PubliCE, (PubliCE) 1998

Monograph

Bases Neurofisiológicas de la Flexibilidad (Parte 1)

Lic. Mario Di Santo[1]

[1]*Instituto del Profesorado en Educación Física. Córdoba, Argentina.*

Palabras Clave: sistema nervioso central, dendrita, neurona, axón, flexibilización, reflejos

El análisis de los aspectos funcionales del Sistema Nervioso Central y del Sistema Nervioso Periférico específicamente relacionados con la respuesta muscular al estiramiento longitudinal o a cualquier otro tipo de deformación constituye, sin lugar a dudas, uno de los aspectos más atractivos e interesantes en el estudio de la flexibilidad como capacidad motora. Tal como quedó establecido en el capítulo N° 4, las adaptaciones a largo plazo en el entrenamiento de esta capacidad se registran, concretamente, a nivel de la ultraestructura del tejido conectivo. Sin embargo, para que una acción deformante, ya sea de origen externo o interno, incida significativamente a nivel del tejido conectivo, es necesario que la resistencia sarcomérica se reduzca, dentro de los límites morfoestructurales y fisiológicos naturales tratados en el capítulo N° 5, a los niveles más bajos posibles.

Ahora bien, dicho grado de resistencia muscular exclusivamente contráctil (en el sentido de exclusión del componente constituido por el tejido conectivo) depende directamente, y en última instancia, del contenido específico de los mensajes neurales a los que, permanente e inevitablemente, el músculo estriado está sometido. Así, es estudio de ciertos mecanismos y procesos neurofisiológicos resulta de importancia capital, puesto que sobre la base de estos conocimientos es que será posible elaborar los algoritmos pertinentes para lograr la mayor relajación posible antes y durante la acción mecánica de deformación del tejido conectivo. Por cierto, las consignas metodológicas relativas a los aspectos técnicos específicos para el desarrollo de la flexibilidad que serán presentadas en este libro reposan sobre los fundamentos fisiológicos que se estudiarán a continuación. Así, cuestiones tales como los tiempos de extensión, intensidad de los estiramientos, naturaleza y duración de los procedimientos promotores de la inhibición muscular previos a la extensión misma, como así también sus posibles combinaciones, se fundamentan desde los aspectos teóricos analizados en este capítulo, como así también desde las comprobaciones empíricas realizadas por el autor que, de paso, también serán expuestas en esta sección del trabajo.

De hecho, del amplísimo espectro de mecanismos funcionales conocidos, algunos tienen incidencia gravitante sobre la flexibilidad y otros, ya sea por su naturaleza o porque todavía no se han conjeturado, investigado y descubierto posibles relaciones, repercuten supuestamente en menor grado sobre la misma. Así, a partir de una somera, pero necesaria, introducción genera al Sistema Nervioso y sus grandes funciones, algunos de los temas que serán tratados y de los cuales se extraerán ciertas conclusiones de importancia para la problemática de la flexibilidad son las siguientes: principios generales de la fisiología sensorial, características y propiedades de las funciones reflejas, algunos reflejos directamente implicados de las respuestas musculares durante los estiramientos, la hiperpolarización de las motoneuronas Alfa, etc.

Al respecto cabe acotar que, por un lado, el número de ítems podría extenderse conforme a las investigaciones sobre el tema se profundicen y amplíen, y, por el otro, que el análisis que a continuación se desarrollará en todo momento estará supeditado a la problemática de la flexibilidad por lo cual, a los aspectos puramente descriptivos, se agregarán permanentemente apreciaciones y explicaciones relativas a la misma.

ORGANIZACIÓN GENERAL DEL SISTEMA NERVIOSO

La actividad global del organismo humano está bajo la dependencia del Sistema Nervioso. Es el sistema de percepción, pensamiento y control del organismo (Guyton, 1987, pág. 11). Para ello, debe el Sistema Nervioso asumir tres grandes funciones:

1) Función Sensitiva, es decir, de recepción, recolección y análisis de las informaciones, tanto externas como las generadas por el propio organismo.

2) Función integradora, o de síntesis de los datos reunidos a cada instante.

3) Función motora, o de elaboración y envío de órdenes efectoras, tanto hacia las vísceras y glándulas como hacía el aparato osteomuscular.

Como tal, el sistema nervioso no es una masa homogénea, y las distintas partes que en él pueden indentificarse asumen, cada una de ellas, una función particular. Las dos divisiones principales del sistema nervioso se refieren, concretamente, al **sistema nervioso central y al sistema nervioso periférico.**

La centralización de las informaciones, de las síntesis y de los mensajes efectores se hace a nivel del Sistema Nervioso Central (S.N.C.). Este comprende, a sus vez, al encéfalo y a la médula espinal. El encéfalo está contenido por la caja craneana y la médula espinal por el canal raquídeo constituido, a su vez, por la superposición de las vértebras. Numerosos niveles de integración y de control se distinguen en el S.N.C. El encéfalo es la principal área integradora del sistema nervioso. En él son almacenados los recuerdos, concebidas las ideas, generadas las emociones, planificados los movimientos, inteligidas múltiples cuestiones, resueltos numerosos problemas y realizadas otras funciones relacionadas con nuestro psiquismo y el complejo control de las complicadas y heterogéneas actividades de nuestro organismo.

Por su parte, la médula espinal está al servicio de dos grandes funciones: en primer lugar sirve como conductor de todo un lugar, sirve como área integradora para la coordinación de actividades nerviosas no mediatizadas por el cerebro, tales como los reflejos que precisamente estudiaremos posteriormente y que tienen relación directa con la problemática de la flexibilidad y de las técnicas para su entrenamiento.

Por su parte, el Sistema Nervioso Periférico (S.N.P.) asegura la unión entre el sistema nervioso central y el medio exterior. Según Guyton (1987, pág. 11) el S.N.P. es una cadena de nervios que se ramifican en forma tan extensa que difícilmente existe un sólo milímetro cúbico de tejido en cualquier parte del organismo humano carente de fibras nerviosas, tanto sensitivas como aferentes. Así, el sistema nervioso perisférico está constituido por nervios sensitivos y fibras eferentes responsables de la transmisión de la información desde los receptores hacia la médula espinal y el encéfalo; y por nervios motores y fibras eferentes que, extendiéndose desde el sistema nervioso central hacia los órganos efectores, regulan la actividad de estos últimos (glándulas, vísceras y músculos). Algunos de los nervios periféricos se originan directamente en el propio cerebro y controlan principalmente la región encefálica del organismo. Son los llamados nervios craneales, los cuales se distinguen de los nervios espinales que, precisamente, salen por ambos lados de la médula espinal a través de un agujero intervertebral, a nivel de cada vértebra. Cabe agregar que los nervios periféricos, en la mayor parte de su trayecto, están constituidos por la asociación de las vías nerviosas, de las que unas son sensitivas y las otras motrices, formando el conjunto de los nervios mixtos.

La información es transmitida entre la periferia y el sistema nervioso central bajo la forma de influjo nervioso. Cuando el influjo nervioso se dirige desde la periferia hacia el sistema nervioso central, se dice que es centrípeto y es conducido por las fibras sensitivas o aferentes. Por el contrario, cuando el influjo nervioso se propaga desde el sistema nervioso central hacia la periferia de órganos efectores, se lo llama centrífugo, y es conducido por las fibras motrices o eferentes.

Por otro lado, el Sistema Nervioso Autónomo o Vegetativo, asegura la unión entre el sistema nervioso central y las vísceras, glándulas y otros órganos. Incluye también fibras sensitivas que aportan al SNC datos concernientes al estado funcional del organismo; y fibras motoras que, extendiéndose desde el SNC hacia los distintos órganos efectores, los proveen de los controles correspondientes para el mantenimiento del equilibrio interno del cuerpo.

