

Les bases de la flexibilitat

Las bases de la flexibilidad

F. Ortega Santana*, A. Centol Ramírez**, J.A. López Calbet*, J.E. Guijarro de Pablos***, R. Reyes Romero*, J.M. García Manso*, O. González Sequeros***

* Instituto de Educación Física de Canarias. Departamentos de Morfología y de Educación Física. Universidad de las Palmas de Gran Canaria.

** Fundación Mutua Guanarteme.

*** Departamento de Anatomía Humana. Facultad de Medicina de Murcia.

RESUM

Es procedeix a realitzar una exposició de la manera en què els diferents factors afecten a la flexibilitat, tant des del punt de vista estructural com mecànic, amb la finalitat d'obtenir criteris que ens permetin valorar la validesa o invalidesa d'un programa de flexibilitat.

Paraules clau:

Flexibilitat. Factors.

SUMMARY

We had did a expotition about the manner that differents factors affects to stretching, from both structural and mechanics p.o.v., in the purpose of that we'll have discernment for to value stretchings programs.

Key words:

Stretching. Factors.

Introducció

Stretching és un mot anglosaxó que podriem definir com *estirament*,¹ referint a l'elongació músculo-tendino-ligamentosa.² Altres autors empen terminologia diferent per a expressar activitats similars. Així, Vinuesa,³ Matveev⁴ i Holland⁵ parlen de

RESUMEN

Se procede a realizar una exposición de la manera en que los distintos factores afectan a la flexibilidad, tanto desde el punto de vista estructural como mecánico, con la finalidad de poseer criterios que nos permitan valorar la validez o invalidez de un programa de flexibilidad.

Palabras clave:

Flexibilidad. Factores.

RESUME

On expose de quel facon les diverses facteurs affectent à la souplesse, même du point de vue structural comme mécanique, afin de disposer de critères pour l'évaluation de la validité ou pas d'un programme de souplesse.

Mots clés:

Souplesse. Facteurs.

Introducción

Stretching es un vocablo anglosajón que podríamos definir como *estiramiento*,¹ referido a la elongación músculo-tendino-ligamentosa.² Otros autores emplean terminología diferente para expresar actividades similares. Así, Vinuesa,³ Matveev⁴ y

flexibilitat, mentre que Weinweck⁶ prefereix expressar-se en termes de Mobilitat Articular i Capacitat d'Extensió Muscular, Lligamentosa i de Càpsules Articulars.

Segui la que sigui la terminologia emprada, segons es desenvolupen els conceptes ens trobem amb que el denominador comú de tots ells és aconseguir el màxim grau de mobilitat articular. Així, Holland⁵ va definir la Flexibilitat com mobilització, llibertat de moviment que es pot produir en una articulació o grup d'articulacions. Aquest rang de mobilitat és específic per a cada articulació.^{7, 8, 9, 10}

Acceptant que, independentment de la denominació, estem davant d'un grup de tècniques la finalitat de les quals és permetre a l'esportista "executar moviments de gran amplitud articular per si mateix o sota la influència de forces externes",¹¹ d'acord amb Matveev⁴ les principals finalitats de l'entrenament de la flexibilitat consisteixen en primer lloc, en assegurar el seu perfeccionament conforme als requeriments de l'especialitat esportiva i, en segon lloc, conservar els seus índexs al nivell òptim aconseguit. És a dir, s'ha d'arribar en aquell grau de mobilitat articular òptim per a cada disciplina esportiva i no anar més lluny ja que el desenvolupament excessiu de la flexibilitat dona lloc a la deformació irreversible de les superfícies articulars, el que repercuteix negativament sobre les activitats motores⁴ ja que es produeix un menor rendiment de les palanques mecàniques, hiperlaxitud lligamentosa i tendència a l'osteoartritis,² mentre que ben programada aporta beneficis tals com relaxació de la tensió emocional, relaxació muscular, autodisciplina, alleujament de les molèsties musculars, augment o millora de les destreses físiques i ajut en la prevenció de lesions.^{2, 3}

Creiem convenient en aquest moment fer la salvetat que en l'àmbit de l'Educació Física el mot Stretching s'ha introduït com un mètode de flexibilitat. Nosaltres, d'acord amb el que ja hem dit, el farem servir com un terme similar al de flexibilitat (paraula preferida per a referir-se a l'acte d'augmentar la mobilitat articular).

Si volem comprendre i ajudar a la planificació d'un programa de flexibilitat, hem de conèixer les bases d'aquestes tècniques. Es a dir: **QUINS FACTORS CONDICIONEN LA FLEXIBILITAT?**

L'estirament depèn de la capacitat de vèncer les resistències que els components del cos ofereixen a l'elongació. Algunes resistències podran ésser vençudes en un grau més o menys gran, però altres, com els accidents ossis, no. Aleshores, quins elements hem d'estudiar?

En primer lloc, els inherents al múscul (fibra muscular i teixit circundant); en segon lloc, el teixit conjuntiu fibrós (tendons lligaments i càpsula articular); en tercer lloc, els receptors nerviosos musculars i per últim els elements ossis.

Holland⁵ hablan de Flexibilidad, mientras que Weinweck⁶ prefiere expresarse en término de Movilidad, al cual hace sinónimo de Flexibilidad, Agilidad, Movilidad Articular y Capacidad de Extensión Muscular, Ligamentosa y de Cápsulas Articulares.

