

Tendinopatías

**Rol de la carga en la fisiología del tendón,
en su alteración y en el tratamiento**



Tutor: Licenciado en kinesiología y fisiatría Mariano Mondini.
Autor: Licenciado en kinesiología y fisiatría Sebastian Martinez Ventimiglia
Matricula Nacional 11359
Especialidad en kinesiología deportiva
Universidad Abierta Interamericana
Septiembre 2023
Datos de contacto: sebastianmartinezv87@gmail.com; teléfono 1530015826

Resumen

El movimiento, tanto como su ausencia, influye en los cambios de la estructura y función del tendón. Dado que su integridad es crítica para el movimiento, la alteración de su arquitectura o su capacidad de rendimiento impacta en la calidad de vida de un individuo y en su tolerancia a las actividades cotidianas, laborales o deportivas. Conocer la presentación clínica de la tendinopatía permite llegar al diagnóstico y al establecimiento de objetivos de tratamiento acorde a las necesidades del paciente. El ejercicio terapéutico se considera la mejor opción de tratamiento conservador para el manejo de las tendinopatías. Aún así, diseñar, programar, periodizar, progresar y monitorear una rehabilitación es un desafío significativo dado que son muchas las variables que contribuyen al protocolo además de que existe una falta de consenso en la literatura con respecto a qué variables marcan la diferencia en los resultados. El objetivo de la siguiente revisión es: (1) Exponer la programación de la carga más adecuada además de los beneficios del ejercicio físico como tratamiento, (2) Describir y proponer los lineamientos generales de un protocolo basado en la evidencia y (3) Detallar las diferentes formas de monitoreo y progresión además de estrategias educativas.

Palabras clave: Tendons; Tendinopathy; Physical Therapy Modalities; Exercise Therapy; Resistance Training

Indice

1. Introducción	5
2. Fisiología del tendón sano	6
2.1. Anatomía	6
2.2. Histología	6
2.3. Función	6
3. Carga física y capacidad en el tendón sano.....	7
3.1. Definición del concepto de carga física	7
3.2. ¿Qué es la adaptación tendinosa a la carga física?	7
3.3. Cambios estructurales de los tendones en respuesta a la carga mecánica	8
3.4. Cambios funcionales y en las propiedades mecánicas de los tendones sanos en respuesta a la carga mecánica.....	9
3.5. ¿Qué es la capacidad de carga?.....	10
4. Tendinopatía.....	11
4.1 Definición	11
4.2. ¿Qué pasa con la capacidad de carga cuando existe patología y dolor?.....	12
4.3 ¿Qué modificaciones micro y macroscópicas se ven en un tendón patológico?	12
4.4. ¿Qué adaptaciones se generan en el tendón patológico para aumentar la capacidad de carga?	13
4.5. Teorías sobre el origen de la tendinopatía	14
4.6. El envejecimiento afecta la estructura y las propiedades mecánicas tendinosas	15
5. Diagnóstico.....	16
5.1 Presentación clínica	16
5.2. Breve reseña de las características clínicas de las tendinopatías más comunes	17
5.3. Rol de los estudios complementarios	18
6. Tratamiento.....	18
6.1. El reposo no es una indicación de tratamiento	19
6.2. Ejercicio físico	19
6.3. Entrenamiento de la fuerza para la tendinopatía	20
6.3.1 Programación de un entrenamiento de fuerza para tendinopatías	21
6.3.2. Intensidad de la carga de trabajo en un entrenamiento de fuerza	21
6.3.3 Volumen de carga en un entrenamiento de fuerza	22
6.3.4. Modo de contracción en un entrenamiento de fuerza.....	22
6.3.5. Frecuencia semanal.....	22
6.3.6. Técnica de ejercicios.....	23
7. Periodización de la carga en la rehabilitación de la tendinopatía	23

7.1. Primera a tercera etapa.....	24
7.2. Cuarta a quinta etapa.....	25
7.3. Sexta etapa y mantenimiento post-rehabilitación.....	25
7.4. Duración de los programas de rehabilitación.....	26
8. Monitoreo.....	27
8.1. Monitoreo de la respuesta sintomática post aplicación de carga física.....	27
8.2. Autorregulación.....	28
8.2.1 Métodos de progresión de la autorregulación: tasa de esfuerzo percibido ..	28
8.2.2 Métodos de progresión de la autorregulación: repeticiones en reserva.....	29
8.2.3. Autorregulación en tendinopatía.....	29
8.2.4. Ejemplo práctico.....	29
9. Progresión de la carga.....	30
10. Educación del manejo de cargas y del dolor.....	31
11. Conclusión.....	32
12. Referencias.....	33

1. Introducción

Existen más de 600 unidades músculo-tendinosa en el cuerpo humano (Millar, N. L., 2021) encargadas de transmitir las fuerzas y permitir el movimiento (Lazarczuk, S. L., 2022; Wang, K., 2022). A su vez, las células tendinosas responden a la aplicación y privación del estrés mecánico provocados por el movimiento (Docking, S. I., 2019; Lazarczuk, S. L., 2022). La dosis de movimiento estimula mecánicamente el tendón (Wang, K., 2022) traduciendo la carga mecánica en un cambio arquitectónico tisular a través de respuestas celulares y moleculares (Merry, K., 2022). Los cambios a nivel de la estructura del tendón son múltiples (Docking, S. I., 2019) y a consecuencia directa, existen cambios en su función (Lazarczuk, S. L., 2022).

Por otro lado, la carga excesiva coloca en riesgo al tejido tendinoso (Wang, K., 2022) y si se exceden los límites fisiológicos, las personas pueden desarrollar una tendinopatía, la cual describe un conjunto de modificaciones que ocurren en los tendones lesionados (Merry, K., 2022). Esta nueva circunstancia deja al tendón con menor posibilidad de soportar carga física lo que incide negativa y directamente sobre el rendimiento además de aumentar la susceptibilidad a la re-lesión o a la exacerbación de los síntomas (Docking, S. I., 2019). Lamentablemente, las personas que padecen esta patología manifiestan dolor, menor función física, peor calidad de vida (Millar, N. L., 2021; Scott, A., 2020), alteración de la capacidad laboral y deportiva (Merry, K., 2022).

El objetivo de la terapia kinésica es reducir los síntomas, promover la curación del tendón y mejorar la función del paciente. Dentro de las intervenciones activas existen el ejercicio físico, la promoción de estrategias educativas y de manejo de carga individualizado. Los ejercicios permanecen siendo el abordaje conservador más efectivo (Millar, N. L., 2021) para restaurar la capacidad del tendón, mejorar los síntomas del paciente, normalizar la estructura del tendón y optimizar el rendimiento funcional (Millar, N. L., 2021; Docking, S. I., 2019; Cardoso, T. B., 2019; Wang, K., 2022). El entrenamiento de fuerza es la estrategia más útil para promover cambios estructurales y funcionales en los tendones y un umbral de carga debería ser superado para que estos se produzcan (Lazarczuk, S. L., 2022). La programación del ejercicio, por ejemplo, el modo, intensidad y frecuencia, son parámetros clave a considerar dado que cada configuración impacta de manera diferente en las estructuras musculoesqueléticas (Wang, K., 2022; Lazarczuk, S. L., 2022).

El problema radica en que el modo de aplicar las intervenciones de ejercicio sigue siendo confuso (Millar, N. L., 2021). Existe una falta de consenso en la literatura con respecto a qué variables del entrenamiento pueden influir en los resultados, por ejemplo, cual es la intensidad óptima del ejercicio, cual debería ser la duración del entrenamiento, que métodos de progresión deberían seguirse, si el ejercicio puede realizarse con dolor y a qué velocidad debe ejecutarse, entre otros. (Burton I., 2021). Una magnitud de carga óptima puede mejorar el resultado clínico y dar una respuesta positiva en el tejido tendinoso, pero lamentablemente la intervención óptima, en términos de repeticiones, series, frecuencia y cargas sigue sin conocerse. Muchos ensayos clínicos han comparado el efecto de diferentes programas de ejercicio, sin embargo, rara vez han aislado ciertos parámetros específicos por lo cual es difícil conocer hasta qué punto las magnitudes de la carga marcan la diferencia (Agergaard, A. S., 2021).

Recolectar y sintetizar la información concerniente a las pautas básicas para la confección de un protocolo de tratamiento ayudaría a mejorar la toma de decisiones a la hora de abordar este tipo de patologías. De este modo, se busca esclarecer el rol de

la carga en los protocolos de rehabilitación lo cual permitiría a los fisioterapeutas mejorar el diseño de las etapas de la recuperación, optimizar la selección de las variables a programar y utilizar de manera más eficaz las respuestas que la situación clínica del paciente genere. Por consiguiente, se esperaría mejorar la calidad del abordaje del paciente con tendinopatía y los resultados clínicos.

El objetivo de la siguiente revisión narrativa es: (1) Exponer las pautas de la programación de la carga más adecuada además de los beneficios del ejercicio físico para el tratamiento de las tendinopatías, (2) Describir y proponer los lineamientos generales de un protocolo periodizado basado en la evidencia disponible y (3) Detallar las diferentes formas de monitoreo y progresión de la carga además de estrategias educativas. Esta revisión comenzará con una descripción de la fisiología del tendón, de los conceptos de capacidad y carga aplicados al mismo y de la definición de la tendinopatía con sus características clínicas y diagnóstico.

2. Fisiología del tendón sano

2.1. Anatomía

Los tendones son estructuras que transmiten las fuerzas de los músculos a los huesos para permitir el movimiento, siendo un componente crucial en el sistema de locomoción (Lazarczuk, S. L., 2022; Wang, K., 2022). Varían considerablemente en todo el cuerpo en términos de estructura y propiedades mecánicas, en gran parte a consecuencia de las diferentes demandas funcionales de carga de cada sector corporal. Los componentes microestructurales del tendón, incluidos el colágeno, la elastina y sus células denominadas tenocitos, generalmente están orientados a lo largo del eje longitudinal, lo que da como resultado un comportamiento anisotrópico y una alta resistencia a la tracción. Además, el fluido dentro del tendón le otorga propiedades viscoelásticas (Merry, K., 2022).

2.2. Histología

Un tendón normal está compuesto por fibras de colágeno altamente organizados con escasa cantidad de células. Estos tenocitos controlan el metabolismo celular, principalmente la formación y degradación de la matriz extracelular y responden al estímulo mecánico (Millar, N. L., 2021). Se presentan con una morfología alargada y funcionan principalmente para controlar la síntesis de colágeno. Es importante destacar que los tenocitos son mecanosensibles a la fuerza contando con varias estructuras para esto, como integrinas y canales iónicos activados por estiramiento, que les permiten modular el contenido molecular del tendón a través de las vías de señalización celular, lo que influye en las propiedades mecánicas del tejido tendinoso. Los tenocitos se distribuyen tanto dentro como entre los fascículos tendinosos, que son una unidad distinta dentro de la jerarquía estructural del tendón. Entre las fibras de colágeno, los tenocitos forman una red tridimensional con extensiones celulares que se expanden hacia la matriz extracelular, lo que les permite detectar la tensión y comunicar estas señales a las células adyacentes a través de uniones comunicantes, promoviendo así el control sensorial de la carga a lo largo del tendón (Merry, K., 2022).

2.3. Función

Los tendones poseen varias funciones, entre ellas la capacidad de tolerar, almacenar y luego liberar fuerzas sustanciales, lo que aumenta la potencia generada por la unidad músculo-tendinosa, reduce el costo metabólico del trabajo muscular y puede reducir el

riesgo de daño muscular durante el alargamiento activo (Millar, N. L., 2021, Lazarczuk, S. L., 2022).

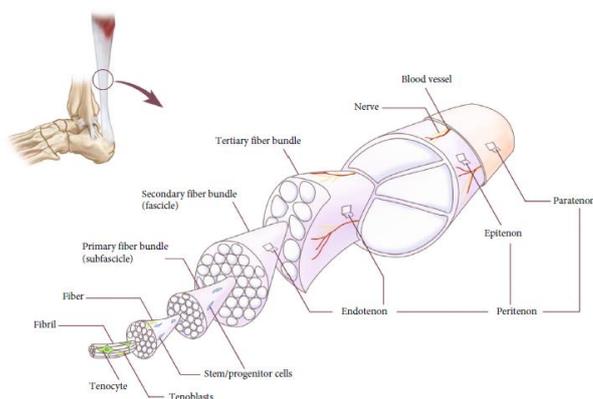


Ilustración 1. Estructura anatómica del tendón. La composición celular incluye tenocitos, tenoblastos y células madre derivadas de tendón, se evidencia también la organización de la fibra del tendón y la estructura envolvente (Wang, K., 2022).

