. Sports Med 2000;29:135–146.

Archambault J M, Wiley J P, Bray R C. Exercise loading of tendons and the development of overuse injuries. A review of the current literature. Sports Med 1995 20:77–89.

¿cómo tratar en cada fase a nivel médico?



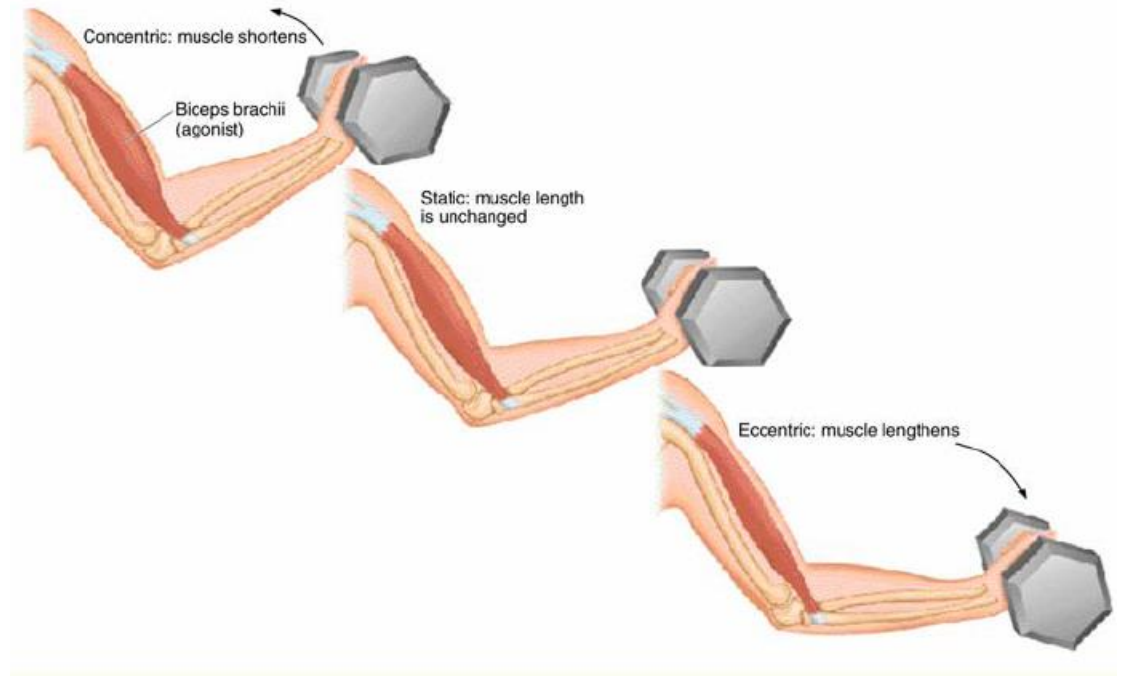
La inyección de corticosteroides ha mostrado ser efectivo en tendinopatías reactivas rotulianas y del manguito rotador.(Smidt *et al.* 2002; Kongsgaard *et al.* 2009).



En una revisión sistemática se concluye que para la fase degenerativa la conjunción de PRP con un programa de carga están más indicadas ya que los corticoesteroides pueden bloquear la capacidad de curación. Matthews *et al.* (2006)

¿qué es el excéntrico?

- El estiramiento activo de un músculo bajo fuerza.
- En la contracción excéntrica los filamentos de actina se separan.



Lieber R editor. Skeletal muscle structure, function, and plasticity: the physiological basis of rehabilitation. 2nd ed. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins; 2002.



¿ qué es el excéntrico?

¿cómo realizar el CONCENTRICO?:

TRABAJO CONCÉNTRICO PARA LOS MÚSCULOS FÁSICOS: (considerar el deporte → DEPENDE ...)

El trabajo isotónico concéntrico tiene tendencia a crear sarcómeros en paralelo (tendencia a acortar el músculo).



¿cómo realizar el CONCENTRICO?:

TRABAJO CONCÉNTRICO PARA LOS MÚSCULOS FÁSICOS: (considerar el deporte → DEPENDE ...)

La realización del trabajo con contracción completa y estiramiento incompleto provoca:

- 1.-importante disminución del componente contráctil.
- 2.-disminución de la longitud total del músculo.



¿cómo realizar el CONCENTRICO?:

TRABAJO CONCÉNTRICO PARA LOS MÚSCULOS FÁSICOS:(considerar el deporte→
DEPENDE ...)

La realización del trabajo muscular con
contracción incompleta y estiramiento
incompleto proporciona:

- 1.-disminución del componente
contráctil.
- 2.-pérdida de longitud del componente
contráctil.

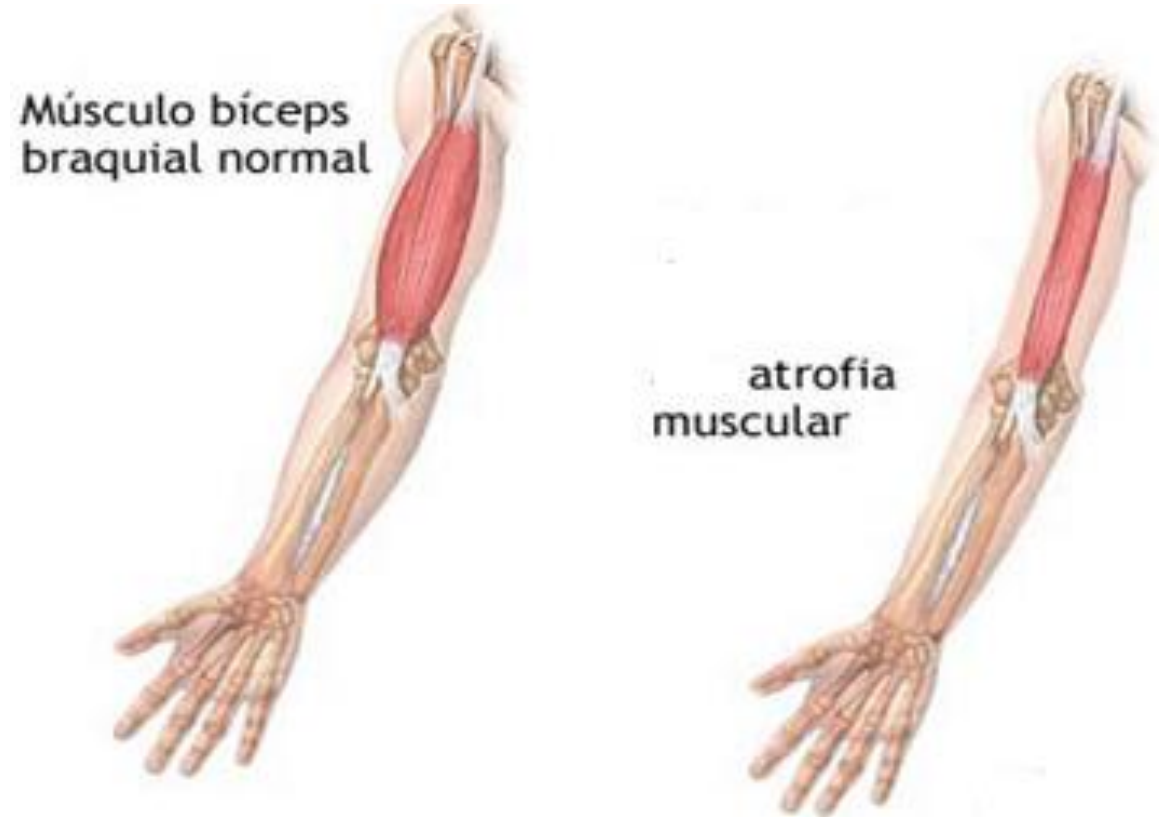
(para las imágenes, la halterofilia recluta
y no hipertrofia tanto → acorta
menos)



¿cómo realizar el CONCENTRICO?:

TRABAJO CONCÉNTRICO PARA LOS MÚSCULOS FÁSICOS: (considerar el deporte → DEPENDE ...)

En consecuencia el trabajo isotónico concéntrico será el mejor trabajo cuando el músculo presente alteraciones del tipo hipotonía.



ÈTIOPATOGENIA: FACTORES INTRÍNSECOS.

ANEMIAS.

DÉFICITS DE HIDROXILACIÓN DE LA PROLINA, LISINA,.

DÉFICITS NUTRICIONALES, SÍNDROMES MALABSORTIVOS, OBESIDAD,

HIPERCOLESTEROLEMIA, LÍPICOS CIRCULANTES,

DIABETES.

EDAD, COMPOSICIÓN CORPORAL.

DISMETRÍAS, PROBLEMAS DE CAPTORES POSTURALES.

GÉNERO, NIVELES DE CITOQUINAS CIRCULANTES,

ALTERACIONES BIOMECÁNICAS, GENÉTICAS.

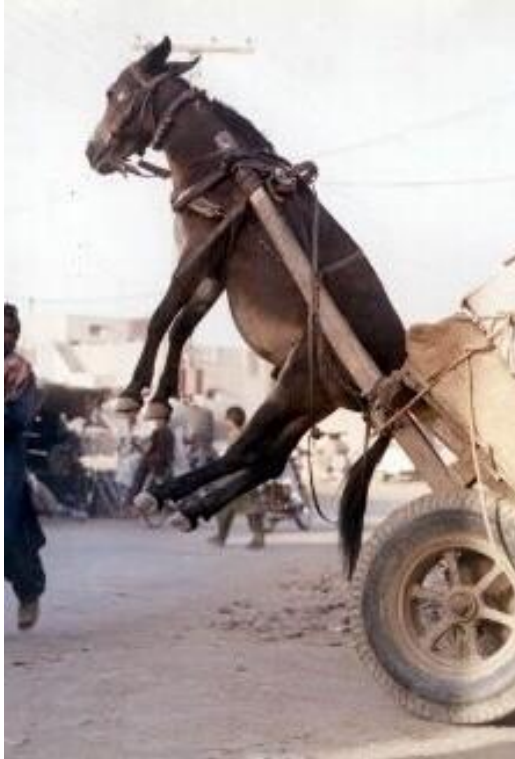
Obesity as a risk factor for tendinopathy: A systematic review. Int J Endocrinol. 2014;2014: 670262.

Thyroid hormones and tendon: Current views and future perspectives, concise review. Muscles Ligaments Tendons J. 2013;3:201-3

ETIOPATOGENIA: FACTORES EXTRÍNSECOS.

- GESTIÓN DE LA CARGA

1. The pathogenesis of tendinopathy: Balancing the response to loading. Nat Rev Rheumatol. 2010;6:262-8.
2. The pathogenesis of Achilles tendinopathy: A systematic review. Foot Ankle Surg. 2014;20:154-9.
3. Risk factors for patellar tendinopathy in volleyball and basketball players: A survey-based prospective cohort study. Scand J Med Sci Sports. 2014.
4. Limited ankle dorsiflexion increases the risk for mid-portion Achilles tendinopathy in infantry recruits: A prospective cohort study. J Foot Ankle Res. 2014;7:48.



Importancia de la carga:

- La reducción de la carga o el buen espaciamiento entre las sesiones en las primeras fases puede devolver al tendón su estructura si la lesión es incipiente y no hay rotura.
- Un tendón sometido a bajos niveles de carga durante periodos prolongados puede resultar dañado cuando la carga se incrementa bruscamente.
- Cook et al 2009

¿CÓMO GESTIONAR LA CARGA?

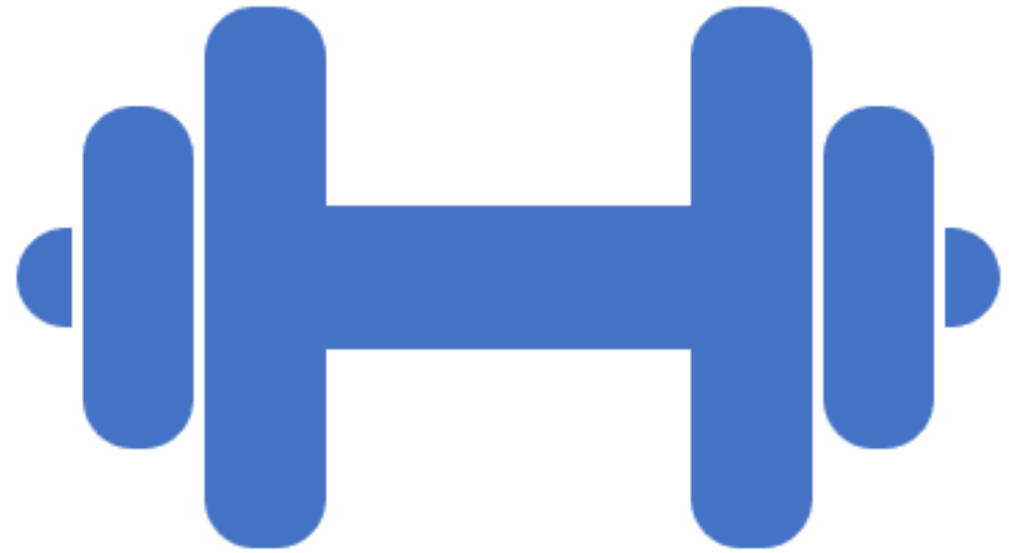
PRIMERA PARTE



¿CÓMO GESTIONAR LA CARGA?

1ª PARTE

1. REDUCCIÓN DEL DOLOR.
2. CONTROL DEL VOLUMEN DE ENTRENAMIENTO.
3. CONTROL DE LOS PERIODOS DE RECUPERACIÓN Y DESCANSO.
4. SI APARECE LA TENDINOSIS, ORGANIZAR UN PROGRAMA DE READAPTACIÓN BASADO EN LA EVIDENCIA.
5. ES IMPORTANTÍSIMO INTRODUCIR PRECOZMENTE LA CARGA EN EL TENDÓN PARA ACTIVAR LA REGENERACIÓN Y LA REORGANIZACIÓN MATRICIAL.



The challenge of managing tendinopathy in competing athletes. Br J Sports Med. 2014;48:506-9.



La prueba: “la intención y la atención modulan tu vida” Chopra.

- Tres grupos de ratas fueron operadas .
- Al primer grupo se la inmovilizó.
- Al segundo se le dejó deambular libremente.
- Al tercero se le obligó a caminar en una rueda.

Bring.D.,et al. La actividad física modula la plasticidad neuronal y estimula la reparación después de una rotura del aquiles.2007.



La prueba: “la intención y la atención modulan tu vida” Chopra.

- RESULTADOS: el colágeno reorganizado a las 4 semanas en el grupo de la rueda es equivalente al reorganizado en el grupo que deambulaba libremente a las 14 semanas. El grupo inmovilizado tardó más que ninguno en reorganizar el colágeno.
- Parece ser que es el sistema nervioso periférico el modulador de la reparación.

Bring.D.,et al. La actividad física modula la plasticidad neuronal y estimula la reparación después de una rotura del aquiles.2007.

La prueba: “la
intención y la
atención
modulan tu
vida” Chopra.

EN HUMANOS, EN LAS PRIMERAS 4 SEMANAS DE TRABAJO SE INCREMENTA LA DEGRADACIÓN Y LA SÍNTESIS.

A PARTIR DE LAS 11 SEMANAS SÓLO LA SÍNTESIS SE ELEVA CRÓNICAMENTE.

AÚN ASÍ, SE DEBE INDIVIDUALIZAR EL TRATAMIENTO PUESTO QUE LA RECUPARECIÓN A PARTIR DE LOS 17 AÑOS DEL COLÁGENO ES LIMITADA.

Effect of habitual exercise on the structural and mechanical properties of human tendon, in vivo, in men and women. Scand J Med Sci Sports. 2008;18:23-30.

La prueba: “la intención y la atención modulan tu vida” Chopra.

Kannus y Józsa examinaron histológicamente 891 tendones rotos espontáneamente, 864 (97%) presentaban cambios degenerativos.

La degeneración y sobrecarga crónica del tendón puede llevar a la rotura degenerativa, el reposo no es la solución, hemos de mejorar la estructura y tolerancia a la carga.

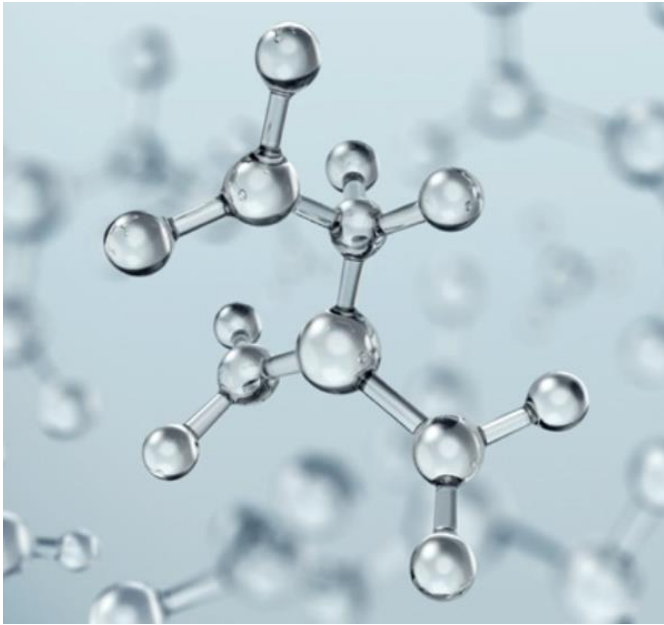
- *Management of chronic ruptures of the Achilles tendon. J Bone Joint Surg Am. 2008;90:1348-60.*
- *Ruptured Achilles tendons are significantly more degenerated than tendinopathic tendons. Med Sci Sports Exerc. 2001;33:1983-90.*
- *Achilles tendon rupture: A review of etiology, population, anatomy, risk factors, and injury prevention. Foot Ankle Spec. 2010;3:29-3*
- *Structural Achilles tendon properties in athletes subjected to different exercise modes and in Achilles tendon rupture patients. J Appl Physiol. 2005;99:1965-71.*

EJERCICIO:

EL EJERCICIO INTENSO Y REGULAR INCREMENTAN LA SÍNTESIS DE COLÁGENO HUMANO, PRINCIPALMENTE EL TIPO I.

- *Training-induced changes in peritendinous type I collagen turnover determined by micro-dialysis in humans. J Physiol. 2001;534 Pt 1:297-302.*
- *Coordinated collagen and muscle protein synthesis in human patella tendon and quadriceps muscle after exercise. J Physiol. 2005;567 Pt 3:1021-33.*
- *Effect of habitual exercise on the structural and mechanical properties of human tendon, in vivo, in men and women. Scand J Med Sci Sports. 2008;18:23-30.*
- *Type I collagen synthesis and degradation in peritendinous tissue after exercise determined by microdialysis in humans. J Physiol. 1999;521 Pt 1:299-306. Time pattern of exercise-induced changes in type I collagen turnover after prolonged endurance exercise in humans. Calcif Tissue Int. 2000; 67:41-4.*

¿ CÓMO SE ADAPTA EL COLÁGENO?