Sea cual sea la terminología empleada, según se desarrollan los conceptos nos encontramos con que el denominador común de todos ellos es lograr el máximo grado de movilidad articular. Así, Holland⁵ definió la Flexibilidad como movilización, libertad de movimiento que se puede producir en una articulación o grupo de articulaciones. Dicho rango de movilidad es específico para cada articulación.^{7, 8, 9, 10}

Aceptando que, independientemente de la denominación, estamos ante un grupo de técnicas cuyo fin es permitir al deportista "ejecutar movimientos de gran amplitud articular por sí mismo o bajo la influencia de fuerzas externas",¹¹ de acuerdo con Matveev⁴ los principales fines del entrenamiento de la flexibilidad consisten, en primer lugar, en asegurar su perfeccionamiento conforme a los requerimientos de la especialidad deportiva y, en segundo lugar, conservar sus índices en el nivel óptimo alcanzado. Es decir, hay que alcanzar aquel grado de movilidad articular óptimo para cada disciplina deportiva y no ir más lejos puesto que el desarrollo excesivo de la flexibilidad da lugar a la deformación irreversible de las superficies articulares, lo que repercute negativamente sobre las actividades motoras⁴ ya que se produce un menor rendimiento de las palancas mecánicas, hiperlaxitud ligamentosa y tendencia a la osteoartritis,² mientras que bien programada aporta beneficios tales como: relajación de la tensión emocional, relajación muscular, autodisciplina, alivio de las molestias musculares, aumento o mejora de las destrezas físicas y ayuda en la prevención de lesiones.^{2, 3}

Creemos conveniente, en este momento, hacer la salvedad que en el ámbito de la Educación Física el vocablo Stretching se ha introducido como un método de flexibilidad. Nosotros, atendiendo a lo expuesto más arriba, lo emplearemos como un término similar al de flexibilidad (palabra preferida en España para referirse al acto de aumentar la movilidad articular).

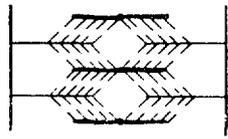
Si queremos entender y ayudar en la planificación de un programa de flexibilidad, debemos conocer las bases sobre las que asientan estas técnicas. Es decir: **¿QUÉ FACTORES CONDICIONAN LA FLEXIBILIDAD?**

El estiramiento depende de la capacidad de vencer las resistencias que los componentes del cuerpo ofrecen a la elongación. Algunas resistencias podrán vencerse en mayor o menor grado, pero otras, como los accidentes óseos, no. Entonces, ¿qué elementos hemos de estudiar?

En primer lugar, los inherentes al Músculo (fibra muscular y tejido circundante); en segundo lugar,

El teixit muscular com a factor limitant de l'estirament

Al múscul ens trobem amb teixit conjuntiu (perimisi, epimisi i endomisi), la membrana cel.lular de les fibres musculars i les miofibril.les. Aquestes miofibril.les estan constituïdes per cadenes d'actina i miosina que en entrelligar-se confereixen al múscul el seu aspecte estriat. El sarcòmer (Fig. 1.a) és la unitat funcional i els canvis que en ell produeixen ens indiquen els canvis que pateix el múscul (contracció, relaxació, elongació). Les dues primeres necessiten l'alteració bioquímica del sarcoplasma i la seva posterior recuperació, però l'elongació és un procés que la fibra muscular no pot realitzar per si mateixa. Cal aplicar una força externa al múscul per a que passi. Entre aquestes forces destaquen la gravetat, la contracció de la musculatura antagonista i la força realitzada per una altra persona. Com a resultat d'aquestes forces, les cadenes d'Actina i Miosina es poden separar, elongant el sarcòmer, la qual cosa es traduiria en una elongació muscular (Figura 1.c).^{13, 14} Un sarcòmer es podrà estendre sense alterar la seva estructura fins al punt on quedi algun enllaç actina-miosina present. Si aquests últims enllaços saltessin, s'arribaria al trencament.



A



B



C

Figura 1. A. Sarcòmer en posició de repòs.
B. Sarcòmer contret.
C. Sarcòmer elongat.

Figura 1. A. Sarcòmero en posición de reposo.
B. Sarcòmero contraído.
C. Sarcòmero elongado.

S'ha estimat que la longitud normal d'un sarcòmer és de 2.30 m i que es pot allargar fins als 3.50 m sense que es trenqui. Això significa que el sarcòmer pot allargar-se fins a un 50% de la seva longitud de repòs ($3.50 - 2.30 = 1.20$). És a dir significa que el component muscular permet una gran capa-

el Tejido Conectivo Fibroso (tendones ligamentos y cápsula articular); en tercer lugar, los Receptores Nerviosos Musculares y, por último, los Elementos Óseos.

El tejido muscular como factor limitante del estiramiento

En el músculo nos encontramos con tejido conjuntivo (Perimisió, Epimisió y Endomisió), la Membrana Celular de las fibras musculares y las Miofibrillas. Estas Miofibrillas están constituidas por cadenas de Actina y Miosina, las cuales, al entrelazarse, confieren al músculo su aspecto estriado. El Sarcómero (Fig. 1.A) es la unidad funcional y los cambios que en él se produzcan, nos indican los cambios que el músculo sufre (contracción, relajación, elongación). Las dos primeras necesitan de la alteración bioquímica del sarcoplasma y su posterior recuperación, pero la elongación es un proceso que la fibra muscular no puede realizar por si misma. Es necesario aplicar una fuerza externa al músculo para que ocurra. Entre estas fuerzas destacan la gravedad, la contracción de la musculatura antagonista y la fuerza realizada por otra persona. Como resultado de estas fuerzas, las cadenas de Actina y Miosina se pueden separar, elongando al sarcómero, lo que se traduciría en una elongación muscular (Fig. 1.C).^{13, 14} Un sarcómero se podrá extender sin alterar su estructura hasta el punto en que quede algún enlace Actina-Miosina presente. Si saltasen esos últimos enlaces, se llegaría a la rotura.