3. Carga física y capacidad en el tendón sano

3.1. Definición del concepto de carga física

La carga mecánica generalmente se define por el tipo de trabajo físico realizado (entrenamiento o rehabilitación) y/o la intensidad relativa de la carga (expresada como porcentaje de una repetición máxima o contracción voluntaria máxima entre otras formas). Además, parámetros de carga como la duración (cantidad de repeticiones realizadas multiplicadas por la cantidad series hechas) y el volumen de carga total (intensidad relativa utilizada multiplicado por la duración) también pueden influir en la extensión y el curso temporal sobre el tendón. El volumen de carga total captura el efecto general de las intervenciones de carga sobre la adaptación del tendón (Lazarczuk, S. L., 2022).

3.2. ¿Qué es la adaptación tendinosa a la carga física?

Se puede definir como el conjunto de respuestas que un organismo o tejido orchestra con el fin de modificar su estructura o función para acomodarse mejor a su entorno. La adaptación del tendón está dirigida principalmente por la aplicación (o ausencia) de estímulos mecánicos (Docking, S. I., 2019; Lazarczuk, S. L., 2022) los cuales son necesarios para el desarrollo y la maduración del tendón (Lazarczuk, S. L., 2022; Wang, K., 2022). La magnitud y la duración de la tensión experimentada es el estímulo mecánico crucial para la adaptación. De hecho, parece que puede existir una dosis óptima de tensión donde se maximiza la remodelación anabólica del tendón, aunque por otro lado una muy poca o una excesiva tensión conduce una adaptación catabólica (Lazarczuk, S. L., 2022; Wang, K., 2022).

Macroscópicamente, el ejercicio estimula mecánicamente el tendón (Wang, K., 2022). Específicamente, la mecanotransducción detalla la capacidad del cuerpo para traducir la carga mecánica en un cambio estructural del tejido a través de respuestas celulares. Las células mecanosensibles responden a la tensión, a la compresión y al cizallamiento. La magnitud de la carga, y quizás más precisamente la tensión, parece modular la mecanotransducción en el tendón sano. La magnitud, la frecuencia, la velocidad y la duración de la carga influyen en los procesos bioquímicos y la expresión génica de los tenocitos (Merry, K., 2022).

Aunque la actividad metabólica del tendón es baja y la estructura suele ser estática, los estímulos inducidos por la carga pueden desencadenar vías de señalización anabólica y de mecanotransducción en el tendón (Merry, K., 2022). Tras la activación de las vías de señalización molecular, las señales de estimulación mecánica se transmiten a lo profundo de la célula mediante la remodelación de la matriz extracelular y se convierten en señales biológicas intracelulares mediante receptores mecanosensibles en la membrana plasmática de la célula. La secreción y degradación de la matriz extracelular en los tendones cambia sensiblemente después de la estimulación mecánica con el fin de adaptarse al entorno y mantener la homeostasis (Lazarczuk, S. L., 2022; Wang, K., 2022). En particular, la regulación al alza del factor de crecimiento insulinoide, entre otros factores de crecimiento, influye en la proliferación celular y la remodelación de la matriz. La remodelación positiva de la matriz parece atribuirse en gran medida a una síntesis neta de colágeno tipo I, lo que hace que el tendón sea más resistente a la carga, aunque los componentes de la matriz extracelular (proteoglicanos, glicosaminoglicanos y enlaces cruzados) también están influenciados por la carga mecánica y contribuyen al comportamiento macroscópico del tendón a través de sus acciones sobre las fibrillas de colágeno (Merry, K., 2022).

3.3. Cambios estructurales de los tendones en respuesta a la carga mecánica

Comprender cómo es la adaptación resulta crítico para permitir el desarrollo de intervenciones basadas en ejercicios físicos. De esta manera se aprovecha la mecano transducción para construir tejidos más resilientes y mejorar el rendimiento físico. Los cambios se dan a nivel de la estructura misma del tendón, en su tamaño (área de sección transversal), en su estructura interna, en el flujo vascular tendinoso y en sus propiedades mecánicas (Docking, S. I., 2019). Por otro lado, también, y a consecuencia directa, existen cambios en su función (Lazarczuk, S. L., 2022).

Con respecto al tamaño transversal del tendón, luego de la aplicación de una carga existen dos procesos simultáneos catabólicos y anabólicos sobre las proteínas. En las primeras 24 horas, el proceso de degradación es mayor al de síntesis por lo cual el equilibrio neto es negativo. A partir de la hora número 36 aproximadamente, este equilibrio se modifica, evidenciándose un balance neto positivo el cual se mantiene más allá de la hora número 72 aproximadamente (Docking, S. I., 2019; Magnusson. S.P., 2010).

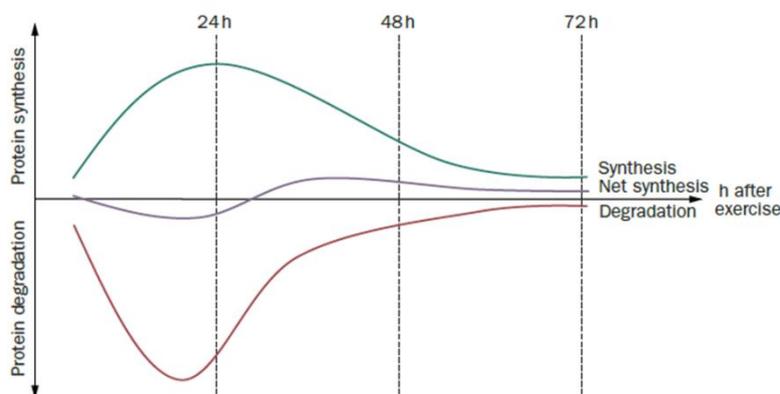


Ilustración 2. Representación esquemática de la síntesis y degradación del colágeno. El ejercicio agudo en humanos es seguido por un aumento tanto en la síntesis como en la degradación del colágeno. Durante las primeras 24 a 36 h, esta respuesta da como resultado una pérdida neta de colágeno, pero es seguida por una síntesis neta 36 a 72 h después del ejercicio. El entrenamiento repetido con periodos de descanso demasiado cortos puede provocar una degradación neta de la matriz y provocar lesiones por uso excesivo (Magnusson. S.P., 2010).

Un punto cronológico y biológico crucial en el desarrollo de un tendón de mayor grosor es la juventud. La integración de nuevo colágeno en el tendón parece estar limitada luego de la adolescencia y la juventud (>25 años). La inactividad durante la pubertad podría no promover el desarrollo de suficiente tejido tendinoso para tolerar cargas altas más tarde en la vida. Aún así, una ausencia de cambio en el tamaño del tendón no refleja una ausencia de adaptación ya que podría adaptarse mediante otros mecanismos (Docking, S. I., 2019).

Con respecto a la estructura interna del tendón, se han identificado cambios en la integridad estructural en el corto plazo como respuesta al ejercicio. Estos se caracterizan por cambios en la alineación de las fibras de colágeno, en la composición de proteoglicanos y en el contenido de agua. Cabe destacar que estos cambios surgieron únicamente luego de 3 meses de carga crónica y podrían resultar en la mejora de la capacidad de carga (Docking, S. I., 2019).

También se ven modificaciones en el flujo vascular tendinoso. Estos cambios serían una respuesta temporal del tejido dado que no ha sido conectada al desarrollo de patología o dolor y vuelve a niveles basales dentro de los días siguientes (Docking, S. I., 2019).

3.4. Cambios funcionales y en las propiedades mecánicas de los tendones sanos en respuesta a la carga mecánica

Con respecto a las propiedades mecánicas, sus cambios podrían ser una respuesta fisiológica que se normaliza dentro de las 24 horas de aplicada la carga como dijimos anteriormente (Magnusson, S.P., 2010). En esta primera instancia de corto plazo, existe una disminución de la rigidez como resultado de los cambios en las propiedades visco-elásticas (Docking, S. I., 2019) y la adaptación de la rigidez del tendón se podría deber principalmente al aumento del módulo de Young (Lazarczuk, S. L., 2022). Por otro lado, se ha evidenciado que las intervenciones de carga aplicadas a medio y largo plazo mostraron un aumento en la rigidez y en el módulo de Young (Docking, S. I., 2019), la hipertrofia del tendón puede contribuir a estos incrementos (Lazarczuk, S. L., 2022). La respuesta de incremento de la rigidez del tendón puede ocurrir a través de cambios en la morfología del tendón (p. ej., aumento del área transversal), de cambios en las propiedades del material, como el módulo de Young, o una combinación de estos factores aunque se puede explicar principalmente por la adaptación del material (es decir, el módulo) más que por las propiedades morfológicas (es decir, área de sección transversal). Se cree que el mecanismo principal subyacente al aumento de la rigidez es una mayor expresión génica anabólica inducida por la tensión y un aumento correspondiente en la síntesis y el recambio de colágeno. Debe tenerse en cuenta que el tejido del tendón central puede tener un recambio muy limitado y, en cambio, la adaptación puede estar limitada al tejido periférico (Lazarczuk, S. L., 2022).

En cuanto a la función, se pueden dar dos situaciones diferentes como respuesta a la carga. Una es una respuesta negativa, de la cual hablaremos más adelante, y otra es positiva la cual incluye, principalmente, el aumento en la capacidad del tendón para tolerar carga mecánica. Existe un interés en esta capacidad de adaptación del tendón como medio para mejorar la calidad estructural y funcional del tejido, rehabilitar una lesión del mismo y promover los cambios necesarios para optimizar el rendimiento deportivo. Lo más relevante de estos cambios es que la adaptación resulta en la mejora de la capacidad de tolerar carga (Docking, S. I., 2019).

Los tendones son sensibles a los cambios en la carga mecánica y pueden volverse más rígidos y fuertes con aumentos sostenidos en la exigencia. Estas adaptaciones alteran la función mecánica del tendón, ya que un tendón más rígido experimenta

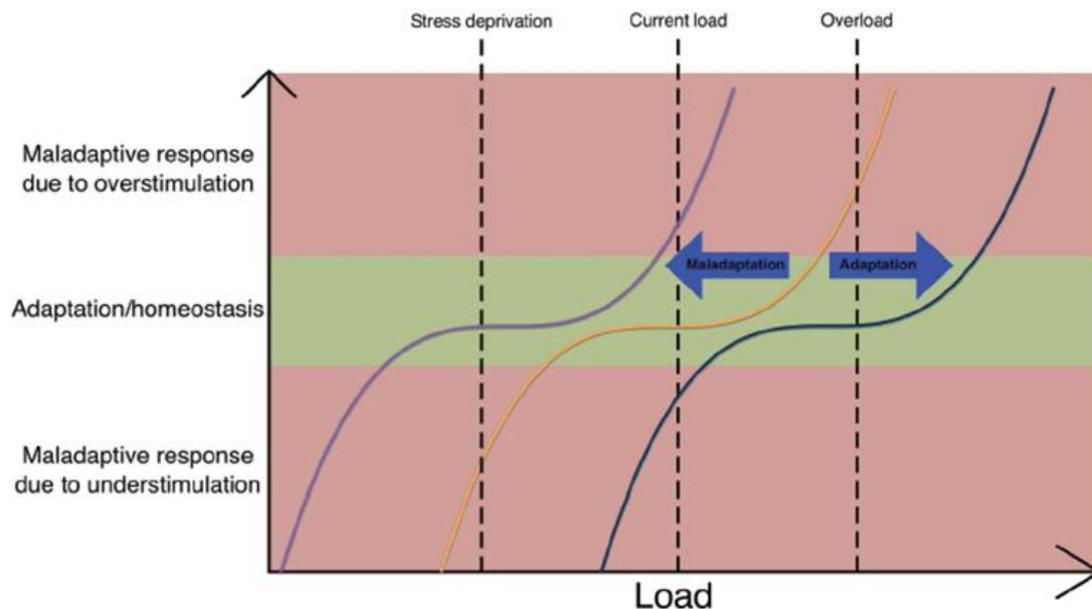


Ilustración 4. Representación esquemática de la capacidad de carga después de la privación del estrés físico o la sobrecarga (Docking, S. I., 2019).

La respuesta a la aplicación de una carga se caracteriza por ser hormética. La práctica de una carga sobre el tendón puede derivar en tres tipos de respuesta, dos de las cuales son de carácter mal adaptativo. Una carga insuficiente, descrita en términos de la dosis, podría derivar en una respuesta mal adaptativa debido a una subestimulación como así también una carga excesiva podría llevar a una respuesta similar pero no exacta debido a la sobrestimulación. Existe una ventana donde el uso de una carga genera una adaptación favorable o recae en la ventana de homeostasis del tejido (Docking, S. I., 2019).