- TRAS ENTRENAR O READAPTAR:

A LAS 24-36 HORAS → HAY PÉRDIDA DE MATRIZ COLÁGENA.

A PARTIR DE LAS 36 H HASTA 72/168 H (DEPENDE DE LA EDAD...) INCREMENTO DE SÍNTESIS DEL PROPÉPTIDO CARBOXILO TERMINAL DEL COLÁGENO TIPO 1 (INDICATIVO DE ANABOLISMO DEL COLÁGENO) .

1. *The pathogenesis of tendinopathy: Balancing the response to loading. Nat Rev Rheumatol. 2010;6:262-8.*
2. *In vivo investigation of tendon responses to mechanical loading. J Musculoskelet Neuronal Interact. 2011;11:115-23.*

¿Cómo se adapta el colágeno?

La fatiga central puede ser consecuencia de la disminución de los impulsos excitatorios centrales por activación cortical-motivación; también de la reducción en la liberación de acetilcolina en las terminaciones sinápticas en unidades motoras rápidas. (Importante ejercicio tipo rolfing...)

La fatiga periférica es metabólica (lactato, disminución ATP, PC, GLUCÓGENO; por alteraciones en la conducción del potencial de acción (fosfolípidos), por radicales libres que dañan las membranas celulares. Importante DIETA y trabajo en umbrales.

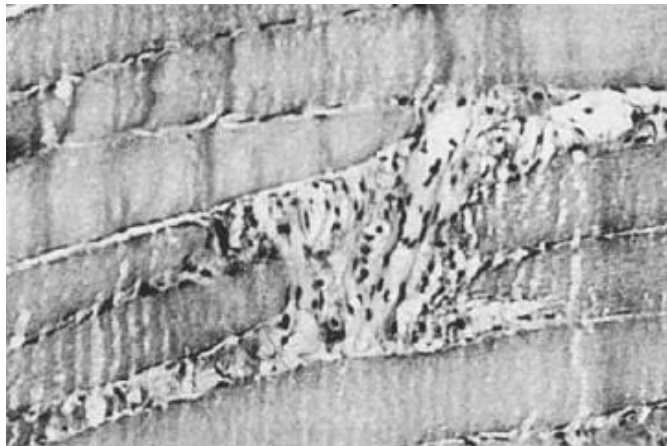
¿Cómo se adapta el colágeno?

- Durante 24-48 horas tras el ejercicio encontramos edema muscular pasajero pero también daños en el sarcolema, necrosis celular de fibroblastos, fagocitosis, interrupción de las líneas Z, ruptura del citoesqueleto y desorganización de las miofibrillas. (arriba pre-ejercicio excéntrico, abajo post).

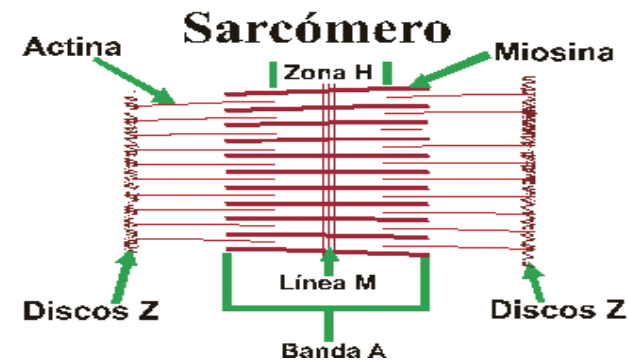
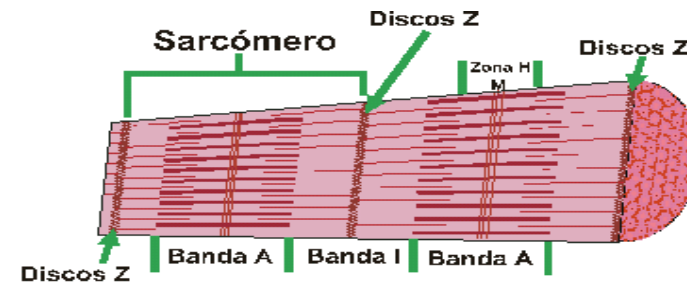


Hagermann et al 1984

¿Cómo se adapta el colágeno?



- Rotura de la membrana celular en una fibra muscular.
- FIBROBLASTOS.



¿ Cómo se adapta el colágeno?

- Antes de la actividad excéntrica es esencial el calentamiento concéntrico para aumentar el rendimiento (elíptica, bici ...) ya que produce cambios energéticos reduciendo la viscosidad y aumentando la elasticidad, el metabolismo y la perfusión muscular, aumentando también la velocidad de conducción y la potencia muscular y la disponibilidad de O₂.



¿Cómo se adapta el colágeno?

Para comprender cómo se adapta el colágeno debemos también comprender la diferencia entre una respuesta y una adaptación fisiológica. Zintl 1991.

Respuesta fisiológica es toda modificación o reacción aguda o inmediata que experimenta un sistema fisiológico ante un estímulo (sueño, vigilia, trabajo, correr, estirar....)→tono gamma, frecuencia cardiaca ...

Adaptación fisiológica es toda reacción o modificación crónica tras series repetidas de ejercicio, a lo largo de un periodo determinado de tiempo que variará en función de la adaptación buscada→ modificaciones cardiacas o vasculares a largo plazo.

¿CÓMO SE ADAPTA EL COLÁGENO?



LA EXPRESIÓN DE PROCOLÁGENO ES IDÉNTICA PARA EL TRABAJO ISOMÉTRICO, CONCÉNTRICO Y EXCÉNTRICO → LO QUE SE JUSTIFICA PORQUE ES EL FIBROBLASTO EL QUE REGULA LA SÍNTESIS DE COLÁGENO.



ESTO EXPLICA EL POR QUÉ DEBEMOS TRABAJAR MULTIAXIALMENTE.



SI SOMETEMOS AL TENDÓN A GRANDES VOLÚMENES DE CARGA SE RIGIDIFICA E INCREMENTA LA PROPORCIÓN DE HIDROXILISINA Y NORLEUCINA (SE PARECE A LIGAMENTO).



In vivo investigation of tendon responses to mechanical loading. J Musculoskelet Neuronal Interact. 2011;11:115-23.

¿CÓMO GESTIONAR LA CARGA?

SEGUNDA PARTE



¿CÓMO GESTIONAR LA CARGA? SEGUNDA PARTE. ISOMÉTRICOS

EN PRESENCIA DE DOLOR LA CONTRACCIÓN ISOMÉTRICA CON CARGA REDUCE VARIAS HORAS EL DOLOR.

SE PUEDEN REALIZAR TAMBIÉN EJERCICIOS ISOTÓNICOS CON PESAS EN MÁQUINA LENTAMENTE.

SE REALIZARÁN 4 O 5 SERIES DE 45 A 60 SEGUNDOS VARIAS VECES / DÍA.

SI EL DOLOR ES IMPORTANTE SE REALIZARÁN CON APOYO BIPODAL (CON MENOS CARGA, MENOS TIEMPO Y MENOS VECES/ DÍA), SI ES MENOS GRAVE, MONOPODAL.

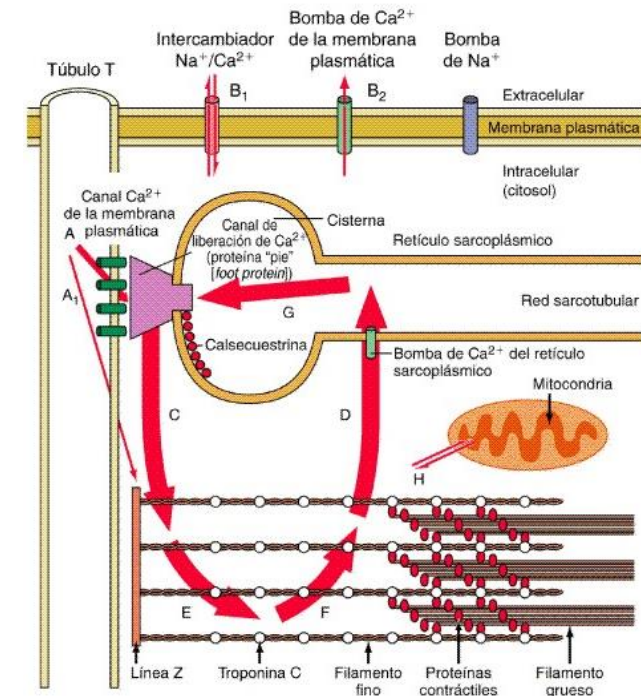
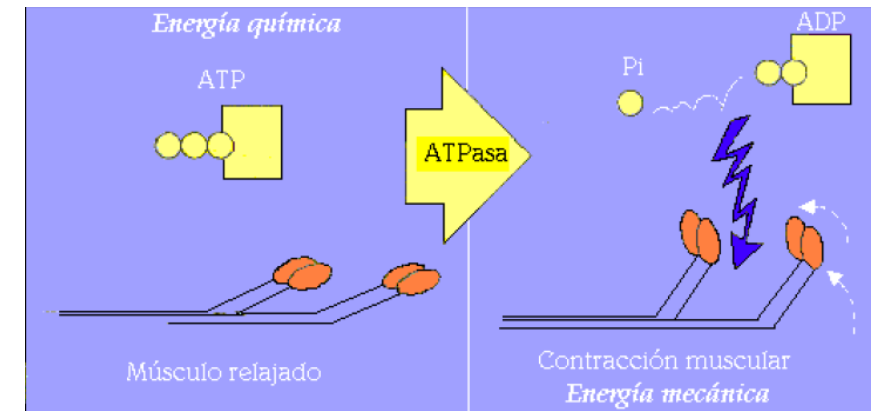
ES POSIBLE USAR METRÓNOMOS O APLICACIONES INFORMÁTICAS PARA CONTROLAR EL RITMO DE TRABAJO.

Do isometric and isotonic exercise programs reduce pain in athletes with patellar tendinopathy in-season? A randomised clinical trial. J Sci Med Sport. 2016; 19:702-6.

Tendon neuroplastic training: Changing the way we think about tendon rehabilitation: A narrative review. Br J Sports Med. 2016;50:209-15.

Sistemas energéticos:

- La ruptura de un enlace rico en energía de la molécula de ATP proporciona energía química que provoca cambios en la ultraestructura de la miosina para que se produzca el proceso de la contracción muscular.
- En esta transformación gran parte de la energía liberada se pierde en forma de calor o energía térmica; esto tiene su ventaja ya que el aumento de temperatura provoca variaciones en diferentes reacciones metabólicas mediadas por complejos enzimáticos, posibilitando que estas reacciones sean más eficientes desde un punto de vista energético; por esta razón se recomienda realizar un adecuado calentamiento antes de la ejecución de un entrenamiento.



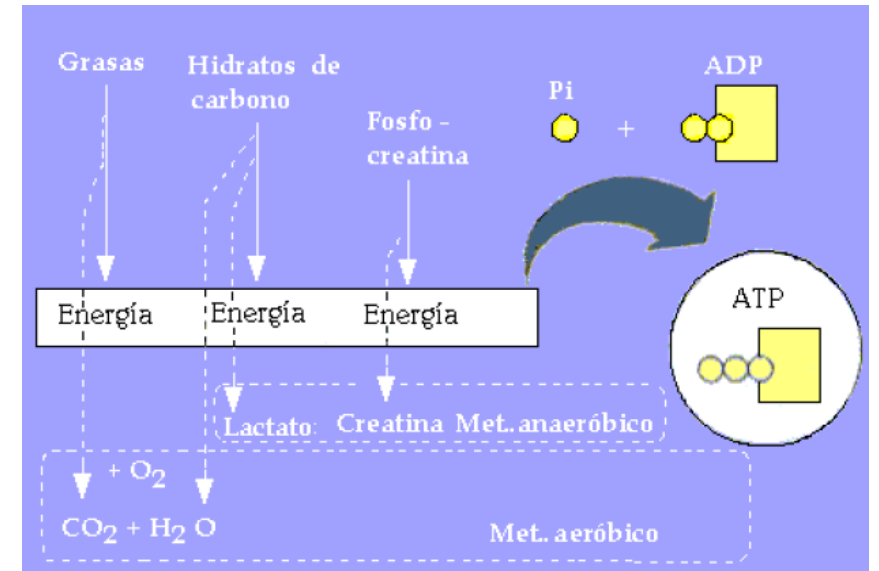
Sistemas energéticos:

- Los SISTEMAS ENERGÉTICOS a partir de los cuales se produce la resíntesis del ATP para realizar el ejercicio físico son
- **1.** El sistema de los fosfágenos: ATP y fosfocreatina (PC)
- **2.** La glucólisis anaeróbica
- **3.** Sistema aeróbico u oxidativo

DE GLUCOSA CIRCULANTE

● Anaeróbico: 2 ATP (+ 2 lactatos)

● Aeróbico : 2 ATP + 2 NADH (c) + 8 NADH + 2 FAD + 2 GTP
(= 36 ATP)



Sistemas energéticos:

- Los sistemas glucolítico y oxidativo necesitan un tiempo para alcanzar el máximo rendimiento:

SISTEMA ENERGÉTICO	TIEMPO DE ADAPTACIÓN
Sistema ATP-PC	0 s
Sistema Anaeróbico Láctico	15 – 30 s
Sistema Aeróbico	90 – 180 s

Programación de una sesión:

Es un arte porque implica integrar miles de datos: Postura sujeto, alteraciones mecánicas, dieta, deporte, momento de la temporada, cualidades del atleta, déficits neuromusculares....

Debe considerar qué cualidad queremos trabajar en función del daño tendinoso y el tiempo de recuperación del tejido tras la sesión.

Es fundamental comprender que las microrroturas tras una sesión reducen nuestro rendimiento al día siguiente en un 10-20% por lo que debemos adaptar el trabajo.

Por ello hablaremos primero de los periodos de recuperación tras estímulos máximos y submáximos desde el punto de vista histológico.

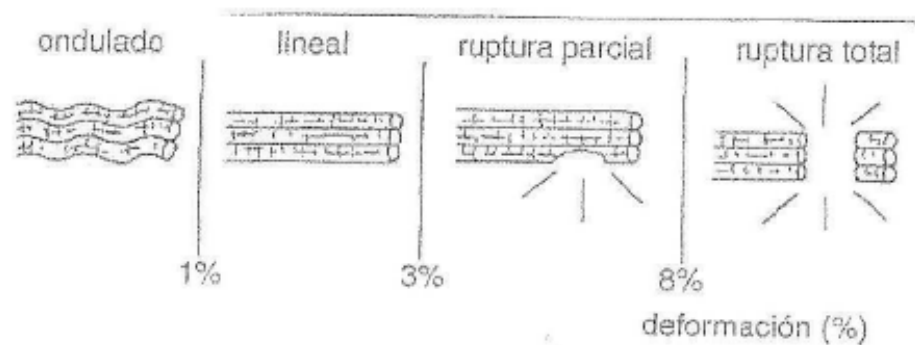
Programación de una sesión:

ENFOQUE HOLÍSTICO.

LA CARGA APROPIADA ES EL MÉTODO
DE TRATAMIENTO MÁS IMPORTANTE.

- *Treatment options for patellar tendinopathy: Critical review. Curr Sports Med Rep. 2011;10:255-70.*
- *Sports and exercise-related tendinopathies: A review of selected topical issues by participants of the second International Scientific Tendinopathy Symposium (ISTS) Vancouver 2012. Br J Sports Med. 2013;47:536-44.*

3.1.- Intervalos de recuperación:



- Según Butler et al (1978)
- Numerosos estudios muestran que el tendón es sensible al ejercicio físico; se fortalece.
- Tipton et al 1974.
- Kubo et al 2001.
- En el 2002 Kubo et al estudian el efecto en 20 días de estiramientos de 45 segundos repetidos 5 veces con 15 segundos de reposo, tres veces al día y encuentran una importante reducción de la viscosidad del tendón sin cambios en la tensión ni en la estructura histológica.

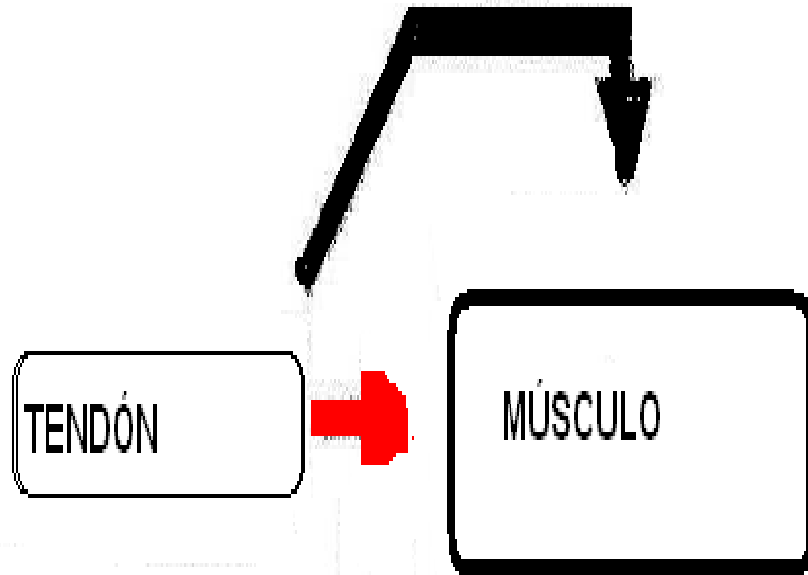
¿qué pueden hacer y qué no pueden hacer?

Fenómeno CREEPING

Wydra 1997, Ullrich y Gollhofer, 1994 y Marshall 1999 → durante un estiramiento prolongado y extenso el tendón se alarga y se reorganizan las fibrillas de colágeno alineándose (desde su orientación normalmente oblicua) pero reduciendo la capacidad del tendón para almacenar energía.