Se ha estimado que la longitud normal de un sarcómero es de 2.30 micras y que se puede estirar hasta las 3.50 micras sin que se rompa. Esto significa que el sarcómero puede estirarse hasta un 50% sobre su longitud de reposo ($3.50 - 2.30 = 1.20$). Es decir, que el componente muscular permite una gran capacidad de estiramiento (50%) pero la presencia en la constitución muscular de tejido conjuntivo y estructuras nerviosas contribuyen a limitar mucho esa capacidad de elongación.²

El tejido conectivo como factor limitante de la elongación

El cuerpo humano posee numerosas estructuras con tejido conjuntivo en su composición, entre los que destacamos tendones, ligamentos, cápsula articular y fascias. Desde el p.d.v. del estiramiento nos interesa resaltar a dos tipos de tejidos conjuntivos: el Tejido Conjuntivo Fibroso (compuesto fundamentalmente por colágeno) y el Tejido Conjuntivo Elástico (en el que destacan las fibras de elastina o elásticas). La capacidad de elongación de

citat d'allargament (50%) però la presència en la constitució muscular de teixit conjuntiu i estructures nervioses contribueixen a limitar molt aquesta capacitat d'elongació.²

El teixit conjuntiu com a factor limitant de l'elongació

El cos humà té nombroses estructures amb teixit conjuntiu en la seva composició, entre les que destaquem tendons, lligaments, càpsula articular i fàscies. Des del punt de vista de l'estirament ens interessa destacar dos tipus de teixit conjuntiu: el teixit conjuntiu fibrós (composat fonamentalment per col·lagen) i el teixit conjuntiu elàstic (on destaquen les fibres d'elastina o elàstiques). La capacitat d'elongació d'aquestes estructures dependrà de la capacitat que tinguin les fibres col·lagenes i elàstiques.

Col·lagen

El col·lagen és probablement la proteïna més abundant a al regne animal i des del punt de vista físic es caracteritza per la seva resistència a les forces tensionals i per la seva poca capacitat d'extensió. El col·lagen forma l'estructura bàsica dels tendons i lligaments.

La molècula de col·lagen està formada per tres cadenes polipeptídiques que es disposen formant una triple hèlix. En la seva composició destaquen els aminoàcids glicina, prolina i hidroxiprolina. De la seva presència depèn l'estabilitat i resistència a la tensió de la molècula de col·lagen.^{15, 16} Aquestes es disposen en feixos formant les fibres de col·lagen, que presenten una estriació definida per les zones de separació o coincidència de les molècules.¹⁷

Entre les molècules de col·lagen s'interposa una substància viscosa composta en un 60-70% per aigua i la resta per glicosaminoglicans, proteïnes plasmàtiques i algunes altres proteïnes. Destaca per la seva capacitat per retenir aigua, l'àcid hialurònic, que es converteix, d'aquesta manera en el principal lubricant per a les fibres col·lagenes.

Des del punt de vista mecànic les fibres de col·lagen, els seus enllaços intermoleculars presenten una gran resistència a la deformació quan actuen forces de tracció i si mesuréssim el seu mòdul elàstic o de Young (mesura que ens indica la relació entre al força aplicada a un cos i la deformació causada) ens trobaríem que, per exemple, al contrari del que passa amb l'os (relació lineal stress-deformació), les fibres de col·lagen descriuen una corba d'stress-deformació (Fig. 2), essent la seva interpretació la següent:

Punt A: sota l'efecte de la tracció les fibres comencen a elongar-se (les triples hèlixs es desenrotllen). Però la tensió intermolecular és baixa. Això

estas estructures dependrà de la capacitat que posean las fibras colágenas y elásticas.

Colágeno

El colágeno es, probablemente, la proteína más abundante en el reino animal y, desde el punto de vista físico, se caracteriza por su gran resistencia a las fuerzas tensionales y por su poca capacidad de extensión. El colágeno constituye la estructura básica de los tendones y ligamentos.

La molécula de colágeno está compuesta por tres cadenas polipeptídicas que se disponen formando una triple hélice. En su composición destacan los aminoácidos Glicina, Prolina e Hidroxiprolina. De su presencia depende la estabilidad y resistencia a la tensión de la molécula de colágeno.^{15, 16} Éstas se disponen en haces constituyendo Fibras de Colágeno, que presentan una estriación definida por las zonas de coincidencia o separación de las moléculas.¹⁷

Entre las moléculas de colágeno se interpone una sustancia viscosa compuesta en un 60-70% por agua y el resto, por glicosaminoglicanos, proteínas plasmáticas y algunas otras proteínas. Destaca, por su capacidad para retener agua, el Ácido Hialurónico, que se convierte, de esta forma, en el principal lubricante para las fibras colágenas.²

Desde el p.d.v. mecánico las fibras de colágeno, sus enlaces intermoleculares, presentan una gran resistencia a la deformación cuando actúan fuerzas de tracción, y si midiéramos su Módulo Elástico o de Young (medida que nos revela la relación entre fuerza aplicada a una materia y la deformación causada) nos encontramos con que, por ejemplo, al contrario de lo que sucede con el hueso (relación lineal stress-deformación), las fibras de colágeno describen una Curva de Stress-Deformación (Fig. 2), siendo su interpretación la siguiente:

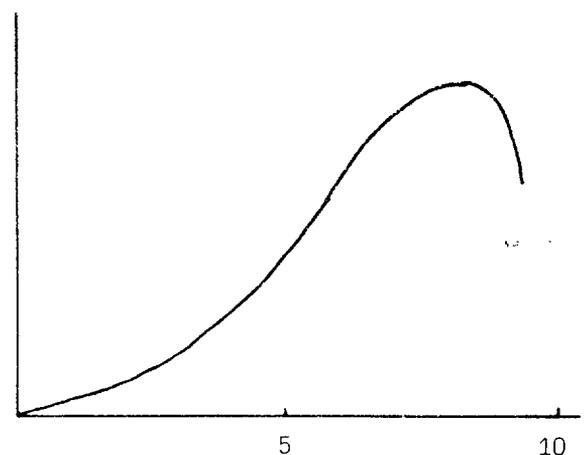


Figura 2. Corba d'elasticitat del col·lagen.

Figura 2. Curva de elasticidad del colágeno.

es correspon amb una elongació del 3% de la longitud de la fibra.^{18, 19}

Punt B: la tracció continua actuant però, en haver acabat el desenrotllament de les fibres de col.làgen, augmenta la tensió interna i s'adopta una relació lineal de la força i l'increment de la deformació.

Punt C: la fibra pràcticament no es deforma en relació a l'stress que suporta i si continua augmentant la força les fibres es desgarren. Això passa quan s'ha aconseguit una deformació d'aproximadament el 6^{18, 20} o el 10%.²

La cicatrització subsegüent al trencament comporta una zona mecànicament feble a les forces de tracció.

Si a les fibres col.làgenes se les sotmet a cicles de càrrega i descàrrega fins a una deformació determinada i constant, se les deixa en repòs durant un temps definit i es repeteix novament la càrrega, seguint el mateix procés durant una sèrie de cicles, s'observa un increment del segment O-A. Si l'experiència es repeteix durant molt de temps es produeix un canvi estructural d'adaptació a la fibra¹⁸ que determina la seva major capacitat d'elongació.

Les fibres elàstiques

La denominació de fibra elàstica o teixit elàstic fa referència a la capacitat dels seus components de, un cop s'atur la força deformant, recuperar la grandària i forma inicials.²¹ El seu element bàsic és l'elastina, substància que en la seva composició compta amb glicina, prolina, molt poca quantitat de hidroxiprolina i careix d'hidroxisilisina. Com a elements definitoris, l'elastina té desmosina i isodesmosina, que s'encarreguen d'elaborar els enllaços entre les cadenes polipeptídiques.²² Però la seva estructuració no és tant ben coneguda com la del col.làgen amb el qual es barreja en proporcions variables segons els teixits. D'aquesta manera, se-

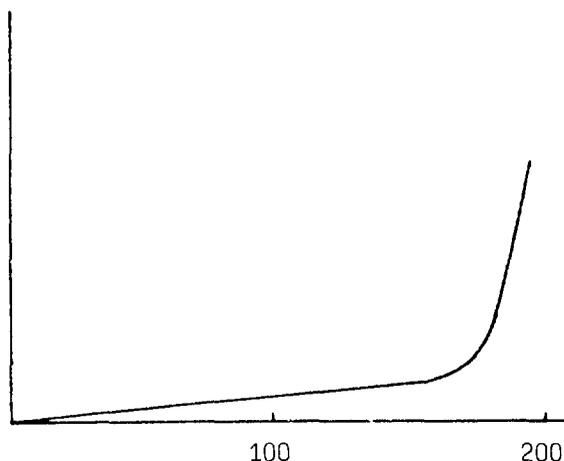


Figura 3. Corba d'elasticitat de l'elastina.

Figura 3. Curva de elasticidad de la elastina.

Punto A: bajo el efecto de la tracción comienzan a elongarse las fibras (las triples hélices se desarrollan). Sin embargo, la tensión intermolecular es escasa. Esto se corresponde con una elongación del 3% de la longitud de la fibra.^{18, 19}

Punto B: la tracción continúa actuando, pero, al haber terminado el desenroscamiento de las fibras de colágeno, aumenta la tensión interna y se adquiere una relación lineal entre el incremento de la fuerza y el incremento de la deformación.

Punto C: la fibra, prácticamente, no se deforma en relación al stress que sufre y, si continúa aumentando la fuerza, las fibras se desgarran. Esto sucede cuando se ha alcanzado una deformación de aproximadamente el 6^{18, 20} o el 10%.²

La cicatrización subsiguiente al desgarro comporta una zona mecánicamente débil a las fuerzas de tracción.

Si a las fibras colágenas se les somete a ciclos de carga y descarga hasta una deformación determinada y constante, se les deja en reposo durante un tiempo definido y se repite la carga de nuevo; siguiendo el mismo proceso durante una serie de ciclos, se observa un incremento del segmento O-A. Si la experiencia se repite durante mucho tiempo, se produce un cambio estructural de adaptación en la fibra¹⁸ que determina su mayor capacidad de elongación.

