

# EJERCICIOS PARA UNA *buena* CONDICIÓN POSTURAL

95 FICHAS DE EJERCICIOS PARA LA PREVENCIÓN  
DE LOS PROBLEMAS DE ESPALDA

## MARCO TEÓRICO

**Pablo Ortega Cañavate**

# INTRODUCCIÓN

El dolor de espalda es considerado como: *“el precio filogenético que debe pagar la humanidad al adquirir la posición bípeda”* (Schilling y cols 2005), siendo uno de los males que más bajas laborales causan actualmente en nuestra sociedad. Un dato preocupante es que la prevalencia del dolor de espalda en niños y adolescentes es comparable a la de los adultos tal y como se corrobora en numerosos estudios. Si bien la prevalencia en niños de 9-10 años es del 10%, en escolares de 13 años ya se encuentran prevalencias que igualan el rango del 20 al 51 % propio de la población adulta (Clarke y McClune 1996; Balagué, Troussier y Salminen 1999; Ehrmann, Shrier, Rossignol y Abenhaim 2002; Jones, Stratton, Reilly y Untan 2007; Fanucchi, Stewart, Jordaan y Becker 2009). En relación al origen de este hecho, numerosos estudios muestran una alta prevalencia en desalineaciones raquídeas en la población escolar, entre las que destacan aquellas que se dan en el plano sagital.

Todo ello hace que exista un creciente y progresivo aumento de la sensibilidad hacia este tipo de desalineaciones, cuya detección, prevención y tratamiento, dan sentido al objeto de esta obra.

Se ofrece un instrumento que facilite la labor preventiva a profesionales de distintas áreas de la educación física, el deporte y la salud: profesores de educación física, preparadores físicos, entrenadores, monitores deportivos y técnicos de la actividad física y el deporte.

La estructura global del contenido consta de dos partes:

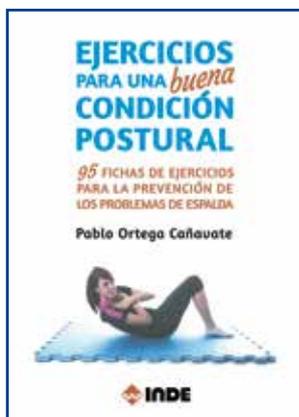
Una primera parte de fundamentación teórica que vamos a desarrollar en este documento y que nos dará a conocer las distintas alteraciones raquídeas que se dan en el plano sagital profundizando en mayor medida en aquellas de tipo conductual denominadas actitudes posturales estudiándose, además, los medios necesarios para su detección. Se analizarán también cada uno de los factores que determinan la actitud postural bajo un enfoque integral: aspectos psíquicos, socioculturales, morfológicos, fisiológicos y cinéticos.

La segunda parte de desarrollo e intervención de ejercicios se desarrolla en el libro **Ejercicios Físicos para una buena Condición Postural (Inde, 2016)**, en la que se proponen y argumentan científicamente una serie de principios, actividades y ejercicios, desarrollados en 7 bloques, en los que se tienen en cuenta y aplican los contenidos estudiados con anterioridad, intentando ofrecer así, un material de intervención preventiva postural, que permita, en resumidas cuentas:

- Conocer las diferentes alteraciones del raquis en el plano sagital y su prevalencia.
- La evaluación de aquellos parámetros, que de forma sencilla y rápida, nos indicará el riesgo o la presencia de estas alteraciones.
- El protocolo de intervención postural de carácter integral y fundamentado sobre el marco teórico, mediante principios, actividades y ejercicios distribuidos en los 7 bloques.
- La observación metódica y coherente de una práctica de actividad física y deportiva para una higiene y compensación postural, así como de aquellos hábitos posturales que tenemos en nuestra vida cotidiana.

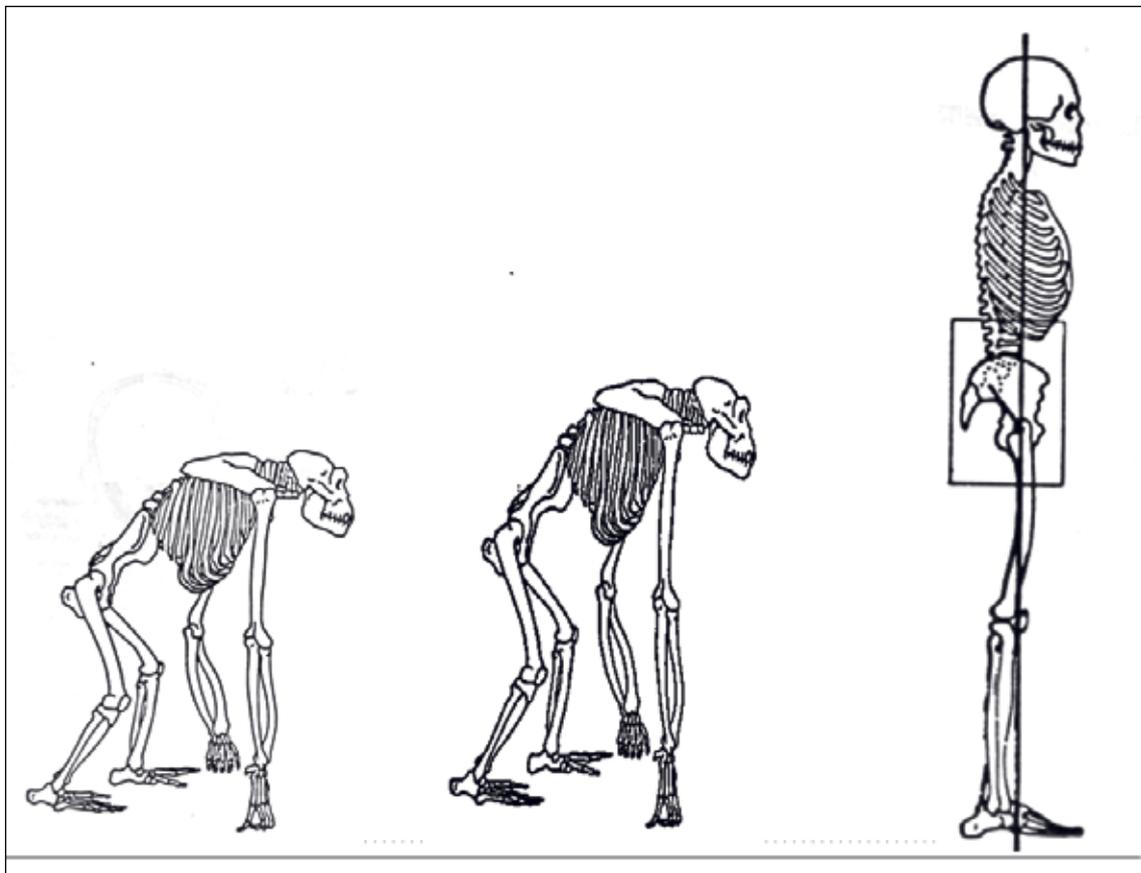
# MARCO TEÓRICO

<b>LOS PROBLEMAS POSTURALES</b> .....	4
1. ONTOGÉNESIS RAQUÍDEA .....	6
2. LOS PROBLEMAS POSTURALES .....	8
3. DESALINEACIONES SAGITALES DEL RAQUIS .....	9
4. ALTERACIONES SAGITALES DEL RAQUIS .....	12
5. VALORACIÓN DEL MORFOTIPO .....	16
6. VALORACIÓN DE LA EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL .....	21
<b>LA ACTITUD POSTURAL</b> .....	23
1. POSTURA Y ACTITUD .....	25
2. ACTITUDES Y CONSECUENCIAS POSTURALES .....	26
3. BLOQUEO ESTÁTICO .....	28
4. FACTORES QUE AFECTAN Y DETERMINAN LA ACTITUD POSTURAL .....	30
<b>ELEMENTOS PASIVOS EN LA POSTURA</b> .....	34
1. TEJIDO ÓSEO .....	36
2. TEJIDO CONECTIVO .....	44
3. ESTRUCTURAS RAQUÍDEAS .....	46
<b>EL ELEMENTO NEUROMUSCULAR EN LA POSTURA</b> .....	58
1. LOS MÚSCULOS DEL RAQUIS .....	60
2. LAS FASCIAS .....	60
3. LA FUNCIÓN MUSCULAR .....	61
4. MÚSCULO Y MOVIMIENTO .....	67
5. ESTUDIO DEL BALANCE MUSCULAR POSTURAL POR REGIONES .....	70
6. EL ELEMENTO NEURAL PARA EL ESQUEMA POSTURAL Y LA ESTABILIZACIÓN RAQUÍDEA .....	78



**DESARROLLO E INTERVENCIÓN  
POSTURAL - EJERCICIOS Y BIBLIOGRAFÍA**  
*(en la publicación impresa 2016)*

# LOS PROBLEMAS POSTURALES



# LOS PROBLEMAS POSTURALES DEL RAQUIS

## 1. ONTOGÉNESIS RAQUÍDEA

## 2. LOS PROBLEMAS POSTURALES

## 3. DESALINEACIONES Y PREVALENCIA

3.1. Prevalencia de las desalineaciones sagitales del raquis

3.1. Etiología de las desalineaciones raquídeas posturales

## 4. ALTERACIONES SAGITALES DEL RAQUIS

4.1. Cifosis dorsal

4.2. Hiperlordosis lumbar

4.3. Cifolordosis

4.4. Cifosis total

4.5. Dorso plano

4.6. Rectificación lumbar

## 5. VALORACIÓN DEL MORFOTIPO

### 5.1. Valoración del morfotipo estático

5.1.1. Índices cifótico y lordótico

5.1.2. Valoración angular sagital del raquis en bipedestación mediante inclinómetro

### 5.2. Valoración del morfotipo dinámico

5.2.1. Continuidad del raquis en la flexión anterior de tronco

5.2.2. Continuidad del raquis en sedentación

5.2.3. Medición del morfotipo dinámico mediante el inclinómetro

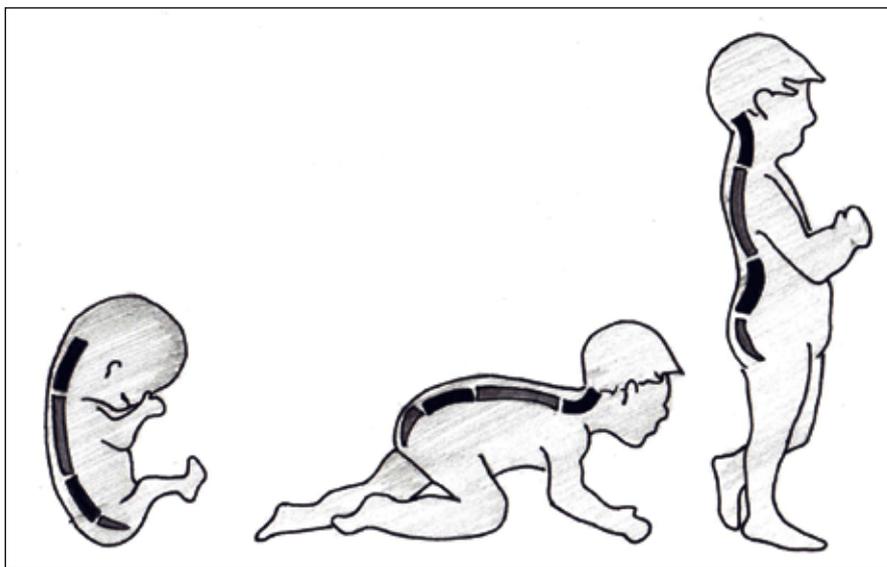
## 6. VALORACIÓN DE LA EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL

# LOS PROBLEMAS POSTURALES DEL RAQUIS

## 1. ONTOGÉNESIS RAQUÍDEA

Kapandji (1998) establece en la ontogénesis raquídea distintos momentos (ver figura 1):

- En el vientre materno donde la disposición de la columna vertebral será cifótica.
- A partir de los 3-4 meses de su nacimiento el bebe desde tendido prono irá elevando la cabeza para explorar el entorno, adquiriendo de este modo la lordosis cervical.
- La aparición y formación de la lordosis lumbar se iniciará con la incorporación del tronco y gateo.
- El desarrollo de esta lordosis lumbar se dará gracias a la marcha, haciéndose más evidente a los tres años. A los diez años adquirirá su forma definitiva.