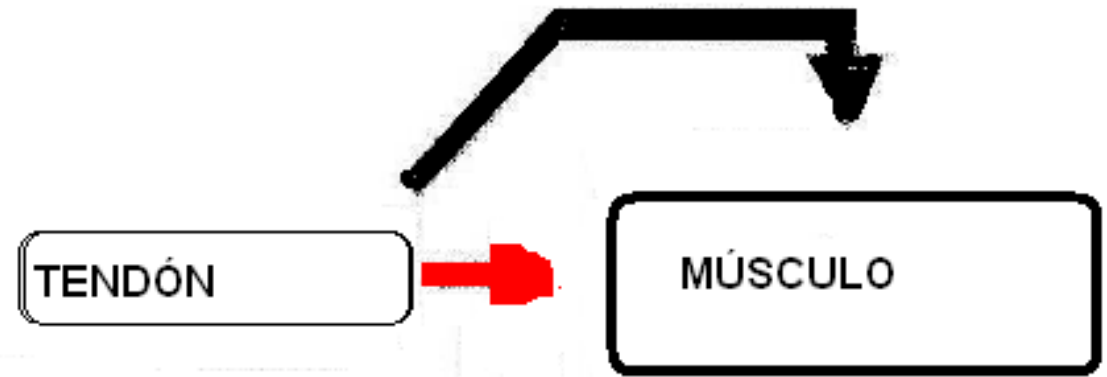


3.2.- Intervalos de recuperación:



- Durante largo tiempo se ha considerado que la transmisión de tensiones del músculo al tendón (y a la inversa) se efectuaba longitudinalmente , hoy sabemos que se efectua igualmente de manera transversal . Patel 1997 Hujing 1999.
- Esto justifica la importancia del trabajo miofascial sobre los septos.

3.2.- Intervalos de recuperación:



- Los datos recientes (Pater y Lieber 1997) muestran que la transmisión de la tensión del músculo al tendón no se efectúa únicamente por la vía directa de los sarcómeros en serie sino igualmente de manera lateral por intermedio de los elementos elásticos transversales que transmiten la tensión a las diferentes membranas musculares, sarcolema (miofibrillas), endomisio (fibras), perimisio (fascículos de fibras), epimisio (músculo) para transmitirla a las aponeurosis y después, al tendón.
- LOS SARCÓMEROS EN PARALELO SE CONSOLIDAN ENTRE SÍ MEDIANTE LA DESMINA.
- Las miofibrillas se conectan lateralmente con el sarcolema de la fibra mediante las costámeras (que tienen la misma composición que la conexión tendón músculo).

3.2.- Intervalos de recuperación:



CONSECUENCIAS PRÁCTICAS.



El ejercicio excéntrico daña la desmina (Lieber et al 1996)(Lieber y Friden 2001) que disminuye tras 15 minutos de excéntrico.



Babash et al 2002 encuentran una pérdida de desmina máxima 12 horas tras el ejercicio excéntrico y entre 72 y 168 horas un considerable aumento .



Estos deberán ser los periodos de pausa. INTERVALOS DE RECUPERACIÓN BASADO EN LA EVIDENCIA.

Consideraciones musculares:

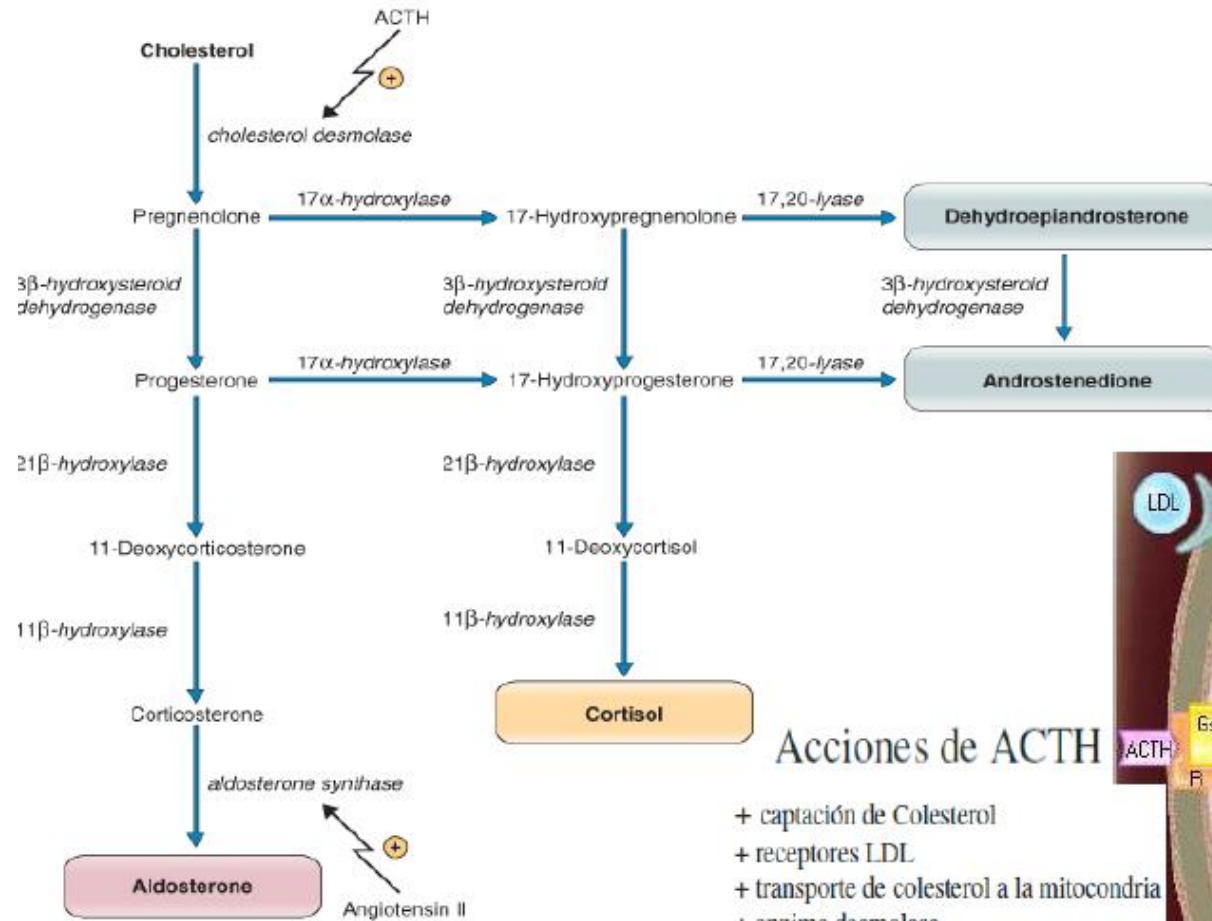
En las lesiones tendinosas interviene también el déficit de control discriminativo de movimiento, la correcta relación agonista-antagonista. Los músculos con doble inervación pueden sufrir asincronías de contracción (la porción corta y larga del bíceps crural) .

La fatiga reduce el umbral de sensibilidad de las unidades motoras rápidas.

Un aumento de 1º centígrado de la temperatura corporal incrementa en un 13% el metabolismo corporal.

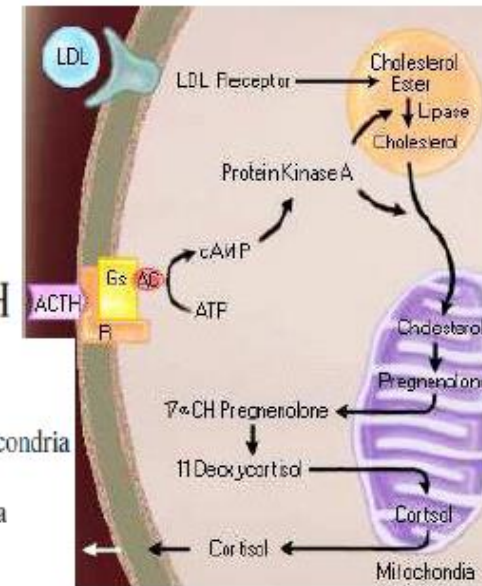
El edema lesional es un intento de equilibrar el pH al precio de separar la célula del capilar sanguíneo.

2.- SÍNTESIS DE ESTEROIDES SUPRARRENALES.



Acciones de ACTH

- + captación de Colesterol
- + receptores LDL
- + transporte de colesterol a la mitocondria
- + enzima desmolasa
- + paso de colesterol a pregnenolona
- Efecto crónico
- + crecimiento de la glándula (hiperplasia e hipertrofia)



6.- ALDOSTERONA.

6.1.- Acciones biológicas y mecanismo de acción.

Efectos renales y circulatorios

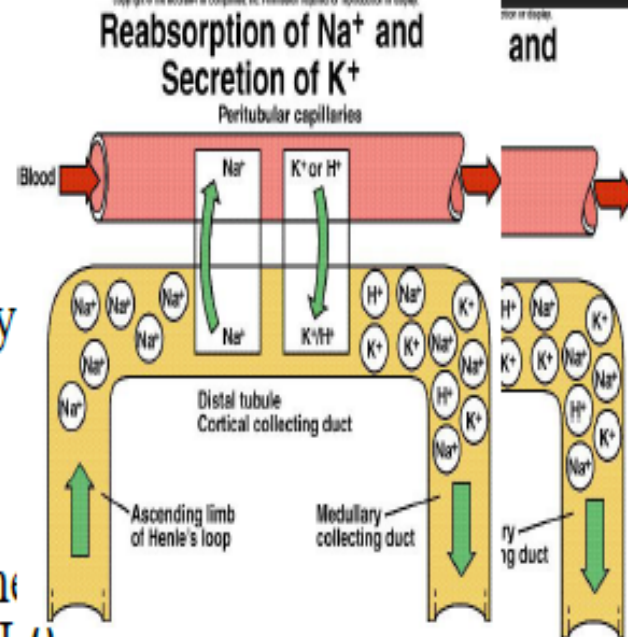
- ↑ la reabsorción de Na^+ y secreción de K^+ en el tubo distal y colector
- ↑ la eliminación de H^+ por las células intercalares
- El ↑ aldosterona favorece la retención de Na^+ pero en condiciones fisiológicas no provoca hipernatremia ya que ↑ la retención de H_2O (ADH)

↑ aldosterona → ↑ reabsorción Na^+ → ↑ reabsorción H_2O
(osmolaridad no cambia) pero... ↑ volemia (hasta cuándo?)

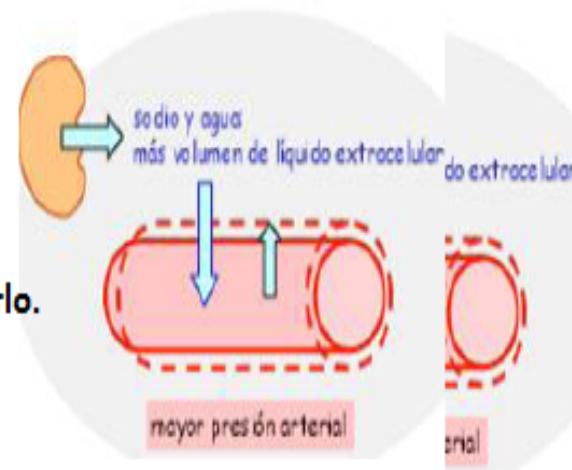
Parará la ADH pero no la aldosterona y eso generará hipernatremia. Cuando aumenta la concentración de potasio en sangre, aumenta la producción de aldosterona para secretarlo.

Acciones extrarrenales.

- Aumenta la reabsorción de Na^+ y la secreción de K^+ en glándulas sudoríparas, salivares y el epitelio intestinal



sube la presión arterial



Consideraciones musculares:



Debemos analizar el control discriminatorio de los movimientos y la propiocepción del sujeto (test de esquema corporal y tests propioceptivos) deberá valorar la relación agonista antagonista .



Cameron et al 2003.



Las fibras rápidas presentan una mayor sensibilidad a la fatiga y a las lesiones tisulares del ejercicio excéntrico. Brokett 2002.

Consideraciones musculares:



El ejercicio excéntrico daña la desmina (proteína organizadora estructural de la fibra muscular al unir los discos Z supra y subyacentes con el sarcolem) de la fibra muscular, es el citoesqueleto un transmisor de fuerzas y un estabilizador estructural. **La desmina destruida genera impotencia muscular y necesita de la recuperación del calcio intramuscular para resintetizar desmina.**



El trabajo excéntrico daña , también los otros componentes elásticos como la titina (proteína responsable de la rigidez muscular activa).



Sam M et al: Desmin Knockout muscle generate lower stress. Am J Physiol 2004.

Consideraciones musculares:

La adecuada transmisión de fuerzas en el sarcómero es garantizada por la desmina.

Tras una lesión muscular debemos considerar tres fases:

1.- en las primeras 24-48 horas persiste la fase inflamatoria (exudación, inflamación en unión Miotendinosa, leucocitosis y aumento de la tromboplastina → hay que proteger el tejido).

2.-entre el 3º y el 9 día los fibroblastos reparan, prolifera el colágeno y la elastina y los miofibroblastos retraen la cicatriz. Se impone un trabajo moderado y selectivo (rotar segmentos para prevenir sobrecargas).

3.-15-20 días remodelación mediante mínima protección y máximo trabajo de reorientación fibras.

Conclusión:

Dada la ligera controversia, ya que unos dicen que 24h (SIN CONSIDERAR LAS PROTEÍNAS DESMINA Y TITINA) y otros que 72h, quedémonos en la prudencia

¿CUÁNTO CARGAR ?

- CARGAS SUFICIENTES PARA QUE APAREZCAN SÍNTOMAS A PARTIR DE LAS 15 REPETICIONES O 45 SEGUNDOS.
- CONSIDERAR EL CONTROL MOTOR Y LA REEDUCACIÓN DE LAS HABILIDADES PROPIOCEPTIVAS Y MOTRICES.
- EL CONTROL CORTICAL ES CRÍTICO.
- LA INTENSIDAD ES CRÍTICA. REDUCIRLA SI HAY DOLOR AL DÍA SIGUIENTE O A LOS DOS DÍAS .
- LA FRECUENCIA DE TRABAJO ES INDIVIDUALIZABLE (ENTRE 36 Y 168 horas SI SE TRABAJA A ELEVADA INTENSIDAD) DEPENDIENDO DEL DOLOR AL DÍA SIGUIENTE.
- EL VOLUMEN DE TRABAJO ES LA CARACTERÍSTICA MENOS LESIVA POR LO QUE, AL PRINCIPIO, SE PUEDE TRABAJAR ELEVADOS VOLÚMENES DE TRABAJO REDUCIENDO FRECUENCIA E INTENSIDAD.
- LOS ISOMÉTRICOS DEBEN, AL MENOS, REALIZARSE AL 70% DE MÁXIMO Y 45 SEG.

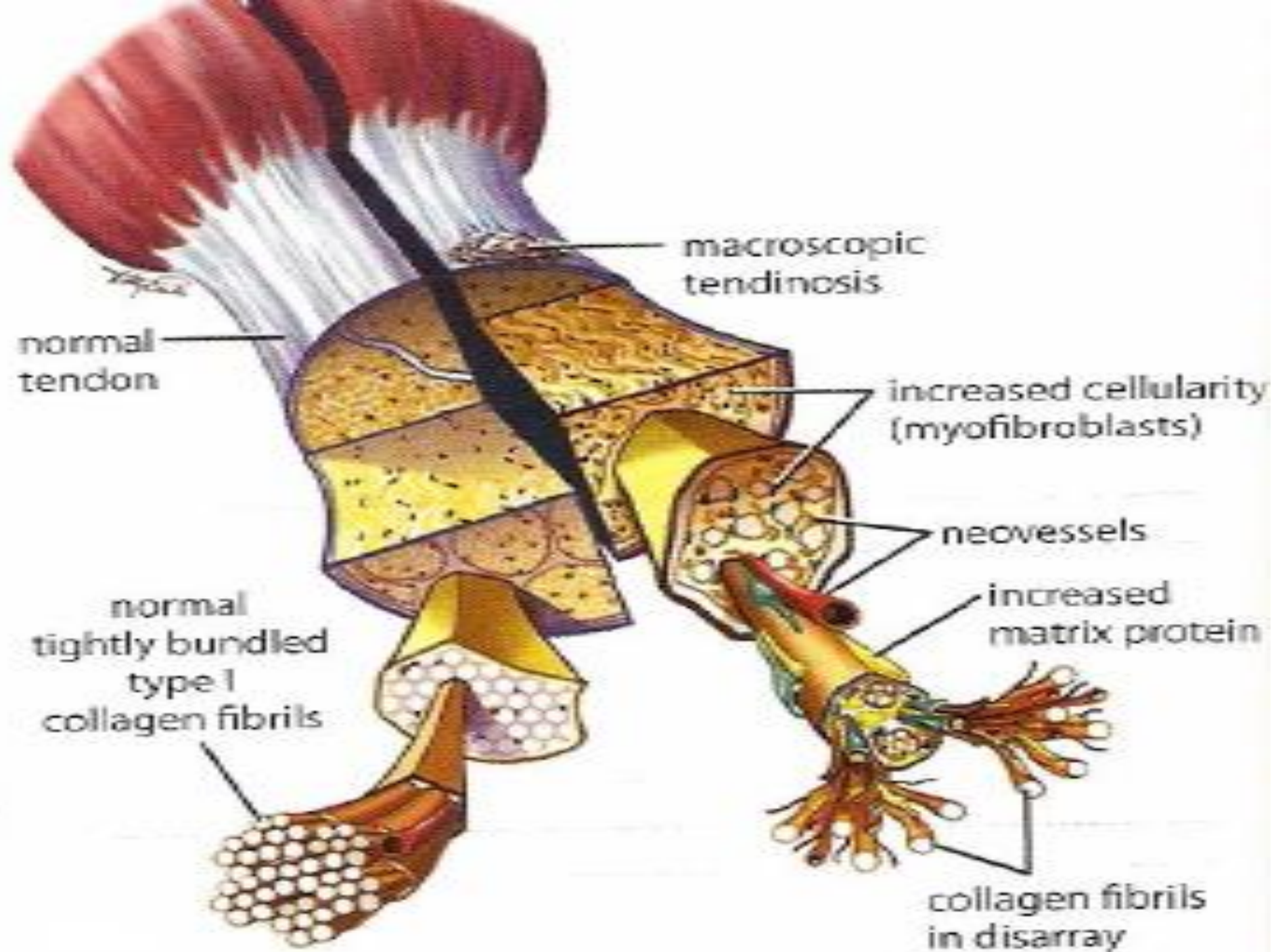
ISOMÉTRICOS:

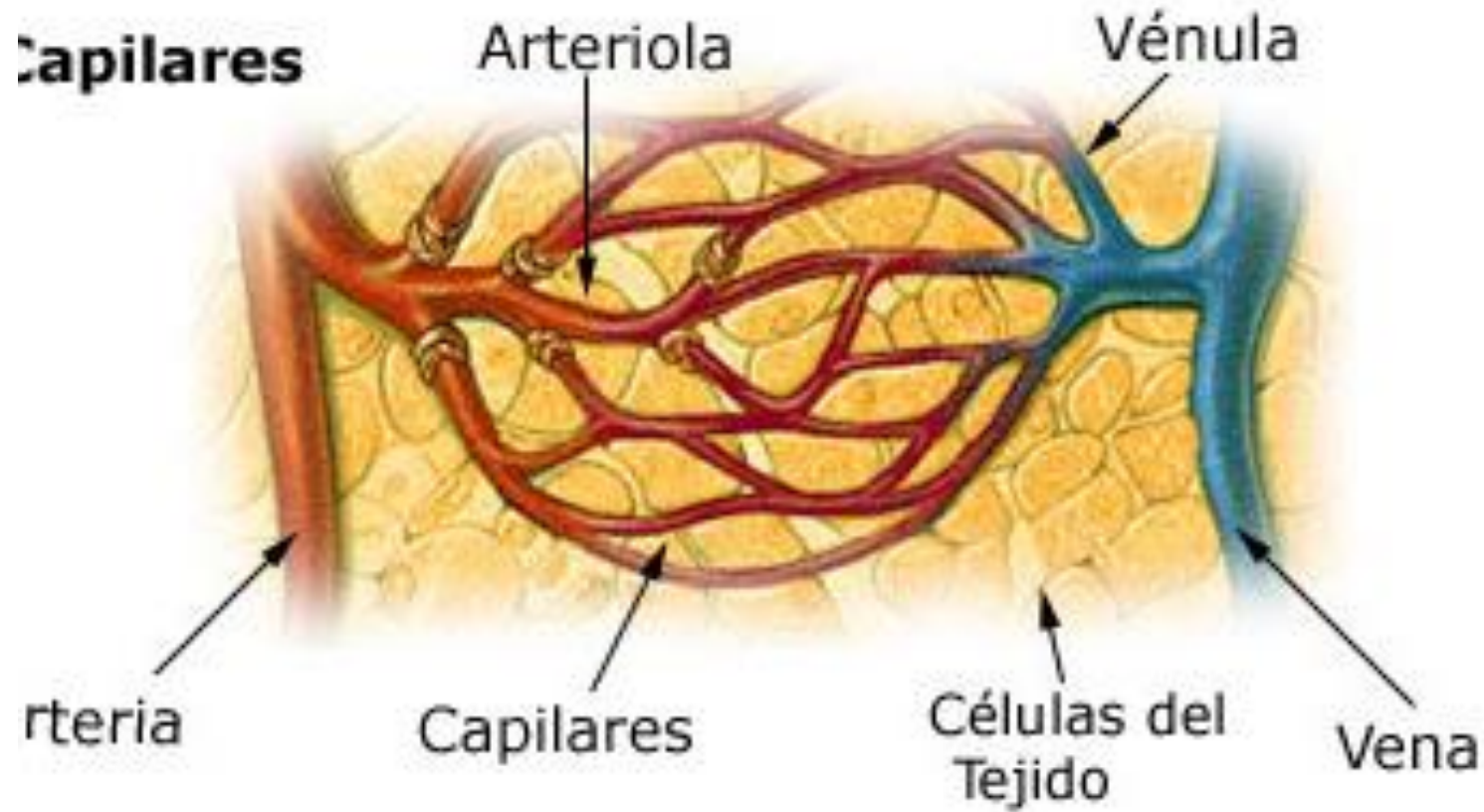
Isometric exercise induces analgesia and reduces inhibition in patellar tendinopathy. Br J Sports Med. 2015;49: 1277-83.

Isometric contractions are more analgesic than isotonic contractions for patellar tendon pain: An in-season randomized clinical trial. Clin J Sport Med. 2017;27:253-9.

An anatomical illustration of a human figure, viewed from the front and slightly to the side, showing the muscular system. The figure is in a dynamic pose, with arms raised and legs bent. The muscles are rendered in a realistic, reddish-brown color with visible fiber structure and some white connective tissue. The background is a solid, light gray.

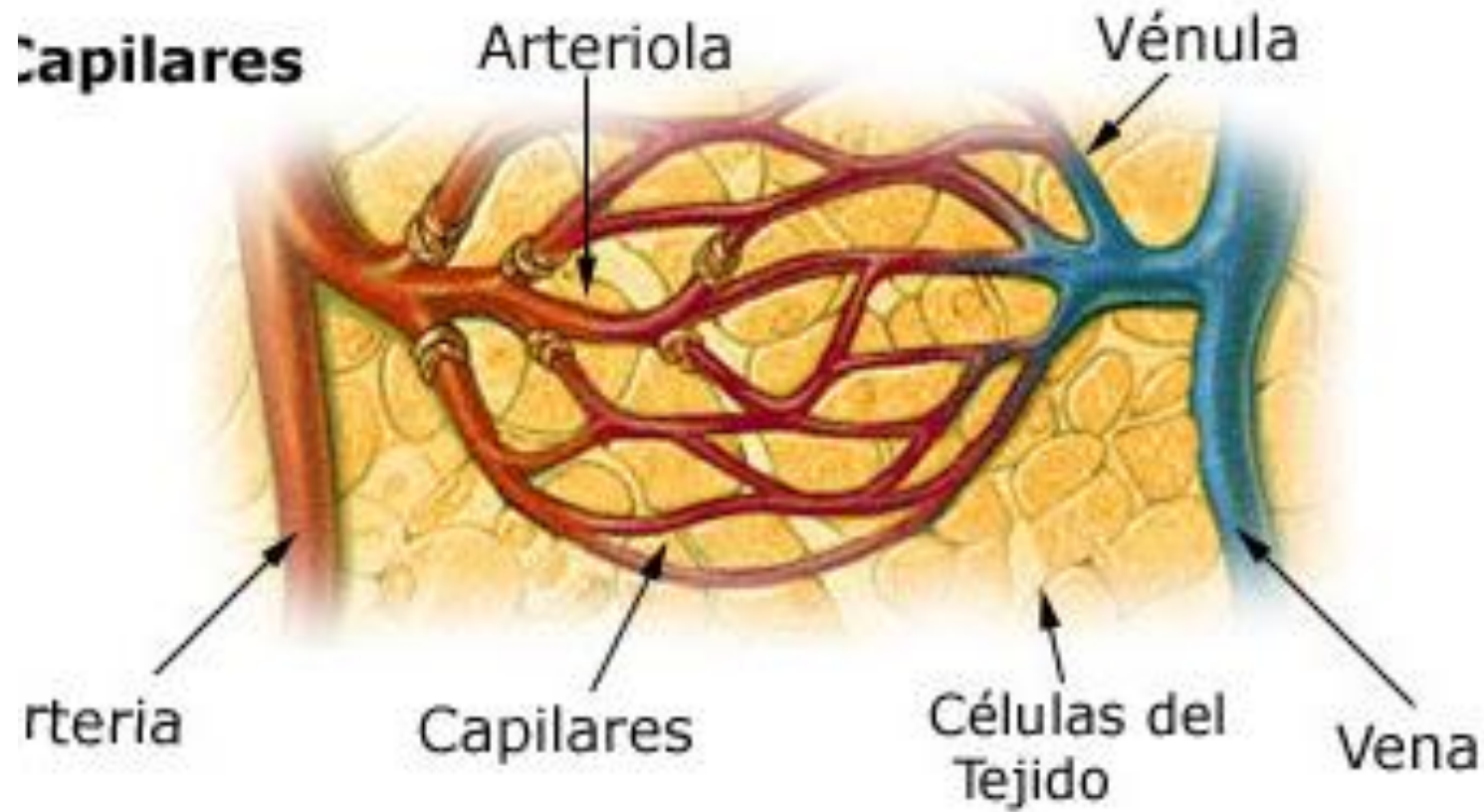
PROGRAMACIÓN DE LA READAPTACIÓN





3.3.- Capilarización de la fibra:

- Se sabe que los atletas de fondo tienen mayor densidad capilar que las personas sedentarias, es un intento de la fibra de reducir su diámetro y aumentar su vascularización para mejorar la difusión de O₂.
- Un entrenamiento prolongado aeróbico o anaeróbico aislado, o la electroestimulación (de baja o alta frecuencia), pueden provocar la conversión de las fibras musculares.
- Abernety et al 1990



3.3.- Capilarización de la fibra:

- El trabajo se realizará sin pausas o con periodos de 2 a 5 minutos de trabajo, 2 minutos de pausa , 2-5 minutos de trabajo, 2 de pausa (aumentando progresivamente en 4 semanas el tiempo de trabajo y reduciendo las pausas).
- Abernety et al 1990

3.3.- CAPILARIZACIÓN DE LA FIBRA.



El entrenamiento aeróbico:



1.- Mejora la función mitocondrial y enzimática oxidativa, mejorando el consumo máximo de oxígeno (VO₂ máx).



2.- Aumenta el número y el tamaño de las mitocondrias, sobre todo a nivel de las fibras rojas.



3.- Aumenta la actividad y la concentración de las enzimas oxidativas (sucinato deshidrogenasa, citrato sintasa, malato deshidrogenasa, citocromo c-oxidasa, hexoquinasa...)

3.4.- Mejora tolerancia lactato:

Aumentar las enzimas glicolíticas ayuda a prevenir exceso de oxidaciones y evita envejecimientos del colágeno si se periodiza. Esto es porque este sistema evita la muerte celular en estado de hipoxia durante unos minutos.

4-6 semanas con 2 entrenamientos / semana de 45'' a 1.30'' con pausas breves 1-2' al principio y más largas 10-12' al final al ir aumentando la intensidad del trabajo.

PARA ESTE TIPO DE TRABAJO RECOMENDAMOS DEPORTES SIN IMPACTO, ELÍPTICA, RUNNING POOL Y BICICLETA PARA MIEMBRO INFERIOR, PARA MIEMBRO SUPERIOR CIRCUITOS CON BAJA CARGA 30-40% DEL MÁX O REMOERGO, O TRX.

3.4.- Mejora tolerancia lactato:

Es posible medir la capacidad celular de una vía metabólica específica mediante la medición de las enzimas indicadoras de la capacidad oxidativa:

La succinato-deshidrogenasa y citrato-sintasa para el ciclo de Krebs.

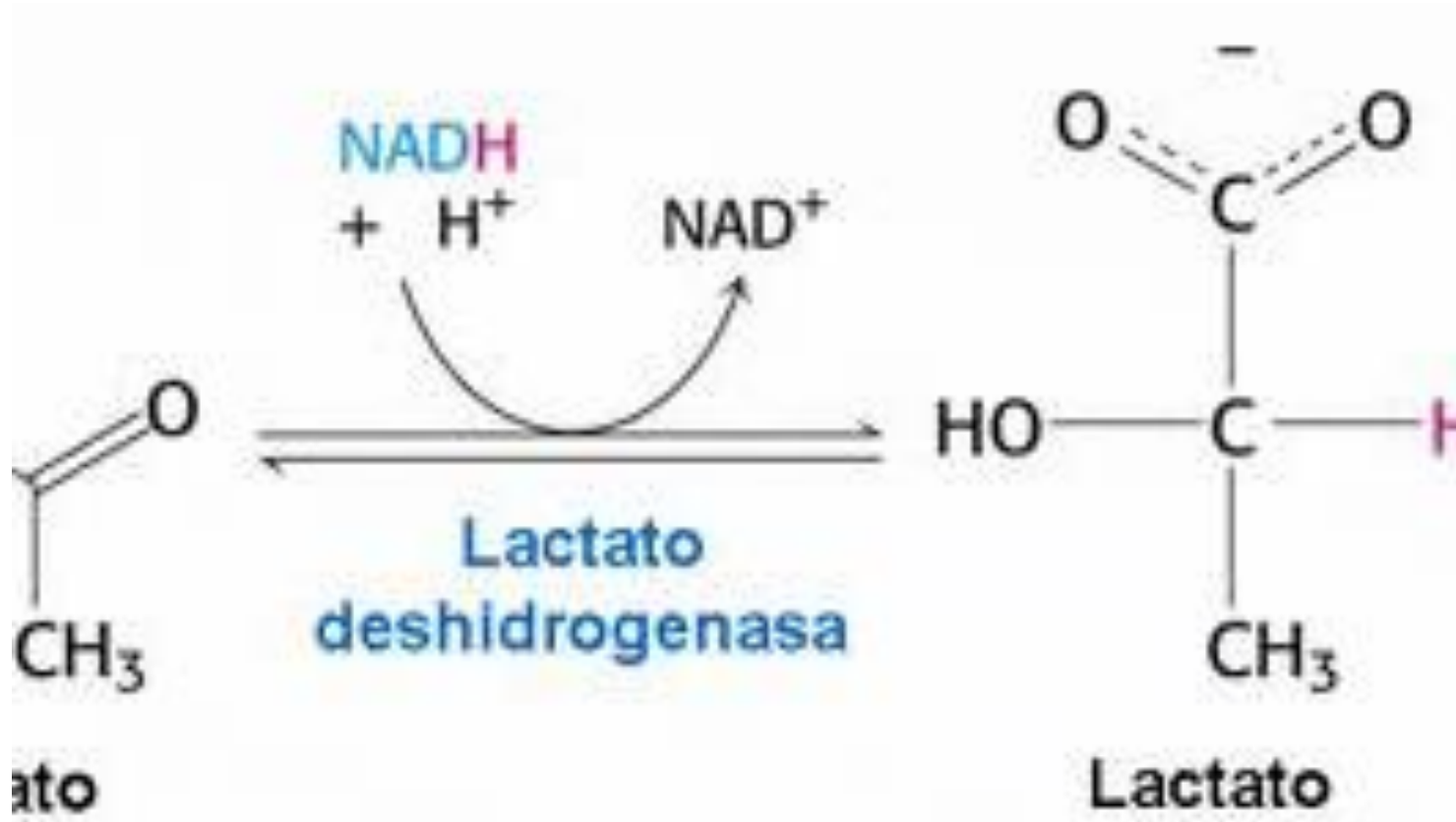
La citocromo oxidasa .

La 3-hidroxiacil-coenzima –A-deshidrogenasa.

3.4.- Mejora tolerancia lactato:

- La fuente primaria del lactato es la descomposición de un carbohidrato llamado glucógeno. El glucógeno se descompone y se convierte en una sustancia llamada piruvato y durante este proceso produce energía.
- Muchas veces nos referimos a este proceso como energía anaeróbica porque no utiliza oxígeno. Cuando el piruvato se descompone aún más, produce más energía.
- Esta energía es aeróbica porque este proceso adicional utiliza oxígeno. Si el piruvato no se descompone, generalmente se convierte en lactato.





3.4.- Mejora tolerancia lactato:

- El exceso del piruvato se convierte en lactato. Es por esta razón que el lactato es una señal tan importante para el entrenamiento. Cuando es producido, indica que la energía aeróbica es limitada durante la actividad.
- Existe otra razón por cual se produce más lactato cuando se incrementa la intensidad del ejercicio.
- Cuando se incrementa el ejercicio, se reclutan cantidades adicionales de fibras musculares. Estas fibras se utilizan con poca frecuencia durante el descanso o las actividades ligeras. Muchas de estas fibras son fibras de "contracción rápida". Las fibras de "contracción rápida" no tienen mucha capacidad de convertir el piruvato en energía aeróbica. Por lo tanto, mucho del piruvato se convierte en lactato.

3.4.- Mejora tolerancia lactato:

- **El lactato es dañino?**
 - Sí y no, pero mayormente no. Cuando se produce lactato en los músculos, se producen iones de hidrógeno excesivos junto con el lactato. Si existe una acumulación sustancial, los músculos se vuelven muy ácidos. Estos iones de hidrógeno causan problemas con la contracción de los músculos durante el ejercicio.
 - Los atletas describen una sensación de "quemar" o "apretar" en los músculos. La mayoría de los iones originan con el lactato.

3.4.- Mejora tolerancia lactato:

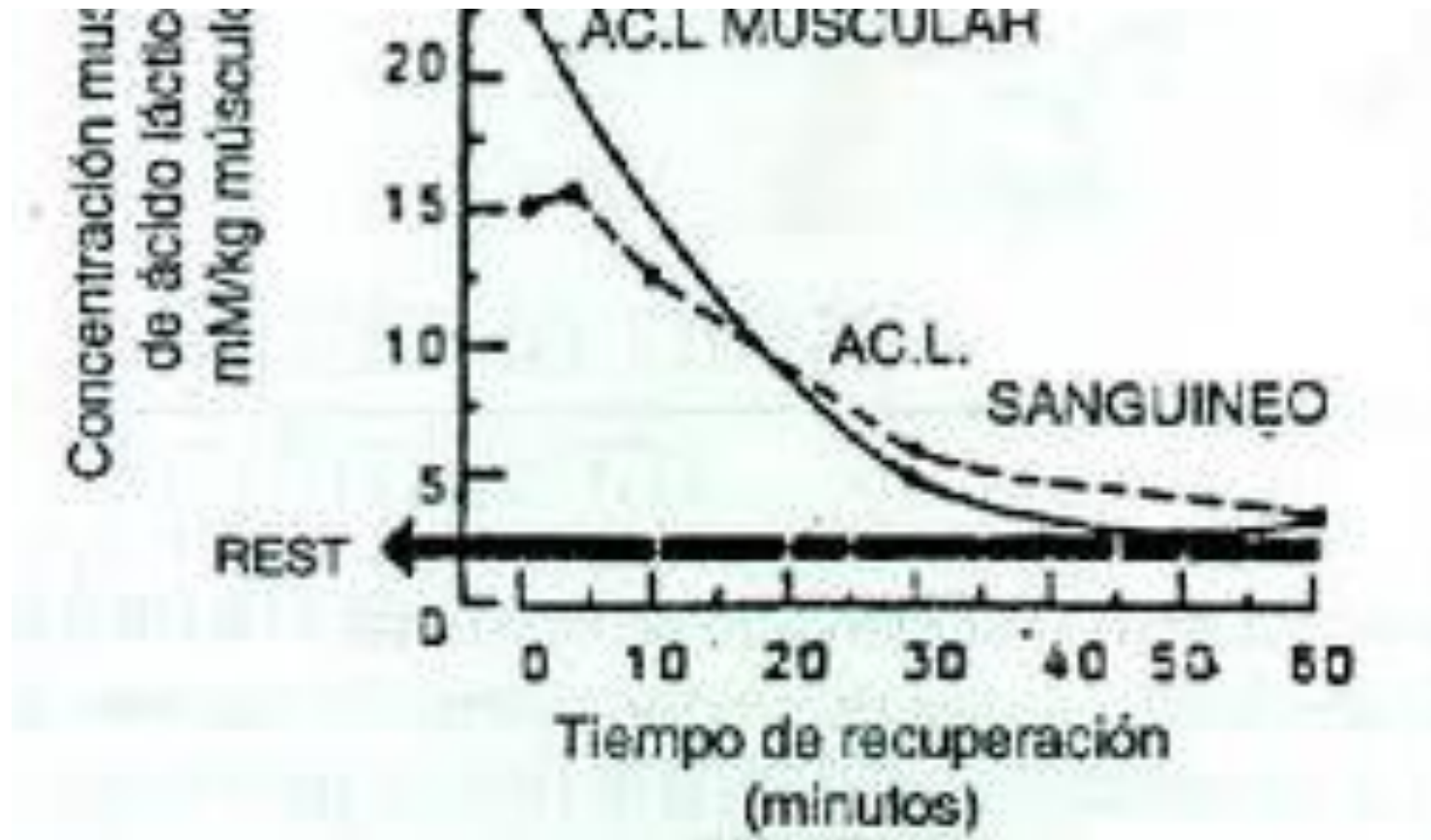
- **El lactato es dañino?**
 - Cuando el lactato es producido, el ion de hidrógeno es producido; cuando el lactato sale de la célula, los iones de hidrógeno salen de la célula con el lactato. Por lo tanto, el lactato no es la causa de la fatiga muscular. Pero es directamente relacionado con la acidez que se cree ser la verdadera causa de ella.
 - Aunque a los atletas no les gusta esta sensación de quemar, realmente es un mecanismo de defensa contra daño al músculo. Demasiada acidez puede descomponer la fibra muscular.
 - Una de las causas del entrenamiento excesivo ("over-training") es demasiado entrenamiento en niveles que producen altos niveles de ácido.