Todo el sistema nervioso, tanto el de la vida de relación como el autónomo, o ya sea que se trate del central o del perisférico, está constituido por tejido nervioso el cual, a su vez, está compuesto por dos tipos de células: las neuronas y las células de sostén y el aislamiento que, colectivamente, se denominan neuroglia. Estas últimas mantienen a las neuronas en su lugar y evitan, también, la difusión masiva del influjo nervioso.

Las neuronas han desarrollado en forma notable las propiedades de excitabilidad y conductibilidad. La neurona es la

Unidad Básica del sistema nervioso. Según Ninomiya (1991, Pág..4) se afirma que es, la neurona, una unidad básica porque posee en sí misma todos los elementos que permiten funcionar al sistema nervioso: recibe información por varias vías, evalúa sus múltiples entradas, transmite los resultados de este procesamiento como ráfagas potenciales de acción o secreciones y almacena un registro histórico de su actividad.

Sus componentes principales son los siguientes

1. Las Dendritas: o polos de entrada, son finas prolongaciones ramificadas del cuerpo celular que pueden extenderse hasta varios centímetros en forma de arborizaciones frondosas o reticulares. Son las principales porciones receptoras de la neurona, recogiendo los datos provenientes de otras células nerviosas, del medio extracelular o del exterior del organismo. La mayor parte de la señales que debe transmitir la neurona entran por medio de las dendritas, aunque algunas entran también a través de la superficie del cuerpo celular. Están llenas en su superficie de engrosamientos localizados y especializados llamados espinas, donde hacen sinapsis las fibras aferentes. En su superficie las dendritas reciben contactos de centenares de otras terminaciones de otras tantas células nerviosas.

2. El soma o cuerpo celular: es el elemento de decisión que evalúa la resultante de toda la actividad recogida por las dendritas, integrándolo y generando o no un impulso nervioso. En el mismo se realizan las funciones metabólicas básicas. En su membrana convergen las terminaciones de otras neuronas pudiendo generar, también, impulsos eléctricos (sinapsis exosomáticas). La decisión final de generar o no el impulso nervioso es tomada por el cono axónico, que es la zona del cuerpo neuronal donde se origina el axón.

3. El axón: o canal de transmisión a distancia, es la estructura por la que el potencial de acción, o impulso nervioso, se propaga autogenerándose. Esta prolongación cilíndrica originada en el soma es la porción de la neurona que habitualmente se denomina fibra nerviosa. Puede alcanzar hasta un metro de longitud, transportando señales nerviosas hacia las siguientes células nerviosas en el cerebro o médula espinal o hacia músculos y glándulas en partes periféricas del organismo.

4. La Terminal Presináptica: o polo de salida. Son terminaciones axónicas a través de las cuales el estímulo es transmitido a otras neuronas o células efectoras. Es la región final del axón (el cual puede ramificarse hasta miles de veces) donde se acumulan sustancias neurotransmisoras que intervienen en la relación funcional con otras neuronas inhibiéndolas o excitándolas. El botón o terminal Presináptica descansa sobre la superficie de la membrana de una dendrita o cuerpo celular de otra neurona, suministrando así un punto de contacto denominado sinapsis a través del cual pueden transmitirse señales desde una neurona a la siguiente (Guyton, 1987, Pág..13).

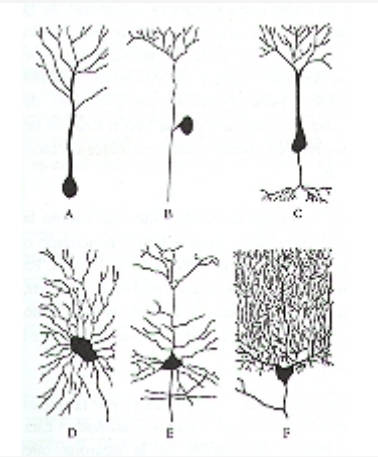


Figura 1. *Existen distintos tipos de neuronas.* ***A:*** *Células unipolares características de invertebrados.* ***B:*** *Las neuronas del gángleo de la raíz dorsal de la médula espinal son seudomonopolares. En ellas emerge del soma un único proceso que se divide inmediatamente.* ***C:*** *Célula multipolar, con un proceso dendrítico y uno axónico.* ***D:*** *Célula multipolar, con dendritas emergiendo de toda la superficie del soma.* ***E y F:*** *Variantes de células multipolares. (Modificado de KANDEL, E. R. Y SCHWARTZ, J. H. 1985. Tomado de HOUSAY, 1989.)*

Se denomina **sinapsis**, precisamente, al contacto funcionante entre dos o más neuronas o entre éstas y sus células efectoras (Ninomiya, 1991, Pág..7) Es el área o región que, no perteneciendo en particular a ninguna neurona, permite el

contacto funcional entre dos células especializadas para la transmisión del impulso nervioso. Dentro de la estructura sináptica, se encuentran puntos específicos de relación funcional, los cuales reciben el nombre de "zona activa" de la sinapsis (Houssay, 1989, Pág.3).

Sobre una neurona convergen miles de fibras. La célula nerviosa suma todas las influencias de sus múltiples sinapsis, cambiando su estado de actividad de acuerdo a las características de estas terminales que determinan, en definitiva, si la neurona generará uno o varios potenciales de acción o cesará de emitirlos si lo estaba haciendo. Al respecto el fisiólogo inglés Herrington desarrolló una hipótesis que después llegó a conocerse ampliamente con el nombre de **"Teoría General del Campo Motor" o "Embudos de Sherrington"**. Según Luria (1979, Pág..15), observando el hecho de que las neuronas sensitivas de las astas posteriores de la médula espinal son muchas más que las neuronas motoras, Sherrington enunció la hipótesis de que no todo impulso motor puede llegar a su final dinámico, de modo que un gran número de las estimulaciones sensitivas tienen su "campo motriz general", y que la relación de los procesos sensitivos y motores puede compararse con un embudo, por cuyo orificio ancho ingresan los impulsos sensoriales y por el pequeño egresan los motores. No resulta difícil advertir que entre los impulsos sensitivos se desencadena una contienda, de alto rigor competitivo, en la que vencen los más fuertes y numerosos.

Ahora bien, este punto referido a los "Embudos" de Sherrington reviste, para la cuestión de la flexibilidad, una importancia capital. Sobre el soma de las comparativamente escasas motoneuronas alfa convergen, provenientes de innumerables regiones del organismo, miles de botones sinápticos. Imagínese el lector a la motoneurona alfa (y a la gamma también) como, precisamente, el componente principal de la boca pequeña del embudo y, por el otro lado, a los impulsos sensoriales como los constituyentes exclusivos de la boca ancha del mismo. Represéntese también, de la misma manera, al embudo en sí mismo como un extenso campo de batalla a lo largo del cual fuerzas excitatorias y fuerzas inhibitorias traban un leal, pero furibundo, combate por lograr la inclinación de la motoneurona alfa hacia una decisión concreta, contundente y, de hecho, unilateral: o su despolarización o su hiperpolarización. En caso de que, tanto los arsenales como las fuerzas de artillería de ambos ejércitos se equiparen, la motoneurona alfa continua en su estable y cómodo potencial de reposo.

Sin embargo, en el caso de que las ráfagas y descargas excitatorias predominen por sobre las inhibitorias, la motoneurona alfa tiende a despolarizarse y con ello, el músculo a contraerse lo cual, como resulta evidente, poco favorece tanto a la manifestación como al entrenamiento en sí de la flexibilidad.