En sujetos desentrenados, en procesos post-quirúrgicos, en sujetos añosos y en personas con un historial de lesión prolongado (entre otros), la capacidad del tendón de tolerar carga se encuentra disminuida. En este escenario, una exigencia física que promueva una adaptación será una carga sub estimulante en un tendón sano o en uno entrenado mientras que una carga excesiva podría promover cambios adaptativos en un tendón sano o ser una carga insuficiente en un tendón entrenado. Por otro lado, la aplicación repetida, sistemática y bien configurada de carga física genera el proceso de adaptación y en este caso, una carga alta será bien tolerada, promoverá cambios favorables en la estructura y en las propiedades mecánicas tendinosas o no modificará la homeostasis del tejido. Comparativamente, esta misma carga alta en tendones bajo un proceso maladaptativo podría promover una nueva lesión o la exacerbación de un síntoma preexistente (Docking, S. I., 2019).

4. Tendinopatía

4.1 Definición

El término tendinopatía describe un espectro de cambios que ocurren en tendones dañados y enfermos, caracterizándose por dolor persistente, menor función física y peor calidad de vida relacionada con la carga mecánica (Millar, N. L., 2021; Scott, A., 2020). La nomenclatura 'tendinitis' ha sido reemplazada por 'tendinopatía', ya que los estudios histopatológicos confirman a los cambios degenerativos estructurales del

tejido del tendón como característica clave, con mínima presencia de células inflamatorias (Breda, S. J., 2021).

4.2. ¿Qué pasa con la capacidad de carga cuando existe patología y dolor?

Como mencionamos antes, ante una carga se pueden dar dos situaciones diferentes. La respuesta positiva fue aclarada en el apartado anterior pero también existe la respuesta negativa, la cual desde una perspectiva clínica, podrían resultar en patología tendinosa, con sus signos y síntomas específicos como dolor y compromiso de la función (Docking, S. I., 2019). La carga aguda con dosis e intensidad excesivas puede exponer al tendón al riesgo de lesión por distensión, ruptura parcial o completa y destrucción estructural de la unión miotendinosa (Wang, K., 2022). Con cargas repetitivas o intensas que exceden los límites fisiológicos, las personas pueden desarrollar una tendinopatía (Merry, K., 2022). También es importante señalar que el mismo modo y dosis de carga pueden tener diferentes efectos sobre los tendones en personas sanas y enfermas debido a su tolerancia y capacidad de restauración después de la carga mecánica (Wang, K., 2022).

Es difícil saber si un episodio de dolor puede ser la causa o consecuencia de un cambio en la estructura tendinosa, pero su aparición podría predisponer a la estructura a tolerar menor carga física lo que incide negativa y directamente sobre el rendimiento físico. A su vez, un menor rendimiento físico debido a una peor tolerancia deja a la estructura vulnerable a la re-lesión o exacerbación de los síntomas perpetuando un círculo vicioso (Docking, S. I., 2019).

Habitualmente, los pacientes con un episodio de dolor optan por el cese de la actividad física o el reposo, de mantenerse este escenario en el tiempo incurrirán en un cuadro de desacondicionamiento físico como resultado del desuso, donde se evidencian alteraciones de la fuerza y la función. Por lo cual, remover aisladamente el dolor con intervenciones médico-farmacológicamente no necesariamente resultará en un aumento inmediato en la capacidad de carga, o en un cambio en el umbral de respuesta al estímulo dado que no aborda la mal adaptación tendinosa. El dolor necesita ser considerado y reducido mientras se mejora la capacidad de carga o la re-lesión podría ocurrir (Docking, S. I., 2019).

4.3 ¿Qué modificaciones micro y macroscópicas se ven en un tendón patológico?

Un tendón anormal presenta una serie de alteraciones estructurales y celulares. Con respecto a la micro-estructura, las fibras de colágeno se encuentran fragmentadas y los paquetes de colágeno desorganizados, a su vez existe una acumulación de glicosaminoglicanos. El aporte vascular también presenta alteraciones y se ha evidenciado una mayor microvasculatura asociada a un proceso de neo-inervación (Millar, N. L., 2021).

Macroscópicamente, la evidencia sugiere que en la tendinopatía se vislumbra un aumento del área de sección transversal del tendón, de la tensión longitudinal junto con una disminución del módulo de Young, de la tensión transversal y de la rigidez longitudinal transversal. En conjunto, estos cambios conducen a déficits funcionales en todo el espectro de fuerza, lo que aumenta potencialmente el riesgo de recurrencias (Merry, K., 2022).

Estos procesos patológicos son múltiples, están solapados y no son mutuamente excluyentes. Esta lesión estructural está asociada al uso excesivo, al dolor, al edema difuso o localizado y a la alteración del rendimiento físico (Millar, N. L., 2021).

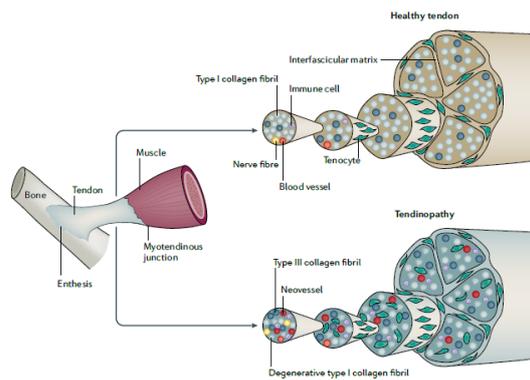


Ilustración 5. Cambios estructurales de los tendones en la tendinopatía. El tendón normal es una red bien organizada de fibrillas de colágeno. La matriz extracelular es densa, con una red fibrilar de fibras de colágeno predominantemente alineadas en paralelo, que consiste principalmente en colágeno tipo I. En la tendinopatía, los tenocitos disminuyen de volumen, se vuelven más largos y delgados, tienen una mayor proporción de núcleo a citoplasma y producen menos matriz extracelular pero con un aumento en la densidad del colágeno tipo III (principalmente debido a una menor degradación). La neovascularización y la neoinervación también se encuentran con frecuencia en el tendón enfermo (Millar, N.L., 2021).

4.4. ¿Qué adaptaciones se generan en el tendón patológico para aumentar la capacidad de carga?

Llamativamente, no existe un vínculo directo y lineal entre la capacidad de tolerar carga y la presencia o extensión de la patología. Se ha visto que no existen diferencias en el rendimiento físico entre tendones catalogados como patológicos y tendones sanos. Además, con respecto a la presencia o extensión de patología existe una gran prevalencia de hallazgos asintomáticos en los estudios complementarios (Docking, S. I., 2019).

No es claro que cambios, si existen, ocurren a nivel local del tendón que podría facilitar la adaptación positiva. Se cree que la respuesta de aumento de la capacidad de carga del tendón patológico podría ocurrir en tejidos metabólicos más activos (musculatura o sistema nervioso central), como mecanismo compensatorio adaptativo (Docking, S. I., 2019). La adaptación puede desarrollar la capacidad en el área de la estructura fibrilar alineada en lugar de actuar en el área de la estructura anormal (Merry, K., 2022).

El tendón degenerativo raramente recupera su estructura normal y aunque posee una capacidad limitada de normalizarse, se han demostrado mejoras en su estructura luego de intervenciones basadas en la carga (Docking, S. I., 2019). Aún así, estos cambios no se relacionan necesariamente con mejoras clínicas (Docking, S. I., 2019; Merry, K., 2022).

Las áreas de degeneración podrían no resolverse debido a la poca capacidad de censar stress físico y a la pérdida de la arquitectura normal. Esto podría explicar la capacidad limitada del tendón patológico de remodelarse y normalizarse. El mecanismo adaptativo por el cual el tendón patológico compensa podría darse debido a varios mecanismos. Primero, el tendón podría mantener un nivel de homeostasis al aumentar sus dimensiones para compensar las áreas de desorganización. Segundo, la adaptación y el aumento en la capacidad de carga podría no ocurrir dentro del área degenerativa debido a su incapacidad de censar estímulos mecánicos, sino en la estructura fibrilar circundante. Tercero, un posible mecanismo por el cual el tendón patológico podría adaptarse sería mediante la alteración de sus propiedades mecánicas, principalmente la disminución de la rigidez. En resumen, el fin último es el aumento en la tolerancia a la carga (Docking, S. I., 2019).

tendón normal al cual se le aplica una carga excesiva podría derivar en un proceso reactivo o de falla de curación. Las regiones degenerativas del tendón pueden ser mecánicamente silenciosas (es decir, incapaces de transmitir y sentir la carga) y, por lo tanto, ser potencialmente incapaces de responder a la carga debido a la desorganización fibrilar. Esta falta de estímulo sobre las células tendinosas puede explicar la reversibilidad limitada de la patología tendinosa degenerativa y la falta de remodelación después de las intervenciones basadas en el ejercicio, sobrecargando la parte normal del tendón (Millar, N. L., 2021; Cardoso, T. B., 2019; Cook, J. L., 2016). Aunque estos modelos son útiles en correlacionar la ciencia con los hallazgos clínicos, es probable que ninguno explique completamente la etiología de la patología tendinosa y la interacción compleja entre dolor y función, lo cual lleva al desarrollo de enfermedad (Millar, N. L., 2021).

Resumiendo los conceptos, la interacción entre los factores de riesgo y la aplicación de una carga inadecuada podría llevar a la falla estructural del colágeno tendinoso. Una capacidad deficiente de curación intrínseca evidenciado por la acumulación de colágeno 3 sumado a una recuperación inadecuada la cual altera negativamente el equilibrio entre degradación y síntesis de colágeno genera una acumulación gradual de daño. Estas alteraciones estructurales, al inicio, son asintomáticas. La acumulación de daño de la matriz, las moléculas secretadas, los mediadores de inflamación y los nociceptores activados eventualmente llevan a la manifestación de síntomas (Millar, N. L., 2021).

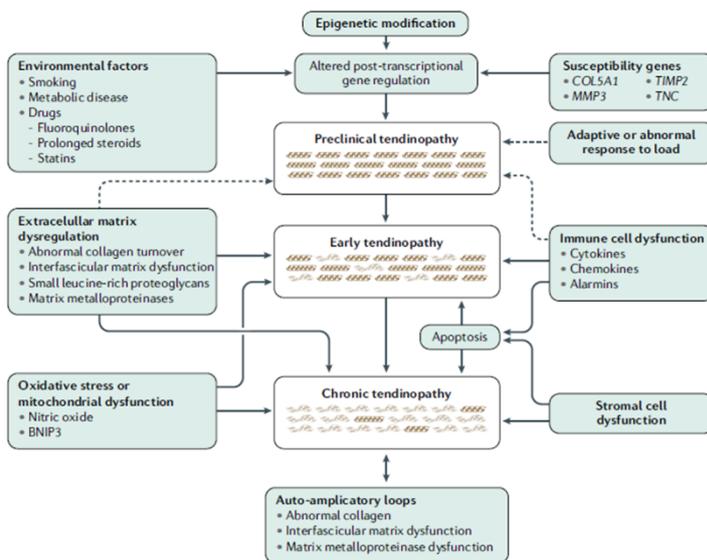


Ilustración 7. Fisiopatología de la tendinopatía. Varios factores de riesgo, incluido el exceso de uso mecánico, así como factores ambientales, como el tabaquismo, las enfermedades metabólicas (por ejemplo, diabetes mellitus e hiperlipidemia) y ciertos medicamentos (por ejemplo, fluoroquinolonas y uso excesivo de corticosteroides) pueden desencadenar el desarrollo de tendinopatía. El fracaso de las respuestas homeostáticas normales eventualmente conduce a una tendinopatía temprana. La disregulación de los mecanismos de reparación conduce a una tendinopatía las características clínicas de mala función, dolor y capacidad de carga (Millar, N. L., 2021).

4.6. El envejecimiento afecta la estructura y las propiedades mecánicas tendinosas

Como cualquier otra estructura corporal, los tendones también envejecen. La senectud del tendón podría ser causado por el proceso de degeneración debido a factores genéticos sumado a otras causas. Con la edad, la composición molecular y estructural del tendón cambia, el equilibrio entre la actividad anabólica y catabólica tendinosa tiende a no modificarse o declinar manteniéndose constante la síntesis de tejido y el área de sección transversal (Ahmad, Z., 2020; Magnusson, S. P., 2019).

Estos cambios también repercuten en su función, con el paso del tiempo las propiedades mecánicas como la rigidez del tendón tiende a mantenerse constante o disminuir (Ahmad, Z., 2020; Magnusson, S. P., 2019), mientras que el módulo de Young también suele caer (Lazarczuk, S. L., 2022).