*Figura 1. Ontogénesis raquídea.*

Las etapas de mayor importancia para la salud postural, serán, por tanto, la infancia, pubertad y adolescencia, ya que los sujetos están en pleno periodo de cambio y desarrollo corporal, en los que habrá que considerar:

1. La formación de las curvas, teniendo en cuenta aquellos hábitos, como la incorrecta y continua sedentación o la utilización de andadores, que pueden retrasar la evolución fisiológica de la lordosis pudiendo provocar una cifosis lumbar.
2. El veloz crecimiento en la etapa puberal y adolescente, donde será importante la observación de la postura, ya que las desalineaciones raquídeas pueden progresar junto al rápido crecimiento que caracteriza a estas etapas.

Para tener una idea de la importancia del crecimiento dado en los niños y adolescentes en las fases de desarrollo, la gráfica de la figura 2, nos muestra la magnitud, medida en centímetros ganados cada año por los niños y las niñas, apreciándose las claras diferencias entre sexos con respecto a sus fases de estabilidad prepuberal y posterior aceleración del crecimiento a los 12 y 14 años en las chicas y los chicos respectivamente.

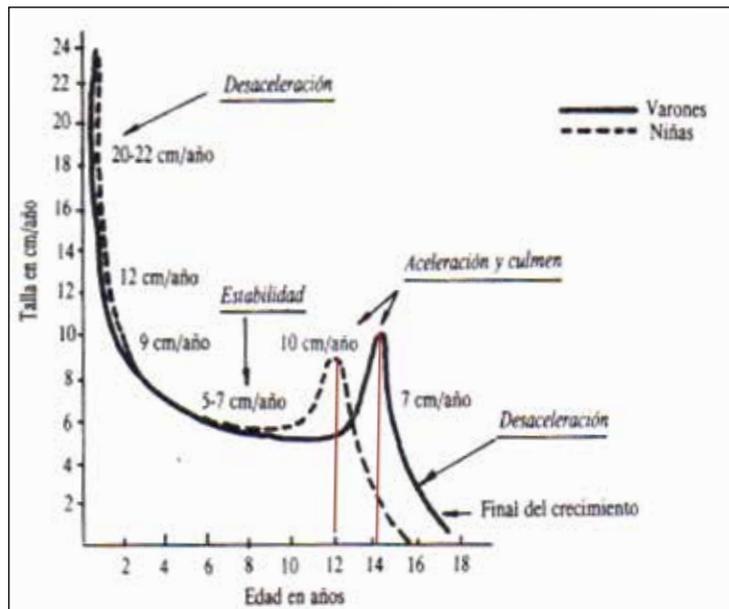


Figura 2. Modificado Tanner 1966, tomado de Ruiz 1994.

En esta línea Hahn (1988), establece dos fases de referencia dentro de la etapa puberal:

- Primera fase puberal: Esta fase en las niñas se inicia entre los 11 a 13 años y en los niños entre los 12 a 14 años. En esta se produce un incremento del crecimiento longitudinal, una desproporcionalidad entre extremidades y tronco acompañados de unas perturbaciones coordinativas.
- Segunda fase puberal: Esta se inicia entre los 12 a 14 años en las niñas y entre los 15 a 16 años para los niños. En esta se producen la armonización de las proporciones corporales y de las secuencias de movimiento.

Sin embargo Malina (2003) considera que la edad cronológica no siempre coincide con la edad biológica, ya que existe diversidad en los ritmos de crecimiento. El autor establece que los procesos neuroendocrinos y otros eventos fisiológicos que subyacen al crecimiento y al cambio puberal van progresando con anterioridad a la aparición de los cambios físicos en los niños, por lo que el periodo en el que se realiza la explosión del crecimiento y la pubertad es amplio pudiendo variar desde los 8-9 años hasta los 17-18 o incluso los 20 años según individuos.

Será importante analizar qué repercusiones, tendrá en la postura, así como, en los aspectos psíquicos y sociales, los continuos cambios y aceleraciones que se producen en el crecimiento en los que el sujeto tendrá que ir adaptándose a sus nuevas dimensiones y en consecuencia reajustando su esquema corporal-postural.

Estas etapas son momentos de gran vulnerabilidad, debiendo tenerse en cuenta que los músculos y huesos infantiles están en proceso activo de crecimiento, existiendo entre ellos a su vez diferentes ritmos donde los primeros son más fuertes que los segundos (Ruiz 1994), por lo que grandes esfuerzos bien soportados muscularmente pueden exponer a las zonas de inserción a riesgos de sufrir fracturas por avulsión.

Este fenómeno lo podemos observar en el gráfico de la figura 3, en el que Fröhner (2003) establece la capacidad de esfuerzo físico en función de la edad biológica del sujeto y donde compara los sistemas óseo y muscular poniendo de manifiesto la vulnerabilidad del primero.

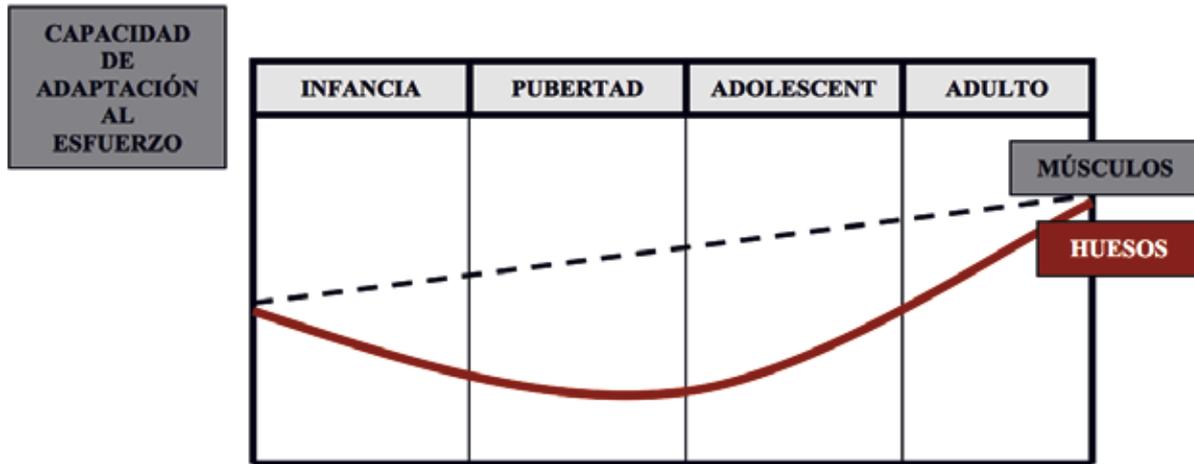


Figura 3. Edad y capacidad de adaptación muscular y ósea. Modificado de Fröhner 2003.

El autor explica que en un hueso en desarrollo, las células del cartílago de crecimiento dispuestas en forma de columna pueden modificar su coordinación por influencias mecánicas (sobreesfuerzos físicos) y provocar afecciones en las estructuras óseas. De ahí que en la etapa de la pubertad esfuerzos por encima o por debajo de la capacidad de esfuerzo físico puedan llevar a daños.

Si en las etapas de crecimiento interrumpimos la formación de hueso en los primeros grados del cartílago por sobreesfuerzos, o bien por asimetría de la carga continua o bien por esfuerzos mecánicos de impulso, provocaremos necrosis asépticas.

Tribastone (1997) cita, entre las posibles causas que predisponen a los paramorfismos, una actitud postural incorrecta, el hábito asténico del sujeto, un notable aumento de la estatura no apoyado por un adecuado desarrollo muscular y el estado psicoafectivo del individuo. Y destaca el periodo de crisis de la pubertad, de los 11 a los 17 años, como el periodo más favorable para su manifestación.

## 2. LOS PROBLEMAS POSTURALES

Legido (1996) considera preocupantes los datos que arrojan numerosos estudios acerca del gran número de problemas posturales en los escolares, apuntando como principal causa el elevado sedentarismo.

Rodríguez García (1999) encuentra una alta prevalencia de dolor de espalda, en la que se destacan las lumbalgias, en las etapas de crecimiento pudiendo ser debida a debilidades y defectos posturales.

Entre estos problemas posturales podemos encontrar alteraciones del raquis en el plano frontal sobre el que existe una mayor concienciación por lo que su detección y tratamiento es mayor que aquellas alteraciones que se dan en el plano sagital. Cabe destacar, además, la escasa utilidad preventiva de los programas de rehabilitación para este tipo de alteraciones.

En cuanto a las alteraciones que se dan en el plano sagital encontramos una mayor prevalencia que paradójicamente va unida a una menor concienciación que hace que pasen desapercibidas en la mayor parte de los casos.

En base ésto, nosotros orientamos el estudio y la intervención preventiva y terapéutica para los problemas raquídeos en el plano sagital que además tendrán una mayor eficacia en su prevención que las alteraciones que se dan en el plano frontal.

### 3. DESALINEACIONES SAGITALES DEL RAQUIS

#### 3.1. Prevalencia

Como podemos observar en la tabla 1, donde se compilan diversos estudios, existe una alta prevalencia de desalineaciones raquídeas en el plano sagital.

Ya en el año 1936, Scheuermann encontró que la cifosis dorsal juvenil representa un 1,2% en la población estudiada.

Asmussen y Heeboll-Nielsen (1959) encuentran un 55% de los escolares de entre 7 y 17 años estudiados, con posturas "pobres" (actitudes cifóticas) y un 20% con posturas "muy pobres" (deformaciones estructuradas).

Lesur (1969) por su parte habla de una prevalencia de cifosis dorsal en niños del 9% y que se ve incrementada hasta un 16% en la etapa adolescente.

Ascani y col. (1977) hallan actitudes cifóticas en un 43% de los escolares estudiados con edades comprendidas entre los 6 y los 14 años.

Salminen y cols. (1984), encontraron un 49% de niños de 11 años con actitudes cifóticas y un 29.5% en adolescentes de 17 años.