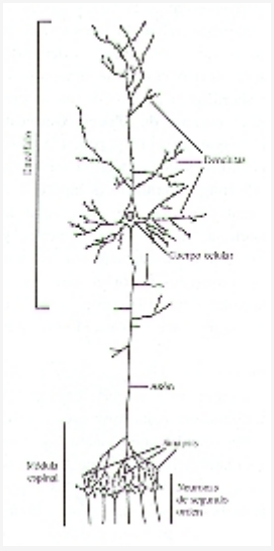


Figura 2. *Estructura de una gran neurona del encéfalo que muestra sus partes funcionales importantes. (Modificado de KANDEL E. R. y SCHWARTZ, J. H. 1985, Tomado de GUYTON, 1989.)*

Por el contrario, cuando los impulsos inhibitorios predominan por sobre los excitatorios, la motoneurona alfa tiende a hiperpolarizarse lo cual conlleva a la tan ansiada inhibición nerviosa y relajación muscular estableciéndose, aunque más no sea transitoriamente, las condiciones óptimas para el entrenamiento de la flexibilidad. Es en este sentido que, tanto el docente como el alumno, deben ejercer el rol de discriminadores, selectores y auténticos filtros de todo aquello que por la ancha boca del "embudo" pretende ingresar. En cuanto a la flexibilidad se refiere, la idea consiste en promover el ingreso de todos aquellos datos que tiendan luego de una furibunda competencia, a conquistar a la motoneurona alfa a favor de su

hiperpolarización y, por otro lado, a evitar el ingreso de aquellos que tiendan a desencadenar su despolarización.

Así, por ejemplo, si se sabe que tal tipo de música tiende a inhibir y tal otro a excitar conviene, de hecho, entrenar la flexibilidad con el primero y evitar el segundo. Lo mismo sucede con los colores, la temperatura, las fases de ciclo respiratorio, las posiciones de la cabeza, el tono de voz del profesor, el contenido de representación ideomotora, etc.; y el conjunto de los reflejos que, sobre la motoneurona alfa, pueden provocar su inhibición o su excitación. Resulta crucial, al respecto, conocer que tipo de respuestas genera la estimulación de los distintos receptores a los efectos de, y siempre en el ámbito de la flexibilidad, reducir al mínimo las descargas excitatorias y potenciar al máximo los impulsos de carácter inhibitorio. Es por ello que, del mismo modo, cobra especial interés en este estudio el repaso de ciertos aspectos concernientes a los principios generales de la fisiología sensorial y de las propiedades de los reflejos antes de abocarse, por entero, al análisis de aquellos que gravitan en forma contundente sobre la flexibilidad.

PRINCIPIOS DE FISIOLOGÍA SENSORIAL

Una de las funciones más importantes que realiza el sistema nervioso es la de obtener datos relativos a las condiciones del medio ambiente externo e interno y de las modificaciones que en ambos se presenten. La recolección de esta información resulta provechosa no sólo para la conservación de la homeostasia, sino también para el desarrollo de toda una serie de posibilidades, compartidas con el resto de las especies del reino animal algunas (Alimentarse, procrear, huir, etc.), específicamente humanas otras (Pensar, conocer lo sensible, proyectar, etc.). Así, para la captación, codificación y transmisión de la información acerca de las condiciones del medio externo e interno hasta los centros superiores, existen células, órganos, vías y centros especializados que, en conjunto, integran los denominados analizadores o sistemas sensoriales. Al respecto, cada analizador está especializado para responder a un tipo particular de energía provocando, al ser excitados, cierto tipo de sensación. Precisamente se denomina modalidad sensorial a esta especialización para un tipo específico de dato junto con la particular sensación que despierta. A manera de ejemplo, el estímulo específico sobre la articulación y sobre el vientre muscular durante la ejecución de un ejercicio que suponga la expresión de la flexibilidad como capacidad motora sobresaliente es el e la distensión mecánica longitudinal de los tejidos implicados, mientras que la sensación que despierta es, precisamente, la de deformación o estiramiento, y nunca la del dolor.

Un conjunto de estructuras comunes conforman los denominados sistemas o analizadores sensoriales. Ellos son, a saber:

- **Receptores.**
- **Anexos del receptor o pararreceptores.**
- **Vía aferente.**
- **Centros nerviosos primarios.**

Todos los cambios del medio ambiente externo e interno se presentan en la naturaleza bajo la forma de variaciones "graduadas y continuas" (Ninomiya, 1991, pág. 128) de amplísima variedad constituyendo mensajes de tipo analógico. Sin embargo, las neuronas del sistema nervioso periférico no transmiten esa información bajo la forma de potenciales de acción que, propagándose a la manera de ráfagas, constituyen un código de tipo digital, discontinuo o cuántico (Ninomiya, 1991, pág. 129). Los receptores son, precisamente, estructuras encargadas de la recolección de los mensajes analógicos y de su conversión a potenciales de acción. Son, en cierto modo, los intérpretes del dato exterior (o interior) que, además de recibirlo, lo traducen y codifican en el idioma propio del sistema nervioso.

Por pequeña que sea la energía del estímulo, al tomar contacto con el receptor, ya produce cambios en la permeabilidad de la membrana celular. Estos cambios consisten en la modificación del equilibrio eléctrico y químico del receptor provocado por el desplazamiento de iones entre el interior y el exterior de la membrana.

Precisamente esta transformación de un tipo de energía (la analógica) en otra (Digital) es lo que se llama transducción. La misma consiste en la despolarización y disminución del potencial de membrana del receptor la cual es proporcional, en lo referente a magnitud y duración, a las características del estímulo que lo provocó. Esta despolarización se denomina potencial del receptor y dura el tiempo que se presenta el estímulo. Además, el voltaje del potencial del receptor es proporcional a la intensidad del estímulo. Así, en cierto modo, el potencial del receptor refleja fielmente, en duración e intensidad, las dimensiones del estímulo que lo provoca. Por pequeño que sea el estímulo, siempre habrá una respuesta eléctrica en el receptor el cual, como puede apreciarse, no tiene umbral. Lo que es lo mismo que afirmar que, por pequeña que sea la variación del medio ambiente, ya provocará el fenómeno de transducción.

Sin embargo, para que se verifique el paso posterior, es decir, la conversión analógica-digital, la simple transducción no es suficiente. El potencial del receptor se propaga por la superficie de la membrana desde el sitio de contacto con el estímulo

hasta el inicio de la fibra nerviosa aferente. Al llegar a este punto puede o no la fibra nerviosa despolarizarse y emitir ráfagas o mensajes digitales propios del sistema nervioso. En caso de que la intensidad del potencial del receptor supere el umbral de despolarización de la fibra aferente, entonces sí se generará el mensaje nervioso. De otro modo, no. Es decir, existe un nivel mínimo de estimulación debajo del cual la fibra nerviosa no responde, o sea, un umbral. Ahora bien, en caso de que el potencial del receptor alcance ese umbral, se producirá el disparo de la fibra nerviosa cuya intensidad no será proporcional a la intensidad o voltaje del potencial del receptor, sino que lo que traducirá la misma será la frecuencia de producción de potenciales de acción. Se verifica así una proporción directa entre magnitud del estímulo y frecuencia de descarga de la fibra nerviosa excitada (Ninomiya, 1991, pág. 137).

Sea cual fuere el estímulo, la causa básica de la modificación del potencial de membrana es un cambio de la permeabilidad de la membrana del receptor, que permite que los iones difundan más o menos fácilmente a través de la membrana y cambien así el potencial de transmembrana (Guyton, 1989, pág. 194). Entre las distintas maneras de excitar un receptor se encuentran la aplicación de una sustancia química a la membrana, el cambio de temperatura de la misma, los efectos de la radiación electromagnética aplicada directamente sobre el receptor o, y a tener muy en cuenta para las respuestas al estiramiento muscular, la deformación mecánica del receptor que permite la apertura de los canales iónicos.