Las fibras elásticas

La denominación de Fibra Elástica o Tejido Elástico, nos está haciendo referencia a la capacidad de sus componentes para que, una vez cese una fuerza deformante, recuperar su tamaño y formas iniciales.²¹ Su elemento básico es la Elastina, sustancia que, en su composición, cuenta con Glycina, Prolina, muy poca cantidad de Hidroxiprolina y carece de Hidroxilisina. Como elementos definitorios, la Elastina posee Desmosina e Isodesmosina, quienes se encargan de elaborar los enlaces entre las cadenas polipeptídicas.²² Sin embargo, su estructuración no es tan bien conocida como la del colágeno con quien se mezcla en proporciones variables según los tejidos. De esta manera, dependiendo de los porcentajes de una u otras fibras, nos encontraremos ante un tejido Fibroso o ante un tejido Elástico.

Al igual que para el colágeno, se ha determinado el módulo de Young para la Elastina, pudiéndose observar como (Fig. 3) sólo cuando la fibra se ha elongado más del 150%, comienza a elevarse significativamente la tensión intermolecular, situándose el punto de ruptura en torno al 200%.^{18, 20}

Mientras que los tendones son el máximo exponente del tejido fibroso, los ligamentos lo son del tejido elástico. Además, mientras los primeros presentan una disposición fibrilar paralela al eje mayor del tendón,²⁰ los ligamentos presentan fibras dispuestas en varias direcciones. Ello favorece, junto

gons els percentatges d'unes o unes altres fibres, ens trobarem amb un teixit fibrós o un teixit elàstic.

A l'igual que per al col·lagen, s'ha determinat el mòdul de Young per a l'elastina podent-se observar com (Fig. 3) només quan la fibra s'ha elongat més del 150% comença a elevar-se significativament la tensió intermolecular, estant el punt de trencament als voltants del 200%.^{18,20}

Mentre que els tendons són el màxim exponent del teixit fibrós, els lligaments ho són del teixit elàstic. A més, mentre els primers presenten una disposició fibril·lar paral·lela a l'eix major del tendó,²⁰ els lligaments presenten fibres disposades en diverses direccions. Això afavoreix, juntament amb l'especial composició fibril·lar que un lligament pugui elongar-se fins al 70% sense lesionar-se²⁰ mentre que un estirament del 4% suposa per a un tendó situar-se al límit de les seves possibilitats d'extensió.²

Els receptors nerviosos musculars

Estudiarem aquí dos elements connectats directament amb el SNC a qui envien informació sobre l'estat muscular. D'acord amb el tema que ens ocupa només ens interessen els fusos musculars i els òrgans tendinosos de Golgi.

Els fusos musculars

Aquestes estructures es troben a l'interior del múscul. Consisteixen l'agrupació d'unes fibres musculars especials que s'orienten en la mateixa direcció que les fibres musculars normals, i així qualsevol variació al múscul afectarà les components del fus. Les 2 a 12 fibres del fus muscular (fibres intrafusals) tenen la particularitat que la seva part mitjana no és contràctil i són inervades per les neurones motores gamma, mentre que les fibres musculars normals (fibres extrafusals) són inervades per la motoneurona alfa. D'aquesta manera, bé per elongació del múscul o per la contracció de les porcions perifèriques de les fibres intrafusals, el segment central d'aquestes s'allarga, la qual cosa determina l'estimulació de terminacions nervioses existents en aquesta porció acontràctil, captant-se a més de l'elongació, la velocitat amb què es fa.²⁵

Des del punt de vista de l'elasticitat muscular, d'acord amb Lamb,¹³ ens interessa primordialment la resposta del múscul davant d'una extensió excessiva; és a dir, el reflex d'extensió. En aquest cas un múscul que és extès sobtadament estirarà el fus muscular, excita les terminacions sensibles i a nivell medular s'estimulen les neurones motores alfa, i amb això es contrauen les fibres extrafusals i s'alleuja la tensió de les intrafusals.

Al mateix temps es produeix una inhibició dels músculs antagonistes.^{2, 6, 13}

a la especial composició fibril·lar, el que un lligamento pueda elongarse hasta el 70% sin lesionarse,²⁰ mientras que un estiramiento del 4% le supone a un tendón, situarse en el límite de sus posibilidades de extensión.²

Los receptores nerviosos musculares

Estudiaremos aquí dos elementos conectados directamente con el S.N.C. a quien envían información acerca del estado muscular. Atendiendo al tema que nos ocupa sólo nos interesan los Husos Musculares y los Organos Tendinosos de Golgi.

Los Husos Musculares

Estas estructuras se encuentran en el interior del músculo. Consisten en la agrupación de unas fibras musculares especiales que se orientan en la misma dirección de las fibras musculares normales con lo que cualquier variación en el músculo, afectará a los componentes del huso. Las 2 a 12 fibras del Huso Muscular (Fibras Intrafusales), tienen la particularidad de que su parte media no es contráctil y son inervadas por las Neuronas Motoras Gamma, mientras que las fibras musculares normales (Fibras Extrafusales) son inervadas por la Motoneurona Alfa. De esta manera, bien por elongación del músculo o por la contracción de las porciones periféricas de las fibras Intrafusales, el segmento central de éstas se estira lo que determina la estimulación de terminaciones nerviosas existentes en esta porción acontráctil, captándose, además de la elongación, la velocidad a la que se realiza.²⁵

Desde el p.d.v. de la elasticidad muscular, de acuerdo con Lamb,¹³ nos interesa primordialmente la respuesta del músculo ante una extensión excesiva, o sea, el Reflejo de Extensión. En este caso un músculo que es extendido bruscamente, estirará el huso muscular, excita las terminaciones sensibles y, a nivel medular, se estimulan las neuronas motoras alfa, con lo que se contraen las fibras extrafusales y se alivia la tensión de las intrafusales. Al mismo tiempo se produce una inhibición de los músculos antagonistas.^{2, 6, 13}