Almagro y cols. (1984), después de estudiar la columna vertebral de 1019 escolares de 13-14 años en Valencia, encontraron un 30,8% de asimetrías raquídeas y un 2.4% de cifosis con valores por encima de 50°.

Chopin y David (1989), encuentran que entre un 5 y un 10% de los adolescentes estudiados, presentan hipercifosis patológicas con acuñamientos vertebrales y que un 50-60% presentan irregularidades en los platillos vertebrales.

Hidalgo y cols. (1989), analizaron la columna vertebral de 2000 niños en Córdoba observando un 19,39% de sujetos con desalineaciones raquídeas. El 6,77% del total de la muestra presentaba hipercifosis.

Autor/año	Prevalencia
Scheuermann 1936.	Cifosis juvenil: 1.2%.
Asmussen y Heeboll-Nielsen 1959.	55% posturas pobres y 20% muy pobres (7-17 años).
Sorensen 1964.	0.4%-8.3%.
Lesur 1969.	Cifosis dorsal: 9% (niños) y 16% (adolescentes).
Ascani y cols 1977.	Actitudes cifóticas: 43% (3.5% requería ortopedia), (6-14 años).
Drummond y cols 1979.	Cifosis marcadas: 0.12% (12-13 años).
Salminen y cols 1984.	Actitud cifótica: 49.5% (11 años) y 29.5% (7.3% cifosis marcadas), (17 años).
Almagro 1984.	Cifosis >50°: 2.4%.
Chopin y David 1989.	5%-10%.
Hidalgo 1989.	6.7%.
Dommise 1990.	21%.
Nietzschke y Hildebran 1990.	Cifosis dorsal: 13.4% (80% estructuradas) (10-17 años).
Santonja 1990.	Cifosis dorsal: 14% y Cifolordosis 49% (Universitarios).
Jordá y cols 1991.	13.5%.
Hazebroek y Kamschreur 1992.	7.1%.
Huesa 1992.	7.5%.
Serna y cols 1995.	26.4% (escolares).
Ferrer y cols 1996.	Hipercifosis: 36.7% (escolares).
Rodríguez García y cols 1998.	Actitudes cifóticas: 18.6% (primaria) y 45% con un 10% hacia la estructuración (secundaria). Rectificaciones: 4.6%.
López Miñarro 2003	57% hipercifosis dorsal y un 45% hiperlordosis lumbares.

Tabla 1. Prevalencia de las desalineaciones sagitales del raquis.

Dommise (1990), en un estudio realizado en Sudáfrica sobre una muestra de 1400 casos, encuentra un 21% con hipercifosis torácica, entre los que encontró un 75% con los signos típicos de la enfermedad de Scheërmann.

Nietzschke y Hildebran (1990), tras analizar la postura de 2075 escolares, con edades comprendidas entre 10 y 17 años en Alemania, encontraron un 12% de las chicas (de las 1192) y un 15,3% de los chicos (de los 883) con hipercifosis, de los cuales el 9,8% en las chicas y el 14,5% de los chicos presentan valores de más de 50° y observan además una evolución hacia el incremento de la cifosis dorsal con la edad.

Santonja (1990), en un estudio similar a los anteriores, en la Región de Murcia sobre deportistas universitarios, observó la existencia de hipercifosis dorsal en un 14% y de la existencia de cifolordosis en un 49% de los estudiados.

Jordá y cols. (1991), analizaron a 2462 escolares en Valencia, de los cuales un 56,62% eran chicos y un 43,37% chicas. Encontraron que el 12,12% de los niños y el 15,82% de las niñas, presentaban desalineaciones raquídeas.

Hazebroek y Kamschreur (1992), realizaron un estudio del raquis en Holanda sobre una muestra de 4915 escolares de 11 años, encontrando cifosis en un 3,9% de los niños y en un 3,2% de las niñas.

Huesa y cols. (1992) encuentran en un estudio con niños de 14 años una prevalencia de un 7,5% de cifosis.

Serna y cols. (1995) encuentran que un 26,4% de los escolares estudiados presentaban deformidades raquídeas en el plano sagital.

Ferrer y cols. (1995) analizando una amplia muestra de escolares determinaron tras su estudio la existencia de un 9,3% de niños y niñas con presencia de escoliosis estructuradas, sospecha de clara hipercifosis en un 6,4%, actitudes hiperlordóticas en un 18,7% y una marcada cortedad isquiosural en el 24,9% de los casos.

Rodríguez García (1998), en un estudio sobre población escolar en la región de Murcia encontró actitudes cifóticas en un 18,6% de los niños de primaria estudiados y en un 45% de los niños de secundaria estudiados, de los cuales un 10% tenían tendencia a la estructuración.

López Miñarro (2003), en un estudio en sujetos jóvenes adultos y deportistas, de la Región de Murcia, encontró que, tras la exploración inicial, un 57% presentaban hipercifosis dorsal y un 45% hiperlordosis lumbares.

Existen como podemos ver variaciones significativas entre los resultados obtenidos por los autores debido a las diferencias en la naturaleza de dichas desalineaciones, uniendo a tal circunstancia, el hecho de la existencia de distintos criterios a la hora de determinar una curvatura como patológica.

### 3.2. Etiología de las desalineaciones raquídeas posturales

Como hemos visto existe una alta prevalencia de alteraciones del aparato locomotor en la etapa escolar, entre las que destacan las desalineaciones del raquis en el plano sagital (Rodríguez García y cols 1998, 1999; Santonja 1996; Santonja y cols 2002). A las que habría que añadir la cortedad isquiosural, por su repercusión sobre la pelvis y el raquis y su alta frecuencia (Ferrer 1996; 1997).

Las desalineaciones raquídeas pueden desaparecer de forma espontánea aunque también pueden estructurarse (Rodríguez García y cols 1999). Por otro lado, existe un alto riesgo de lesiones en la columna vertebral, sobre todo durante el periodo de crecimiento por ser una etapa de mayor vulnerabilidad (Wilmoth 1986; Bloomfield y cols. 1994; Jiménez y cols. 1995), en el que se observan estas desalineaciones raquídeas y una alta prevalencia de la cortedad de los músculos posteriores del muslo, que unido a largas e incorrectas sedentaciones (Sánchez y cols 2004; Koo y cols 1996; Cardou y cols 2004; Beach y cols 2005), la falta de actividad física (Feldman y cols. 2001; Horton y cols. 2001), o entrenamientos repetitivos e inadecuados, con posturas y movimientos forzados de flexoextensión (Cholewicki y McGill 1992; Rodríguez García 2000; López Miñarro 2000; Miralles y cols 2005), rotación (Marras y cols 1998; López Miñarro 2000; Kumar y cols 2001), e inclinación raquídeas (Harrison y cols 1999), pueden provocar un patrón lesional característico (Fuster 1996), además de poder causar verdaderas deformaciones o estructuraciones (Moe y cols 1984; Stagnara 1987; Santonja 1996; Santonja y cols 2000) y con el tiempo patologías como las que afectan a la charnela lumbosacra (Garcés 1996).

La importancia de estas desalineaciones, además del riesgo que entrañan, radica en su frecuencia, y aunque muchas de ellas son actitudes (Santonja 1996), también es cierto que otras tantas evolucionan hacia el agravamiento y su estructuración (Moe y cols 1984; Stagnara 1987; Santonja 1996; Santonja y cols 2000) debido a que los cuerpos

vertebrales son susceptibles a sufrir deformidades plásticas pudiendo adquirir una inadecuada morfología (Stagnara 1987; Serna y cols 1996).

Hay que tener en cuenta que las características del aparato locomotor en general y de la columna vertebral en particular, se forman bajo la influencia funcional, condicionada por la carga a la que se le somete, sobre la base genética del mismo (Tardieu 2002).

De ahí que Roaf (1960) ya considerase, que la aplicación de una carga sobre un raquis en actitud cifótica, incrementaba el momento de la fuerza que hace que cualquier carga aumenten en mayor medida esta curvatura.

Esto lo corroboran Viosca, Prat y Cortes 1995 que afirman, que "el aumento del nivel de cargas o del brazo de palanca desde el que actúan dichas cargas sobre la columna, son factores etiológicos importantes en la generación de deformidades cifóticas". Consideran, además, que una de las causas del desarrollo de la cifosis son las cargas excesivas, bien por su elevada magnitud, bien porque su línea de acción no sea fisiológicamente adecuada. La columna, según los autores, se va deformando progresivamente con lo que el peso del segmento corporal superior actúa anteriormente con un brazo de palanca cada vez mayor, lo que acentúa el problema.

Como causas de estas desalineaciones podemos señalar:

- Desequilibrios del sistema óseo y muscular, provocados por los periodos de crecimiento.
- La adopción de posturas deficientes, tanto en reposo como en la realización de movimientos.
- La inactividad física.

Así, la salud postural estará determinada por las conductas motrices tales como las prolongadas sedentaciones y la usual flexión forzada de tronco asociadas a alteraciones en la rigidez pasiva en el raquis y a daños estructurales (Beach y cols 2005).

Las consecuencias que se apuntan son: algias, que hacen que se modifique sustancialmente la respuesta propioceptiva de la musculatura paraespinal (Brumagne y cols 2004), y que se produzcan limitaciones funcionales, secuelas estéticas, neurológicas o respiratorias y degeneraciones artrósicas debidas a las modificaciones en la morfología definitiva de los cuerpos vertebrales y de los discos intervertebrales y la modificación de las condiciones de estabilidad y movilidad del raquis (Rodríguez García 2005).

Takahashi y cols. (2005), encuentran para cerrar el círculo, una menor actividad física y un peor estado emocional en ancianos con deformaciones raquídeas en el plano sagital.

Por todo esto, Rodríguez García y cols. (1998, 1999); Santonja y cols. (2002), consideran la necesidad de establecer programas de actividades que incidan en un crecimiento armónico, previniendo cualquiera de estas alteraciones del aparato locomotor. Para lo que según Santonja y cols. (2002) sería importante conocer las desalineaciones más frecuentes del aparato locomotor, su biomecánica, así como aquellos ejercicios aconsejables y aquellos perjudiciales.

En este sentido, numerosos estudios confirman la eficacia de la aplicación de programas de higiene postural en diferentes contextos, entre los que destacamos:

- Hultman y cols. (1984) aplicaron un programa educativo postural en sujetos adultos obteniendo resultados positivos en la postura de los mismos.
- Rodríguez García (1998) aplicó un programa de educación postural en escolares consistente en una toma de conciencia de los alumnos de aquellas posturas adecuadas e inadecuadas y la realización de ejercicios específicos de propiocepción, fortalecimiento y extensibilidad muscular. El autor encontró mejoras significativas en la alineación del raquis de los sujetos, así como en la extensibilidad de la musculatura isquiosural.
- Wang y cols. (1999) aplicaron un programa de ejercicios de 6 semanas (3 días a la semana) de extensibilidad pectoral y fortalecimiento de retractores escapulares, abductores y rotadores externos de hombro, en 20 sujetos con hombros adelantados y actitudes cifóticas, obteniendo una disminución de la cifosis torácica y una menor rotación adelante de la escápula con abducción 90°, así como, un menor desplazamiento superior.
- Sainz de Baranda (2000) repitió el programa de educación postural aplicado por Rodríguez García (1998) obteniendo mejoras igualmente significativas.
- Scannell y McGill (2003) aplican un programa de ejercicios durante 12 semanas en sujetos con hipocifosis e hiperlordosis lumbar, observando, tras éste, modificaciones significativas en los morfotipos dinámicos durante tareas cotidianas.