3.4.- Mejora tolerancia lactato:

- El lactato es algo sobre cual un atleta debe preocuparse?
 - Definitivamente y por dos razones importantes.
 - **Primero, si los atletas pueden producir menos lactato o despejar el lactato más rápidamente de sus músculos, el proceso reducirá los iones de hidrógeno problemáticos que inhiben su desempeño y dañan sus tendones.**

3.4.- Mejora tolerancia lactato:

- El lactato es algo sobre cual un atleta debe preocuparse?
 - Definitivamente y por dos razones importantes.
 - La clave para el éxito atlético es poder despejar el lactato del músculo donde es producido.
 - Si el atleta entrena bien, su cuerpo moverá o transportará el lactato a otro lugar rápidamente y resolverá el problema de tener niveles muy altos de lactato en los músculos.
 - Esto significa que cuando un atleta compite en un alto nivel podrá mantener niveles altos de esfuerzo durante más tiempo si su cuerpo despeja el lactato rápidamente
 - Y reducirá el riesgo de tendinosis.



- Mejorar esta tolerancia reduce los hidrogeniones y evita peroxidaciones y entrecruzamientos patológicos en los deportistas si se ha periodizado correctamente.

3.4.- Mejora tolerancia lactato:

3.5.- Reclutamiento:



En general, es importante trabajar primero la hipertrofia para generar bases estructurales, hacerlo lentamente en meses para evitar sobrecargar los tendones (con incrementos muy espaciados cada 2 semanas) y posteriormente trabajar la coordinación intramuscular (en un intento de optimizar la respuesta neural).



Cada 2-3 meses veremos un parón en el proceso de mejora del tejido.

3.6.- Reclutamiento, teoría de los puentes cruzados:

- **Una mayor cantidad de calcio**, relacionada con la frecuencia de estimulación del músculo por parte de la motoneurona que lo inerva y el número de unidades motoras activas, presente en el interior de las miofibrillas (desde el retículo sarcoplásmico, tras potencial de acción) **origina mayor número de cabezas de puentes cruzados de filamentos de miosina unidas a los filamentos de actina generando mayor fuerza en ese músculo.**

3.6.-Reclutamiento, teoría de los puentes cruzados:

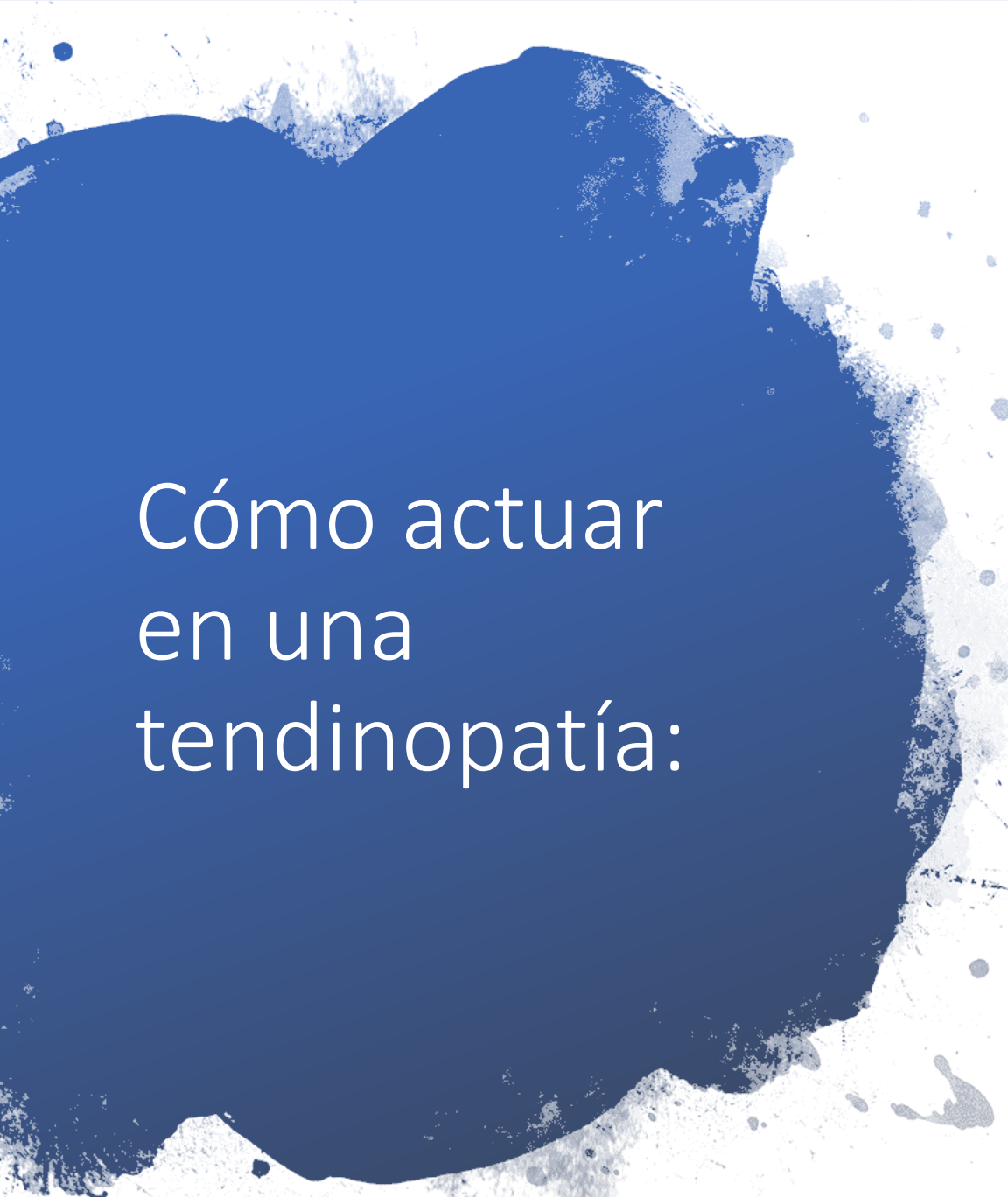
La generación de fuerza por el músculo esquelético está regulada por:

- 1. La frecuencia de estimulación de las unidades motoras.**
- 2. El número de unidades motoras activas.**

Es posible que una parte del aumento de la fuerza inducida por el entrenamiento pueda atribuirse al aumento de la activación neuronal de las unidades motoras.

El reclutamiento se logra con cargas máximas y explosividad.

Thomas y Earle 2000.



Cómo actuar en una tendinopatía:

- ROTURA INCOMPLETA → Primeros 6 días aprox: vendaje funcional en tensión para evitar acortamiento de la fibra, carga parcial, reducir impactos.
- SI LA ROTURA ES COMPLETA INMOVILIZAR EN ESTIRAMIENTO 1-2 SEMANAS TRAS CIRUGÍA .

Cómo actuar en una tendinopatía:

- 6-21 días: introducción gradual de cargas, incrementar oxigenación, enzimas, incrementar los puentes cruzados, estimular la correcta alineación de la fibra. Prevenir atrofia muscular y articular.
- Posteriormente incrementar síntesis y cargas. Estimular la producción de sarcómeros en serie y en paralelo

Kahn et al 2000..

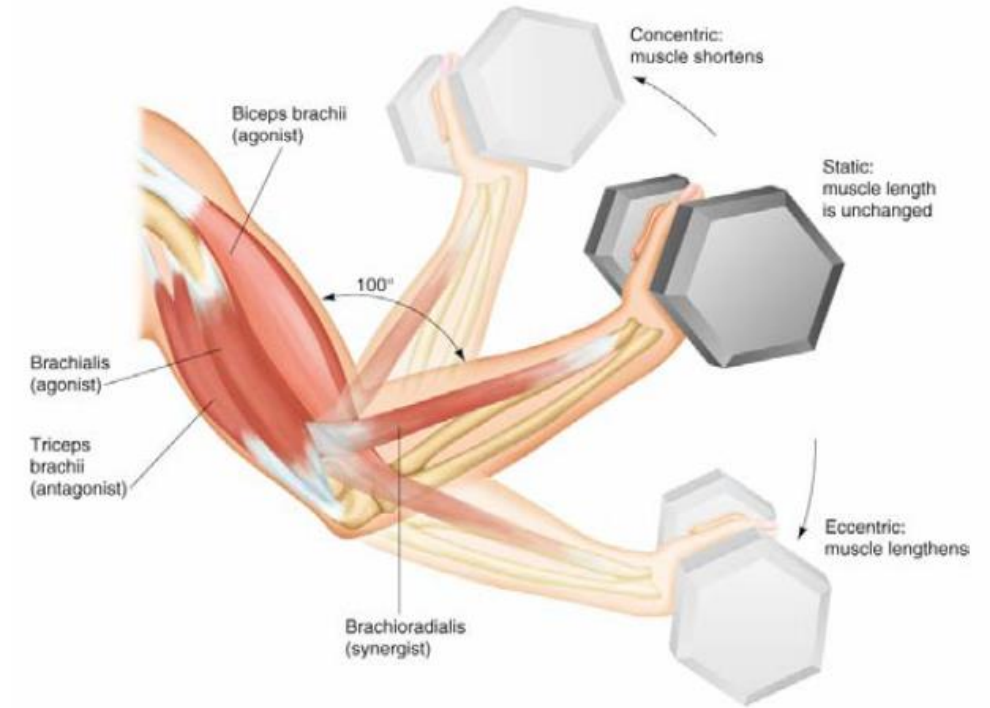
¿ como empezar la recuperación?

Primero respetar los plazos si la rotura es aguda.

Segundo: A la hora de comenzar una recuperación de las cualidades enzimáticas y oxidativas del tendón es interesante comenzar por la combinación de:

1º ejercicios asociados de capilarización de la fibra. Muchas repeticiones con el 10 al 30% del máximo.

2º ejercicios en posiciones ISOMÉTRICAS O ISOMÉTRICAS EXCÉNTRICAS (en carga o descarga dependiendo de la gravedad del proceso → ESTADÍOS 1-2-3??





Según Fyfe y Stanish. 1992

Se realizarán ejercicios incrementando la carga de manera que el paciente sienta dolor alrededor de la repetición nº 15 hasta la 20. Esto nos indicará que la carga de trabajo es la adecuada.

La progresión en todos los estadios será de velocidad de ejecución lenta a media y de media a rápida . Se podrá realizar en la misma sesión o en sesiones distintas en una semana **siendo las sesiones rápidas para una misma carga realizadas al final de la semana.**

POR EJEMPLO: SI TRABAJAS 2 VECES/ SEMANA LA SESIÓN RÁPIDA SE HARÁ AL FINAL Y LA LENTA AL PRINCIPIO.

Según Fyfe y Stanish. 1992

Progresión: comenzaremos con movimientos lentos con mínima o nula resistencia, si es doloroso permaneceremos en este nivel de carga y velocidad y si no lo es intentaremos reducir velocidad y aumentar el tiempo de trabajo para mejorar el control neuromuscular

1º lentitud+ baja resistencia. → duele: no modificar.

No duele → reducir velocidad e incrementar tiempo de trabajo.

No duele → incrementar velocidad. no duele.

INCREMENTAR CARGA Y RECOMENZAR EL ALGORITMO para posteriormente aumentar primero la velocidad de trabajo y a la semana o semanas siguientes la carga de trabajo.

PRIMERA FASE DE TRABAJO:

EJERCICIOS ISOMÉTRICOS

1º Posiciones excéntricas:

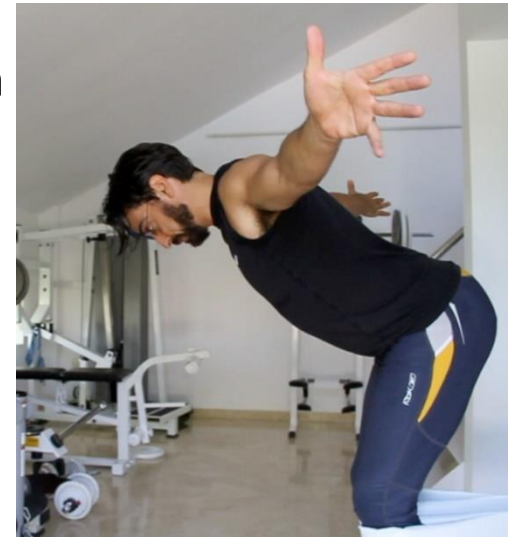
- Trabajar las posiciones excéntricas 2 a 5 minutos a diario. Estas posiciones excéntricas se realizarán seis veces (tiempo necesario para romper los puentes de hidrógeno y los enlaces hidroxilo).

P. ESCRIBÁ.

- Dependiendo de la edad y de las alteraciones metabólicas del sujeto (colesterol, glucemia basal ...).
- LOS EJERCICIOS ISOMÉTRICOS A DIARIO PERO 4 a 5 isométricos, manteniendo 40 s (de 30 a 60 s) y descansando al menos 1 min y hasta 2 min entre cada uno, 3 veces al día. Las cargas altas proporcionan mejores resultados. La carga debe ser alta, pero evitar la fatiga muscular. La vibración muscular durante la ejecución del ejercicio significa que nos estamos acercando a la fatiga y que la carga es excesiva. El ejercicio debe detenerse en ese momento y tomaremos ese tiempo (que es 20, 30, 40 s o cualquier otra cantidad) como referencia para la progresión.

ALFONS MASCARÓ.

MIGUEL A. COS.



1ª posiciones excéntricas en isometría:



- Tiempo en 1ª fase : 4 -6 series de 45'' a 1' con 1-2 minutos de recuperación . A las tres semanas los isométricos pierden efectividad y es necesario o cambiar el ángulo de trabajo o pasar a isotónicos (en excéntrico-concéntrico).

1ª posiciones excéntricas en isometría:



Posición inicial - 1



Extensión del tobillo – 2
Posición isométrica aprox. 10"
Repeticiones 10 x



Posición inicial - 1

- Tiempo en 1ª fase : 4 -6 series de 45'' a 1' con 1-2 minutos de recuperación . A las tres semanas los isométricos pierden efectividad y es necesario o cambiar el ángulo de trabajo o pasar a isotónicos (en excéntrico-concéntrico).

PROGRAMACIÓN:

En las primeras etapas mantenemos un trabajo isométrico diario: ¿Siento dolor en las siguientes horas?

- No = mantengo y aumento gradualmente el tiempo de la contracción isométrica o la carga si permanezco por debajo o igual al nivel de dolor 4 durante 2 o 3 días.
- Sí = reduzco el tiempo de la contracción isométrica.

ALFONS MASCARÓ.

MIGUEL ANGEL COS.

1º Posiciones excéntricas:

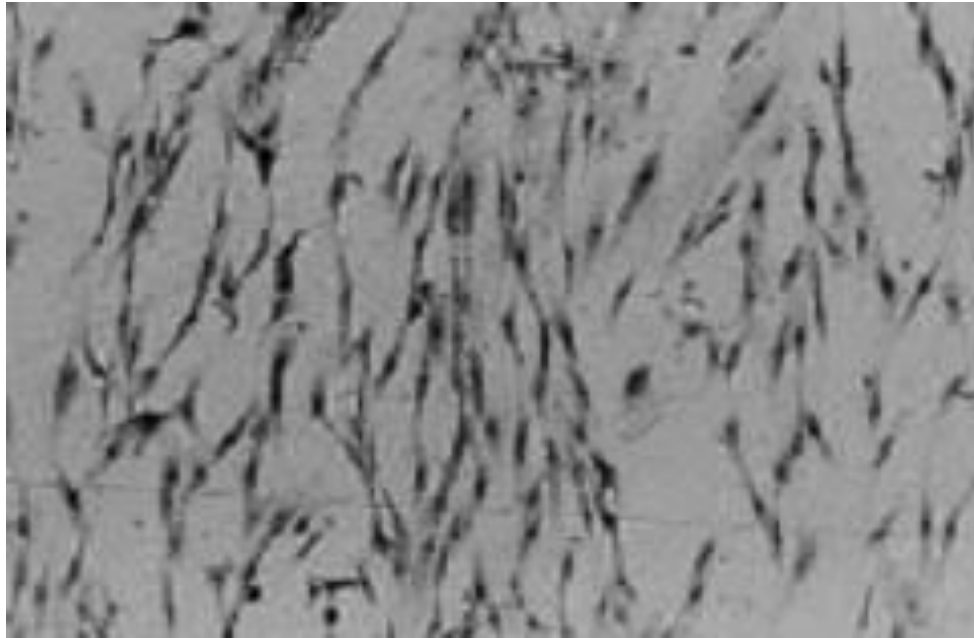
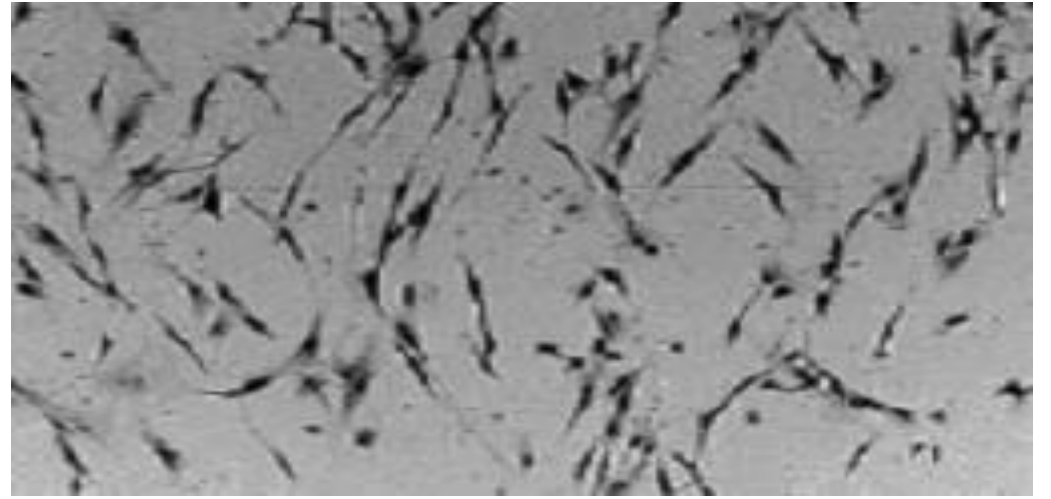
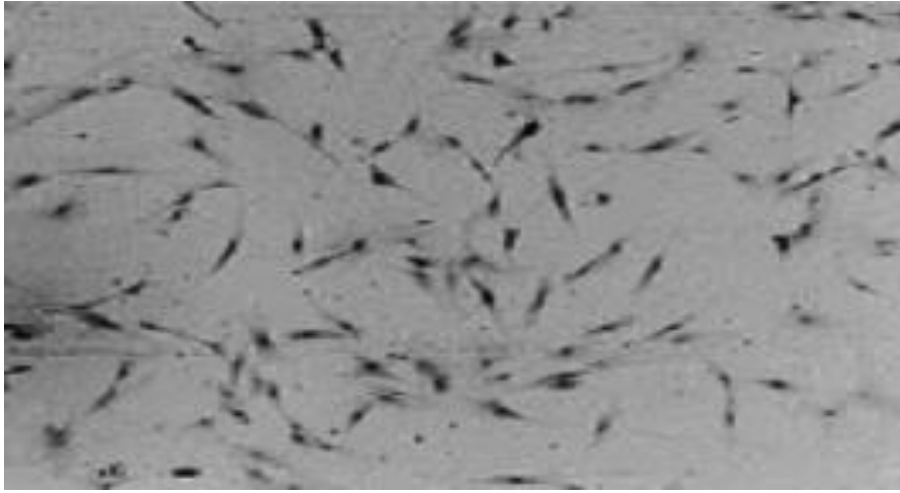
- En los isométricos en posiciones excéntricas (PARA ESTADÍO 1 O 3) aumentaremos la apertura de la cadena progresivamente e incorporaremos la carga para orientar la desmina del sarcómero y generar puentes de actina y miosina así como generar colágeno y orientarlo.