El otro receptor con incidencia en el control de la elongación muscular es el

Órgano Tendinoso de Golgi

Su localización difiere según los autores. Unos lo localizan en la unión tendino-muscular¹³ y otros^{2, 26} lo sitúan en los tendones, cerca de la unión con la fibra muscular. En cualquier caso estos receptores se estimulan cuando aumentan excesivamente la tensión tendinosa, lo que origina, por vía refleja, una inhibición de la motoneurona alfa, relajándose el músculo y cediendo la tensión del tendón. A esta relajación se le llama Reflejo Miotático Inverso y es,

L'altre receptor amb incidència al control de l'e-longació muscular és el:

Òrgan tendinós de Golgi

La seva localització és diferent segons els autors. Uns el localitzen a la unió tendino-muscular¹³ i altres^{2, 26} el situen als tendons, a prop de la unió amb la fibra muscular. En qualsevol cas aquests receptors s'estimulen quan augmenten excessivament la tensió tendinosa, la qual cosa origina per via reflexa, una inhibició de la motoneurona alfa, relaxant-se el múscul i cedint la tensió del tendó. En aquesta relaxació se li'n diu reflex miotàtic invers i és, un mecanisme de protecció músculo-tendinós davant de contraccions intenses. Però també els estiraments produeixen tensió al tendó i quan és màxima s'estimulen els òrgans de Golgi. Això explicaria que quan es fa un estirament que genera màxima tensió hi ha un punt on sobtadament la tensió muscular es dissipa i es pot estirar encara més el múscul.²

El teixit ossi com a factor limitant de l'estirament

El rang de moviment d'una articulació ve definit per l'angle que pot aconseguir-se entre els diferents ossos que formen part de la mateixa en cadascun dels tres eixos del moviment. És a dir, les superfícies articulars, les articulacions, són els elements ossis que, d'una manera més directa participen al control de la flexibilitat. Així, atenent a la seva morfologia, podem distingir articulacions amb 1, 2 ó 3 graus de moviment (Fig. 4). El bon coneixement de les possibilitats de moviment de cada articulació (eixos sobre els que té llibertat i l'amplitud de cada desplaçament) són imprescindibles per a executar sense riscs els exercicis d'estirament.

Però, a part d'ésser l'element passiu de l'aparell locomotor, el sistema esquelètic determina el creixement en longitud de l'individu. Donades les especials característiques del desenvolupament corporal (pics de creixement, alternància del creixement de les extremitats,...) és freqüent que es produeixin situacions on l'augment ossi i muscular és desproporcionat en favor del primer^{23, 24} la qual cosa originaria un déficit d'elasticitat durant aquesta fase. Per això és convenient recomanar als nens la realització d'exercicis d'elasticitat amb la finalitat de mantenir la flexibilitat i prevenir lesions.

Altres factors que influeixen en la flexibilitat

Indubtablement, a part dels factors que hem vist,

en definitiva, un mecanisme de protecció músculo-tendinosa ante contraccions intenses. Pero también los estiramientos producen tensión en el tendón y, cuando es máxima, se estimulan los órganos de Golgi. Esto explicaría el que cuando se realiza un estiramiento que genera máxima tensión hay un punto en el que, repentinamente, la tensión muscular se disipa y se puede estirar aún más el músculo.²

El tejido óseo como factor limitante del estiramiento

El rango de movimiento de una articulación viene definido por el ángulo que puede lograrse entre los distintos huesos que forman parte de la misma en cada uno de los tres ejes de movimiento. Es decir, las superficies articulares; las articulaciones, son los elementos óseos que, de una manera más directa, participan en el control de la flexibilidad. Así, atendiendo a su morfología, podemos distinguir articulaciones con 1, 2 ó 3 grados de movimiento (Fig. 4). El buen conocimiento de las posibilidades de movimiento de cada articulación (ejes sobre los que goza de libertad y la amplitud de cada desplazamiento) son imprescindibles para ejecutar sin riesgos los ejercicios de estiramiento.

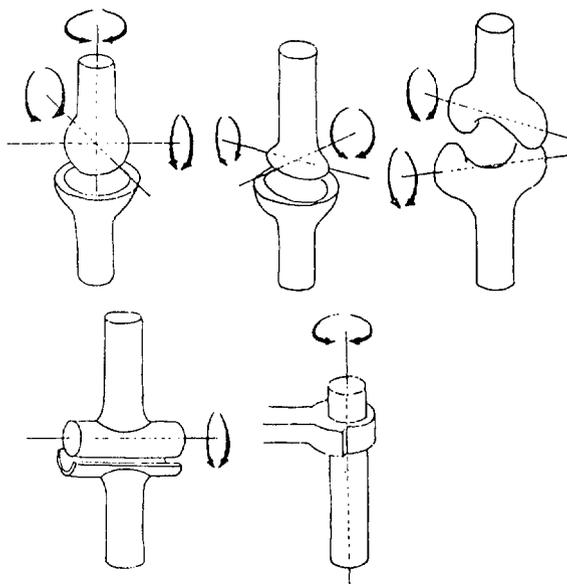


Figura 4. Diferents tipos d'articulació des del punt de vista morfològic. Se superponen els eixos de moviment de cadascuna d'elles.