Un fenómeno de especial interés para las cuestiones de la flexibilidad es el de adaptación. A pesar de que el potencial del receptor es proporcional a la magnitud o intensidad del estímulo, se observa que cuando el estímulo se mantiene constante, el potencial del receptor disminuye gradualmente al pasar el tiempo pudiendo hasta llegar a descender por debajo del umbral o nivel de disparo de la fibra aferente. Este fenómeno, conocido como adaptación, ocurre en todos los niveles del procesamiento sensorial: en la transducción, en la propagación del potencial del receptor, en los mecanismos de transmisión sináptica y, finalmente, en la magnitud de la sensación provocada en el individuo.

La adaptación de los receptores es una propieda individual de cada tipo de receptor. Algunos lo hacen muy rápidamente, de manera que el estímulo deja de ser eficaz en muy poco tiempo y la sensación desaparece. Otros receptores se adaptan muy lentamente y continúan respondiendo en forma casi constante al estímulo. A los primeros se los denomina fásicos. Ellos no permiten transmitir una señal continua debida a que son estimulados solamente cuando cambia la intensidad del estímulo. No obstante, reaccionan intensamente mientras realmente está teniendo lugar un cambio. Inclusive, según Guyton (1989, pág. 197), el número de impulsos transmitidos está en proporción directa a la velocidad con la que tiene lugar el cambio. Por el contrario, a los receptores de adaptación lenta se los denomina tónicos. Ellos emiten señales mientras el estímulo dure, manteniendo al cerebro permanentemente informado sobre lo que en el medio externo e interno sucede.

Una taxonomía clásica de los receptores es quella propuesta por Sherrington, quien los dividía en función del sitio de **origen del estímulo y la sensación despertada** en:

Interoreceptores: Localizados en las vísceras y que son sensibles a los cambios físicos o químicos que ocurren en el medio interno.

Exteroceptores: Que son sensibles a estímulos que se originan fuera del cuerpo, como los sonidos, olores, sabores, etc. Estos pueden, a su vez, subdividirse en:

- **Teleceptores: o receptores a distancia**, que son excitados por estímulos cuya fuente de origen se encuentra lejos del receptor (vista, oído, olfato).
- **Receptores de contacto:** que requieren la aplicación del estímulo directamente sobre el receptor (tacto, dolor, gusto, temperatura).
- **Propioceptores:** Que responden a estímulos mecánicos de movimiento, aceleración y peso. Están localizados en los músculos, articulaciones, tendones y en el sistema vestibular del laberinto óptico.

Otro criterio de frecuencia utilizado para la clasificación de los receptores se basa en el tipo de energía a la cual responden con máxima sesibilidad. Vistos desde esta perspectiva pueden denominarse como:

- **Fotorreceptores:** luz.
- **Mecanorreceptores:** deformación, presión, vibración, etc.
- **Termorreceptores:** cambios de temperatura.
- **Quimiorreceptores:** concentración química, ph, presión osmótica, etc.
- **Electrorreceptores:** cambio del campo eléctrico.
- **Nociceptores:** estímulos de tipo nocivo o dañino, como desgarro, sección o punción de los tejidos.

Los sistemas sensoriales tienen, en ciertos casos, estructuras anexas o pararreceptoras que reciben la energía del estímulo antes de que éste alcance al receptor a los efectos de colectarla y enfocarla (como el caso del pabellón de la oreja y de los medios transparentes del ojo), amplificar el estímulo (como el martillo, el yunque y el estribo, que amplifican 22 veces la

presión del sonido antes de que llegue al órgano de Corti) o proteger al receptor de estímulos demasiado intensos (los párpados y el iris del ojo).

Además de los receptores y de los pararreceptores, los sistemas sensoriales tienen vías nerviosas que conducen información desde el receptor hasta los centros superiores ya que, de otro modo, la misma carecería de utilidad. Se las denomina vías aferentes y, ya sea por los nervios craneales sensitivos o por las raíces posteriores de la médula espinal, conducen la información hasta el área específica de recepción primaria en la corteza cerebral no sin antes haber realizado varias escalas o relevos sinápticos, establecido conexiones colaterales con la formación reticular y atravesado algún núcleo talámico (a excepción de la vía olfatoria).

Existen fibras aferentes de todos los tamaños y, cuanto mayor es el diámetro, mayor es la velocidad de conducción. Los fisiólogos de la sensibilidad suelen separarlas en los siguientes cinco grupos:

Grupo Ia: fibras provenientes de las terminaciones anuloespinales de los husos musculares, con diámetro promedio de alrededor de 17 micras. Su velocidad de conducción es de aproximadamente 120 m/s.

Grupo Ib: fibras provenientes de los Órganos Tendinosos de Golghi, con un diámetro promedio de 16 micras. Su velocidad de conducción es de 90 m/s.

Grupo II: fibras provenientes de receptores táctiles cutáneos determinados y también de las terminaciones en ramillete de flores de los husos musculares, con un diámetro promedio de alrededor de 8 micras. Su velocidad de conducción oscila entre los 30 y 60 m/s.

Grupo III: fibras que transportan sensaciones de temperatura, tacto grosero y dolor por pinchazo. Su diámetro promedio es de alrededor de 3 micras. Su velocidad de conducción está entre los 6 y los 30 m/s.

Grupo IV: fibras no-mielinizadas que transportan sensaciones de dolor, temperatura y tacto grosero. Tienen de 0.5 a 3 micras de diámetro. Su velocidad de conducción oscila entre los 0,5 a los 2 m/s.

En varios sistemas sensoriales existe un mecanismo de inervación eferente cuyas fibras terminan haciendo sinápsis con el receptor o en su vecindad, o bien inervando a los pararreceptores de éste (Ninomiya, 1991, pág. 142). Estos mecanismos eferentes permiten modular la actividad del receptor ante un estímulo determinado, de manera que éste pueda alcanzar o no el umbral excitatorio, como es el caso de las fibras motoras gamma, cuyas señales tienen efecto sobre la excitabilidad del huso muscular.

Ahora bien, el lector podrá posiblemente preguntarse acerca de la necesidad o no de incluir toda esta suerte de consideraciones que aparentemente nada tienen que ver con el problema de la flexibilidad. Sin embargo, de cada aspecto analizado pueden inferirse una serie de consecuencias para la práctica del entrenamiento de la flexibilidad, algunas de las cuales se explicarán a continuación.

Una de ellas tiene que ver con el **umbral de excitabilidad de los receptores**. En este sentido, dos de los que mayor consideración merecen debido a sus estrecha vinculación con el tema de la flexibilidad son los husos neuromusculares (en rigor, las fibras intrafusales) y los Órganos Tendinosos de Golghi. Los primeros son sensibles a la deformación muscular provocada por el estiramiento longitudinal, y los segundos recogen y transmiten os datos referidos al grado de tensión soportado por el tendón. Si bien la excitación de estos receptores desencadena dos reflejos de efecto diametralmente opuesto (y de trascendental importancia desde el punto de vista técnico), pueden sus umbrales de excitación verse afectados por las condiciones del ph del medio interno que los rodea. Así, cuando el medio circundante se torna circunstancialmente ácido debido a la acumulación de lactato producto del metabolismo glucolítico muscular, el umbral de los husos neuromusculares desciende y el de los Órganos Tendinosos de Golghi se eleva.