- Carter y cols. (2006) observaron, tras aplicar un programa de entrenamiento postural sobre balón suizo, durante 10 semanas (2 días semanales), mejoras en la estabilidad raquídea de los sujetos.
- Falla y cols. (2007) aplicaron un programa de ejercicios de fortalecimiento de la musculatura cervical comprobando una variación significativa del ángulo cervical y una mejor capacidad para mantener la posición neutra cervical en sedentación.

Tal y como afirman Geldhot y cols. (2006), una alta prevalencia de desalineaciones raquídeas, con el gran riesgo que conllevan, y la eficacia de los programas de intervención postural, que se observan en estos estudios, hacen que la educación postural sea un contenido imprescindible en las etapas de crecimiento.

## 4. ALTERACIONES SAGITALES DEL RAQUIS

Alarcón (1992) se refiere a las alteraciones axiales del raquis definiéndolas como aquellas desviaciones que se producen en la columna en los planos frontal y sagital.

Define la cifosis como una incurvación vertebral en el plano sagital de concavidad anterior, considerándose alteraciones aquellas que acentúan la curva fisiológica dorsal donde se anula o invierte las lordosis fisiológicas cervical y lumbar. Por otro lado, define la lordosis como una incurvación vertebral en el plano sagital de concavidad posterior, considerándose alteraciones aquellas donde existe un incremento en las lordosis fisiológicas cervical o lumbar, o donde se anula o invierte la cifosis fisiológica dorsal.

### 4.1. Cifosis dorsal o hipercifosis

Esta supone un incremento de la convexidad posterior en la región dorsal. Se caracteriza por la forma redonda del dorso en actitud asténica. Es frecuente su aparición durante el llamado estirón puberal, siendo su frecuencia de un 9% en individuos durante la pubertad y alcanzando un 16% durante la adolescencia (Lesur 1969).

La normalidad de la curva torácica oscila entre 20° y 40°, aunque otros autores cifran el límite superior de la normalidad en los 35°. Los límites de normalidad citados en la bibliografía son muy variables, con una tendencia actual al aumento de los mismos, fundamentalmente por criterios estadísticos (posiblemente debido al aumento de la curva torácica por la adopción de posturas más asténicas desde la infancia y por una falta de atención hacia la postura correcta con respecto a hace unas pocas décadas), lo que ha ocasionado que se propongan valores que oscilan entre 18° y 50° con un valor medio de 35°. Sin embargo, la normalidad no solo debe ser obtenida por criterios estadísticos, sino más bien en base a una justificación anatómico-fisiológica y evolutiva (posibles repercusiones sobre el raquis a medio o largo plazo) (Santonja y Martínez 1992).

### 4.2. Hiperlordosis lumbar

Se caracteriza por una exagerada curvatura lumbar en bipedestación a la que se le une una anteversión de la cintura pélvica lo que provoca que abdomen y gluteos sobresalgan.

Los valores normales de lordosis lumbar oscilan entre 40° y 60° ó entre 20° y 57°, con un valor medio de 45° para Commandre (Santonja y Martínez 1992). En la actualidad se entiende que el rango de normalidad de la lordosis lumbar oscila entre 20° y 40°.

### 4.3. Cifolordosis

Supone una exageración o incremento conjunto de la cifosis dorsal y la lordosis lumbar, siendo más frecuente antes de la pubertad (16%) descendiendo su prevalencia en la adolescencia (Lesur 1969). En bipedestación se aprecia un dorso redondeado y una exageración de la lordosis lumbar. En la postura de sedentación asténica se corrige perfectamente la lordosis y en hiperextensión global lo hace la cifosis.

## 4.4. Cifosis total

Es una actitud habitual y considerada fisiológica hasta los seis años de edad (Lesur 1969). Esta alteración presenta una disposición del raquis en bipedestación y parece ser debida a una debilidad o hipotonía de los músculos espinosos lumbares, junto con una basculación posterior de la pelvis. En la mayoría de los casos se corrige con el enderezamiento voluntario, pero en un porcentaje se transforman progresivamente en cifosis lumbares dolorosas (Lesur 1969).

## 4.5. Dorso plano o rectificación dorsal

Supone la presencia de un raquis dorsal rectilíneo. La radiografía en sedentación con hiperflexión hace reaparecer la curva normal.

## 4.6. Rectificación lumbar

La concavidad de la curva lumbar se localiza posteriormente si bien la angulación se reduce por debajo de 20°.

Stagnara (1987) encuentra una gran complejidad a la hora de establecer “la normalidad” en la alineación sagital del raquis debido a la gran variedad de los valores medios que arrojan los distintos estudios. Encuentra, además, dificultades para establecer los límites entre “actitudes posturales” y “deformaciones estructurales”. A pesar de ello distingue:

- a) Desviaciones reductibles: aquellas “actitudes” que pueden ser reducidas a voluntad y que con el tiempo pueden acabar provocando daños estructurales transformándose en deformaciones estructurales.
- b) Deformaciones estructurales: aquellas en las que existe una alteración morfológica permanente de una o varias estructuras vertebrales. Estas serán irreductibles.

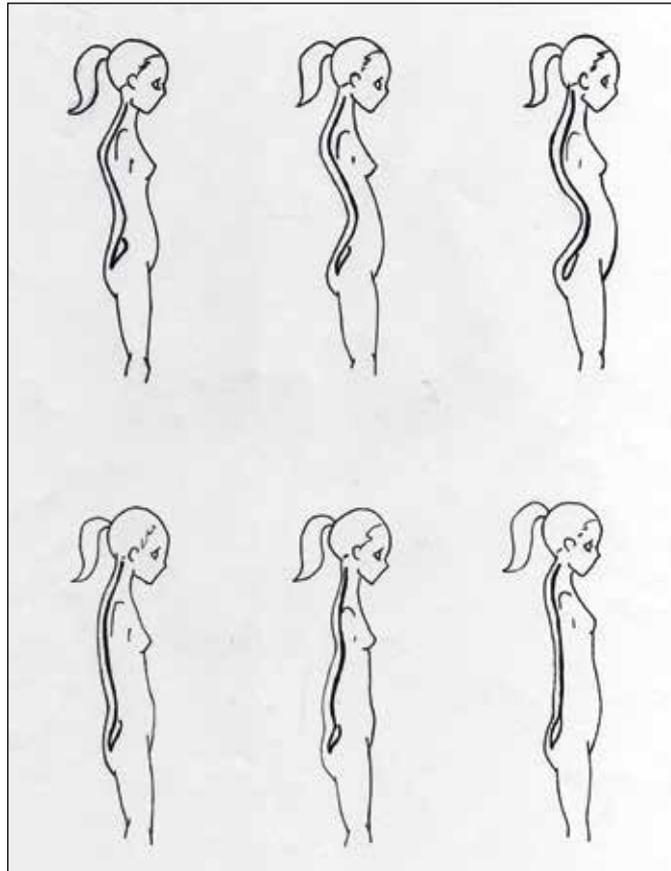
El autor dentro de las desviaciones no estructurales del raquis en el plano sagital, habla de los defectos de actitud, donde el sujeto adopta malas actitudes pareciendo “agotados por el esfuerzo de mantenerse derechos”. Algunos niños presentan actitudes asténicas ya sea de manera habitual o puntual según su estado psíquico. Estos exhiben en bipedestación, una tendencia a la cifosis torácica o una lordosis lumbar o ambas, y una cifosis total en sedentación, todas ellas reductibles.

Estas erróneas actitudes posturales, unidas a la plasticidad de las distintas estructuras en plena etapa de crecimiento, podrán provocar una deformación estructural y una sobrecarga en las zonas de osificación complementarias, pudiendo contribuir a los defectos de osificación de la enfermedad de Schevermann.

Stagnara (1987) clasifica las modificaciones de las curvas en:

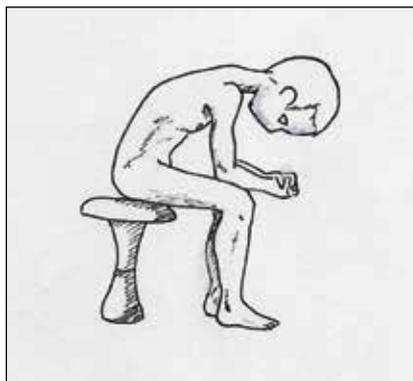
- a) Acentuación de las curvas: incremento de la cifosis torácica, de la lordosis lumbar o de ambas a la vez (cifolor-dosis).
- b) Atenuación de las curvas: disminución de las anteriores.
- c) Extensión de las curvas: adopción de una cifosis o de una lordosis toracolumbar.
- d) Desaparición de las curvas: Adquisición del dorso plano o de una inversión de las curvas: cifosis lumbar y lordosis dorsal.

Para la valoración de la alineación raquídea habrá que tener en cuenta aquellas posiciones que con mayor frecuencia se dan en la vida cotidiana. Stagnara considera la bipedestación y la sedentación posiciones básicas y propone como método sencillo, fiable y fácilmente reproducible la medición de las flechas sagitales en relación con la vertical de una plomada para la evaluación en bipedestación; los valores “medios”, en milímetros, citados por el autor son: 45, 0, 35 y 0.



*Figura 4. Desalineaciones del raquis en el plano sagital.*

En cuanto a la sedentación el autor propone su observación en la posición asténica, donde el sujeto apoyará los codos en la mitad del muslo (figura 5), y en la que el raquis debe aparecer con una curva regular, sin angulaciones. Será una buena posición para detectar posibles angulaciones localizadas, y determinar las zonas más móviles y cifosadas.