Figura 4. Distintos tipos de articulaciones desde el punto de vista morfológico. Se superponen los ejes de movimiento de cada una de ellas.

Sin embargo, aparte de ser el elemento pasivo del aparato locomotor, el sistema esquelético determina el crecimiento en longitud del individuo.

la flexibilitat reconeix altres causes que hi influeixen com són: genètica, sexe i edat.

El **genètic** és un factor que no podem mesurar. Hi ha individus més flexibles que altres, la qual cosa s'atribueix a la constitució corporal determinada genèticament.

Sexe. S'accepta que la dona, jove o adulta, és més flexible que l'home de la seva edat^{3, 6} situació que s'accentua durant l'embaràs^{27, 28} a causa, fonamentalment de la producció de relaxina.²⁹ Fora de l'embaràs la raó més adduïda és la major quantitat d'estrògens que té la dona, la qual cosa produiria una major retenció d'aigua,^{6, 29} encara que no es descarten altres raons tals com la localització més caudal del centre de gravetat en la dona o la diferència d'activitat que quotidianament duen a terme tots dos sexes.

Edat. És notori que conforme augmenta l'edat de l'individu, disminueix la flexibilitat. Però aquesta relació no és lineal. Fins que el nen no entra en la pubertat podem considerar que està desenvolupant una flexibilitat òptima. Existeixen diferents estudis on es correlacionen molt estretament l'evolució de la flexibilitat amb l'edat (Sermeev-30-, Corbin i Noble -8-). De manera general s'accepta que fins als 10-11 anys el deteriorament de la flexibilitat és mínim i és des de la pubertat fins als 20-30 anys quan s'acusa el deteriorament més gran de la flexibilitat, en relació a l'augment de la massa muscular. Cap als 30 anys es torna a estabilitzar el procés sempre en funció de l'activitat del subjecte, per a, després i fins a la senectut disminuir paulatinament de forma més o menys acusada depenent del grau d'entrenament de l'atleta. El múscul pateix processos d'atròfia; les fibres de col·lagen i d'elastina es veuen sotmeses a canvis físics i químics, es produeix deshidratació, reordenació de les fibres, trencaments fibril·lars, calcificacions...² cosa que conseqüentment produirà una pèrdua de la capacitat d'elongació.

Conclusions

Hem fet un recorregut sobre els principals factors que afecten la capacitat de flexibilitat de l'individu, des dels elements que són elongats fins a les causes no morfològiques (edat, genètica,...) que hi influeixen en una mesura més o menys gran. És de ressaltar com pot resultar de beneficiós un bon programa de flexibilitat, no només per a l'atleta d'alta competició sinó per a qualsevol persona a la seva vida diària, encara que no es pot perdre de vista que el seu desenvolupament ha de guardar una proporció absoluta amb les necessitats mecàniques de cada articulació ja que l'excés de flexibilitat pot comportar lesions irreversibles que disminueixin el rendiment en activitats específiques.

Dada las especiales características del desarrollo corporal (picos de crecimiento, alternancia del crecimiento de las extremidades,...) es frecuente que se produzcan situaciones en las que el aumento óseo y muscular es desproporcionado a favor del primero^{23, 24} lo que ocasionaría un déficit de elasticidad durante esa fase. Por ello es conveniente recomendar a los niños la realización de ejercicios de elasticidad con el fin de mantener la flexibilidad y prevenir lesiones.

Otros factores que influyen en la flexibilidad

Indudablemente, aparte de los factores que hemos visto, la flexibilidad reconoce otras causas que la influyen, entre las que destacamos: Genética, Sexo y la Edad.

El Genético es un factor que podemos medir. Hay individuos más flexibles que otros, lo que se atribuye a la constitución corporal determinada genéticamente.

Sexo. Se acepta que la mujer, joven o adulta, es más flexible que el hombre de su misma edad,^{3, 6} situación que se acentúa durante el embarazo^{27, 28} a causa, fundamentalmente, de la producción de Relaxina.²⁹ Fuera del embarazo la razón más aducida es la mayor cantidad de estrógenos que posee la mujer, lo que produciría una mayor retención de agua^{6, 29} aunque no se descartan otras razones tales como la localización más caudal del centro de gravedad en la mujer o la diferencia de actividad que cotidianamente llevan a cabo ambos sexos.

Edad. Es notorio que conforme aumenta la edad del individuo, disminuye la flexibilidad. Sin embargo, esa relación no es lineal. Hasta que el niño no entra en la pubertad podemos considerar que está desarrollando una flexibilidad óptima. Existen diferentes estudios en los que se correlacionan muy estrechamente la evolución de la flexibilidad con la edad (Sermeev,³⁰ Corbin y Noble⁸). De manera general se acepta que hasta los 10-11 años el deterioro de la flexibilidad es mínimo y es desde la pubertad hasta los 20-30 años cuando se acusa el mayor deterioro de la misma, en relación con el aumento de la masa muscular. Hacia los 30 años se vuelve a estabilizar el proceso siempre en función de la actividad del sujeto, para, a partir de aquí y hasta la senectud, descender paulatinamente de forma más o menos acusada, dependiendo del grado de entrenamiento del atleta. El músculo sufre procesos de atrofia, las fibras de colágeno y de elastina se ven sometidas a cambios físicos y químicos, produciéndose deshidratación, reordenación de las fibras, roturas fibrilares, calcificaciones²... lo que, consecuentemente originará una pérdida de la capacidad de elongación.