Así, en estas condiciones, un pequeñísimo estiramiento puede desencadenar, por estimulación de los husos neuromusculares, una fuerte descarga contráctil del resto de las fibras mientras que, por otro lado, la respuesta inhibitoria producida por el desencadenamiento del reflejo miotático inverso a partir de la estimulación de los Órganos Tendinosos de Golgui, puede demorarse mucho más que en circunstancias normales, es decir, libres de fatiga local promovida por acumulación de ácido láctico. Todo lo cual sugiere que el insistir con el entrenamiento de la flexibilidad en condiciones de fatiga, sobre todo luego de extenuantes cargas de trabajo de naturaleza glucolítica lactácida no resulta, en absoluto, recomendable. En estos casos, los estiramientos submaximales contribuyen apreciablemente a la remoción del ácido láctico y, desde ese punto de vista, suaves ejercicios de elongación son totalmente recomendables pero, de ninguna manera, el entrenamiento de la flexibilidad como capacidad motora en sí, es decir, con fuertes ejercicios de flexibilización. Además, no sólo estos dos receptores pueden, en condiciones de fatiga, ver alterado su umbral de excitabilidad, sino también los receptores articulares y los nociceptores. Así, pueden fallar también los mecanismos de corrección técnica de la ejecución del ejercicio, es decir, adoptar posiciones incorrectas y, no obstante, no captar el error (ni mucho menos

rectificarlo); o no percibir el daño que se le confiere a los tejidos y continuar avanzando en la amplitud del recorrido articular provocando lesiones de consideración que luego "afloran" cuando se produce el enfriamiento y los efectos de la fatiga local se han disipado un poco.

Otro aspecto que merece un comentario especial es el referido a la **adaptación de los receptores**. Los receptores no sólo mantienen, al ser excitados, informado al cerebro sobre los cambios producidos en el medio ambiente circundante sino que, además, algunos de ellos desencadenan respuestas reflejas (cuestión que será tratara más adelante) que pueden, según su condición, restringir o favorecer el alcance de mayores amplitudes de movimiento.

Sin embargo, conforme al receptor se adapta y, tanto el potencial de receptores como los de acción, disminuyen, las respuestas reflejas también tienden a reducirse hasta, inclusive, desaparecer. Al mismo tiempo, y adelantando aspectos a tratar luego con mayor detenimiento, si se tiene en cuenta que cuando se estira un músculo este responde inmediatamente, por activación del reflejo miotático de tracción, con una contracción que luego cede progresivamente para luego, inclusive, reducirse aún más por desencadenamiento del reflejo de inhibición autógena de los Órganos Tendinosos de Golghi, podrá el lector deducir fácilmente que la duración de los estiramientos musculares deberá ser tal que permita conquistar dos posibilidades: en primer lugar, la adaptación de los husos musculares con la correspondiente reducción y minimización de la respuesta contráctil; y, en segundo término, el predominio de la respuesta inhibitoria a partir de la estimulación del aparato de Golghi. Sin embargo, esa misma duración, que más adelante se sugerirá explícitamente, no habrá de ser tal que incorpore la adaptación de los receptores cuya estimulación desencadena la relajación muscular, puesto que si ello así ocurre se promueve el fenómeno de la prepotencia y efecto rebote que, indeseablemente, realza la magnitud de la respuesta contráctil inicial.

Otro punto que vale la pena tratar concierne a los distintos tipos de receptores y del efecto que sobre la motoneurona alfa del músculo a estirar su estimulación produce. Por una extraña tradición suele asociarse el estudio casi exclusivo de los propioceptores con las respuestas musculares al estiramiento cuando, en realidad, son varios los receptores cuya excitación ejerce algún efecto, ya sea despolarizante o hiperpolarizante, sobre la unidad motora del músculo que, en cuestión, se está estirando. Por ejemplo, tanto las señales visuales como las auditivas ejercen cierta influencia sobre la motoneurona alfa. Cabe así preguntarse: ¿Qué tipo de colores resultarán más favorables para el entrenamiento de la flexibilidad? ¿Qué tipo de música puede favorecer la relajación muscular y, consecuentemente, al estiramiento? ¿Podría hablarse de algo más abarcativo que la Facilitación Neuromuscular Propioceptiva como, por ejemplo, la facilitación neuromuscular perceptiva? (las iniciales ni siquiera se modifican). La propuesta del autor consiste, precisamente, en no restringir el estudio de la estimulación de los receptores al ámbito excluyente de la propiocepción sino, por el contrario, en abrir este marco a todos los receptores que, como los propioceptores, también depositan al ser excitados sus mensajes sobre la misma vía final común que es la motoneurona alfa y, particularmente, en los recursos didácticos que provoquen la mayor activación de aquellos cuyo efecto es, sobre la motoneurona, de carácter inhibitorio.

PRINCIPIOS GENERALES DE LA ACTIVIDAD REFLEJA

Quizá sea éste el ámbito de mayor trascendencia susceptible de ser relacionado con los aspectos técnico-metodológicos del entrenamiento de la flexibilidad. El estudio de las distintas propiedades y aspectos funcionales de la actividad refleja del organismo humano puede aportar importantísimas orientaciones conducentes al esclarecimiento de todo un conjunto de interrogantes que, sintéticamente, podrían expresarse a través de las siguientes preguntas:

¿Cuál es el lapso de tiempo óptimo de mantenimiento de la posición final de estiramiento para obtener los mayores resultados en cuanto a incremente de la amplitud de movimientos se refiere?

¿Resulta conveniente la aplicación de los mismos términos tanto cuando se pretende mejorar las condiciones de flexibilidad del vientre muscular, que cuando se procura lo propio para la cápsula articular y los ligamentos?

¿Qué efecto producen sobre la actividad del músculo a estirar el desencadenamiento de ciertos reflejos?

¿Qué efecto producen esos mismos reflejos sobre la musculatura antagonista?

¿Qué características de adaptación presentan aquellos reflejos que, al ser desencadenados, incrementan la actividad contráctil y, con ello, la resistencia a la deformación longitudinal?

¿Qué reflejos afectan al músculo de manera contraria, es decir, inhibiendo a las motoneuronas alfa y, con ello, provocando la relajación muscular?

¿A través de qué procedimientos se pueden excitar aquellos receptores cuyo corolario es el desencadenamiento de un reflejo inhibitorio?

¿Se puede aprovechar el efecto combinado de dos o más reflejos inhibitorios?

¿Resulta lo mismo la activación sucesiva que la simultánea de dos o más reflejos inhibitorios?

¿Conviene estirar con dolor?

¿Qué efecto produce la creación de autoimágenes cuyo contenido informativo promueve la relajación muscular?

¿Resulta conveniente la utilización de recursos que, con el propósito de activar reflejos inhibitorios, apelan a la máxima contracción del músculo a ser estirado y que es, en definitiva, el destinatario final del proceso relajatorio?

¿Pueden los reflejos excitatorios ser empleados como recurso inhibitoiro del músculo antagonista y, de ese modo, contribuir a una mayor relajación del mismo?

Muchas de estas preguntas encuentran su respuesta en el estudio de los distintos aspectos funcionales de la actividad refleja del organismo humano. Nada más conveniente, entonces, que comenzar pos esclarecer lo que, en el contexto de este artículo, se entiende por reflejo. Así, según Ninomiya (1991, pág. 14):

"El reflejo es una acción simple del organismo, en la cual interviene el sistema nervios central, que resulta de la excitación de una vía sensitiva y que se presentan en forma de actividad coordinada motora o secretoria"

Vale aclarar que, mediatizada por el sistema nervioso central, la actividad refleja puede, en su fase eferente, ser controlada por la voluntad del hombre o modificada, siempre en sus consecuencias, por factores emotivos o afectivos, tales como, por ejemplo, los estados anímicos transitorios. Este acto es enfatizado por el hecho de que , en el ámbito del entrenamiento de la flexibilidad no basta sólo con confiarse o entregarse exclusivamente a los efectos de actividad refleja. Lejos de ello, la "concentración", entendida en este contexto como la dirección y el mantenimiento de la atención hacia cierto conjunto de datos evitando, merced al esfuerzo voluntario, la dispersión hacia otras fuentes informativas, resulta, en todo sentido, el complemento imprescindible de cualquier posibilidad refleja empleada con fines inhibitorios.