P. ESCRIBÁ

1º Posiciones excéntricas:

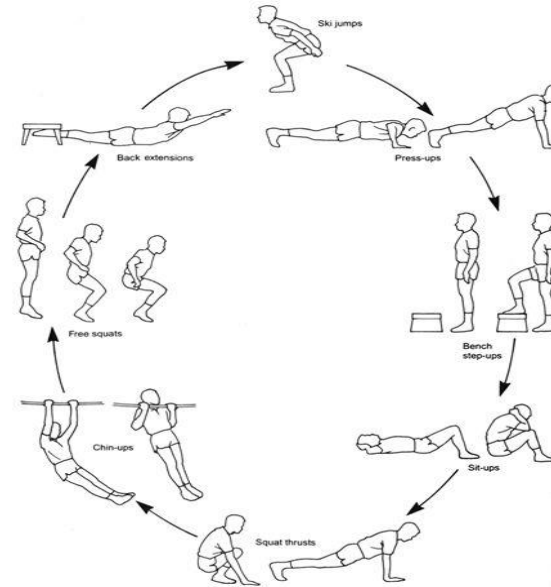
- Además podemos realizarlo para grupos musculares dispares: PARA SÓLEO, GEMELO, TFL, PSOAS, ISQUIOS EN BORDE CAMA, CUÁDRICEPS EN SUELO O EN CAMA, PECTORAL CON MANCUERNA O EN SUELO CON ELEVADORES...

P.ESCRIBÁ



- TRAS TRABAJO EXCÉNTRICO, A LAS 24 H SE PRODUCE UNA REORIENTACIÓN DEL FIBROBLASTO MÁXIMA A LAS 72H.

2º Capilarización fibra: SE PUEDE REALIZAR TODOS LOS DÍAS



- TRABAJO AERÓBICO + Todo este trabajo debe ir asociado a un trabajo del tendón afectado en cadena cinética abierta o cerrada dependiendo de la región.

P.ESCRIBÁ

SEGUNDA FASE DE TRABAJO:

ISOTÓNICOS.

A PARTIR DE LA 4-6 SEMANA.

4ª-6ª semana: propuesta P. ESCRIBÁ

- **Trabajo sobre la capacidad tampón del músculo** → dieta alcalina + posiciones excéntricas cada 48-72 horas.
- ¿CÓMO? Lunes: 6-8 series (30 A 66% del máx) de repeticiones a velocidad lenta excéntrica, rápida concéntrica durante 42-45 segundos a 1' con 1 minuto de recuperación. SE AUMENTARÁ LA VELOCIDAD ANTES DE INCREMENTAR LA CARGA.
- Miércoles y Viernes **realizaremos el trabajo de capilarización hasta la 8ª semana (estabilización)+ posiciones excéntricas.**
- Excéntricos, tirante.....
- Gemelo, sóleo, isquios, pectoral, dorsal, abdominal, sobre todo los tónicos, recto anterior,.....
- SI A LAS 24-48 HORAS SIENTO MOLESTIAS INCREMENTADAS, ESPERO HASTA LAS 168H PARA REPETIR.
- SI NO MOLESTA PUEDO ADELANTAR EL ENTRENAMIENTO A LAS 48-72H.

4ª-6ª semana: propuesta ALFONS MASCARÓS:

- Progresión: empezar con ejercicios isotónicos lentos a días alternos. Cuatro series excéntrico-concéntricas lentas, 6-8 repeticiones de 4 s concéntrica + 4 s excéntrica. Aumentar la carga (2, 4, 6-12 kg). Descansar 30 s entre series. Una vez al día, a días alternos. Mantenemos el trabajo isométrico, alternando ejercicios dinámicos lentos (trabajo isométrico un día, trabajo dinámico lento al día siguiente; al siguiente día, ejercicio isométrico...).
- ¿Siento más dolor al día siguiente?
 - No = aumento la carga con ejercicios dinámicos lentos cada 2 o 3 días, cuando me sitúo por debajo o igual al nivel de dolor 4 durante 2 o 3 días.
 - Sí = reduzco la carga con ejercicios dinámicos lentos.
- Luego aumento la velocidad con ejercicios funcionales cuando la fuerza de base es adecuada.

Nota:

- Desde el principio (aunque sea en descarga) se realizarán ejercicios propioceptivos, de estimulación de receptores, de coordinación muscular y de reeducación motriz ...



TERCERA FASE DE TRABAJO:

EJERCICIOS DINÁMICOS, FUNCIONALES

A PARTIR DE LA 8-11 SEMANA.



PROGRAMACIÓN:

- CARGA PROGRESIVA. IDEAL INCREMENTAR UN 10-15% LA CARGA CADA 15 DÍAS.

P.ESCRIBÁ

- LUEGO REENTRENAR RECEPCIONES, ATERRIZAJES.
- EXCÉNTRICOS.



4º a partir de la 8-9ª semana:

- Insistir en el trabajo excéntrico y en series con el 66%-75% de la fuerza máxima hasta el fallo muscular.
- Realizar 3-6 series desde 6-8 a 15-20 repeticiones (42-45 seg) PERO CON MÁS RECUPERACIÓN 3 a 10 entre cada serie. Realizar los ejercicios cada 168 horas en sujetos mayores de 50 años y cada 72 horas en sujetos menores de 40 años .
- En jóvenes 3 veces / semana → y AUMENTANDO LA VELOCIDAD DE EJECUCIÓN ANTES DE INCREMENTAR LA CARGA.
- Nota si el paciente se encuentra realizando la actividad deportiva no se realizarán más que un día a la semana (y el otro día se realizará un trabajo tampón o de capilarización → ejercicios previos).





5ª A partir de la 12ª semana:

- Durante 3 semanas realizará el paciente excéntricos buscando la hipertrofia y / o el reclutamiento → para ello trabajará con el 80% del máximo dos días a la semana con 6 días entre cada entrenamiento.
- Realizará 4-6 series de 8-10 a 15 repeticiones (DE 42 SEG) siguiendo la máxima de aumentar primero la velocidad de ejecución y , si no hay dolor , aumentando la carga.
- El deportista corre A LOS tres días en hierba incrementando la velocidad O VA AUMENTANDO LAS CARGAS MEDIANTE MARCHA CON ARRASTRES .
- SE PUEDEN REALIZAR SERIES AERÓBICAS CUESTA ABAJO (PENDIENTE 2-5% (SI AQUILES) CUESTA ARRIBA SI ROTULIANO O FASCIA.

ATENCIÓN:

- SI LA LESIÓN ES DE CICLISTA PODEMOS ENCONTRAR LESIONES DE TIPO CONDROMALACIA ROTULIANA / TENDINOSIS ROTULIANA SI LA POSICIÓN EN LA BICICLETA ESTÁ EXCESIVAMENTE BAJA O EXCESIVAMENTE ADELANTADA Y SE DEBERÁN VERIFICAR LAS ROTACIONES DE LA CALA.
- EN EL CASO DE ENCONTRAR SD CINTILLA ILIOTIBIAL EN CICLISTA VERIFICAR SI LA POSICIÓN ES EXCESIVAMENTE ALTA O ALEJADA.

NOTA IMPORTANTE:

EL DEPORTISTA PUEDE REALIZAR ENTRENAMIENTOS ALTERNATIVOS:

RUNNING POOL.

VISUALIZACIONES.

TRABAJO PROPIOCEPTIVO SOBRE EL GESTO DEPORTIVO .

ELÍPTICA

REGULANDO LA INTENSIDAD Y PROGRAMADO DESDE EL PRINCIPIO.

6ª de la 13 a la 15 semana o de la 15 a la 17 :

- Reclutamiento –puentes cruzados : con el objetivo de mejorar la longitud y el grosor del colágeno durante 3 semanas más realizará el sujeto excéntricos mediante series de 3-6-8 repeticiones con el 90% del máximo Y 7 SEG DE TRABAJO.
- Recuperará 168 horas entre cada entrenamiento . En ese momento el sujeto ya se encuentra entrenando al 70%-80% podemos correr cada dos días pero no incrementar la intensidad de carrera SIN ESPERAR 48 HORAS



7ª de la 16 o la 20ª semana hasta la competición.

- Pliometría+ trabajo de la elastina (siguiente seminario) y perfeccionamiento del gesto deportivo entrenamiento 80-95%.



Provocative tests for patellar tendon



- Squat
- Lunge
- Squat on decline board
- Single leg decline squat
- Decline hop
- Better discriminative ability and reliability with latter 2 (higher load)

Purdam et al '03

AQUELLOS QUE SE ENAMORAN DE LA PRÁCTICA SIN CIENCIA SON COMO EL TIMONEL
QUE ENTRA EN UN NAVÍO SIN TIMÓN NI BRÚJULA Y NUNCA TIENE LA CERTEZA DE
DÓNDE SE ENCUENTRA...

Leonardo Da Vinci

1452-1519



CONOCIMIENTO NO EQUIVALE A SABIDURÍA , LA SABIDURÍA CONSISTE EN HACERLO .

DAN MILLMAN

Reactive tendinopathy

Type of tendinopathy	Reactive/ Proliferative		Dysrepair/ Failed healing		Degenerative
Tendon response	Active Adapting to (over)load		Active Attempting to heal		Passive – 'burnt out' Gives up on healing
Tendon	Increased GAG & protein production	→	Continues protein production but fails to gain structure	→	Cells die, no protein production
Age/load	Younger (15- 25 yrs) short term overload		Older (20-35yrs) and/or subject to ongoing high load		Oldest (30-60 yrs) and/or subject to further strain
Capacity to repair	Full – given optimal conditions		Limited		None - can progress to rupture
Prevalence	Less common		More common		Common
Pain ??????	Yes - ? threshold		Sometimes		Variable

Notas aclaratorias:

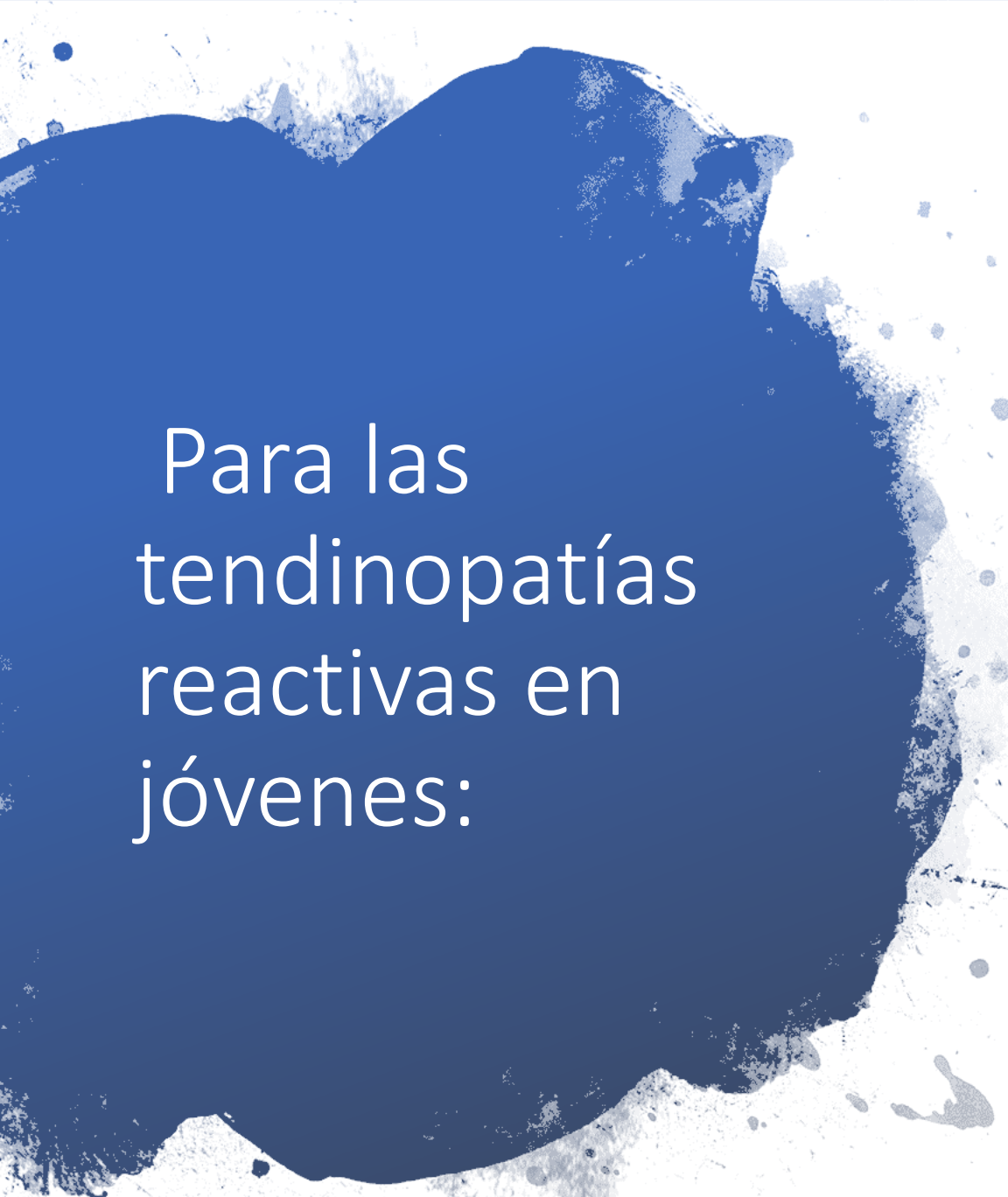
Se acepta que la sobrecarga mecánica es un factor etiológico fundamental en las tendinopatías ; sea esta una carga excesiva o microtraumatismos repetidos que exceden la capacidad regenerativa.

El control de las cargas del paciente es un arte puesto que resulta ser un factor primordial en la recuperación del sujeto y , su incremento o reducción eventual , decisiva para la recuperación de la estructura y función del tendón.

En sujetos jóvenes un incremento excesivo de la carga o un traumatismo directo generan tendinopatías reactivas de rápida curación.

Personas 30-50 años con importante rigidez tendinosa y cargas importantes mantenidas a largo plazo pueden generar tendinosis (la cual implica que la carga que antes se soportaba ya no se soporta) que requieren largos periodos para reestructurar , quizás sólo parcialmente la matriz.

EL TRABAJO EXCÉNTRICO DEBE , EN LAS ÚLTIMAS FASES DE RECUPERACIÓN DE ACOMPAÑARSE DE TRABAJO DE ELASTINA Y TENASCINA Y DE CARGAS AXIALES Y TORSIONALES (PARA ESTRESAR EL TEJIDO Y EVITAR UMBRALES DE ROTURA BAJOS)



Para las tendinopatías reactivas en jóvenes:

- En los primeros 6 días desde una lesión tendinosa reducir las cargas y realizar descanso activo y posiciones excéntricas para controlar la formación de neovasos y evitar la génesis de nuevas lesiones en el tejido es fundamental (el dolor es un signo importante) .

Nota : el descanso activo implica mantener una pequeña tensión de carga la cual facilitará la formación y alineación del colágeno el sujeto seguirá con su actividad deportiva evitando saltos y sprints que sobrecarguen el tendón y reducirá las horas de entrenamiento. Kahn et al 2000.

- Del desde el séptimo día y durante 3 semanas se incrementarán las cargas e intentarán mantener los rangos articulares.
- A partir del día 21 se buscará hipertrofia , hiperplasia y puentes cruzados.

Criterios generales vuelta a la actividad:

Propiocepción adecuada.

No dolor.

Fuerza máxima , reactiva y explosiva normales.

Tests funcionales perfectos.

Rango de movilidad normal.

Respuestas tónicas y posturales adecuadas.

Myotest y musclelab.

ESTUDIOS COMPARATIVOS CIRUGÍA- EXCÉNTRICOS:

En pacientes aquejados de tendinosis patellar se realizó un estudio dividiendo a los pacientes en un grupo quirúrgico y otro que realizó excéntricos.

En el grupo de cirugía encontramos 5 rodillas asintomáticas tras cirugía, 12 mejorías clínicas aún sintomáticas , dos sin mejoría y una peor.

En el grupo de excéntricos encontramos 7 rodillas asintomáticas tras los excéntricos, 8 mejorías clínicas aún sintomáticas y 5 sin mejoría que hubieron de ser intervenidas.

Bohr et al 2004.

Sabemos que la cirugía es un último recurso a utilizar cuando se han agotado los medios conservadores, es útil para eliminar el tejido afecto de tendinosis pero no mejora la síntesis de colágeno.