El ejercicio podría contrarrestar esto, pero existe evidencia que sugiere que el tendón envejecido tiene menos capacidad de adaptarse (Ahmad, Z., 2020; Magnusson, S. P., 2019). Aunque los tendones más viejos parecen conservar su mecanosensibilidad, su disminución relacionada con la edad puede influir en el tipo o la magnitud de la adaptación del tendón inducida por el entrenamiento. Se encontraron pequeños aumentos en el módulo del tendón y en su rigidez en sujetos de edad avanzada, aunque en el área de sección transversal se vieron aumentos triviales (Lazarczuk, S. L., 2022).

5. Diagnóstico

5.1 Presentación clínica

La presentación clínica de la tendinopatía tiene ciertas características. Un rasgo distintivo es el dolor y la rigidez matutina o luego de estar sin movimiento por un periodo prolongado. En la etapa inicial no suele existir restricción en la actividad cotidiana, laboral o deportiva aunque los síntomas luego podrían progresar a un dolor constante y/o debilitante manifestándose durante las actividades. Otra particularidad de su presentación deportiva es la ausencia de síntomas posterior a empezar a moverse (Millar, N. L., 2021).

El diagnóstico se basa en los síntomas clínicos del paciente. Si bien, la entrevista corrobora el dolor y rigidez localizado en el tendón y provocado por las actividades, la examinación física junto con la sensibilidad a la palpación es una información clave usada para confirmar el diagnóstico. Otro signo es el edema localizado en el área de sensibilidad (Millar, N. L., 2021).

En cuanto al cuadro clínico es importante indagar ciertos aspectos espacio-temporales sobre las características del dolor manifestado. Usualmente el sitio del dolor es puntual y localizado. El periodo de duración de dolor desde el inicio hasta la actualidad, el intervalo desde el último episodio de mayor intensidad hasta el presente, el momento de aparición más frecuente y el tiempo de duración de una exacerbación son todos datos fácilmente recolectables durante la entrevista (Millar, N. L., 2021).

La relación del dolor con la carga aplicada también brinda información valiosa. Averiguar sobre el tipo de régimen deportivo del paciente y su nivel de participación aporta datos sobre el grado de exigencia impuesto al sistema humano de movimiento. La cantidad de movimientos practicados (series, repeticiones, frecuencia diaria o semanal) de un ejercicio particularmente doloroso es útil para identificar la dosis desencadenante. Los cambios recientes en la actividad cotidiana, laboral o deportiva o el aumento de una ya practicada también es una pieza de información que pueden influir en el dolor. El grado de recuperación entre sesiones de ejercicios e incluso entre series de movimientos también podría condicionar el dolor. Un punto también a menudo pasado por alto el cual puede incidir en la aparición o exacerbación de un dolor son los periodos de inactividad física seguida de un comienzo súbito y repentino (Millar, N. L., 2021; Ahmad, Z., 2020).

El dolor incide en la función por lo cual cualquier pérdida de función física secundaria a la aparición del dolor es un dato a tener en cuenta no solo como pieza de información

inicial sino también como objetivo de tratamiento y parámetro de resultado en las re-evaluaciones subsecuentes (Ahmad, Z., 2020).

Muchas veces el paciente puede identificar claramente cuales son los movimientos, posturas o actividades que provocan el dolor, aún así las pruebas de provocación de dolor cargan activamente la estructura tendinosa y nos sirven como parámetro de referencia además de ayudar a confirmar o excluir un diagnóstico dependiendo del tendón involucrado (Ahmad, Z., 2020).

En términos generales, el dolor relacionado con el tendón suele estar limitado a las actividades, disminuye ante la remoción de dichos movimientos, mejora al empezar a moverse (posterior a la entrada en calor) y suele empeorar horas después de terminado el ejercicio (Ahmad, Z., 2020).

Si bien el dolor puede ocurrir en presencia de patología tendinosa también podría existir patología en ausencia de dolor, por lo cual las alteraciones estructurales del tendón por sí solos pueden no ser la única fuente de dolor. El disparador nociceptivo local es desconocido pudiendo provenir de mecanismos espinales, periféricos o centrales (Cardoso, T. B., 2019).

La hipótesis más fuerte es que el dolor puede ser iniciado por una carga excesiva. La discordancia entre una carga excesiva mayor a la capacidad de ser tolerada podría ser el disparador de la patología y dolor. Una de las cargas tensiles más importantes que tolera el tendón es aquella que involucra un ciclo de alargamiento y acortamiento como aquel que sucede en movimientos balísticos o pliométricos, esprintar, saltar o cambios de dirección bruscos al correr por ejemplo. La carga compresiva también puede ser un disparador del dolor y se da principalmente cuando los tendones son comprimidos contra las prominencias óseas en la unión del tendón con el hueso. Si bien las distinguimos por separado, la carga tensil y por compresión no son mutuamente excluyentes y pueden verse solapadas. Con respecto a las cargas por fricción o cizalla, estas son inducidas por movimientos repetitivos y pueden resultar en patologías peri-tendinosas (Cardoso, T. B., 2019).

Más allá de la afección en los movimientos y más allá del dolor, la tendinopatía genera un gran impacto negativo en la salud mental del paciente y en su calidad de vida. La participación en las actividades laborales, deportivas y sociales se ve alterada contribuyendo al estrés psicológico, a la depresión y a la ansiedad. La depresión y ansiedad se correlaciona con el dolor, la falla en abordar estos asuntos podría afectar negativamente la recuperación y los resultados (Millar, N. L., 2021).

5.2. Breve reseña de las características clínicas de las tendinopatías más comunes

Con respecto a la tendinopatía de Aquiles, el paciente suele manifestar dolor a la palpación ya sea en el tercio medio-inferior del tendón o en su sitio de inserción en el calcáneo. Una prueba de provocación habitual es la elevación del talón apoyado en una sola pierna desde la posición de parado, el dolor puede manifestarse ya sea en la fase concéntrica o excéntrica de la contracción del Gastrocnemio. Otra prueba habitual es realizar saltos a una sola pierna en la cual usualmente el paciente refiere dolor en la porción media del tendón durante la ejecución de la tarea. La prueba del "Hospital Real de Londres" es la manifestación de sensibilidad a la palpación que disminuye sustancialmente o desaparece completamente a la máxima dorsiflexión del tobillo. El signo del arco es el movimiento del edema intratendinoso en relación al maléolo con el tendón durante el movimiento completo del tobillo (Millar, N. L., 2021).

En la tendinopatía rotuliana habitualmente el paciente manifiesta dolor a la palpación en el polo inferior de la rótula. Una prueba de provocación de dolor es la sentadilla unipodal sobre un realce. El paciente debe pararse con la pierna a evaluar sobre una cuña de 25° de pendiente, luego se le solicita que realice una sentadilla unipodal hasta los 90° si es posible. En esta prueba, el dolor debería permanecer localizado sobre el tendón o en su unión con el hueso y no debería propagarse a otras áreas. La prueba del “Hospital Real de Londres” se inicia con la rodilla estirada, en esa posición cierta afección local debería provocarse al palpar el tendón. Posteriormente, la misma zona sensible debería ser palpada nuevamente con la rodilla flexionada 90° y se considera positiva la prueba si el dolor es marcadamente menor o ausente con la rodilla flexionada (Millar, N. L., 2021).

En la tendinopatía glútea el paciente también se queja del dolor a la palpación pero sobre el borde superior del trocánter mayor de la cadera. En la examinación física, la prueba de FADER implica la movilización pasiva en supino de la cadera en cuestión hacia la flexión de 90°, aducción y rotación externa hasta el final del rango de movimiento. Esta prueba busca aumentar las cargas de tensión y compresivas sobre los tendones glúteos a través del posicionamiento de la cadera y la bandilla ilioltibial. En la prueba de FABERE, el maleolo lateral de la pierna a evaluar es colocado pasivamente sobre la rótula de la pierna contralateral, la pelvis es estabilizada con una mano del operador en la espina iliaca antero superior opuesta y la rodilla es empujada pasivamente hacia el suelo de tal manera que la cadera en cuestión se mueva hacia una mayor abducción y rotación externa. Se espera que esta prueba coloque a la porción anterior de los glúteos bajo una carga de tensión debido a la función muscular inherente de rotación interna. En cuanto a las pruebas de provocación, se solicita al paciente que sostenga una postura en sola pierna por 30 segundos, considerándose positiva la prueba si se reproduce el dolor en la cara lateral de la cadera dentro de este intervalo de tiempo (Millar, N. L., 2021).

En la extremidad superior las tres tendinopatías más comunes son las del codo y la del manguito rotador. Con respecto al codo, el dolor puede provocarse al palpar el epicóndilo o epitroclea en el caso de la tendinopatía de los extensores de muñeca-mano o de los flexores respectivamente. Al resistir la flexión o extensión de la muñeca o de los dedos el dolor también podría reproducirse. Sujetar un objeto fuertemente también podría provocar dolor. En la tendinopatía del manguito rotador, la palpación sobre la cara anterior y superior del hombro podría reproducir el dolor. Las pruebas “Empty Can”, “Hawkins” y “Jobe” también son utilizadas como parámetros de movimiento y, en términos generales, consisten en realizar determinados movimientos pre-establecidos y evaluar si existe la reproducción de dolor (Millar, N. L., 2021).

5.3. Rol de los estudios complementarios

Existe una sobre utilización de los estudios complementarios como método diagnóstico aunque no son estrictamente necesarios. Los hallazgos en los estudios no siempre son consistentes con los síntomas clínicos además de no proveer de información sobre el proceso tisular. Sin embargo, las modalidades de imágenes pueden ser útiles para confirmar o descartar un diagnóstico diferencial. En la ecografía existen hallazgos posibles que están asociados con la tendinopatía: la rigidez del tendón, las regiones hipoecoicas, la pérdida de organización o alineación del colágeno y la neovascularización (Millar, N. L., 2021; Ahmad, Z., 2020).

6. Tratamiento

El objetivo de la terapia kinésica es reducir los síntomas, en particular el dolor, promover la curación del tendón y mejorar la función del paciente. Existen varias

opciones de tratamiento las cuales las podemos dividir groseramente en modalidades pasivas y activas. Las modalidades pasivas incluyen los tratamientos farmacológicos, el uso de infiltraciones de analgésicos, la ingesta de antiinflamatorios no esteroides, la terapia con ondas de choque extracorpóreas y el láser de bajo nivel entre otros (Millar, N. L., 2021).

La presentación heterogénea de las tendinopatías significa que un enfoque de tratamiento único podría ser inapropiado y estar relacionado con malos resultados a largo plazo. Diferentes tendinopatías y estados patológicos combinados con circunstancias individuales requieren un enfoque de tratamiento personalizado, el cual debe aplicarse a las intervenciones de tratamiento (Burton I., 2021).

El objetivo de esta revisión se enfoca en las modalidades activas, las cuales involucran el ejercicio físico, la educación del paciente y las estrategias de manejo de la carga. En general, la eficacia del tratamiento debe ser determinada por la reversión de la tendinopatía y no solo por la resolución de la sintomatología (Millar, N. L., 2021).

6.1. El reposo no es una indicación de tratamiento

El reposo absoluto está contraindicado como estrategia de manejo de la tendinopatía. Está evidenciado que incide negativamente en las propiedades estructurales y mecánicas del tendón, su función se ve afectada por la pérdida de la capacidad de generar fuerza en periodos breves de tiempo repercutiendo en la cadena cinemática además de haberse vistos cambios a nivel del córtex motor. El reposo resultará en una disminución inmediata del dolor pero la vuelta a la carga previamente utilizada podría volver a aumentarlo debido al efecto negativo de la descarga total prescrita. Aún así, el manejo de la carga puede involucrar un reposo relativo, donde se propone un cambio en el repertorio de movimientos del sujeto para evitar dichas cargas agravantes (Cardoso, T. B., 2019).

Si bien el reposo absoluto es desaconsejado, a la hora de comenzar un plan de rehabilitación es importante prestar atención a la relación entre los movimientos y el dolor utilizando el modelo de control del dolor. Es aconsejable modificar toda la actividad deportiva (intensidad, duración, frecuencia y tipo de carga) de aquellas actividades que provocan un dolor considerable en el tendón (Escala visual análoga >4), es decir, reducirlo o incluso evitarlo significativamente durante al menos 4 semanas (Breda, S. J., 2021).