Varios fisiólogos entienden al reflejo como la unidad funcional del sistema nervioso. Algunas propiedades de los reflejos que revisten especial importancia desde el punto de vista técnico-metodológico del entrenamiento de la flexibilidad son los siguientes:

1. El umbral del estímulo que produce el reflejo es dependiente de las condiciones que acompañan su estimulación. En este sentido, distintas circunstancias pueden hacer que una misma respuesta refleja no pueda repetirse dos veces de la misma manera en la misma persona y con las variables exteriores aparentemente controladas. Entre estas condiciones figuran, por ejemplo, el estado de excitabilidad del sistema nervioso que, cuanto mayor es, peor lo es también para el entrenamiento de la flexibilidad; y las formas de estimulación aplicadas sobre el receptor. Así, en relación a estos últimos datos cabe preguntarse si, por ejemplo, para activar el reflejo de inhibición autógena del Órgano tendinosos de Golghi tanto da una contracción isométrica que una auxotónica concéntrica, una excéntrica o un fuerte masaje aplicado sobre la superficie misma del tendón. Desde ya que se cree que no es, de hecho, lo mismo, y es por ello que, entre otras, son algunas variables investigadas por el autor y de cuyos resultados se da cuenta en este sitio.

2. Por encima del umbral, la graduación del estímulo no es seguida de una similar graduación de la respuesta. Al respecto baste solo con recordar aquel tan conocido consejo relativo a la magnitud de una contracción isométrica cuyo propósito es el de activar el reflejo de inhibición autógena del Órgano Tendinoso de Golghi. Varios autores recomiendan la realización de una fuerte contracción estática puesto que, según sus argumentos, a mayor contracción anterior, mayor relajación posterior. Lejos de ello, el autor reconoce el valor de la actividad contráctil isométrica como recurso válido para el desencadenamiento del reflejo miotático pero no de carácter máximo sino, por el contrario, tenue. Nuevamente remitiendo al lector al capítulo siguiente, la investigación de campo demuestra que las contracciones isométricas submaximales parecen ser más eficaces que las máximas cuando son puestas al servicio del desencadenamiento de este reflejo inhibitorio.

3. Si el estímulo es repetitivo, la respuesta no sigue este ritmo o lo hace en forma parcial y limitada. De ninguna manera se pretende, bajo este principio, justificar el método del "rebote" para el entrenamiento de la flexibilidad: numerosas investigaciones, algunas de ellas citadas cuando hablamos de "Entrenamiento de la Flexibilidad", dan cuenta de su escasa eficacia. Pero lo que sí vale enfatizar es la gran utilidad de los métodos dinámicos para el desarrollo de esta

capacidad. En estos métodos el rasgo sobresaliente es el empleo de insistencias no aceleralivas, es decir, de velocidad uniforme (y siempre lenta) en donde progresivamente se procura lograr mayor amplitud de movimiento. Junto con cada insistencia se produce la estimulación de las fibras de bolsa nuclear dinámicas cuyo corolario es la activación del reflejo miotático de tracción dinámico, el cual concluye con una fuerte y rápida contracción del músculo estirado. Sin embargo, ante la repetición del procedimiento no se sigue la misma respuesta en cuanto a contracción muscular se refiere. Lejos de ello, junto a cada insistencia la respuesta contráctil parece disminuir progresivamente permitiendo, de esta manera, el logro de una mayor amplitud de recorrido articular.

4. Los estímulos únicos en un nervio sensitivo son poco adecuados para una respuesta refleja. En general, es necesaria una suma temporal de estímulos. Al respecto, una pregunta clave en flexibilidad podría expresarse de la siguiente manera: ¿Se puede sumar el efecto de dos o más reflejos con un propósito común, cual es el de inhibir a las unidades motoras que componen el músculo a ser estirado? Bien, la propiedad citada en este punto parece responder a la pregunta en forma concluyente. Pero a lo que no responde es a la cuestión relativa a la forma en que dos o más reflejos pueden ser combinados para promover un mayor índice de relajación muscular. En relación a ello, las dos posibilidades que con mayor facilidad se pueden identificar son la sumatoria temporal o estimulación sucesiva de reflejos, y la sumatoria espacial o activación simultánea de los mismos. ¿Cuál de las dos podría resultar más efectiva? Si, por ejemplo, se pretenden activar los reflejos de inhibición autógena de Golghi y el de inhibición recíproca del antagonista, ¿da exactamente lo mismo hacerlo en forma sucesiva que en forma simultánea? Para responder a esas preguntas el autor apelará inicialmente al conocimiento teórico, recurriendo al principio de "oclusión" para justificar su inclinación hacia el interjuego sucesivo (sumatoria temporal) de pares de reflejos evocados en forma simultánea (sumatoria espacial). Según Ninomiya (1991, pág. 59), se puede, definir a la oclusión como la interrelación de dos reflejos evocados simultáneamente, por lo cual sus efectos se suman, pero el resultado es menor que la suma teórica de sus acciones aisladas. Para poder explicar este fenómeno resulta imprescindible establecer que las formas de relacionarse de las fibras aferentes a una centro nervioso con sus neuronas pueden agruparse en dos grandes posibilidades:

Divergencia: en la misma, la fibra aferente hace conexión con varias neuronas (en particular, y para el interés de esta obra, cabe señalar que las neuronas sensoriales y/o interneuronas divergen en el centro nervioso conectándose, cada una, con varias motoneuronas).

Convergencia: en la cual la misma neurona recibe varias fibras provenientes de otras tantas neuronas.

Una vez establecida esta diferencia, considerese un conjunto de neuronas aferentes, menores en cantidad, cuyos axones inervan a un conjunto de motoneuronas, mayor en cantidad, de un musculo. Un subconjunto del grupo de las motoneuronas es excitado exclusivamente por una u otra vía aferente. Sin embargo, otro subconjunto es excitado en forma compartida por esas dos aferencias sensitivas. Imagínese el lector que el conjunto de neuronas aferentes está formado por dos vías, la "a" y la "b" y que, por otro lado, el conjunto de las motoneuronas está formado por un total de cinco unidades. De estas cinco unidades, la vía aferente "a" inerva las cuatro primeras, y la vía aferente "b" las cuatro últimas, es decir, que las motoneuronas compartidas son las 2°, 3°, y 4°, mientras que la 1° pertenece solo a la vía "a" y la 5° sólo a la vía "b". Ahora bien, en caso de estimularse la vía "a", se excitará no solo la motoneurona exclusiva, es decir, la 1°, sino que también lo harán las motoneuronas 2°, 3°, y 4°, es decir, las compartidas. Por otro lado, la excitación de la vía "b" pondrá en marcha a su motoneurona exclusiva, la 5° y, de la misma manera, a las compartidas, osea, la 2°, 3°, y 4°.

Sin embargo, en el caso de excitarse las dos vías aferentes al mismo tiempo sus efectos se sumarán, es decir, se activarán las motoneuronas 1, 2, 3, 4, y 5, pero, y he aquí lo importante, esta no será la suma simple de ambas aferencias independientes porque en el efecto de cada estimulación separada se habrán incluído las neuronas compartidas por ambas vías. La oclusión es, precisamente, la medida del grado de superposición que existe entre los grupos de neuronas activadas por cada vía sensorial.