CONCLUSIÓN : TODO TENDÓN SOMETIDO A CIRUGÍA REQUIERE IDÉNTICO PROTOCOLO DE RECUPERACIÓN.

Kiss et al 2000.



Epitendón- endotendón- paratendón

El epitendón es una fina sábana d tejido conectivo laxo que contiene los vasos , linfáticos y nervios. Cubre todo el tendón y se extiende profundamente dentro de este en bucles terciarios que llamamos endotendón. El endotendón es una fina capa de tejido conectivo que envuelve cada tendón .

Superficialmente el epitendón está rodeado por el paratendón , consistente en fibras de colágeno tipo I y III , algunas de elastina y una capa interna de células sinoviales que forman tejido conectivo laxo areolar. Las fibras del paratendón se unen al tendón .

La región peritendinosa tiene capacidad cicatrizadora , y el epitendón es todavía más importante en esta labor. Lamentablemente el tendón está poco vascularizado por lo que **es fundamental un buen calentamiento(30´para el tendón, 15´para el músculo) para evitar roturas tendinosas.**

Elliott D. Structure and function of mammalian tendon. Biol Rev 1965;40:392.

Kastelic J, Galeski A, Baer E. The multicomposite structure of tendon. Connect Tissue Res 1978;6(1):11-23.

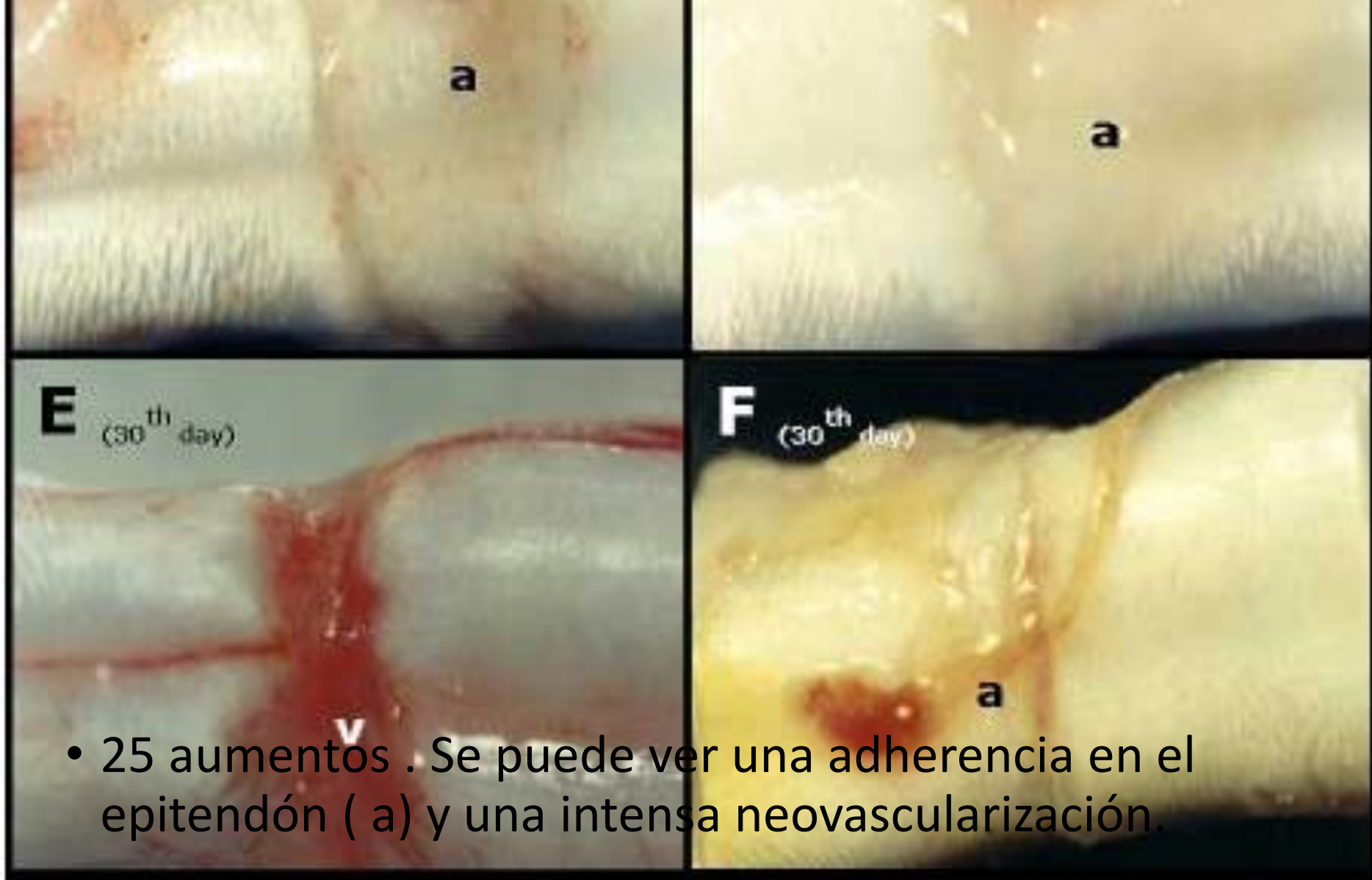


Figure 2: Photomacrographs of the deep digital flexor tendon segments of dog thoracic limbs using snake venom derived fibrin glue on the 7th (A and B), 15th (C and

Vainas sinoviales:

- En áreas sujetas a estress mecánico importante , como en los tendones de las manos y los pies , donde se requiere una lubricación eficiente , encontramos vainas sinoviales.
- Estas vainas sinoviales tienen una vaina parietal y otra visceral.



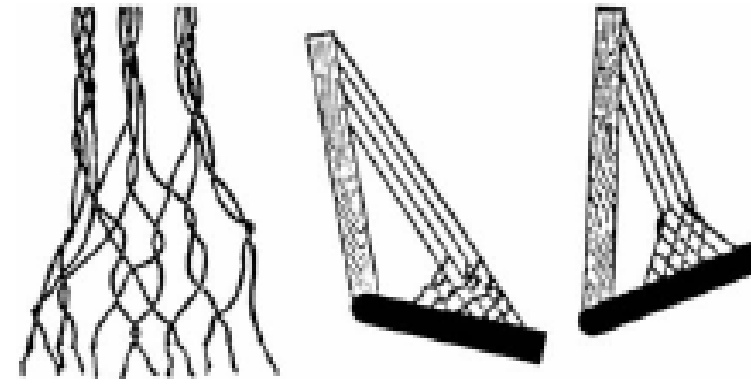


Unión miotendinosa:

- En la unión miotendinosa las fibras de colágeno se insertan en profundos recesos formados por los miocitos; permitiendo la transmisión de fuerzas desde las proteínas contráctiles intracelulares del músculo a las fibras de colágeno. Kvist M, Jozsa L, Kannus P, Isola J, Vieno T, Jarvinen M, Lehto M. Morphology and histochemistry of the myotendineal junction of the rat calf muscles. Histochemical, immunohistochemical and electron-microscopic study. *Acta Anat (Basel)* 1991;**141**(3):199-205
- Antiguamente se creía que la unión miotendinosa era una zona frágil , hoy en día sabemos de su mayor resistencia. A.Turrina.
- La unión tenoperióstica es también una interfase.

Biología básica del tendón:

- Gracias al microscopio electrónico sabemos que las fibras de colágeno se orientan longitudinalmente (pero cruzándose unas con otras y formando espirales) , transversamente y horizontalmente .
- Las aponeurosis , tejido conectivo, pueden ser consideradas como un tendón aplanado formado por tejido conectivo denso con fibras de colágeno .
- Obsérvese cómo diferentes posiciones tensan diferentes fibras en el tendón (lo que justifica nuestro trabajo mecánico y propioceptivo):



Arai H. (1907) Die Blutgefasse der Sehnen. *Anat Hefte*. 34:363–382.
Chansky HA, Iannotti I P. (1991) The vascularity of the rotator cuff. *Clin Sports Med*. 10:807–822.

Unión osteotendinosa:

La inserción del tendón en el hueso implica una interfase de tendón(tejido fibroso) a fibrocartílago(fibrocartílago no mineralizado) y de fibrocartílago(mineralizado) a hueso lamelar.

La tidemark representa el límite exterior del fibrocartílago mineralizado.

Hay pocos vasos cruzando y las angulaciones del colágeno cambian justo en la transición.

Sampson SP, Badalamente MA, Hurst LC. (1991)
Pathobiology of the human A-1 pulley in trigger finger. *J Hand Surg.* 16A:714–721.



Biología básica del tendón:

En la actualidad, se reconoce al tendón como una estructura activa por la presencia de actina y miosina, proteínas de la contracción que se encuentra dentro de la célula del tendón o tenocito, lo que le acredita como una estructura contráctil (Hipólito, *et al.* 1980).

Bibliografía:

Núñez-Samper M. *Biomecánica, medicina y cirugía.*

Barcelona: Edit. Masson, S.A., 1997.

Piclet-Legre. *Tendinopatías extrínsecas del pie.* Tomo

2. Edit. E.M.C. Elsevier. E-27-090-A15. 2003.

Contradicción:

- Tanto los ramos procedentes de la Arteria fibularis como los procedentes de la Arteria tibialis posterior se anastomosan ampliamente en la parte dorsal del peritendinium formando una verdadera malla o red vascular. El Ramus communicans se encuentra por delante del Tendo calcaneus y cruza oblicua o transversalmente al tendón. De este Ramus communicans emergen uno o más troncos arteriales ascendentes que se sitúan en la cara anterior del peritendinium y forman unos vasos longitudinales pretendinosos, de los cuales saldrán arterias perpendiculares que alcanzan el endotendinium.





Explicación:

- Si bien en un estudio anatómico superficial aparentemente la región media es avascular , un análisis más pormenorizado muestra una malla vascular extensa y homogénea .
- En las tendinopatías son evidentes lesiones degenerativas locales en las paredes de los vasos sanguíneos .
- Se piensa ahora que la zona media del tendón está sometida a mayores solicitaciones en tracción comprometiendo por acción mecánica el flujo sanguíneo de la zona.
- Si el hecho se repite la hipoxia tisular se puede llegar a instaurar con los trastornos histoquímicos consiguientes, que acabarán por degenerar el tendón y fragilizarlo.
-
- Archivos de Medicina del Deporte.Vol. VI - Nº 24 - 1989 - Págs. 339-344 “La vascularización del tendón de Aquiles: su importancia en las tendinopatías agudas y crónicas “ Dr. Haro Cervantes, D. ** Dr. Rodríguez Baeza, A.

BIOMECÁNICA

LOS TENDONES TRANSMITEN FUERZA Y ACTÚAN COMO SISTEMAS TAMPÓN VISCOELÁSTICOS.

Una curva de tensión-estrés ayuda a demostrar el comportamiento del tendón . En reposo las fibras de colágeno muestran una configuración sinuosa.

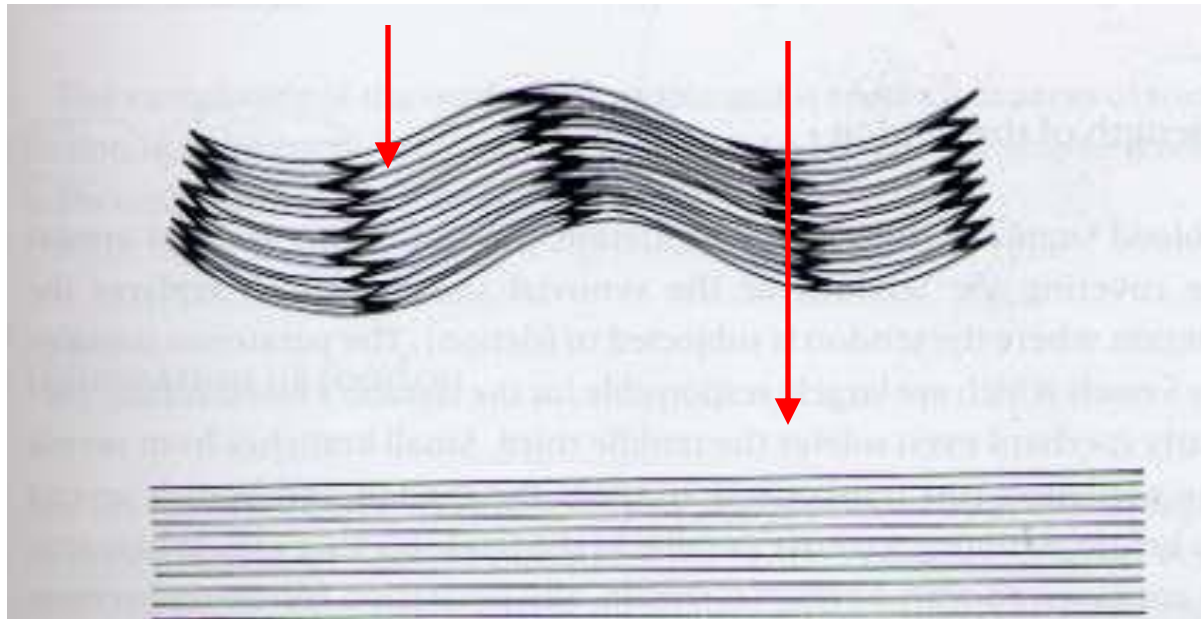
Si la tensión es menor del 4% el tendón se comporta de forma elástica y vuelve a su longitud original cuando es descargado.

Daños microscópicos acontecen cuando la tensión excede el 4% y más allá del 8% al 10% hay daño macroscópico en la fibrillas .

Por encima de esta tensión se rompe el tendón.

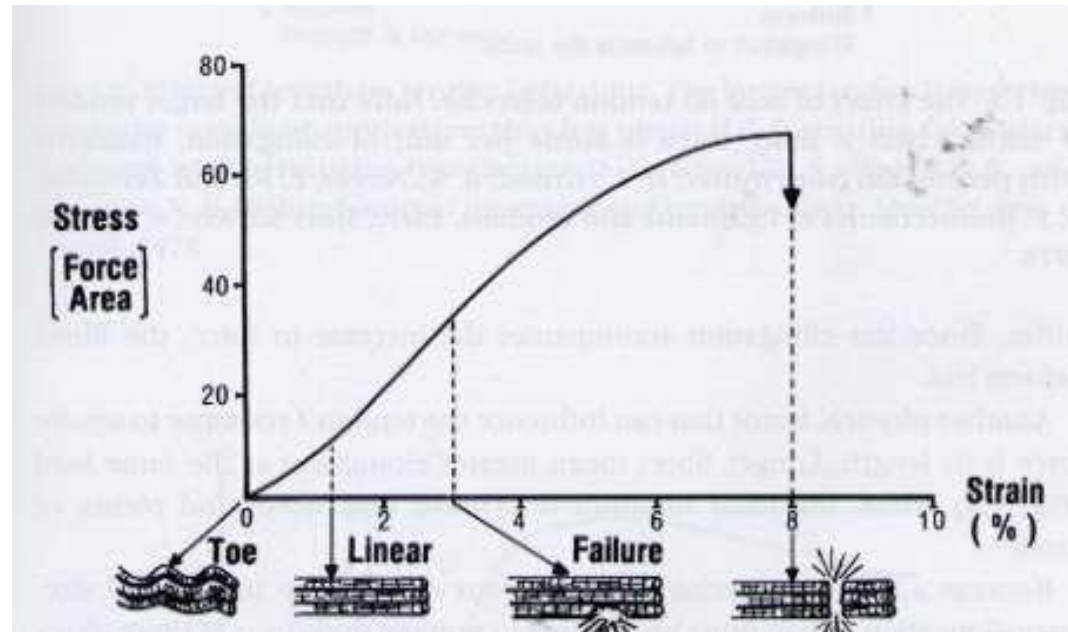
ULTRAESTRUCTURA

FIBRA DE COLAGENO
RELAJADA Y ALARGADA



Es suficiente una deformación del 2% de la longitud del tendón para que pierda su configuración ondulada.

BIOMECANICA



Por debajo del 4% de la capacidad de alargamiento . Zona segura.

Por encima del 4% → MICROLESIONES.

Por encima del 8-10% → ROTURA COMPLETA

BIBLIOGRAFIA

Diamant J, Keller A, Baer E, Litt M, Arridge RG. Collagen; ultrastructure and its relation to mechanical properties as a function of ageing. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences. 1972;180(60):293-315.

Curwin SL, Stanish WD. Tendinitis: its etiology and treatment Lexington: Collamore press; 1984.

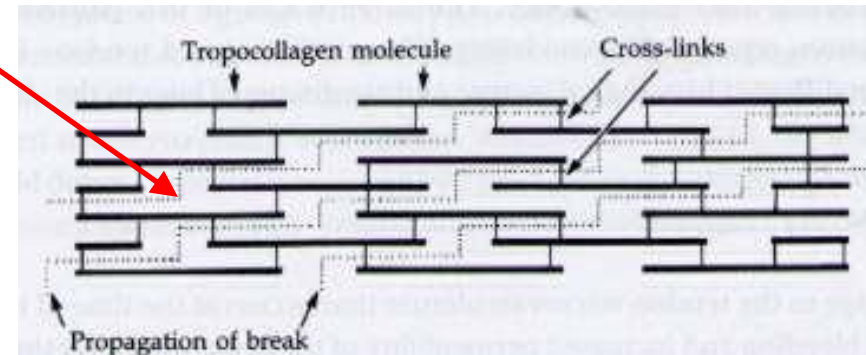
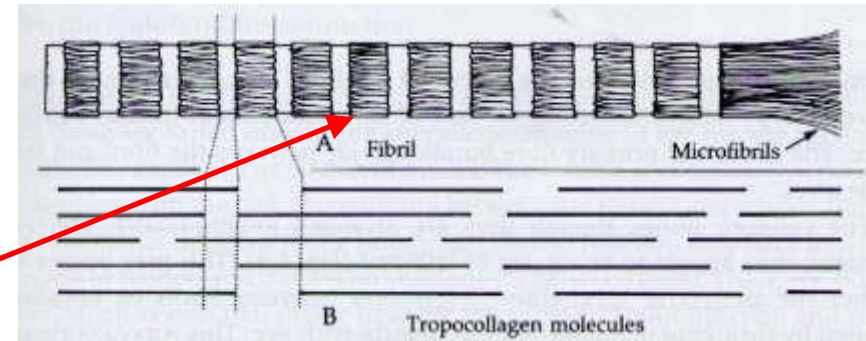
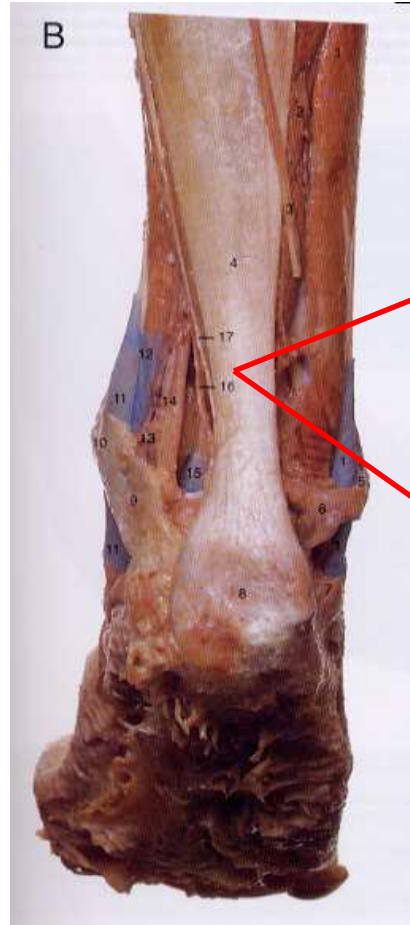
Butler DL, Grood ES, Noyes FR, Zernicke RF. Biomechanics of ligaments and tendons. Exer Sport Sci Rev 1978;6:125-81.