Conclusiones

Hemos realizado un recorrido sobre los principales factores que afectan a la capacidad de flexibilidad del individuo, desde los elementos que son elongados hasta las causas no morfológicas (edad, genética,...) que le influyen en mayor o menor medida. Es de resaltar lo beneficioso que un buen programa de flexibilidad puede resultar, no sólo para el atleta de alta competición, sino para cualquier persona en su vida diaria, aunque no se puede perder de vista que su desarrollo debe guardar una proporción absoluta con las necesidades mecánicas de cada articulación, pues el exceso de flexibilidad puede acarrear lesiones irreversibles que disminuyan el rendimiento en actividades específicas.

Bibliografía

1. Bibliograf S.A. Diccionario Inglés-Español, Español-Inglés pag. 428. Barcelona, 1984.
2. ALTER, M.J.: Science of Stretching. pp. 3, 13, 23, 27, 29, 47 y 49. Human Kinetics Books. Champaign. Illinois. 1988.
3. VINUESA LOPE, M.; BENEJAM COLL, J.: Teoría Básica del Entrenamiento. pp. 183-186. edit. Esteban Sanz Martínez. Madrid, 1987.
4. MATVEEV, L.: Fundamentos del Entrenamiento Deportivo. p. 21-228. Edit. MIR. Moscú, 1980.
5. HOLLAND, G.J.: The physiology of Flexibility: A review of the literature. *Kinesiology Review* 1, 42. 1968.
6. WIENECK, J.: Entrenamiento Óptimo. pp. 251-274. Edit. Hispano-Europea. Barcelona, 1988.
7. BRYANT, S.: Flexibility and Stretching. *The Physician and Sportmedicina*, 12 (2), 171. 1984.
8. CORBIN, C.B.; NOBLE, L.: Flexibility: A major component of physical fitness. *The Journal of Physical Education and Recreation*, 51 (6): 23, 57, 1980.
9. HARRIS, M.L.: Flexibility. *Physical Therapy*, 49 (6): 591. 1969.
10. SIGERSETH, P.C.: Encyclopedia of Sport and Medicine, en L.A. Larson ed. pp. 280-281, McMillan. New York. 1971.
11. FREY, G.: Entwicklungsgeäßes Training in der Schule. *Sportwissenschaft* 2/3: 172. 1978.
12. BARBANY CAIRO, J.R.: Fisiología del Esfuerzo. pp 18-41. INEF Cataluña. 1986.
13. LAMB, D.R.: Fisiología del Ejercicio. pp. 29-38; 102-109. Ed. Augusto E. Pila teleña. Madrid. 1978.
14. MONOD, H.; FLANDROIS, R.: Manual de Fisiología del Deporte, pp. 53-109. Ed. Masson. Barcelona. 1986.
15. GRANT, M.E. y cols.: The biosynthesis of collagen. *New England Journal of Medicine*, 286 (4): 194. 1972.
16. GROSS, J.: Collagen. *Scientific America*. 204 (5): 120. 1961.
17. HAM, A.W.: Tratado de Histología. pp. 208-210, 428-429. 7ª edic. española. Edit. Interamericana. Madrid. 1975.
18. VERA, P. y cols.: Biomecánica del Aparato Locomotor. I. pp. 4-51, 4-55. Instituto Biomecánico de Valencia. Valencia. 1985.
19. RAMACHANDRAN, G.W.: Treatise of Collagen, I. pp. 103-179. Ramachandran, ed. Academic Press. New York. 1976.
20. GUTIÉRREZ DÁVILA, M.: Estructura Biomecánica de la Motricidad. pp. 189-208. C.D. INEF. Granada 1988.
21. JENKINS, R.; LITTLE, R.W.: A constitutive equation for parallel-fibered elastic tissue. *The Journal of Biomechanics*, 7 (5): 397. 1974.
22. WEISS, L.; GREER, R.O.: Histology. 4th. ed. Mc Graw Hill. New York, 1977.
23. LEARD, J.S.: Flexibility and conditioning in the young athlete. In L.J. Micheli (ed.): *Pediatric and adolescent sport medicine*. pp. 194-210. Little, Brown and Co. Boston. 1974.
24. MICHELI, L.J.: Overuse injuries in children's sport: The growth factor. In D.N. Klund & M. Töttösy (ed.) *Orthopedic Clinics of North America* (Vol. 14, pp. 337-360). W.B. Saunders. Philadelphia. 1983.
25. HENNEMEN, E.: Peripheral mechanisms involved in the control of muscle. In V.B. Mountcastle (ed.) *Medical Physiology*, 13 th ed. pp. 617-635. The C.V. Mosby Co. St. Louis. 1974.
26. MOORE, J.C.: The Golgi tendon organ. A review and up date. *The American Journal of Occupational Therapy*, 38 (4): 227. 1984.
27. BIRD, H.A. y cols.: Changes in joint laxity occurring during pregnancy. *Annals of Rheumatic Diseases*. 40 (2): 209. 1981.
28. BREWER, V.; HINSON, M.: Relationship of pregnancy to lateral knee instability. *Medicine and Science in Sports*, 10 (1): 39. 1978.
29. BEIGHTON, P. y cols.: Hypermobility of joints. Springer-Verlag. Berlin. 1983.
30. SERMEEV, B.V.: Development of mobility in the hip joint in sportsmen. *Yessis Review*, 2 (1): 16. 1966.
31. PLATONOV, V.N.: El entrenamiento deportivo: Teoría y Metodología. pp. 154-163. Edit. Paidotribo. Barcelona, 1988.