Cabe aquí, entonces, tres claras posibilidades de interacción:

a. La sumatoria espacial: es decir, la estimulación simultánea de dos reflejos inhibitorios, la cual tiene un aspecto a favor y otro en contra. Por un lado, la excitación simultánea de dos vías aferentes permitirá que no solo se activen las motoneuronas exclusivas, sino también las compartidas; pero, por otro lado, el total de las motoneuronas afectadas serían sólo cinco y nunca más de cinco (obviamente, según el ejemplo citado).

b. La sumatoria temporal: es decir, la estimulación sucesiva de dos reflejos inhibitorios lo cual a semejanza del punto anterior tiene un aspecto a favor y otro en contra. Así, si bien por un lado se corre el riesgo de que ciertas neuronas, precisamente las no compartidas, no alcanzen a ser estimuladas; por otro, si primero se estimula una fibra ya se tienen cuatro motoneuronas afectadas y si luego se estimula la otra vía se suman otras cuatro motoneuronas más, es decir, un total de ocho vías eferentes puestas en actividad en relación a cinco del caso anterior, es decir, de la sumatoria espacial.

c. La tercera posibilidad es la de promover la estimulación suseciva de pares de reflejos evocados

simultáneamente. Para ello no basta con conocer las posibilidades inhibitorias de solamente un reflejo, sino que se deben estudiar y aplicar como mínimo dos o tres. Merced a ello, no solo existe mayor probabilidad de que las neuronas compartidas se activen sino de que, además, sea mayor el número total de motoneuronas afectadas por los impulsos inhibitorios y, consecuentemente, mayor la relajación muscular. Al respecto, cuando el lector tome contacto con el siguiente texto, podrá apreciar los resultados de la investigación por el autor, en la cual, efectivamente, se combinan en forma sucesiva pares de reflejos evocados simultáneamente. Casualmente, resultó ser éste el procedimiento que, entre todos los investigados, produjo el mayor índice de relajación muscular permitiendo, inmediatamente, el alcance de una mayor amplitud de movimiento.

5. Después de una respuesta refleja se puede observar un período de disminución de la excitabilidad. Esta propiedad justifica, en gran medida, la recomendación metodológica de realizar todas las repeticiones del mismo ejercicio en forma continuada antes de pasar al ejercicio siguiente. Entre un estiramiento y otro del mismo músculo se verifica una disminución apreciable de la resistencia a la deformación producida, precisamente, por la reducción de la excitabilidad del reflejo miotático de tracción. Así, no resulta de la misma eficacia trabajar una repetición por ejercicio para, luego de una primera vuelta al "circuito", retomar y ejecutar una segunda repetición del primer movimiento. Para ese momento, la excitabilidad del reflejo miotático de tracción habrá recuperado sus niveles normales ofreciendo, entonces, una resistencia similar al primer intento. Por lo contrario, cuando se apela a la activación de reflejos inhibitorios a los efectos de promover un mayor índice de relajación muscular previo al estiramiento, en lugar de repetir el mismo procedimiento, la sugerencia es de emplear distintos recursos en las distintas repeticiones del mismo ejercicio. De esta manera, supuestamente, podrá aprovecharse al máximo la excitabilidad de cada uno de los reflejos inhibitorios empleados sobre el mismo músculo, sin que la repetición del mismo procedimiento pierda la efectividad por disminución natural de la excitabilidad por los reflejos solicitados.

6. La respuesta refleja generalmente continúa bastante tiempo después de cesado el estímulo. La prescripción metodológica de mayor relevancia derivada de esa propiedad se refiere, concretamente, a la necesidad de extremar las precauciones a los efectos de evitar, por medio del empleo de rebotes o movimientos balísticos, las fuertes estimulaciones de los husos neuromusculares con la consecuente descarga del reflejo miotático de tracción. Así, a pesar de que los rebotes hayan cesado por completo, en el músculo persiste un notable nivel de actividad mioeléctrica poco favorable para la ulterior puesta en práctica del ejercicio y técnicas para el incremento de la flexibilidad. De la misma manera, esta propiedad nos pone en advertencia respecto de lo inconveniente que resulta el empleo de técnicas de Facilitación Neuromuscular Propioceptiva durante la actividad pre-competitiva o la entrada en calor. Mucho menos recomendables son, inclusive, cuando en la actividad competitiva posterior predominan gestos demandantes de velocidad y fuerza explosiva como capacidad motora relevante. En este sentido, el desencadenamiento de reflejos inhibitorios durante la entrada en calor, baja notablemente los niveles de excitabilidad muscular perjudicando ostensiblemente la manifestación de la fuerza máxima y de la fuerza rápida o explosiva. El músculo tiene la apariencia de estar como fatigado, pesado, aplastado, tardándose inclusive varios minutos en recuperar la excitabilidad óptima y necesaria para las demandas de la competencia en cuestión.

7. La respuesta refleja que involucra varios grupos de músculos está organizada en el espacio en el tiempo de manera coordinada en la prosecución de un objeto preciso. En este sentido, el estudio de los sutiles aspectos relativos a la manera en que los distintos grupos musculares interactúan durante una respuesta refleja puede aportar un gran número de consideraciones metodológicas y técnicas que posibilitan la potenciación de los mecanismos inhibitorios desencadenables previos a un estiramiento de un grupo muscular en particular. Así, por ejemplo, en el caso del reflejo extensor cruzado, la contracción de un músculo determinado de un miembro produce, simultáneamente, la inhibición de su antagonista y también del agonista contralateral. De este modo, podría perfectamente sugerirse (como lo sugiere el autor más adelante) como recurso técnico para inhibir a cierto músculo a estirar, la contracción de su agonista contralateral. A la manera de ejemplo, si se quieren relajar los músculos isquiotibiales de la pierna derecha, pueden contraerse los de la pierna izquierda antes o inclusive durante el estiramiento de la pierna derecha.

8. Cuando el estímulo aumenta de intensidad, la respuesta refleja se irradia en forma siempre igual. Es decir, se propaga involucrando otros grupos musculares, en forma desordenada sino siguiendo un patrón más o menos constante. La irradiación es confinada por lo general estrictamente a ciertos grupos musculares que son los que cooperarán en el objetivo de la respuesta (Ninomiya, 1991. pág. 49). Resulta harto interesante y atractivo el gran cúmulo de posibilidades didácticas que pueden surgir de sugerirse no sólo la estimulación de propioceptores en el músculo a estirarse (obviamente, con el propósito de la activación de reflejos inhibitorios) sino también de grupos musculares de función similar y vecinos al que inmediatamente se deformará. Sería interesante, como propuesta de investigación, dilucidar lo que sucedería cuando, para favorecer la extensión de, por mencionar algún grupo muscular, los isquiotibiales de una pierna, se desencadenan reflejos inhibitorios en el glúteo mayor y en los gemelos de ese mismo miembro inferior. Se podría suponer, de antemano, que los procesos inhibitorios en glúteos y gemelos se irradiarían hacia los isquiotibiales promoviendo en ellos un mayor índice de relajación y, con ello, una mayor posibilidad de extensión. Sugestiva hipótesis susceptible, sin duda, de ser corroborada por la investigación de campo.

9. Si bien la voluntad no interviene en los reflejos, en algunos casos es justamente la acción voluntaria la que puede oscurecer la respuesta refleja. Para el caso de la flexibilidad, la voluntad debe, lejos de oscurecer, iluminar los efectos de las respuestas reflejas inhibitorias. De poco sirve la aplicación de complejos procedimientos de estimulación de propioceptores si, por otro lado, la persona no contribuye por vía de la concentración y de la relajación general a la potenciación de los efectos inhibitorios. Es quizás este factor, el de la concentración, el de mayor incidencia sobre el entrenamiento de la flexibilidad y, en este sentido, algunas de sus posibilidades serán tratadas en esta misma sección.

10. Así como la mayor parte de la información somestésica no necesariamente pasa por la conciencia sino que "sólo es posible que pase" (Le Boulch, 1972); de la misma manera, **una respuesta refleja puede, a pesar de que en la mayoría de los casos esto no ocurre, ser concientizada en virtud de la atención selectiva de la persona** que, neutralizando diversos focos de posible distracción, se concentra única y exclusivamente en aquello que en sus tejidos ocurre. Ahora bien, ¿por qué puede resultar importante la concientización de las respuestas reflejas para el entrenamiento de la flexibilidad? Muy sencillo: para la autorregulación y/o autocontrol de la intensidad de los estiramientos a los efectos de lograr su grado óptimo evitando, de esta manera el sobreestiramiento que, lejos de favorecer, perjudica el normal desarrollo de esta capacidad, Nada mejor que la propia persona para saber se la intensidad del trabajo es adecuada. Sin embargo, para detectar tales límites resulta necesario, mejor dicho imprescindible, que el alumno sea enseñado respecto de aquellas sensaciones que indican la calidad de ejecución de un trabajo. La persona debe aprender a detectar áreas o zonas de intensidad respecto a la magnitud de un estiramiento y, fundamentalmente, a discernir entre la sensación de deformación y la de dolor. La aparición de este último, no sólo que no promueve un mayor desarrollo de la flexibilidad sino que, además, genera acciones reflejas locales cuyo resultado es el incremento del nivel de actividad contráctil de la fibra muscular y, con ello, una mayor resistencia al estiramiento.