6.2. Ejercicio físico

Los ejercicios permanecen siendo el abordaje conservador más efectivo (Millar, N. L., 2021). El mecanismo de acción sugerido generalmente se considera que es la restauración del material del tendón, de las propiedades mecánicas y morfológicas de manera similar a la remodelación del tendón sano, mejorando así la fuerza funcional (Merry, K., 2022). La rehabilitación activa intenta restaurar la capacidad del tejido tendinoso teniendo una relación estrecha con la homeostasis del tendón y la reparación de lesiones. La carga sobre el tendón mejora los síntomas del paciente, normaliza su estructura y optimiza el rendimiento funcional. Los principios de manejo de la tendinopatía a través de la terapia física giran en torno a la educación sobre la misma, al manejo y monitoreo de la carga, a la prescripción de ejercicios, y a las intervenciones adjuntas para el dolor (Millar, N. L., 2021, Docking, S. I., 2019; Cardoso, T. B., 2019; Wang, K., 2022).

Es claro que el tendón responde a la carga, pero cómo aplicamos estas intervenciones para crear deportistas más robustos y prevenir lesiones sigue siendo confuso (Millar,

N. L., 2021). Se desconoce la intervención óptima de ejercicio terapéutico para la tendinopatía. Esto puede deberse en parte a la cantidad sustancial de parámetros ajustables que comprenden una prescripción de ejercicio, o a la heterogeneidad y falta de información sobre las características del entrenamiento de fuerza para la tendinopatía. Las intervenciones de carga son el tratamiento preferido, pero se ha debatido la dosis óptima en términos de repeticiones, series, frecuencia y cargas (Agergaard, A. S., 2021). Se sugiere centrarse en los principios de carga y adaptar el programa individualmente para promover la participación del paciente y, en consecuencia, el éxito del protocolo (Merry, K., 2022). Una dosis de ejercicio y una magnitud de carga óptimas durante las intervenciones pueden mejorar el resultado clínico y dar lugar a una respuesta positiva del tejido tendinoso (Agergaard, A. S., 2021).

Los cambios en el rendimiento neuromuscular pueden explicar el beneficio clínico. La rehabilitación debería centrarse en aumentar la rigidez de la unidad músculo-tendinosa, aumentar la fuerza y cambiar la curva de longitud-tensión de los músculos a través de la sarcomerogénesis. El ejercicio terapéutico debe centrarse en mejorar las propiedades mecánicas y materiales de toda la unidad músculo-tendinosa y, de este modo, desarrollar simultáneamente la capacidad de fuerza y el control neuromuscular (Merry, K., 2022).

Mejorar la capacidad de carga en el tendón normal es importante para la prevención de lesiones y mejorar el rendimiento deportivo. Sin embargo, la principal preocupación del terapeuta es como mejorar la capacidad de carga en un tendón patológico. Cuál es el tipo de intervención más efectiva para rehabilitar una tendinopatía sigue siendo un tópico controversial. En cuanto al tipo de contracción muscular, es sugerible que su elección, ya sea isométricos, concéntricos o excéntricos sea una decisión conjunta con el paciente. Involucrar a los pacientes y presentar las diferentes opciones mejorará la alianza terapéutica y optimizará la adherencia con el plan de tratamiento. Es crucial tener en cuenta los objetivos específicos del paciente (Millar, N. L., 2021, Docking, S. I., 2019).

6.3. Entrenamiento de la fuerza para la tendinopatía

El tipo de trabajo propuesto tiene un efecto sobre la adaptación del tendón. El entrenamiento de fuerza es la estrategia de entrenamiento más efectiva para promover la adaptación en las propiedades mecánicas, materiales y morfológicas de los tendones para todos los grupos etarios, aunque la magnitud del cambio puede variar con la edad (Lazarczuk, S. L., 2022).

El trabajo de fuerza y las intervenciones basadas en saltos pueden inducir aumentos grandes y pequeños, respectivamente, en la rigidez del tendón. Solo las intervenciones de fuerza resultaron en aumentos claros y grandes en el módulo de Young y pequeños en el área de sección transversal. Debido a las propiedades viscoelásticas de la matriz extracelular, los tendones se deforman más y, por lo tanto, absorben más energía a velocidades de deformación bajas en comparación con las altas. Como consecuencia, las contracciones de mayor duración con cualquier carga dada pueden aumentar la transmisión de la tensión del tendón externo a las células tendinosas mecanosensibles, lo que se espera que promueva mayores respuestas anabólicas. Las tensiones y esfuerzos más grandes podrían dar como resultado deformaciones localizadas mayores, lo que se esperaría que provoque que más tenocitos experimenten más tensión. Puede haber un umbral de carga/deformación que debe superarse para que se produzca una adaptación positiva del tendón in vivo (Lazarczuk, S. L., 2022). Se ha sugerido que la mejoría de los síntomas observada en los protocolos de entrenamiento de fuerza lenta y pesada pueden no deberse a los

cambios en la arquitectura del tendón, sino a la mejora de las propiedades mecánicas (Burton I., 2021). Los tiempos de contacto con el suelo relativamente breves y las mayores tasas de carga asociadas con la actividad pliométrica pueden no proporcionar un estímulo óptimo para la adaptación. Comparativamente, el aumento del módulo de Young después del trabajo de fuerza fue significativamente mayor que las intervenciones concurrentes pero no que el pliométrico (Lazarczuk, S. L., 2022). Se ha encontrado que el entrenamiento pliométrico aumenta la rigidez de las articulaciones y el rendimiento del salto. Esto sugiere que probablemente tenga efectos complementarios al entrenamiento de fuerza intenso y lento en la rehabilitación de la tendinopatía y puede reducir los déficits persistentes del ciclo de alargamiento-acortamiento muscular (Burton I., 2021). Curiosamente, cuando las actividades de fuerza se realizaron al mismo tiempo que el ejercicio aeróbico (es decir, correr o andar en bicicleta), no se observó ningún cambio significativo en ninguna propiedad del tendón. Está bien establecido que el trabajo concurrente, como comúnmente lo realizan los atletas, atenúa las ganancias en el tamaño y la fuerza del músculo esquelético en comparación con las intervenciones aisladas de fuerza (Lazarczuk, S. L., 2022).

6.3.1 Programación de un entrenamiento de fuerza para tendinopatías

Con respecto a la influencia del ejercicio en los tendones, se debe señalar claramente que los modos, la intensidad y la frecuencia del ejercicio son parámetros clave que deben tenerse en cuenta porque las diferentes ejecuciones de ejercicios involucran varios componentes del sistema musculoesquelético y plantean distintos desafíos para el metabolismo energético y la remodelación de la matriz extracelular (Wang, K., 2022). La configuración de los parámetros de carga producen diferentes efectos sobre la adaptación del tendón (Lazarczuk, S. L., 2022). Existe una falta de consenso en la literatura con respecto a qué variables de entrenamiento pueden influir en los resultados del entrenamiento, como si el ejercicio debe ser doloroso, la velocidad y la intensidad del ejercicio, la duración del entrenamiento, los métodos de progresión y el entrenamiento en el hogar no supervisado versus el entrenamiento en la clínica supervisado. Independientemente de la población de intervención, los programas de ejercicios individualizados deben supervisarse, revisarse y progresar adecuadamente para garantizar el cumplimiento y la resolución de la tendinopatía (Burton I., 2021).

6.3.2. Intensidad de la carga de trabajo en un entrenamiento de fuerza

La intensidad de la carga describe la magnitud del estímulo de entrenamiento, o dicho de otro modo, la cantidad de resistencia aplicada (Merry, K., 2022). En cuanto a la intensidad relativa, los protocolos de alta intensidad ($\geq 70\%$ 1 repetición máxima /máxima contracción voluntaria) en tendones sanos produjeron grandes aumentos en la rigidez y el módulo de Young y pequeños aumentos en el área de sección transversal. En comparación, el entrenamiento de fuerza de baja intensidad ($<70\%$) produjo aumentos moderados en la rigidez, grandes aumentos en el módulo de Young y ningún cambio claro en el área de sección transversal (Lazarczuk, S. L., 2022). Los estudios en tendones sanos sugieren que una carga de magnitud suficientemente alta es fundamental, aunque esto no está bien estudiada dentro de una población tendinopática y puede verse limitada por la tolerabilidad del cliente (Merry, K., 2022). Los parámetros de cargas para ejercicios isométricos serían de hasta el 80% de 1 repetición máxima (RM) y 80% de 8-RM para ejercicios isotónicos (Burton I., 2021). Por otro lado, un estudio examinó específicamente si la magnitud de la carga (intensa VS moderada) influye en los resultados de dolor y función en un protocolo de 12 semanas además de evaluar el efecto a largo plazo (52 semanas). El programa de carga intensa se inició al 55% de una repetición máxima y se progresó al 90%. El

programa de carga moderado también comenzó en el 55% y se mantuvo durante toda la intervención. El volumen total se igualó y cada dos semanas, se ajustó las cargas. Los hallazgos mostraron que magnitudes de carga intensas y moderadas produjeron mejoras clínicas significativas en la función, el dolor y la satisfacción del paciente después de 12 semanas y se mantuvieron 1 año después aunque el protocolo de mayor carga no fue clínicamente superior. Cierta magnitud de carga es esencial para que mejore la condición clínica, pero no necesariamente se requiere cargas extremadamente altas. El umbral mínimo para lograr tal mejora sigue siendo desconocido. Desde el punto de vista clínico, puede ser importante elegir el régimen de ejercicio que mejor se adapte a las preferencias del paciente para mejorar el cumplimiento (Agergaard, A. S., 2021).

6.3.3 Volumen de carga en un entrenamiento de fuerza

Se define al volumen como la cantidad total del trabajo realizado, tanto las intervenciones de bajo volumen como las de alto volumen indujeron grandes aumentos en la rigidez del tendón sano. Las intervenciones de bajo volumen indujeron aumentos moderados en el módulo de Young mientras que las de alto volumen generaron grandes aumentos en tendones sin lesión. El entrenamiento de fuerza de bajo volumen indujo pequeños aumentos en el área de sección transversal mientras que las de alto volumen produjeron aumentos triviales en tendones sanos (Lazarczuk, S. L., 2022). El volumen sugerido en tendones patológicos es de entre 24 y 32 repeticiones en tandas de 4 series (Cardoso, T. B., 2019). Igualmente, las estrategias alternativas de realizar más series con menos repeticiones pueden permitir suficiente carga, volumen e intensidad a lo largo del entrenamiento para estimular las adaptaciones (Burton I., 2021).

6.3.4. Modo de contracción en un entrenamiento de fuerza

El modo de contracción a utilizar en los programas de carga siempre fue un asunto conflictivo. Si bien no parece influir en la adaptación, algunos modos pueden actuar como mejores vehículos para generar mayores intensidades y tensiones en los tendones carentes de lesiones. Al considerar las intervenciones de alta intensidad, todos los modos de contracción produjeron aumentos significativos, de moderados a grandes, en la rigidez y el módulo de Young del tendón, pero solo las contracciones excéntricas produjeron un aumento significativo en el área de sección transversal. El análisis de las intervenciones combinadas (alta y baja intensidad) reveló aumentos similares en la rigidez y el módulo de Young del tendón para todos los modos de contracción, pero ningún cambio significativo en el área de sección transversal en tendones sanos (Lazarczuk, S. L., 2022). Cada modo de contracción posee ventajas y desventajas. Los ejercicios excéntricos usados aisladamente tienen evidencia limitada aunque combinarlos con un componente concéntrico aumenta el colágeno y la rigidez mecánica permitiendo el alivio de dolor de largo plazo y la mejora de la función. El uso de ejercicios isométricos y concéntricos tiene la gran ventaja de ser analgésico generando un alivio inmediato del dolor aunque solamente los isométricos sostienen la analgesia por más de 45 minutos (Cardoso, T. B., 2019).

6.3.5. Frecuencia semanal

A partir de la evidencia sobre las respuestas de los tendones a la carga, no se sugiere realizar más de tres sesiones de entrenamiento de fuerza de alta intensidad dentro de

la misma semana en la rehabilitación de la tendinopatía, esto es para permitir la síntesis adecuada de colágeno, la remodelación, la adaptación y la recuperación del tendón. Es esencial que los tendones en proceso de curación reciban un descanso y un tiempo de recuperación adecuado durante la rehabilitación para permitir que los procesos anabólicos y catabólicos involucrados en la remodelación y adaptación del tendón ocurran con éxito (Burton I., 2021).

6.3.6. Técnica de ejercicios

Los factores de riesgo pueden dividirse en aquellos que son intrínsecos o extrínsecos a la persona. Algunos de estos son modificables, mientras que otros no. En cuanto a los factores extrínsecos, algunos están relacionados con la actividad deportiva (Millar, N. L., 2021), dentro de estos podría incluirse la técnica de los ejercicios. La biomecánica de la persona, como la cinética y la cinemática del movimiento, la flexibilidad, la postura del pie, la capacidad neuromuscular y la anatomía estructural pueden influenciar el desarrollo de una tendinopatía. Además, la alineación incorrecta y el desequilibrio del tejido muscular circundante, así como los errores de entrenamiento, promueven el riesgo de progresión (Steinmann, S., 2020).