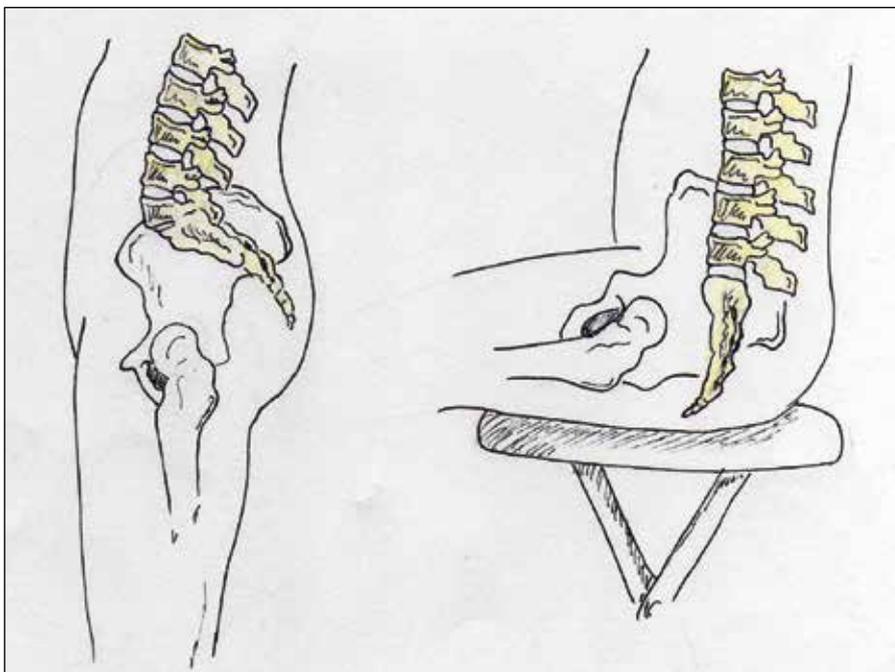
*Figura 5. Sedentación asténica.*

Lesur (1969), al igual que Stagnara, propone una clasificación de las desviaciones, teniendo en cuenta la alineación del raquis en bipedestación y en sedentación. Considera estas posiciones muy usuales y, por tanto, muy significativas, aunque la sedentación que propone este autor es en posición relajada. El autor añade, además, una exploración de “la evolución de las curvas” desde la bipedestación a la sedentación, ya que no siempre, las desalineaciones se manifiestan en las dos posiciones, dando las siguientes posibilidades:

- a) Cifosis dorsal y lordosis lumbar en bipedestación que se van a mantener en sedentación. La cifosis dorsal y la lordosis lumbar pocas veces se encuentran aisladas y normalmente una es la compensación de la otra. Si la lordosis lumbar se mantiene en la sedentación tendremos una desviación fijada y si se atenúa o desaparece significará que es flexible y podríamos hablar, entonces, de una actitud lordótica.
- b) Espalda normal en bipedestación y cifosis lumbar en sedentación. En este caso hablaríamos de una actitud cifótica lumbar.
- c) Cifosis lumbar en bipedestación que se repite en sedentación. Aquí estaríamos ante una cifosis lumbar estructurada en mayor o menor medida. Podemos encontrar: cifosis lumbar con el dorso normal, plano o en cifosis y lordosis plana con dorso plano.
- d) Cifosis dorsal en bipedestación y cifosis lumbar en sedentación. El sujeto presentará, en bipedestación, una cifosis dorsal o una lordosis lumbar o ambas por compensación, habiendo una inversión de las mismas en sedentación. Estas se explicarían por una hiperlaxitud general por distensión de los ligamentos y una hipotonía muscular.

Para el análisis de la sedentación, habría que considerar un fenómeno de gran importancia, que describen Viel y Esnault (2001), que consiste en una modificación automática de las curvas vertebrales en la posición de sentado sobre una superficie horizontal (figura 6), hecho que ya observó Troisier (1969) y que ha sido corroborado en posteriores estudios.

Este fenómeno se explica por la imposibilidad de alcanzar 90° de flexión coxo-femoral en sedentación, lográndose tan solo 60°. Esta limitación mecánica se debe compensar irremediamente con una inversión de la lordosis fisiológica del raquis lumbar que hace que se ganen los 30° restantes (Flavingny y cols. 1993). Las consecuencias de esta compensación lumbar según los autores son, una excesiva tracción sobre los ligamentos y una compresión sobre los discos intervertebrales.



*Figura 6. Inversión lumbar en la sedentación.*

Este comportamiento de compensación parece ser, que se elimina cuando la superficie del asiento se inclina en dirección postero-anterior, lo que hace que se conserve la lordosis lumbar fisiológica y, por tanto, la integridad estructural.

Santonja (1992) y Santonja y Rodríguez García (2002), en la misma línea que Stagnara (1987) y Lesur (1969), consideran necesario el estudio completo del raquis donde se valore el morfotipo de los sujetos tanto estática como dinámicamente ya que en el desarrollo de la morfología raquídea, van a influir todos aquellos movimientos que realicemos y aquellas posturas que adoptemos en nuestra vida cotidiana.

Por otro lado, y coincidiendo con Lesur, Santonja y Rodríguez García, han constatado en sus investigaciones, la existencia de desalineaciones que pasan desapercibidas en una valoración del morfotipo estático en bipedestación y que aparecen en una posterior valoración dinámica.

Los autores proponen, como método fiable y sencillo, la utilización de los índices cifótico y lordótico para obtener una mejor información, ya que, en palabras de estos, “recogen de una forma más fidedigna la influencia de cada una de las flechas”, así como la medición del grado de inclinación de las curvas mediante el inclinómetro.

## 5. VALORACIÓN DEL MORFOTIPO

### 5.1. Valoración del morfotipo estático

Mediante la valoración del morfotipo estático habrá que descartar actitudes cifóticas torácicas, cifosis torácicas estructuradas, hiperlordosis lumbares o posibles rectificaciones o inversiones de las curvaturas (Lesur 1965; Stagnara 1987; Santonja 1992; 1996; Martínez y Fideu 1996; Rodríguez García 1998; 2000; Santonja y Rodríguez García 2002).

#### 5.1.1. Índices cifótico y lordótico (Santonja 1992; 1996; Ferrer y cols 1996):

Con la medición de las flechas sagitales podremos conocer el grado de curvatura raquídea. El sujeto estará de pie y le acercaremos una plomada por la espalda hasta que contacte, bien sea con la región torácica media, bien con el inicio del pliegue interglúteo o ambos a la vez. Habrá que medir entonces cuatro distancias desde el hilo a la columna vertebral que corresponderán con las cuatro flechas sagitales:

1. Flecha cervical (FC): Distancia hasta la apófisis de C7.
2. Flecha torácica (FT): Distancia hasta el punto de mayor convexidad de la región dorsal.
3. Flecha lumbar (FL): Distancia hasta la mayor concavidad de la región lumbar.
4. Flecha sacra (FS): Distancia hasta el inicio del pliegue interglúteo (S2).

Cuando FT y FS sean igual a cero (plomada tangente a estos puntos de referencia), se considerará una espalda normal (20% de los sujetos según Santonja 1992), cuando la plomada no sea tangente a estos dos puntos de referencia, estaremos ante una modificación del eje: eje adelantado, si  $FT > 0$ , (6% de los sujetos según Santonja (1992)) o eje atrasado, si  $FT = 0$ , (90% de los sujetos estudiados según Rodríguez García (1998)).

A partir de estas cuatro flechas sagitales hallaremos el índice cifótico y lordótico aplicando las siguientes fórmulas según los datos obtenidos:

- a)  $FT > 0$  y  $FS = 0$ : El sujeto presentará un eje adelantado y para hallar los índices:

Índice cifótico= $((FC+FL)/2)-FT$	Índice Lordótico= $FL-FT/2$
-----------------------------------	-----------------------------

Tabla 2.

- b)  $FT = 0$  y  $FS > 0$ : El sujeto presentará un eje atrasado y para hallar los índices:

Índice Cifótico= $(FC+FL+FS) / 2$	Índice Lordótico= $FL-FS/2$
-----------------------------------	-----------------------------

Tabla 3.

Santonja (1996) considera que las referencias de normalidad deben ser diferentes según la edad, la talla y el sexo de los niños. Establece dos grupos de individuos tabla 4:

<b>Prepúberes</b>	<b>Normal</b>	<b>Rectificación curva torácica</b>	<b>Hipercifosis</b>
Índice Cifótico	20°-55°	-20°	+55°

<b>Prepúberes</b>	<b>Normal</b>	<b>Rectificación curva lumbar</b>	<b>Hiperlordosis</b>
Índice lordótico	20°-40°	-20°	+40°

<b>Adolescentes y adultos</b>	<b>Normal</b>	<b>Rectificación curva torácica</b>	<b>Hipercifosis</b>
Índice Cifótico	20°-65°	-20°	+65°

<b>Adolescentes y adultos</b>	<b>Normal</b>	<b>Rectificación curva lumbar</b>	<b>Hiperlordosis</b>
Índice lordótico	20°-40°	-20°	+40°

*Tabla 4. Índices cifótico y lordótico.*

### 5.1.2. Valoración angular sagital del raquis en bipedestación mediante inclinómetro

Los métodos inclinométricos son utilizados para la detección de las desalineaciones sagitales del raquis, y se caracterizan por tener una elevada reproducibilidad, sencillez de realización y una buena correlación con la medición radiográfica.

Para la medición del valor de cifosis dorsal se coloca el inclinómetro a 0°, en el inicio de la curva torácica (T1-T3) y en la zona donde se obtenga el mayor valor angular (T12-L1).

Para la medición del valor de la lordosis lumbar se colocará el inclinómetro a 0°, en la zona de mayor valor angular torácico (T12-L1) y en el punto donde se obtenga el máximo valor angular de la lordosis lumbar (L5-S1).

Santonja (1993) establece la normalidad entre los 20°-40°, tanto para la cifosis como para la lordosis.

## 5.2. Valoración del morfotipo dinámico

### 5.2.1. Continuidad del raquis en la flexión anterior de tronco

El sujeto realizará una flexión anterior (test dedos suelo, dd-s), y colocándonos en el lateral observaremos la continuidad del raquis, las posibles angulaciones, inversiones, ápex o reductibilidad de curvas, (Lesur 1969; Stagnara 1987; Santonja 1992; 1996; Rodríguez García 1998; 2000; Santonja y Rodríguez García 2002) (fig. 7).

Cailliet (1988), afirma que el raquis lumbar se flexiona 45° gracias a la suave y fisiológica inversión de la lordosis lumbar llegando a una "leve cifosis", siendo necesaria una simultánea rotación de la pelvis sobre la articulación de las caderas, para alcanzar el suelo con las manos (con piernas extendidas), sostiene además que en los movimientos de flexión y extensión, la curva de la columna dorsal no se modifica.

Tanto, este movimiento de flexión adelante, como la vuelta a la bipedestación obedecen a lo que el autor denomina “ritmo lumbopélvico”. En la flexión adelante se inicia la inversión de la lordosis lumbar y es en la última fase de ésta, donde se inicia el movimiento de rotación pélvica, hasta que queda restringida por los tejidos ligamentosos y fasciales de la parte posterior del muslo y de la pelvis, músculos glúteos y de la corva.

Hay que considerar, que ante una cortedad de esta musculatura toda la carga del movimiento de flexión profunda recaerá sobre el raquis, forzando y sobrecargando sus estructuras pudiendo provocar desalineaciones dinámicas e incluso verdaderas deformaciones estructuradas.

Por otro lado el silencio muscular, estudiado en capítulos anteriores, hace de éste movimiento un gesto de alto compromiso para la integridad estructural.

De ahí que sea interesante ver el comportamiento dinámico del raquis, en este movimiento tan cotidiano, como es el de agacharse a recoger un objeto del suelo o estirar la musculatura isquiosural de manera incorrecta.

#### • Parámetros a observar

Posibles acentuaciones, inversiones o rectificaciones dinámicas de las curvas fisiológicas, que complementen las observadas en la valoración estática o se detecten aquellas que pasaron desapercibidas:

##### a. Región torácica

- Posibles convexidades de la curvatura dorsal: Hipercifosis.
- Posibles angulaciones o vértices: Cifosis estructurada (acuñamiento vertebral).