11. La inervación recíproca es otra propiedad de los reflejos de incidencia gravitante sobre los aspectos técnico - metodológicos del entrenamiento de la flexibilidad. La actividad de un centro reflejo está organizada de manera tal que, cuando las motoneuronas que inervan a cierto músculo son excitadas, aquéllas que inervan a su antagonista son inhibidas y viceversa; es decir, que cuando un reflejo inhibitorio tiende a relajar cierto músculo, su antagonista se tiende a contraer. Así, por ejemplo, y merced a toda una serie de conmutaciones a nivel de las neuronas que constituyen el centro reflejo, cuando en un músculo se produce el reflejo miotático de tracción, su antagonista se relaja lo cual, a su vez, crea premisas favorables par un mejor estiramiento del mismo. Otro ejemplo significativo lo otorga la activación del reflejo de inhibición recíproca de antagonista par ser utilizado como recurso relajatorio del músculo agonista previamente o durante su estiramiento. En este sentido, resulta frecuente escuchar la sugerencia de contraer fuertemente el grupo muscular antagonista en forma isométrica par luego elongar o flexibilizar a su agonista. Inclusive, algunos métodos de entrenamiento de la flexibilidad proponen la ejecución de intensas y sostenidas contracciones del grupo muscular antagonista por un lapso de tiempo superior a los 8 o 10 segundos. Sin embargo, si bien se mira, una contracción de tal magnitud y duración tiende a desencadenar en ese mismo músculo el reflejo de inhibición autógena del Órgano Tendinoso de Golghi provocando su relajación. En tales condiciones, debido precisamente a la propiedad de inervación recíproca, el músculo agonista, es decir, aquel que se pretende estirar, tiende a contraerse. Por consiguiente, la propuesta del autor consiste en someter al grupo muscular antagonista a contracciones no superiores a los 4 segundos de duración para que, por un lado, la activación del reflejo de inhibición recíproca contribuya a una mayor relajación del músculo a ser estirado y para que, por otro lado, dicha contracción no se convierta en estímulo adecuado par la activación del reflejo miotático inverso en el grupo muscular antagonista puesto que, en tal caso, el grupo muscular agonista probablemente incremente su excitabilidad y, junto con ello, su resistencia al estiramiento.

12. Otra propiedad de extrema importancia es la de "rebote de la respuesta refleja". Según Ninomiya (1991, pág. 58):

"Cuando un reflejo ha sido inhibido por otro de mayor prepotencia, al cesar la acción inhibitoria, el reflejo original se manifiesta con mayor fuerza que antes de la inhibición"

La trascendencia de esta propiedad radica en que, precisamente, es sobre su base, que el autor argumenta su propuesta respecto del tiempo de mantenimiento de las posiciones finales de estiramiento tanto para los trabajos de elongación como para los de flexibilización. La misma consiste en conservar por un lapso de tiempo comprendido entre los 8 y 12 segundos la posición final de extensión muscular cuando el propósito es el de flexibilizar, y entre 6 y 8 segundos cuando el objetivo es el de simplemente elongar durante una entrada en calor y entre 8 y 12 segundos durante una vuelta a la calma. Se sugiere un periodo de tiempo comprendido entre los 8 y los 12 segundos para flexibilizar debido a las siguientes razones: en primer lugar, par permitir el gradual descenso del nivel de contracción muscular producido por la disminución de la efectividad del reflejo miotático de tracción la cual, a su vez, es la consecuencia natural de la adaptación de los receptores intrafusales (específicamente, la fibras de bolsa nuclear estática y las de cadena nuclear cuya respuesta, si bien es menos intensa que la provocada por la estimulación de las fibras intrafusales de bolsa nuclear dinámica). En segundo término, la respuesta del tiempo mínimo de 8 segundos surge a partir de la necesidad de tener que "esperar" a que las aferencias sensoriales activadas por el reflejo de inhibición autógena del Órgano Tendinoso de Golghi conquisten a la vía final común,

es decir, a la motoneurona alfa y, de ese modo, el músculo se relaje. Ahora bien, y en tercer lugar, si bien dicha relajación favorece el logro de una mayor amplitud de movimiento, la "vigencia" del reflejo miotático inverso también habrá de verse limitada por los mismos mecanismos de adaptación. De esta manera, si por este motivo la descarga inhibitoria disminuye, la original respuesta excitatoria reaparecerá, probablemente, con mayor fuerza que al comienzo. En otras palabras, así como las fibras intrafusales se adaptan y con ello se reduce la magnitud de la actividad contráctil, de la misma manera los Órganos Tendinosos de Golghi se adaptan y, con ello, la respuesta inhibitoria también decae. El problema estriba en que, si esto último se produce el reflejo miotático de tracción (que precisamente era el que en primera instancia "inclinaba" a la motoneurona alfa a su favor) "reaparece" con mayor intensidad que al principio. Por consiguiente, se aconseja no extender el tiempo de estiramiento a un lapso mayor a los 12 segundos a los efectos de aprovechar la óptima vigencia del efecto inhibitorio antes de que la adaptación de los Órganos Tendinoso de Golghi provoque su disminución y, junto con ello, el "resurgimiento" de la respuesta contráctil.

Cabe remarcar que dicha propuesta se extiende solamente a aquellos casos en los cuales la principal resistencia al estiramiento es de carácter contráctil y no articular. Así cuando el objetivo es la deformación de los componentes plásticos de la cápsula y los ligamentos, se recomiendan tiempos superiores (siempre y cuando, de hecho, la resistencia contráctil no interfiera en el logro de la amplitud de movimiento necesaria par que la posición final realmente incida sobre el tejido capsular y ligamentario).

Respecto a los tiempos sugeridos par elongar, el lector habrá podido detectar dos posibilidades distintas: una para la entrada en calor y otra para la vuelta a la calma. ¿Cuál es el fundamento de esta diferencia? Concretamente, el siguiente: en una entrada en calor, el propósito del estiramiento es el de "preparar" a la musculatura para un mejor rendimiento reduciendo. Al mismo tiempo, el riesgo de que se produzcan lesiones de índole no traumática. Para ello se estiran los músculos y no para incrementar "en sí" la flexibilidad. En caso de mantener la posición final de estiramiento por encima de 8 segundos, es muy probable que también se produzca una descarga inhibitoria sobre el músculo la cual, si bien favorece su extensión, resulta perjudicial para el rendimiento deportivo, sobre todo se éste supone la expresión de la fuerza máxima y explosiva. Por ello, un estiramiento comprendido entre los 6 y 8 segundos basta para deformar los componentes elásticos y plásticos sin promover, en gran escala, la inhibición de grupo muscular en cuestión.

Por el contrario, durante la vuelta a la calma los ejercicios de elongación pueden, al igual que los de flexibilización, durar entre 8 y 12 segundos ya que precisamente, lo deseable es la inhibición muscular. Con esto no debe bajo ningún respecto interpretarse que durante la vuelta a la calma se deba flexibilizar. Lo que se quiere significar es que los estiramientos, si bien submaximales (elongación), pueden durar el lapso sugerido puesto que la reducción de la excitabilidad muscular, no deseada durante la entrada en calor, de hecho es bienvenida durante la vuelta a la calma.