En el deporte, la mayoría de las tendinopatías ocurren en relación a las altas demandas de cargas y están asociadas con su aplicación cíclica, sistemática y con la falta de recuperación adecuada entre estímulos. Otro factor que influye la aparición de la tendinopatía es el incremento repentino en el volumen de una actividad específica o en el incremento de su intensidad. Un momento crucial donde es posible que se desarrolle una tendinopatía es en el momento de iniciar una actividad física nueva (Millar, N. L., 2021).

7. Periodización de la carga en la rehabilitación de la tendinopatía

La periodización se puede definir como la distribución planificada de estímulos para aumentar el potencial de lograr un rendimiento deportivo óptimo en un punto de tiempo predeterminado. Los mesociclos se realizan en un orden de aumento en la intensidad y disminución en el volumen general. En fisioterapia, a pesar de que existen investigaciones que demuestran la aplicabilidad del uso del entrenamiento periodizado estructurado en la rehabilitación, faltan estudios sobre su uso en tendinopatía (Burton I., 2021).

Aunque el programa de carga óptimo para cualquier etapa de la tendinopatía no ha sido desarrollado (Cardoso, T. B., 2019), la siguiente propuesta es un protocolo de tratamiento basado en ejercicios activos con foco progresivo y gradual, abordando al paciente desde el momento inicial hasta la vuelta al deporte y mantenimiento de la salud del tendón (Ahmad, Z., 2020). Tomando como base las etapas sugeridas por Cardoso T. B, et al (2019) confeccione mi propuesta personal extendiendo la cantidad de fases y especificando los trabajos de cada una. Complementariamente y a modo de ejemplo se detalla los ejercicios y sus dosis de cada etapa de un protocolo periodizado para la tendinopatía rotuliana (Breda, S. J., 2021).

Fase de Rehabilitación	Objetivo	Tratamiento
1	Reducción del dolor	Isométricos a mitad de rango de movimiento. Reducir la carga compresiva y usar el ciclo de alargamiento-acortamiento
2	Mejorar el dolor	Carga alta lenta en posición no compresivas
3	Construir fuerza funcional	Progresar a tareas funcionales.
4	Aumentar la potencia	Reducir el volumen de trabajo pero aumentar la tasa de desarrollo de fuerza
5	Desarrollar el ciclo de alargamiento-acortamiento	Introducir Pliometría. Iniciar la vuelta gradual a la carrera
6	Específico al deporte	Sumar ejercicios específicos acorde al requerimiento deportivo
Mantenimiento	Mantenimiento de la salud del tendón	Continuar trabajo de fuerza. Aumentar la carga gradual. Evitar errores de entrenamiento

Ilustración 8. Etapas de una rehabilitación basada en ejercicios las cuales se pueden adaptar a cualquier tendinopatía y al función actual y requerida por el paciente. Tomando como base el protocolo propuesto en el trabajo de Cardoso, T. B., (2019) realice una ampliación de las fases con un mayor detalle del trabajo de cada una.

7.1. Primera a tercera etapa

En la primera etapa buscamos reducir el dolor y más allá de la modalidad terapéutica pasiva o farmacológica y la modificación de las actividades agravantes, la estrategia de ejercicios basada en ejercicios isométricos ayudaría a cumplir el objetivo. Las propuestas isométricas pueden ser usadas antes de las actividades provocativas y/o antes del trabajo de fuerza concéntrico-excéntrico para permitir la fuerza máxima. Con el fin de reducir la carga compresiva sobre la unión hueso-tendón se sugiere utilizar la mitad del rango de movimiento posible. Con respecto a la dosis de trabajo, se propone realizar 5 series sosteniendo cada repetición entre 30-45 segundos dejando un descanso inter-serie de 2 minutos. Una vez que el dolor haya sido controlado, se recomienda realizar una progresión semanal. Los isométricos pueden continuarse a través del descanso del programa de rehabilitación, pueden realizarse antes de los concéntricos y también durante la temporada antes del entrenamiento para manejar el dolor (Cardoso, T. B., 2019).

A modo de ejemplo se citará el protocolo experimental usado por Breda S. J., (2021) donde se usó un abordaje de carga progresivo también dividido en etapas para la tendinopatía del tendón rotuliano el cual se comparo con un grupo control. La etapa 1 consistió en ejercicios isométricos diarios (uso la máquina de prensa a una sola pierna o la máquina de extensión de pierna, 5 repeticiones de 45 segundos a rango medio (flexión de rodilla de 60°) con sostén isométrico de cuádriceps al 70% de la contracción voluntaria máxima) (Breda, S. J., 2021).

Para manejar de manera óptima las tendinopatías, se debe evaluar la capacidad funcional global con el fin de facilitar la sobrecarga progresiva del propio tendón y la cadena cinética, enfocándose en las debilidades de la extremidad. Si no se abordan adecuadamente los déficits musculares aislados, los déficits de la cadena cinética o la biomecánica general podría terminar en una rehabilitación subóptima (Burton I., 2021). Es por esta razón que en las primeras tres etapas los ejercicios isotónicos y los ejercicios realizados lentamente y con alta resistencia también pueden ser realizados. Con esta modalidad de trabajo buscamos mejorar la fuerza muscular y aumentar la rigidez tendinosa no solo de la unidad en cuestión sino también de toda la extremidad (Cardoso, T. B., 2019). La rehabilitación de la tendinopatía puede mejorarse mediante la presencia de una carga progresiva de la unidad músculo-tendinosa junto con toda la extremidad y la cadena cinética. Por ejemplo, el fortalecimiento glúteo se ha recomendado en las tendinopatías rotulianas y de Aquiles (Burton I., 2021).

En la primera etapa se debe prestar atención a no pautar estímulos bajo rangos de movimiento que comprime el tendón sobre el hueso además de ejecutar el ciclo de alargamiento-acortamiento en una velocidad lenta. En la segunda etapa, podría ser conveniente seleccionar ejercicios donde se aborde la unidad musculotendinosa en cuestión en aislamiento sin olvidarse de estimular también la unidad adyacente. En una tercera etapa, una vez que la base de fuerza sea establecida, se puede sumar mayor resistencia con el cambio de dosis o ejercicio. (Cardoso, T. B., 2019). La etapa 2 en el trabajo de Breda S. J., (2021) consistió en los ejercicios isométricos de la etapa 1 en el primer día de la semana y ejercicios isotónicos en el segundo día. Los ejercicios isotónicos utilizados fueron la máquina de prensa a una sola pierna y la máquina de extensión de pierna, comenzaron con 4 series de 15 repeticiones entre 10° y 60° de flexión de rodilla y progresaron lentamente a 4 series de 6 repeticiones utilizando carga y mayores ángulos de rodilla, entre la extensión casi completa y los 90° de flexión (Breda, S. J., 2021). Los criterios de progresión de etapa serán ampliados más adelante.

7.2. Cuarta a quinta etapa

El principio de sobrecarga establece que es necesario estresar los tejidos biológicos más allá de sus umbrales actuales para aumentar su tolerancia a las tensiones posteriores y evitar futuras lesiones. Los programas de rehabilitación que se centran únicamente en la fuerza pueden conducir a capacidades funcionales subóptimas, a déficits de fuerza persistentes, a ser una rehabilitación inadecuada y, en última instancia, a altas tasas de recurrencia de la tendinopatía (Burton I., 2021). En la cuarta etapa buscamos aumentar la carga de trabajo a través de un abordaje específico de la potencia y del almacenamiento de energía (Cardoso, T. B., 2019). La progresión del entrenamiento de fuerza a los ejercicios pliométricos es necesaria para que los atletas progresen de manera efectiva hacia el regreso al deporte (Burton I., 2021). El incremento de la carga sobre el tendón al aplicar fuerzas elevadas en tiempos cortos debería realizarse junto con una reducción del volumen de trabajo. En esta etapa se programa un progreso gradual en los movimientos rápidos y funcionales con el peso corporal entre 2-3 veces por semana mientras se mantiene un plan basado en la fuerza isométrica, la fuerza y resistencia, preferentemente en días alternos. Esta etapa nos permitirá sentar la base para en la quinta etapa desarrollar el ciclo de alargamiento-acortamiento por completo, introducir los movimientos balísticos o pliométricos e iniciar una vuelta a la carrera (Cardoso, T. B., 2019). La carga pliométrica podría ser un estímulo interesante para complementar los programas de entrenamiento de resistencia lenta y pesada, que estimulan de manera más potente la adaptación de los tendones (Burton I., 2021).

En el protocolo formulado por Breda S. J., (2021), la etapa 3 consistió en ejercicios pliométricos (almacenamiento de energía, por ejemplo sentadillas con salto, saltos al cajón) y de carrera (por ejemplo cambios de dirección) cada tercer día de la semana, comenzando con 3 series de 10 repeticiones usando ambas piernas y progresando lentamente a 6 series de 10 repeticiones usando una pierna. Los ejercicios isométricos e isotónicos se continuaron cada primer y segundo día, respectivamente (Breda, S. J., 2021).

7.3. Sexta etapa y mantenimiento post rehabilitación

La anteúltima etapa se enfoca en la reintroducción de los movimientos específicos del deporte que involucran almacenamiento y liberación de energía. Restaurar las propiedades elásticas de la cadena cinética depende de las necesidades funcionales y deportivas de la persona. Los ejercicios específicos al deporte deberían introducirse lentamente y progresar hasta que la vuelta al deporte sea lograda. La última etapa

implica un mantenimiento de los avances logrados y de la salud tendinosa, por lo cual se debe continuar el trabajo de fuerza en todas sus manifestaciones con un foco de sobrecarga progresiva y gradual. Se deben evitar los errores de entrenamiento (Cardoso, T. B., 2019). Breda S. J., (2021), en la etapa 4 eligieron colocar ejercicios específicos del deporte, que eran característicos del tipo de deporte (p. ej., baloncesto, voleibol) de la persona. Se instruyó a los pacientes para que regresarán gradualmente al entrenamiento específico del deporte, con 48-72 hs de descanso entre trabajos para permitir la recuperación de la carga alta. En esta etapa, los ejercicios isométricos de la etapa 1 se continuaron los días que no se realizaron los ejercicios específicos del deporte (Breda, S. J., 2021).

La tendinopatía puede ser prevenible al introducir programas de ejercicios específicos cuyo objetivo sea mejorar la fuerza y coordinación de la unidad muscular tendinosa. Parece que la forma más eficaz de prevenir una tendinopatía es el manejo cuidado de la carga durante la actividad y el deporte (Cardoso, T. B., 2019).

A continuación, se adjunta una imagen a modo de resumen del protocolo de Breda S. J., (2021).



Ilustración 9. Terapia de ejercicios realizada en el grupo intervención. Los ejercicios ilustrados son imágenes ejemplares (Breda, S. J., 2021)

7.4. Duración de los programas de rehabilitación

En comparación a una sola sesión de ejercicio, es más probable que la rehabilitación a largo plazo remodele los componentes del sistema de locomoción. Comparando sujetos que realizan ejercicio frecuente con aquellos que realizan de manera poco frecuente, el grosor medio del tendón de Aquiles de los sujetos que realizan ejercicio frecuente fue significativamente mayor. A largo plazo, los cambios morfológicos y mecánicos de los tendones a consecuencia de la rehabilitación reducen el estrés que absorbe el tendón y disminuyen la probabilidad de lesión. La remodelación de los tendones a consecuencia de estrategias de ejercicio aplicadas frecuentemente y de larga duración aumenta su posibilidad de adaptación a la estimulación con cargas mecánicas, reduce la probabilidad de lesiones y mejora la economía de la locomoción (Wang, K., 2022).