##### b. Región lumbar

- Posibles incrementos de la inversión, cuando lo normal es que se produzca de manera suave, pudiendo encontrar:
  - Actitud cifótica lumbar: Desde una lordosis lumbar normal en bipedestación.
  - Hiper movilidad lumbar: Desde una hiperlordosis lumbar en bipedestación (Somhegyi y Ratko 1993).
  - Cifosis lumbar: Inversión de la lordosis lumbar en bipedestación que se mantiene o acentúa aún más en la flexión de tronco.

Todo esto pondría en evidencia una manifiesta inestabilidad vertebral: entendida como: *“Movilidad excesiva y anormal de un segmento o región vertebral, por una pérdida de rigidez fisiológica, asociada a un erróneo funcionamiento neuronal, una debilidad muscular o una posible degeneración de los elementos pasivos responsables de la estabilidad raquídea”*.

Además, hay que considerar que una “cortedad isquiosural” podría ser el origen de alguna de estas desalineaciones, ya que ésta se tiende a compensar con actitudes cifóticas dinámicas o funcionales del raquis, por lo que será importante la medición de su extensibilidad.

Santonja (1994) establece seis morfotipos dinámicos en el plano sagital en la flexión de tronco adelante:

1. Normal: cifosis dorsal fisiológica y suave inversión de la lordosis lumbar.
2. Incremento de la cifosis dorsal.
3. Clara inversión de la lordosis lumbar.
4. Cifosis total (torácica y lumbar).
5. Ápex o clara inflexión del raquis.
6. Lordosis lumbar persistente.

Rodríguez García (1998) clasifica los morfotipos dinámicos en la posición de flexión profunda de tronco, tal y como podemos ver en la figura 7, en normal, cifosis leve, moderada y marcada.

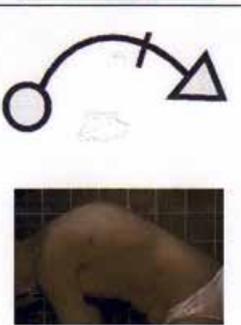
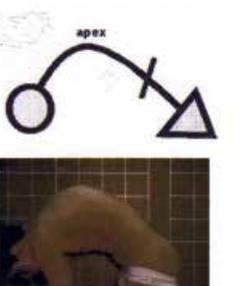
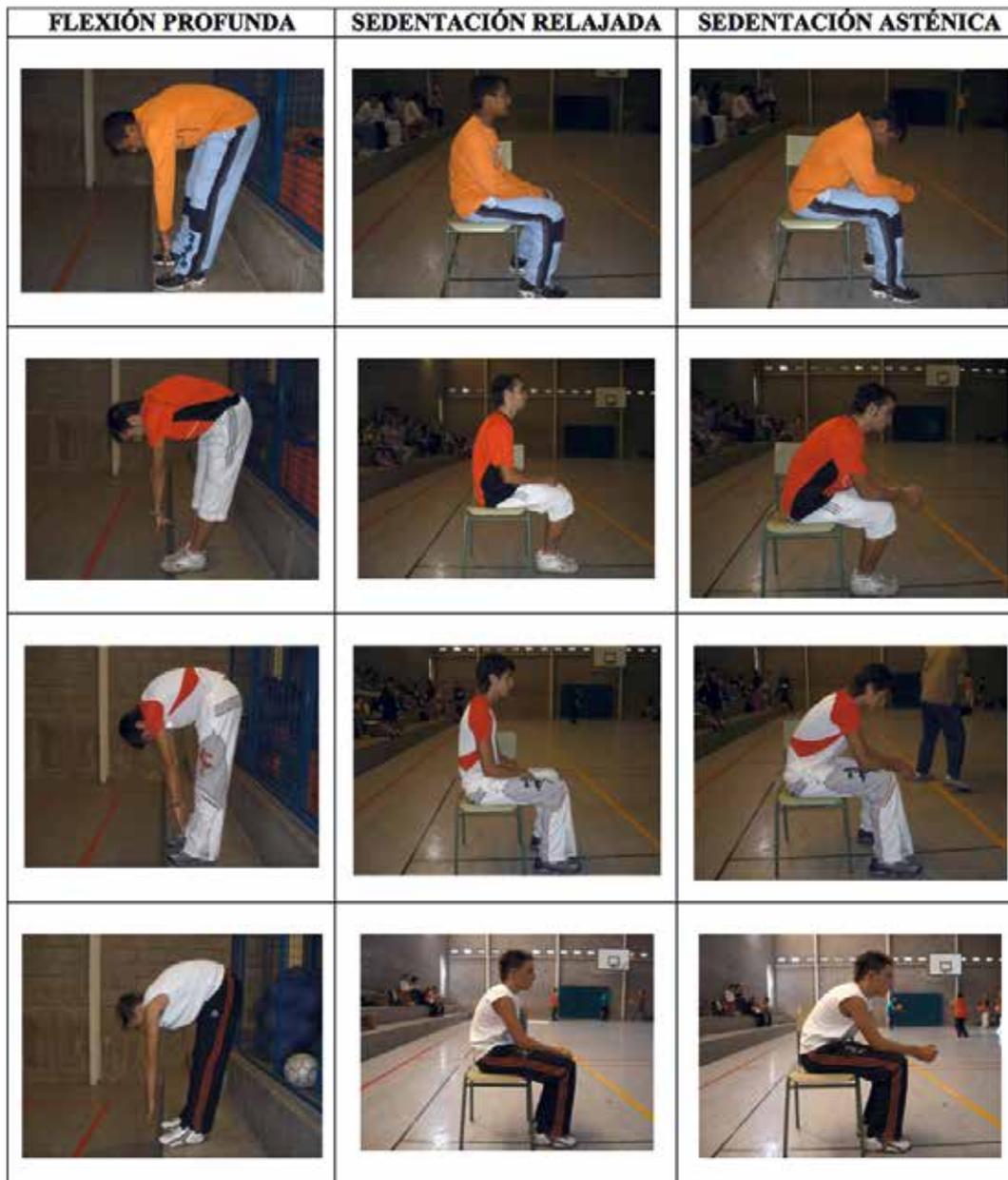
MORFOTIPO	ZONA DORSAL	ZONA LUMBAR
NORMAL		
CIFOSIS LEVE		
CIFOSIS MODERADA		
CIFOSIS MARCADA		

Figura 7. Disposición dinámica del raquis en flexión de tronco (test DD-S).

### 5.2.2. Continuidad del raquis en sedentación

En la posición de sentado relajada y asténica habitual, observaremos la existencia o no, de una posible inversión lumbar o una posible redondez de la curva torácica asociadas a una retroversión pélvica.

Esta observación será importante para detectar aquellas pautas que pasen desapercibidas en bipedestación, ya que la sedentación tendrá una influencia determinante sobre el desarrollo definitivo del raquis (Santonja 1996; Beach y cols 2005). La observación de la sedentación será complementaria de la de la posición del test DD-S (figura 8).



*Figura 8. Comparativa visual morfotipo dinámico: Flexión profunda-sedentación.*

### 5.2.3. Medición del morfotipo dinámico mediante el inclinómetro.

Para la valoración objetiva del morfotipo dinámico, tanto en la posición de flexión profunda de tronco como en la sedentación, se medirá el grado de inclinación de las curvas mediante el inclinómetro (Rodríguez García 1998; Madson y cols 1999).

Para la medición del valor de cifosis dorsal se coloca el inclinómetro a  $0^\circ$ , en el inicio de la curva torácica (T1) y en la zona donde se obtenga el mayor valor angular (T12).

Para la medición del valor de la cifosis lumbar se colocará el inclinómetro a  $0^\circ$ , en la zona de mayor valor angular torácico (T12) y en el punto donde se obtenga el máximo valor angular de la lordosis lumbar (L5).

Tomando las referencias propuestas por Rodríguez García 1998 que aparecen en la tabla 5, podremos hacer la valoración objetiva del morfotipo dinámico del raquis:

Morfotipo	Flexión profunda tronco		Sedentación asténica	
	Torácico	Lumbar	Torácico	Lumbar
Normal	<51.36°	<20.86°	<41.10°	<14.93°
Leve	51.36°-62.63°	20.86°-28.79°	41.10°-53.24°	14.93°-21.71°
Moderado	>62.63°	>28.79°	>53.24°	>21.71°

Tabla 5. Referencias para la valoración del morfotipo dinámico del raquis. Tomado de Rodríguez García 1998.

## 6. VALORACIÓN DE LA EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL

Existe una importante relación entre esta musculatura y la alineación del raquis tal y como se observa en diversos estudios.

En 1934 Lambrinudi, descubrió la relación del acortamiento de la musculatura isquiosural con la cifosis.

Esta acentuación de la cifosis obedece a una compensación como respuesta a un desequilibrio pélvico, debido a una cortedad isquiosural y que podrá provocar con el tiempo acuñaientos vertebrales (Ferrer 1996).

En 1964, Bado y Cols., estudiaron a 800 niños con edades comprendidas entre los 6 y los 19 años, comprobando la relación directa entre los casos de dorso curvo y la retracción de isquiotibiales. Detectaron este fenómeno en el 25% de los estudiados.

Santonja (1990), estudió a un grupo de población universitaria con un 86% mayor de 17 años, encontrando esta misma relación en un 27% de los casos estudiados.

La influencia de la cortedad isquiosural sobre el equilibrio pélvico, obedece a que esta musculatura ejerce una acción retrovesora sobre la cintura pélvica, por lo que su cortedad provocará una rectificación de la columna lumbar, invirtiendo la lordosis fisiológica. Todo esto provocará una serie de compensaciones en cadena apareciendo una cifosis torácica y una pérdida de movilidad sacro-lumbar y lumbar. De ahí la relación directa de esta cortedad de isquiosurales, con desequilibrio pélvico (retroversión), variación del ángulo de la charnela lumbo sacra y la compensación postural que acentúa, finalmente, la cifosis dorsal (dorso curvo).

Para la medición de la extensibilidad de esta musculatura se utilizarán:

- Elevación de la pierna recta (EPR): Desde la posición de tendido cúbito supino se le flexionará (flexión pasiva) una de las piernas con la rodilla en extensión y se medirá el ángulo entre esa pierna y el suelo gracias a un goniómetro (Moore 1982). Se consideran los valores de la tabla 6. Es importante que el sujeto no realice una retroversión de pelvis para lo que se le podría sujetar la rodilla de la pierna que está apoyada en el suelo.

Normal	Acortamiento moderado	Acortamiento marcado
>75°	61°-74°	<60°

Tabla 6. Extensibilidad isquiosural: EPR.

- Distancia dedos suelo: Mediante una flexión profunda hacia delante controlada y mantenida, teniendo precaución por el incremento de la tensión de estructuras lumbo-sacras en este movimiento (Cholewicki y McGill 1992; Liemohn 1997; Rodríguez García 2000; López Miñarro 2000; Miralles y cols 2005), midiéndose la distancia entre los dedos y el suelo. Se consideran los valores de la tabla 7.