Kastelic J, Baer E. Deformation in tendon collagen. Symp Soc Exp Biol 1980;34:397-435.

Biomecánica frente a Patomecánica

**LAS
DIMENSIONES Y
EL NÚMERO DE
LAS FIBRAS DE
COLÁGENO
DETERMINAN LA
CARGA DE
ROTURA DEL
TENDÓN .**

**POR ELLO EL
ENTRENAMIENTO
PUEDE ALARGAR
Y AUMENTAR EL
Nº DE FIBRAS →
OBJETIVO+++
alargar y
ensanchar.**



ATENCIÓN:

Ejercicio : debemos comprender que si repetimos un impacto , de leve intensidad pero muchas veces el tendón se acorta y ensancha.

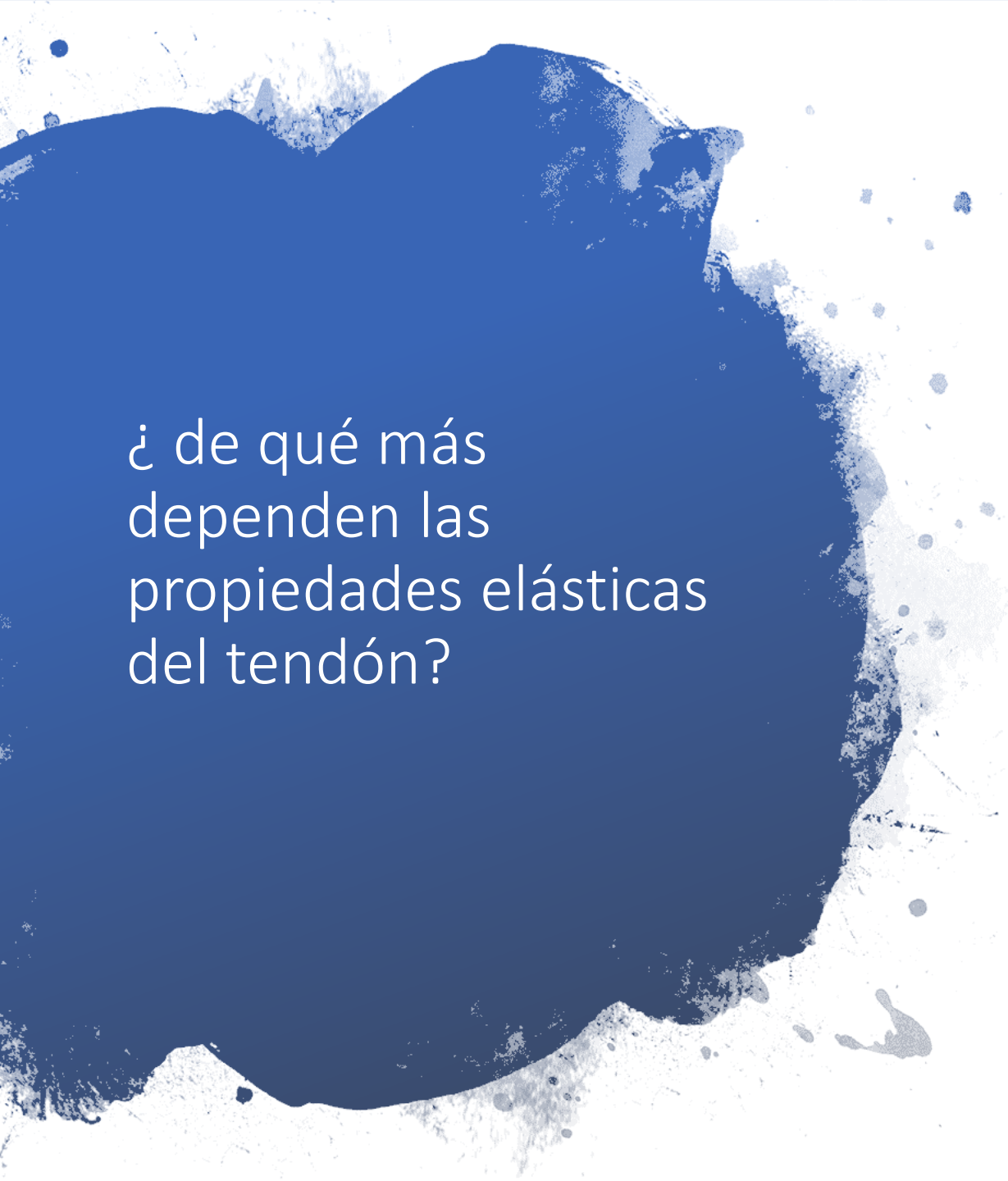
Ejercicio : si mantenemos tensiones excéntricas el tendón se alarga y estrecha.

Biomecánica del tendón:

A mayor sección transversal o mayor longitud → mayor resistencia a la carga .

(Butler et al., 1978)

¿ cómo hacerlo? → torre de Pisa e isométricos en posiciones excéntricas mantenidas (trabajo enzimático).



¿ de qué más
dependen las
propiedades elásticas
del tendón?

1. De la hidratación celular . Importante la bioimpedancia y los electrolitos.
2. Del tono fascial y neuromuscular . Importante regular la activación reticular , límbica y neurovegetativa así como fomentar el reposo del paciente (melatonina –pinolina) y realizar técnicas osteopáticas-fasciales.
3. De la alineación u orientación de las fibras. Importante planificar un trabajo excéntrico y enzimático para regular la oxidación y la resistencia de la fibra.
4. Desarrollar programas de hiperplasia fibrilar en caso de ser necesario.
5. Del aumento o la reducción de los entrecruzamientos , dependiendo de la lesión.
6. De la buena nutrición del mesénquima o matriz extracelular.
7. De la ausencia de angiogénesis , color doppler.
8. Del flujo laminar que libera óxido nítrico (si no hay resistencia).

La inmovilización sobre el tendón es nefasta: en las primeras 3 semanas disminuye la síntesis de colágeno tipo I, aumenta el tipo III, se alteran los mecanorreceptores; al mes el tejido se densifica, aumentan los fibroblastos, se desorientan las fibras, se favorecen los arrancamientos tendinosos y se altera la remodelación ósea.

Kannus et al, Larsen et al , tipton et al , Amiel et al



FLEXIBILIDAD:

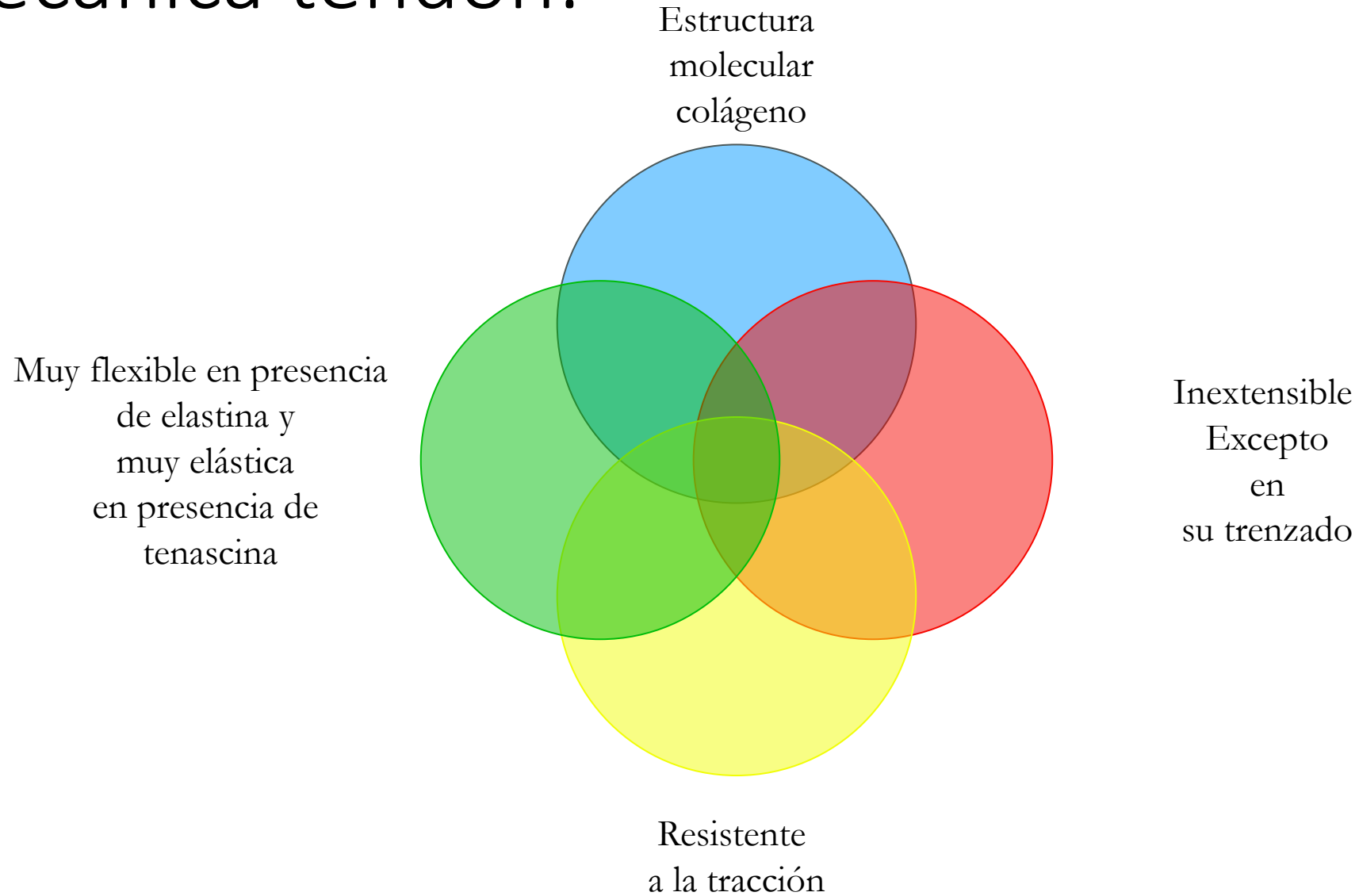
- **La flexibilidad es la facultad del músculo de desplazar los segmentos óseos que forman las articulaciones.** Cuanto mayor sea la flexibilidad, mayor será “la distancia” que podremos mover cada grupo muscular y por tanto, sacaremos mayor partido a cada uno de nuestros movimientos.

ELASTICIDAD:

Cuando hablamos de elasticidad, nos referimos técnicamente a **la facultad del músculo de recobrar su forma** en reposo, después de haber realizado un ejercicio de fuerza que la haya modificado.

Es decir, cuanto mayor elasticidad tengamos, menor será el tiempo necesario por nuestros músculos para recuperar su estructura en reposo. Cuanto menos tiempo tarde, menor será el tiempo de desgaste que sufrirá y por tanto mejor será la calidad muscular del mismo.

Biomecánica tendón:



Consecuencias funcionales del comportamiento mecánico de los tendones:



Cuando aplicamos una carga isométrica (concéntrica o excéntrica) es el tendón asociado a los elementos elásticos del sarcómero los que se estiran , son estimulados para generar nuevas estructura en serie o en paralelo.



Esto tiene varias implicaciones porque es muy difícil controlar la posición articular si estos elementos están cediendo por su viscoelasticidad o , también , si están generando microrroturas y puentes en los pseudópodos de los fibroblastos por la tensión excesiva .

Consecuencias funcionales del comportamiento mecánico de los tendones:



Si consideramos una fuerza externa aplicada a una articulación el mantener la misma posición requiere un constante esfuerzo muscular y un fracaso seguro por la deformación del tendón que terminará impidiendo el mantener la articulación en el ángulo deseado.



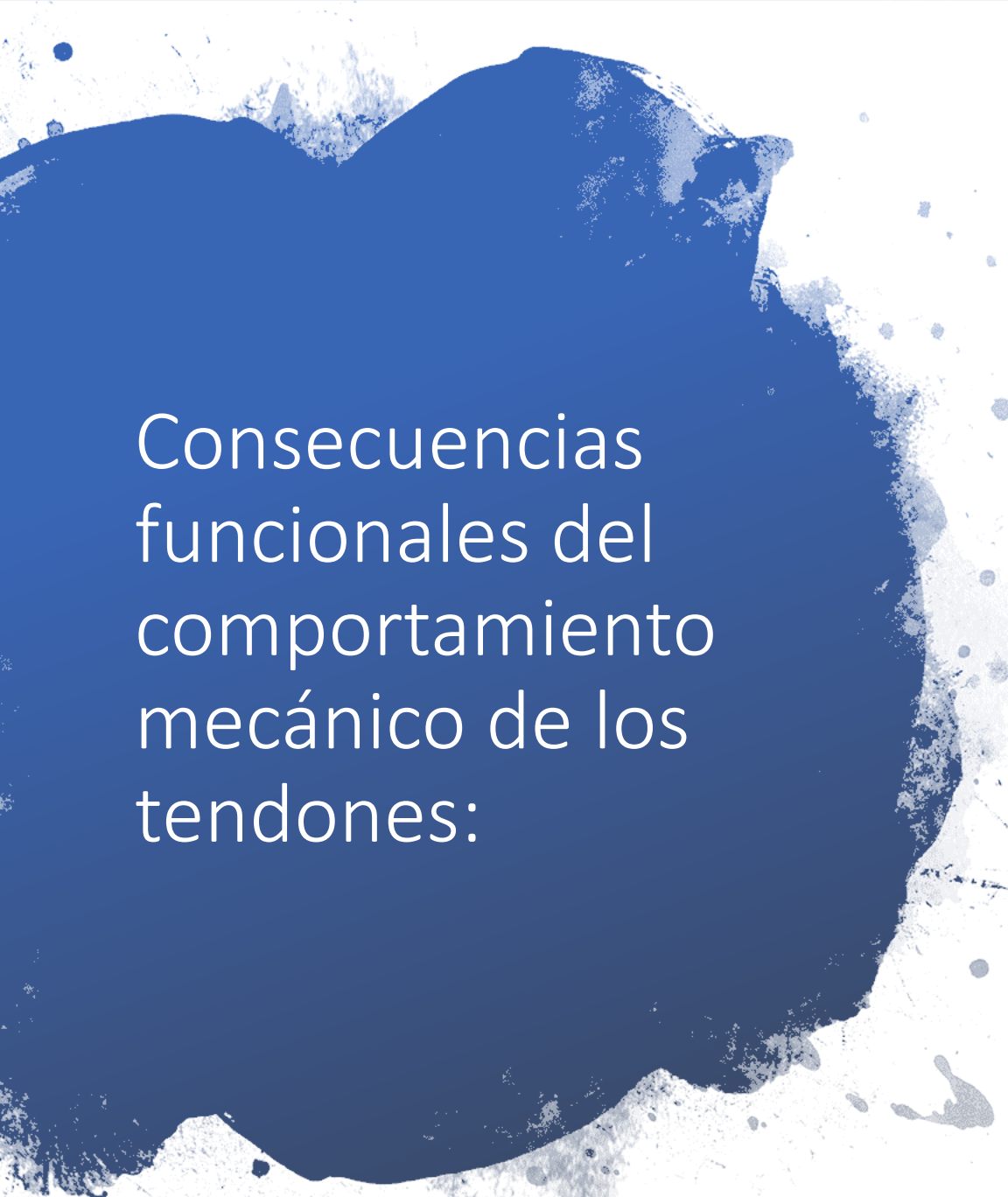
EJERCICIO :(esquiador).

Consecuencias funcionales del comportamiento mecánico de los tendones:

En segundo lugar, la elongación del tendón durante una contracción muscular estática se acompaña de un acortamiento equivalente en el músculo.



Para una fuerza contractil dada, un tendón más extensible permitirá un mayor acortamiento del músculo.



Consecuencias funcionales del comportamiento mecánico de los tendones:

- Este acortamiento extra induce un acortamiento en los sarcómeros del músculo y , de acuerdo con la teoría de los puentes cruzados , el resultado de este acortamiento del sarcómero dependerá de la región sobre la que la mayoría de los sarcómeros del músculo actúan..

Consecuencias funcionales del comportamiento mecánico de los tendones:

- Si consideramos el miembro superior y una cadena cinética abierta los sarcómeros operan de manera que un tendón más elástico deviene en menor fuerza contráctil mientras que en cadena cinética cerrada el tener un tendón más extensible se traduce en mayor fuerza elástica (HASTA CIERTO PUNTO: STD EN FONDO ESTO NO ES VERDAD).

Consecuencias funcionales del comportamiento mecánico de los tendones:

- Tercero, el estiramiento de un tendón implica el almacenaje de energía elástica y la mayoría de esta fuerza elástica es devuelta una vez que la carga tensil es eliminada.
- Esto nos permite ahorrar energía.
- Es fundamental en nuestro trabajo devolver al tendón estas propiedades.

Bibliografía.

1. Maganaris CN, Paul JP. (2002) Tensile properties of the *in vivo* human gastrocnemius tendon. *J Biomech.* 35: 1639–1646.
2. Rack PMH, Ross HF. (1984) The tendon of flexor pollicis longus: its effects on the muscular control of force and position at the human thumb. *J Physiol.* 351:99–110.
3. Huxley AF. (1957) Muscle structure and theories of contraction. *Prog Biophys Chem.* 7:255–318.
4. Zajac FE. (1989) Muscle and tendon: properties, models, scaling, and application to biomechanics and motor control.
5. *CRC Crit Rev Biomed Eng.* 17:359–411. Cavagna GA. (1977) Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscle. *Exerc Sports Sci Rev.* 5:89–129.
6. Alexander RMcN. (1988) *Elastic Mechanisms in Animal Movement*. Cambridge, England: Cambridge University Press. Mechanical Properties of Tendons .