El tiempo sugerido es aún un punto desconocido. Se han visto cambios en la estructura del tendón recién luego de la semana 24° y la recuperación y curación puede tomar 6-12 meses por lo cual la paciencia del paciente y la adherencia con el plan de trabajo es de vital importancia (Millar, N. L., 2021). No se encontraron

diferencias significativas entre los protocolos de alta intensidad de más de 12 semanas y menos de 12 semanas de duración para aumentos en la rigidez del tendón, módulo de Young o en el área de sección transversal en tendones sanos. Los cambios en la rigidez del tendón son notables entre la cuarta y la octava semana, con los correspondientes cambios tempranos en las propiedades del material. Sin embargo, hay pruebas contradictorias sobre el área de sección transversal, un estudio que informa cambios después de 8 semanas de entrenamiento y otros no observan aumentos después de 12 semanas. Los estudios que investigaron el tamaño de los tendones sugieren que la hipertrofia puede ocurrir en mayor medida después de una carga de más de 12 semanas. La duración del protocolo podría no ser un moderador clave de la adaptación de los tendones después del entrenamiento de resistencia (Lazarczuk, S. L., 2022). Una revisión sistemática sintetizó los protocolos de rehabilitación con resistencia para tratar las tendinopatías de las extremidades inferiores. Las intervenciones de ejercicios terapéuticos varían en duración de 4 a 26 semanas y el 85% de los estudios incluidos usaron una intervención de 12 semanas (Merry, K., 2022). Las adaptaciones de los tendones y la mejora de los resultados clínicos de los protocolos de entrenamiento de resistencia intensos y lentos también pueden requerir más tiempo que el tiempo de intervención estándar actual de 12 semanas (Burton I., 2021). Una posible explicación a los tiempos tan dispares es que el éxito y la tasa de recuperación se correlaciona con el grado inicial de anormalidad estructural del tendón (Millar, N. L., 2021).

8. Monitoreo

8.1. Monitoreo de la respuesta sintomática post aplicación de carga física

Es importante tener en cuenta que cada paciente responderá de manera diferente a la rehabilitación, y cada programa debe adaptarse al individuo siendo los enfoques rígidos incapaces de capitalizar el potencial de recuperación (Burton I., 2021). Contar con una estrategia de monitoreo del dolor y brindar educación al paciente sobre los pasos a seguir en base a cada potencial escenario posee varios beneficios. Al dialogar sobre la posible respuesta de dolor de cada sesión de ejercicios se establecen ciertos límites consensuados con el paciente y le facilita la comprensión de cuanta cantidad de dolor es permitido durante y luego del ejercicio. Más allá de eso, esta herramienta es muy útil para determinar la progresión de carga de cada ejercicio y planear las siguientes etapas. Al programar un plan de rehabilitación basado en ejercicios se debe resaltar los potenciales efectos adversos del programa de carga, principalmente el dolor y/o rigidez. Las herramientas educativas ayudan a forjar una mejor alianza terapéutica y le permiten al paciente una mayor comprensión de la naturaleza de la condición (Millar, N. L., 2021). El automonitoreo permite a los pacientes interpretar su respuesta individual al dolor de una manera que facilite el uso del entrenamiento físico como una estrategia de manejo fundamental (Burton I., 2021).

Monitorear la respuesta sintomática es clave dado que cada cambio de etapa o mesociclo aumenta la exigencia sobre el tendón. Una reacción de aparición o exacerbación de dolor y/o rigidez demostrará la intolerancia del tendón y guiará el grado de ajuste de la carga para la sesión siguiente. En sí, la progresión a la etapa siguiente depende de la capacidad del tendón de tolerar cargas (Cardoso, T. B., 2019). Varios estudios sobre tendinopatía han alentado a los pacientes a monitorear su respuesta al dolor durante el entrenamiento de fuerza a través del registro de sus puntajes de dolor en un bitácora, con la instrucción previa de que el dolor producido durante el entrenamiento es aceptable pero no debe empeorar después del entrenamiento. Cuando la respuesta del dolor durante el entrenamiento disminuye, esto se considera una indicación para progresar en el ejercicio aumentando la resistencia. A diferencia de otros que han utilizado una escala numérica de calificación

del dolor que no permite que el dolor aumente $>5/10$ para guiar la progresión del entrenamiento, la intervención de autocontrol descrita permite a los pacientes determinar qué es manejable en términos de respuesta a los síntomas. Esta decisión refleja las percepciones individuales de lo que constituye la aceptabilidad en términos de dolor y la cual difiere entre los individuos. El uso de modelos de monitorización del dolor durante la rehabilitación puede ser una posible solución, para asegurar que se mantienen niveles de entrenamiento adecuados. La interpretación adecuada de los síntomas y sus respuestas fisiológicas, junto con un automonitoreo adecuado, se considera un componente esencial del manejo propio (Burton I., 2021).

8.2. Autorregulación

La autorregulación es un concepto derivado de los modelos de periodización, que está relacionado con la configuración de la dosis en función de las circunstancias del individuo. Implica manipular o ajustar las variables del entrenamiento o rehabilitación de fuerza en función de la disposición diaria o semanal de un individuo. Debido a la naturaleza heterogénea y las complejidades multifactoriales involucradas en las respuestas individuales, la implementación de la autorregulación deriva en mejores adaptaciones y resultados en comparación con los modelos tradicionales y fijos. La implementación para la tendinopatía puede lograr la individualización de las cargas y dosis, lo que podría maximizar los resultados clínicos en comparación con los siguientes protocolos estandarizados que no se individualizan (Burton I., 2021). A pesar de la escasez de estudios de intervención sobre la autorregulación, varios estudios lo han utilizado a través del modelo de ejercicio de resistencia progresiva (PRE). Este modelo involucra series progresivamente más pesadas de 10 repeticiones. Otro modelo derivado del anterior implementó un programa diario de ejercicios de resistencia progresiva ajustable (DAPRE) que determinaba objetivamente el momento óptimo para aumentar la cantidad de peso proporcionando una rehabilitación más eficiente teniendo en cuenta la recuperación. Un programa de autorregulación específico derivado del método DAPRE permitió la adaptación continua. Este método, denominado ejercicio de resistencia progresivo autorregulado (APRE) introduce ciclos destinados a mejorar la hipertrofia, la fuerza y la potencia. Proporciona un protocolo resistivo progresivo individualizado que se puede utilizar para aumentar la fuerza de forma segura y eficaz tanto en poblaciones sanas como en personas que se recuperan de una lesión durante ciclos de entrenamiento a corto plazo. Esto permite una adaptación neuromuscular continua mediante el cambio sistemático de las variables del programa. Por lo tanto, la programación flexible basada en la retroalimentación relevante es importante, lo que se puede lograr mediante la autorregulación. Aún así, existe una clara falta de investigación longitudinal sobre su efectividad en fisioterapia (Burton I., 2021).

8.2.1 Métodos de progresión de la autorregulación: tasa de esfuerzo percibido

La escala de calificación del esfuerzo percibido (RPE, "Rate of perceived exertion" por sus siglas en inglés) fue concebida como un complemento subjetivo de otras medidas objetivas durante la realización de trabajo físico. La escala original presenta una versión simplificada la cual incluye valores que van del 0 al 10 (Suchomel, T. J., 2021). Se ha encontrado que es una medida confiable no solo de la intensidad de la sesión de entrenamiento sino también de la intensidad específica del ejercicio durante una sesión. Cuanto más experimentado en el entrenamiento sea el sujeto, más precisa se vuelve esta escala de RPE. En fisioterapia, una escala RPE ofrece ventajas ya que permite monitorizar la intensidad sin la necesidad de establecer una repetición máxima, la cual está contraindicada en la mayoría de la recuperación de las lesiones (Burton I., 2021). La principal limitación de la escala RPE es la posibilidad de que los atletas sub califiquen el esfuerzo. La capacidad de ser precisos a la hora de calificar

puede estar influenciada por la experiencia atlética. En consecuencia, los terapeutas deberían considerar limitar la autonomía cuando se trabaja con sujetos novatos hasta que muestren competencia para informar con precisión el RPE. Otra limitación incluye la incapacidad para monitorear con precisión y ajustar críticamente la intensidad con cargas de entrenamiento más livianas, lo cual es particularmente preocupante desde la perspectiva del desarrollo de potencia y de la tasa de desarrollo de la fuerza, que requieren esfuerzos de alta velocidad usando cargas ligeras a moderadas que no se acercan a la falla muscular (Suchomel, T. J., 2021).

Los investigadores han indicado que el RPE y otra forma de estimación, “las repeticiones estimadas en reserva”, están altamente correlacionados, pero la fuerza de esta relación puede verse influenciada por la experiencia y la intensidad del entrenamiento. El RPE y las repeticiones en reserva pueden ser métodos válidos y confiables para prescribir la intensidad del entrenamiento de fuerza (Suchomel, T. J., 2021).

8.2.2 Métodos de progresión de la autorregulación: repeticiones en reserva (RIR)

Es una escala que permite que un individuo evalúe su rendimiento en función del número de repeticiones que percibe que podría haber completado antes del fallo muscular. El modelo RIR permite estimar el número de repeticiones adicionales restantes con una carga determinada. La escala de repeticiones en reserva “RIR” (“Repetitions in reserve” por sus siglas en inglés) va del 1 al 10, siendo 10 el número máximo de repeticiones que podría haber llegado hacer finalizada la serie. Existe una relación relativamente inversa entre esta escala y RPE. Por ejemplo, un RPE de 8 indica que se podrían completar dos repeticiones extra. En consecuencia, si un RPE alcanzado es demasiado bajo o demasiado alto, la carga de entrenamiento puede modificarse en consecuencia y de manera objetiva. Este método para la asignación de carga es preferible a los modelos APRE, ya que este implica entrenar hasta el fallo con cargas predeterminadas, lo que significa una falta de flexibilidad en las cargas de entrenamiento y el esfuerzo, mientras que el modelo RIR-RPE evita el entrenamiento hasta el fallo. La escala de RPE-RIR es un método potencial para regular la carga de entrenamiento en pacientes a los que se les prescribe entrenamiento de fuerza (Burton I., 2021).

8.2.3. Autorregulación en tendinopatía

Un problema común en el uso de programas de ejercicios predeterminados en fisioterapia es que la prescripción y la progresión de series y repeticiones a menudo están mal definidas y sub dosificadas. Si la dosificación de las cargas de entrenamiento no es suficiente, entonces el estímulo mecánico-biológico puede no ser adecuado para estimular la curación, lo que resulta en malos resultados. Los programas estandarizados son innecesarios si los programas auto dosificados que apuntan a maximizar la carga son igualmente efectivos. El uso de un método de autorregulación RPE-RIR podría ser una estrategia potencial para garantizar que se logre y progrese una cantidad de carga adecuada y óptima para cada paciente individual que realiza intervenciones de fuerza pesada y lenta. El uso de RPE para dictar el número de repeticiones y series realizadas como un método de autorregulación del volumen se ha encontrado efectivo para aumentar el volumen total y las ganancias de fuerza en los atletas de levantamiento de pesas, pero no se ha investigado para aumentar la fuerza en la rehabilitación de la tendinopatía (Burton I., 2021).

8.2.4. Ejemplo práctico

Un enfoque RPE-RIR podría permitir aumentos de carga dentro de la sesión, teniendo en cuenta la preparación diaria y los propios factores individuales. Los cambios dentro de la sesión y la carga lograda podrían usarse para determinar la selección futura de la carga diaria y el ajuste semanal. Los ajustes de carga externa dentro de la sesión también se pueden realizar utilizando la escala RIR en función de los objetivos predeterminados. Por ejemplo, si un RPE objetivo se establece en 5–6 y se registra un RPE de 7, podría ser necesario una disminución de la carga de 2,5 kg, y para un RPE de 9, una disminución de la carga de 5 kg. De manera similar, un RPE de 3–5 requeriría un ajuste de 2,5 kg de aumento en la carga, y un RPE de 1–2, un aumento de 5 kg. Después de una serie inicial con una carga determinada por la sesión anterior, las series 2 a 5 se pueden adaptar en carga según el RPE-RIR, y la carga en la quinta serie determina la carga inicial de la próxima sesión. La adopción de este enfoque autorregulado permitiría una carga individualizada en respuesta a la preparación diaria de un individuo para ejercitarse y sus factores individuales además de ser una progresión más específica que los protocolos estandarizados, que no ajustan la carga durante las sesiones (Burton I., 2021).

Dentro de las desventajas, el uso de los parámetros de carga de las sesiones anteriores para dictar la carga inicial para las siguientes sesiones no tiene en cuenta la preparación diaria, que debe ser monitoreada a nivel individual por cada paciente. Debido a los niveles más altos de fatiga en un día determinado, es posible que la carga inicial deba reducirse, lo que nuevamente requerirá de experiencia para volverse competente al hacer tales juicios. Además, el uso de un método de progresión RPE-RIR naturalmente tendrá un elemento de falta de confiabilidad debido a su subjetividad. Sus ventajas incluyen una implementación más fácil y, al mismo tiempo, es un método potencial para aumentar la autoeficacia del paciente y permitir el autocontrol en el hogar sin la necesidad de equipos costosos, lo que lo convierte en una opción más práctica y rentable (Burton I., 2021).