Normal	Acortamiento moderado	Acortamiento marcado
> -5cm	-6cm a -15cm	<-15cm

Tabla 7. Extensibilidad isquiosural: DDS.

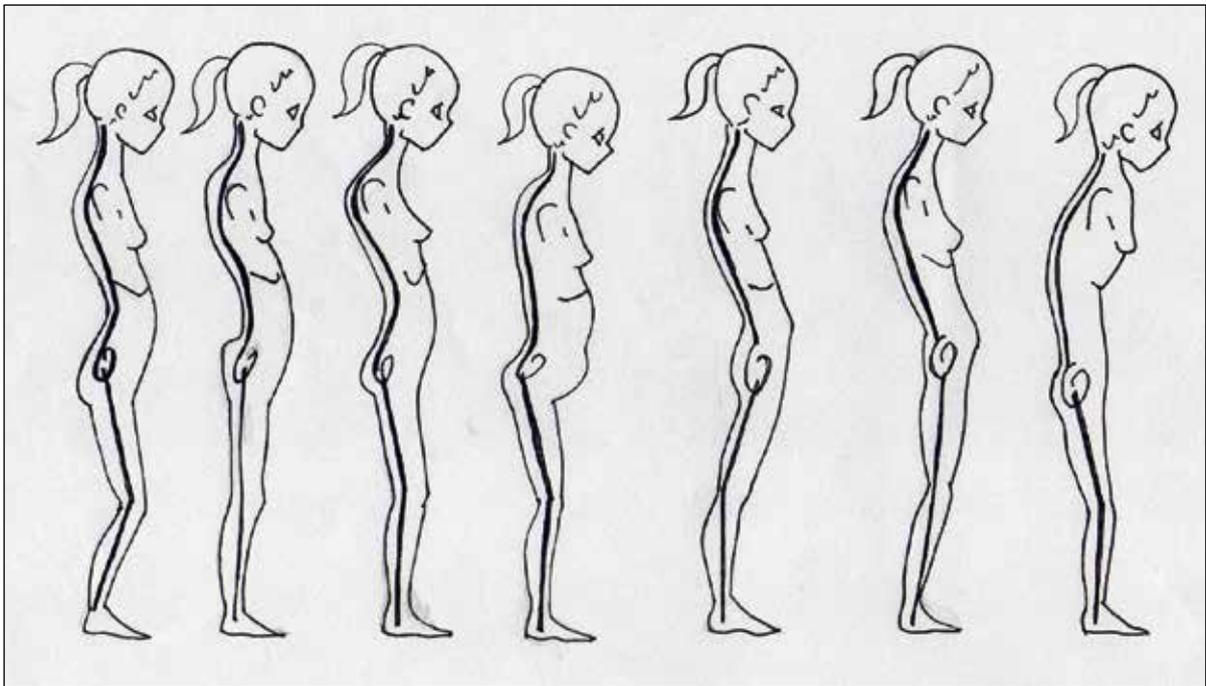
## CONCEPTOS BÁSICOS

- › El dolor de espalda es motivo de un gran número de bajas laborales.
  - › Numerosos estudios muestran una alta prevalencia de dolor de espalda y de desalineaciones raquídeas en la población escolar, destacando las que se dan en el plano sagital. Estas son debidas a debilidades y defectos posturales, existiendo un elevado riesgo de que se estructuren.
  - › La edad escolar se caracteriza por una considerable vulnerabilidad estructural.
  - › Las nuevas proporciones deben irse integrando en el esquema corporal del niño en continuo cambio.
  - › En esta etapa (hasta los 10 años), el niño aún no ha adquirido las curvas raquídeas definitivas (lordosis lumbar).
  - › Numerosos estudios confirman la eficacia de la aplicación de los programas de higiene postural para la prevención de las alteraciones raquídeas en el plano sagital.
  - › Existen desalineaciones que pasan desapercibidas en bipedestación por lo que es recomendable valorar el morfotipo dinámico en las posiciones más habituales: sedentación y flexión anterior de tronco.
  - › De gran importancia la extensibilidad de los isquiosurales por su influencia sobre la correcta alineación de la columna vertebral. Está asociada a actitudes cifóticas.
- 

## A CONSIDERAR EN LA PRÁCTICA

- › Tomar conciencia de las desalineaciones sagitales del raquis y establecer los criterios para su detección y prevención.
- › Realizar un programa de ejercicios e higiene postural como medio para la prevención de las alteraciones raquídeas.
- › La evaluación postural constará de:
- › Valoración de los morfotipos estático y dinámico.

# LA ACTITUD POSTURAL



# **LA ACTITUD POSTURAL**

**1. POSTURA Y ACTITUD**

**2. ACTITUDES Y CONSECUENCIAS POSTURALES**

**3. BLOQUEO ESTÁTICO**

**4. FACTORES QUE AFECTAN Y DETERMINAN LA ACTITUD POSTURAL**

**4.1. FACTORES MORFOLÓGICOS, FISIOLÓGICOS Y CINESIOLÓGICOS**

**4.2. ENTORNO SOCIOCULTURAL, POSTURA Y MOVIMIENTO**

**4.3. ASPECTOS PSÍQUICOS, POSTURA Y MOVIMIENTO**

# LA ACTITUD POSTURAL

## 1. POSTURA Y ACTITUD

Cuando estamos de pie, sentados o realizando cualquier actividad, disponemos nuestro cuerpo en una determinada posición, a la cual denominamos **“postura”**, entendida ésta como *“la composición de todas las articulaciones del cuerpo humano en todo momento”* (Kendall y Kendall 1985), para contrarrestar la acción de la gravedad, que tiende a acercarnos al suelo.

La oposición a la gravedad es posible gracias a la presencia de las estructuras ósea, articular, miofascial, en colaboración con las presiones intraabdominal e intratorácica y reguladas, a su vez, por el sistema nervioso. De este modo la postura, sobre una base de estructuras que estabilizan pasivamente, será la resultante de la regulación automática de la musculatura tónico-postural, influida en gran medida por centros nerviosos superiores.

Aguado (1995), considera que la postura repetida se acaba automatizando instaurándose los denominados *“hábitos posturales”*. De modo que, la disposición en la que coloquemos usualmente nuestro cuerpo (postura), va a conducirnos hacia un **“hábito”**, que determinará finalmente nuestra **“actitud”**.

La **“actitud”**, básicamente obedece a los mecanismos que regulan la postura, los que actuando sobre un sistema morfológico y funcional en función de un esquema corporal-postural, lo harán, además, bajo unas influencias afectivas. Así Mesure (2002) y Dazord (1989) se refieren a esta como el modo en que un sujeto, expresa su reacción frente a los estímulos del mundo exterior, considerando además que está muy relacionada con las distintas actividades que este realice.

Bajo estas premisas podríamos definir la actitud como *“el equilibrio neuromotor adaptativo y automático que, mediante la regulación del tono muscular y en base a las referencias del esquema corporal-postural, se opone a la fuerza de la gravedad, teniendo un gran componente afectivo, por lo que es considerada como un medio de expresión emocional”*. Además, ésta se caracterizará por la adopción y conservación habitual de una postura:

- › Equilibrada
- › Económica
- › Adaptativa
- › Cómoda

*Figura 9.*

Por otro lado, la estática del raquis estará condicionada por la morfología de los cuerpos vertebrales, la funcionalidad de los discos intervertebrales, la estructura ligamentosa y la integridad anatomo-fisiológica de la musculatura existente a dicho nivel, que mediante ajustes reflejos por control nervioso, permite el mantenimiento del equilibrio postural (Sañudo y cols. 1985). Cuando se produce una alteración en cualquiera de estos elementos, las condiciones estáticas cambian, provocando que las acciones y movimientos efectuados en el raquis, e incluso, por la acción de la gravedad, comiencen a actuar de forma perjudicial.

Será importante tener en cuenta, que el efecto sumatorio de los diferentes hábitos posturales, van a ir modificando la morfología de las estructuras raquídeas y la función postural de los sujetos, siendo este hecho de mayor trascendencia en las etapas de crecimiento y maduración. De ahí la importancia de educar la postura con el objeto de que se adquieran y automaticen hábitos y actitudes posturales armónicos (Zuner 1989), que incorporándolos a los gestos estáticos y dinámicos de la vida diaria (Andujar y cols 1999; Andujar y Santonja 1996) aseguran la utilización del cuerpo de manera económica y eficaz, en las distintas situaciones posturales (bipedestación, sedentación, marcha) (Handley 1986).

## 2. ACTITUDES Y CONSECUENCIAS POSTURALES

Los factores que van a determinar la actitud postural, y por lo tanto, la integridad morfológica y funcional del raquis, serán, el adecuado aprendizaje, automatización y adopción postural, la correcta y continua realización de actividades físicas y la adecuada disposición psíquica que asegure la práctica de las anteriores.

La continua adopción de diferentes “posiciones inadecuadas”, será el origen del “hábito postural”, el que a su vez, se acabará instaurando en una “actitud”. Esta actitud postural determinará el correcto y fisiológico desarrollo de la columna vertebral y la integridad morfológica y funcional de la misma. Pensemos en cuantas horas permanecen nuestros niños sentados, no solo en los centros escolares, también en su tiempo de ocio cada vez más digitalizado y sedentario.

Stagnara (1987), dentro de las desviaciones no estructurales del raquis en el plano sagital, habla de los “**defectos de actitud**”, donde el sujeto adopta malas actitudes pareciendo *“agotados por el esfuerzo de mantenerse derechos”*. Algunos niños presentan actitudes asténicas, ya sea de manera habitual o puntual, exhibiendo en bipedestación, una tendencia a la cifosis torácica o una lordosis lumbar, o ambas, y una cifosis total en sedentación, todas ellas reductibles.

Tribastone (1997), habla de “**vicios posturales**”, en los que la actitud cambia constantemente: las curvas se acentúan en bipedestación y se invierten en sedentación teniendo una gran amplitud en la flexión y extensión de tronco. El autor considera que *“a largo plazo la actitud incorrecta asumida establece a nivel de sistema nervioso central un esquema postural erróneo”*.

Según Mesure (2002) *“la postura expresa la manera en que el organismo afronta los estímulos del entorno y se prepara para reaccionar”*, teniendo dos funciones:

- a. Antigravitatoria, de estabilización, en la que, la actividad tónico postural se opondrá a la fuerza de la gravedad manteniendo “el equilibrio”: línea de gravedad dentro de la base de sustentación.
- b. Orientación, para dirigir la percepción y la acción e interactuar con el entorno, teniendo un gran componente afectivo.

En el gráfico de la figura 12, y en base a estas funciones, podemos observar como distintas actitudes frente al entorno dan diferentes respuestas de equilibración, con unas consecuencias posturales características. Una óptima actitud, en la que el sujeto tiene una disposición afectiva de apertura al mundo con el que se dispone a interactuar, facilita y fomenta la adopción de unas posturas dinámicas y un correcto aprendizaje postural. Estas actitudes posturales se caracterizarán por una alineación fisiológica del raquis, que permitirá la continua oscilación del cuerpo frente a la acción de la fuerza de la gravedad, posibilitando:

- Una actividad neuromuscular compensadora y reequilibrante.
- Un adecuado balance muscular.
- Una movilidad fisiológica que evite posibles bloqueos perceptivo-motrices.
- Una magnitud, variedad y calidad de información propioceptiva que nutra adecuadamente al esquema corporal-postural.
- El mantenimiento de la integridad de las estructuras del raquis.