RPE	RIR	Description of perceived effort	Example load adjustment
10	0	Maximum effort, cannot increase load or repetitions	-5 kg
9.5	0.5	Cannot complete more repetitions but could increase load	-2.5 kg
9	1	1 repetition remaining	Maintain load
8.5	1.5	1-2 repetitions remaining	Maintain load
8	2	2 repetitions remaining	Maintain load
7.5	2.5	2-3 repetitions remaining	+2.5 kg
7	3	3 repetitions remaining	+2.5 kg
6-6	4-6	4-6 repetitions remaining	+5 kg
3-4	6+	Light effort	+7.5 kg
1-2	10+	Little to no effort	+10 kg

Ilustración 10. Ajuste teórico de la carga durante el trabajo con carga externa basándose en la calificación del esfuerzo percibido y las repeticiones en reserva (Burton I., 2021).

9. Progresión de la carga

No se puede subestimar la importancia de la progresión de la carga para la rehabilitación de la tendinopatía. Sin el suficiente monitoreo tanto en la individualización como en la progresión del ejercicio, quizás sea fácil pasar por alto el "punto clínicamente óptimo" del entrenamiento de los tendones, lo cual podría resultar en un efecto de meseta de la rehabilitación (Merry, K., 2022). Se requiere la individualización de la progresión con la selección apropiada de las cargas (Burton I., 2021).

Es necesario un manejo individualizado de la progresión de la carga para una adecuada gestión del proceso, de esta manera se persigue la máxima eficiencia con un riesgo reducido. Para ello, algunos autores han establecido diferentes metodologías para manejar la progresión de la carga con respecto al dolor aunque falta consenso y

criterios objetivos sobre cómo debe manejarse esta progresión. Escriche-Escuder, A. (2020) propusieron una nueva clasificación de los criterios de progresión, agrupándose en dos categorías: el dolor como criterio primario de progresión y el dolor y el control de los síntomas como criterio secundario. Con respecto al dolor como criterio principal de progresión podía ser basado en el dolor generado (donde la carga se aumenta gradualmente a medida que el dolor disminuye con el objetivo de mantener la sensación de dolor o malestar durante los ejercicios) o en la evitación del dolor. La siguiente categoría sería el control del dolor y de los síntomas como criterio secundario, aunque la progresión está marcada por otros criterios principales. Pueden ser cuatro: la primera es por las etapas del acondicionamiento (fases predefinidas antes del inicio de la rehabilitación y se aumenta en base al porcentaje de la repetición máxima o del aumento de la complejidad de los ejercicios), según la fatiga (se realizan series o repeticiones adicionales si no hay signos de fatiga después de las primeras series y si estos no son suficientes para producir fatiga, se aumenta gradualmente el peso), según la percepción subjetiva (aumento arbitrario según la percepción de la capacidad del paciente) y por último según un aumento lineal temporal (p. ej., 2,5 % cada semana) (Escriche-Escuder, A., 2020).

La progresión de la carga generalmente está influenciada por la percepción y la sintomatología del dolor y no por la capacidad física o estructural. Sin embargo, este hecho no se basa en una demostración evidente de la utilidad de los criterios basados en el dolor, sino en una herencia histórica de protocolos anteriores. Aunque hay una gran cantidad de estudios centrados en comparar diferentes programas o intervenciones de ejercicios, faltan estudios de alta calidad diseñados para determinar la eficacia de los criterios de progresión basados en síntomas. Los hallazgos de esta revisión sistemática revelan un uso predominante de criterios basados en el dolor pero no está respaldado por evidencia sólida. Por lo tanto, los criterios actuales deben ser utilizados con cautela y críticamente, a la espera de pruebas sólidas que respalden su uso (Escriche-Escuder, A., 2020).

En el protocolo de Breda S. J., (2021) que previamente se citó como ejemplo, la evolución entre cada etapa se basó en el monitoreo del nivel de dolor experimentado durante una prueba de provocación del dolor que consistió en una sentadilla con una sola pierna. Si la puntuación en la escala visual análoga era de 3 o menos y los ejercicios de la etapa en cuestión se realizaron durante al menos 1 semana, se aconsejó la progresión a la siguiente fase. Cuando todos los ejercicios de la etapa 4 se realizaron dentro de los límites de dolor aceptable (puntuación escala visual análoga \leq 3 puntos), se recomendó el regreso a la competencia.

10. Educación del manejo de cargas y del dolor

Como se mencionó, una carga excesiva, desacostumbrada o el incremento abrupto de la misma puede ser el disparador del dolor y la falla estructural. El dolor está relacionado con el desarrollo del miedo al movimiento y la evitación de la actividad física. En conjunto, estos tres factores ya sea como reacción en cadena o trabajando conjuntamente llevan al desuso de la unidad tendinosa y su posterior desacondicionamiento, dejándola más vulnerable ante movimientos previamente tolerados (Millar, N. L., 2021).

Con el objetivo de romper y evitar este círculo vicioso, la educación es una pieza clave en el tratamiento de la tendinopatía. Para ello es crucial informar sobre la importancia de la carga adecuada, sobre los signos de intolerancia (dolor, rigidez, edema), pautar niveles de tolerancia según la persona y resaltar que el dolor o el disconfort leve está permitido tanto durante como luego de los ejercicios propuestos en el plan de rehabilitación. Dejar en claro esto permite mayor nivel de adherencia, la cual es clave

dado que la recuperación podría tomar meses. Los beneficios de la educación son varios: permite manejar las expectativas de un arreglo y alivio rápido, disminuye la ansiedad sobre los resultados de los estudios complementarios y facilita la adherencia con la rehabilitación (Millar, N. L., 2021).

Dado que, como se mencionó, la recuperación puede tomar hasta 6-12 meses o más, con menos tiempo de recuperación en aquellos con síntomas menos severos y con menos cambios estructurales tendinosos, se deben resaltar marcos de tiempo realistas debido a que esto es crucial para la adherencia y para aumentar el éxito de la intervención prescrita (Millar, N. L., 2021). Los médicos deben centrarse en la tolerabilidad del cliente y la repetibilidad del ejercicio, ya que estos factores pueden contribuir a las tasas de cumplimiento (Merry, K., 2022).

11. Conclusión

La tendinopatía es una entidad clínica compleja, la cual presenta varios desafíos no sólo para su comprensión sino para su manejo terapéutico. El diagnóstico es altamente dependiente de la entrevista con el paciente y de su examinación clínica una vez hecha la exclusión de otros diagnósticos. El manejo debe ser individualizado y centrado en los objetivos y preferencias del paciente siendo el pilar del tratamiento la modificación de la actividad agravante, la analgesia, la educación y la terapia física (Millar, N. L., 2021, Ahmad, Z., 2020). Si bien los protocolos de entrenamiento de fuerza se consideran la intervención de tratamiento estándar de oro para una variedad de tendinopatías, no están exentos de limitaciones, ya que no abordan todo el espectro de fuerza y el principio de individualización. La aplicación de estrategias de monitoreo sintomatológico y de métodos de autorregulación permite adaptar la dosis de ejercicio. Una mejor prescripción, seguimiento y progresión basada en el principio de individualización puede conducir a intervenciones más óptimas, específicas al sujeto y eficaces (Burton I., 2021). Dado que los tiempos de recuperación son extensos, la adherencia del paciente es el factor más importante para sobrellevar una tendinopatía (Millar, N. L., 2021, Ahmad, Z., 2020).

12. Referencias

- Agergaard, A. S., Svensson, R. B., Malmgaard-Clausen, N. M., Couppé, C., Hjortshøj, M. H., Doessing, S., Kjaer, M., & Magnusson, S. P. (2021). Clinical Outcomes, Structure, and Function Improve With Both Heavy and Moderate Loads in the Treatment of Patellar Tendinopathy: A Randomized Clinical Trial. *The American journal of sports medicine*, 49(4), 982–993. <https://doi.org/10.1177/0363546520988741>
- Ahmad, Z., Parkar, A., Shepherd, J., & Rushton, N. (2020). Revolving doors of tendinopathy: definition, pathogenesis and treatment. *Postgraduate medical journal*, 96(1132), 94–101. <https://doi.org/10.1136/postgradmedj-2019-136786>
- Breda, S. J., Oei, E. H. G., Zwerver, J., Visser, E., Waarsing, E., Krestin, G. P., & de Vos, R. J. (2021). Effectiveness of progressive tendon-loading exercise therapy in patients with patellar tendinopathy: a randomised clinical trial. *British journal of sports medicine*, 55(9), 501–509. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103403>
- Burton I. (2021). Autoregulation in Resistance Training for Lower Limb Tendinopathy: A Potential Method for Addressing Individual Factors, Intervention Issues, and Inadequate Outcomes. *Frontiers in physiology*, 12, 704306. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.704306>
- Cardoso, T. B., Pizzari, T., Kinsella, R., Hope, D., & Cook, J. L. (2019). Current trends in tendinopathy management. *Best practice & research. Clinical rheumatology*, 33(1), 122–140. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2019.02.001>
- Cook, J. L., Rio, E., Purdam, C. R., & Docking, S. I. (2016). Revisiting the continuum model of tendon pathology: what is its merit in clinical practice and research?. *British journal of sports medicine*, 50(19), 1187–1191. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095422>
- Docking, S. I., & Cook, J. (2019). How do tendons adapt? Going beyond tissue responses to understand positive adaptation and pathology development: A narrative review. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 19(3), 300–310.
- Escrache-Escuder, A., Casaña, J., & Cuesta-Vargas, A. I. (2020). Load progression criteria in exercise programmes in lower limb tendinopathy: a systematic review. *BMJ open*, 10(11), e041433. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-041433>
- Lazarczuk, S. L., Maniar, N., Opar, D. A., Duhig, S. J., Shield, A., Barrett, R. S., & Bourne, M. N. (2022). Mechanical, Material and Morphological Adaptations of Healthy Lower Limb Tendons to Mechanical Loading: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 52(10), 2405–2429. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01695-y>

- Magnusson, S. P., & Kjaer, M. (2019). The impact of loading, unloading, ageing and injury on the human tendon. *The Journal of physiology*, 597(5), 1283–1298. <https://doi.org/10.1113/JP275450>
- Magnusson, S. P., Langberg, H., & Kjaer, M. (2010). The pathogenesis of tendinopathy: balancing the response to loading. *Nature reviews. Rheumatology*, 6(5), 262–268. <https://doi.org/10.1038/nrrheum.2010.43>
- Merry, K., Napier, C., Waugh, C. M., & Scott, A. (2022). Foundational Principles and Adaptation of the Healthy and Pathological Achilles Tendon in Response to Resistance Exercise: A Narrative Review and Clinical Implications. *Journal of clinical medicine*, 11(16), 4722. <https://doi.org/10.3390/jcm11164722>
- Millar, N. L., Silbernagel, K. G., Thorborg, K., Kirwan, P. D., Galatz, L. M., Abrams, G. D., Murrell, G. A. C., McInnes, I. B., & Rodeo, S. A. (2021). Tendinopathy. *Nature reviews. Disease primers*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.1038/s41572-020-00234-1>
- Scott, A., Squier, K., Alfredson, H., Bahr, R., Cook, J. L., Coombes, B., de Vos, R. J., Fu, S. N., Grimaldi, A., Lewis, J. S., Maffulli, N., Magnusson, S. P., Malliaras, P., McAuliffe, S., Oei, E. H. G., Purdam, C. R., Rees, J. D., Rio, E. K., Gravare Silbernagel, K., Speed, C., ... Zwerver, J. (2020). ICON 2019: International Scientific Tendinopathy Symposium Consensus: Clinical Terminology. *British journal of sports medicine*, 54(5), 260–262. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-100885>
- Steinmann, S., Pfeifer, C. G., Brochhausen, C., & Docheva, D. (2020). Spectrum of Tendon Pathologies: Triggers, Trails and End-State. *International journal of molecular sciences*, 21(3), 844. <https://doi.org/10.3390/ijms21030844>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., Hornsby, W. G., & Stone, M. H. (2021). Training for Muscular Strength: Methods for Monitoring and Adjusting Training Intensity. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 51(10), 2051–2066. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01488-9>
- Thompson, W. R., Scott, A., Loghmani, M. T., Ward, S. R., & Warden, S. J. (2016). Understanding Mechanobiology: Physical Therapists as a Force in Mechanotherapy and Musculoskeletal Regenerative Rehabilitation. *Physical therapy*, 96(4), 560–569. <https://doi.org/10.2522/ptj.20150224>
- Wang, K., & Zhao, L. (2022). The Influence of Different Modes of Exercise on Healthy and Injured Tendons. *Stem cells international*, 2022, 3945210. <https://doi.org/10.1155/2022/3945210>