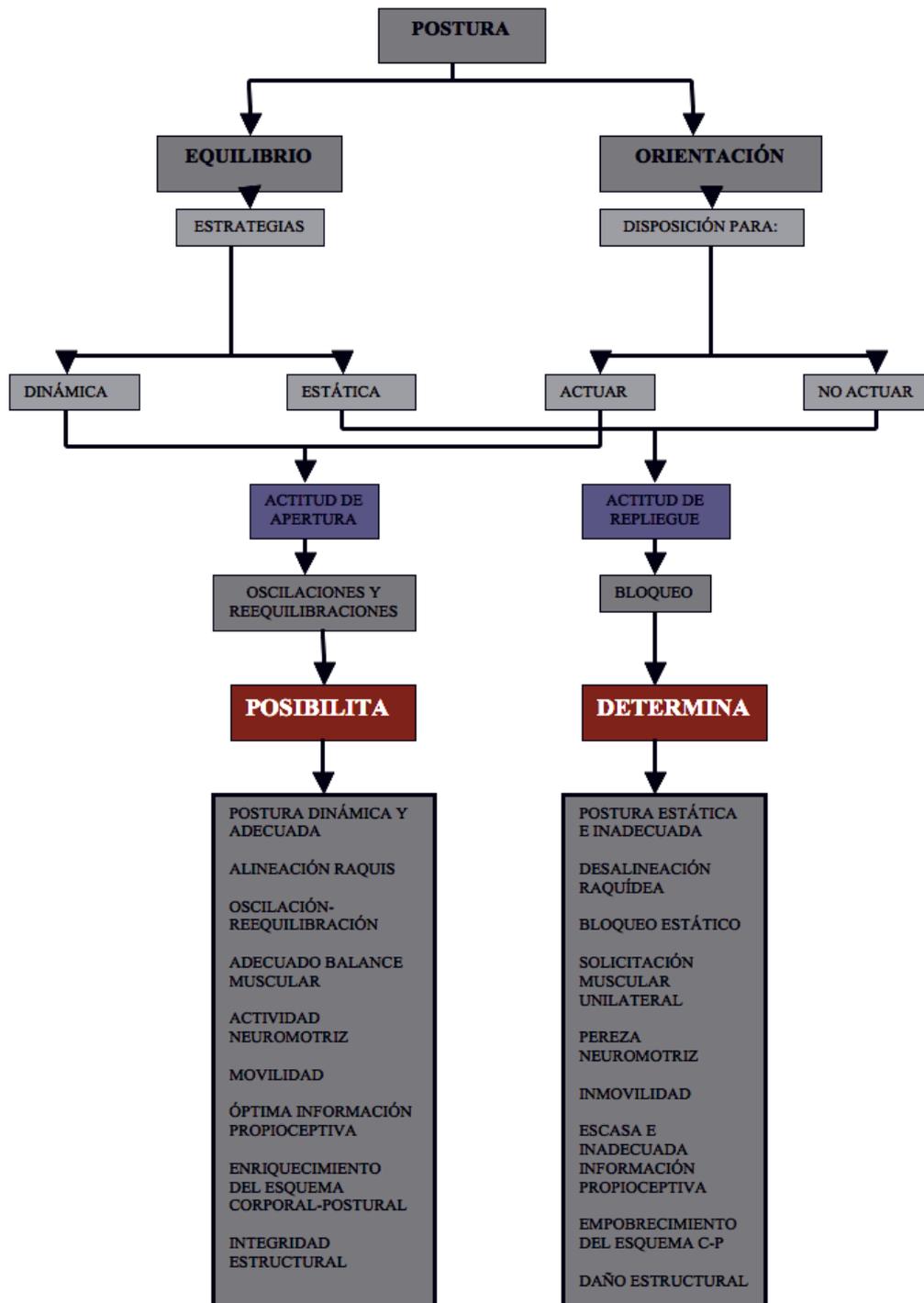


Figura 12. Actitudes y posibles consecuencias posturales.

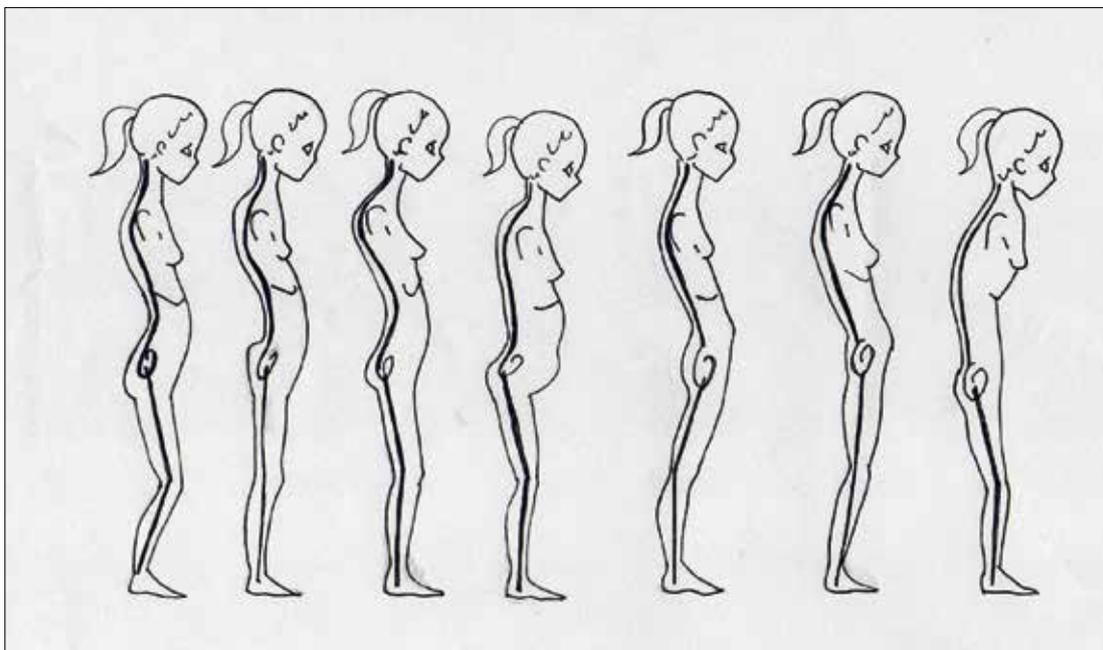
Sin embargo, y considerando las características de una postura para una óptima actitud vistas en la figura 9, podríamos reflexionar acerca de cuantas veces al cabo del día se antepone la comodidad a las demás: (equilibrio, economía, no lesiva y adaptativa). De modo que se sobrecargan las estructuras y sobresolicitan los músculos unilateralmente, como si fuesen ligamentos, creando disfunciones musculares y degeneraciones articulares. Veamos a continuación las consecuencias de una actitud en bloqueo.

### 3. BLOQUEO ESTÁTICO

Como hemos visto en la figura 4, una actitud de repliegue obedece a estrategias estáticas de bloqueo que Lapierre (2000), define como un “arriostamiento” en el que se van a reducir o suprimir en uno de los sentidos (anterior-posterior) las oscilaciones propias del equilibrio.

El autor diferencia, además, el bloqueo de origen mecánico del bloqueo de origen perceptivo. El primero imposibilita la movilización por una falta de extensibilidad muscular y el segundo dificulta el movimiento por una deficiencia perceptivomotriz. Así, en el primer caso habrá que extensibilizar la musculatura acortada, y en el segundo habrá que movilizar e integrar en el esquema corporal-postural el segmento bloqueado, antes de que este provoque cambios morfo-funcionales.

En la figura 13, podemos observar varios ejemplos de este bloqueo estático en los que se combinan actitudes cifóticas, lordóticas, antepulsiones y retropulsiones pélvicas.



*Figura 13. Actitudes en bloqueo.*

Lapierre (2000), explica como una mala actitud, y aunque parezca paradójico, nos permite un equilibrio “más estable” y, por tanto, más cómodo, y explica estas estrategias de bloqueo, como la búsqueda de una estabilidad asegurada sin vigilancia. La renuncia a una adaptación permanente puede significar una actitud de repliegue, una falta de confianza y de apertura al mundo exterior.

Como consecuencias de estos bloqueos podemos encontrar:

- La modulación permanente y rítmica del tono reequilibrante, que compensa las oscilaciones, se sustituye por una sobresolicitación estructural y una tensión muscular constante y unilateral, que provocan daños estructurales y problemas funcionales: desbalance muscular (Ahonen 1996; Liebenson 1999; Spring y cols 2002).
- Un incremento del gasto energético.
- Una atrofia de los músculos posturales que no son solicitados y acortamiento de aquellos que estén en la concavidad de las curvas.
- Una liberación neuromotriz, con una disminución de la vigilancia.
- Una pérdida de la consciencia de la movilidad de los segmentos, y en consecuencia un empobrecimiento del esquema corporal-postural. Esto se debe a que lo que no se percibe no puede integrarse.

- Una hiporreactividad neuromuscular, donde el umbral de reacción de los receptores propioceptivos y el umbral de activación de las motoneuronas quedan considerablemente aumentados: *Pereza neuromotriz*.
- Una peor disponibilidad de la musculatura postural-estabilizadora lo que va a mermar sus funciones de estabilización, protección estructural y base para el movimiento (Panjabi 2003).
- Un incremento de las curvas del raquis en el plano sagital con el consiguiente aumento de la sobrecarga estructural. Una actitud cifótica dorsal se asocia a una mayor carga sobre la musculatura extensora del raquis y a una mayor compresión estructural, factores que acelera los procesos degenerativos en los segmentos vertebrales y contribuirán a la aparición de disfunciones y dolor (Harrison y cols 2005; Briggs y cols 2007). Por otro lado, una desalineación de la cintura pélvica y del raquis lumbar se relacionan con una sobrecarga y con el tiempo una degeneración discal con posible riesgo de espondilolistesis (Barrey y cols 2007).

Este tipo de conductas posturales están estrechamente relacionadas a diferentes factores que van a conformar la actitud: el estado emocional, la autoestima, la seguridad en uno mismo, hace que el sujeto se enfrente al mundo de una determinada manera que queda expresada en su postura corporal. Esto unido a unos malos hábitos relacionados con el movimiento: sedentarismo, ejercicios y actividades de alto impacto estructural y posturas de apoltronamiento, en busca de una comodidad dañina, degeneran las estructuras y funciones, provocan desbalances musculares, empobrecen la percepción del movimiento (propiocepción), y configuran, en consecuencia, un limitado y erróneo esquema corporal postural. Todo esto lleva al sujeto, irremediamente, a la desalineación raquídea y le introduce en un círculo que se debe romper antes de que una actitud postural reductible, por un comportamiento erróneo, se estructure en una deformación del raquis irreductible (figura 14).

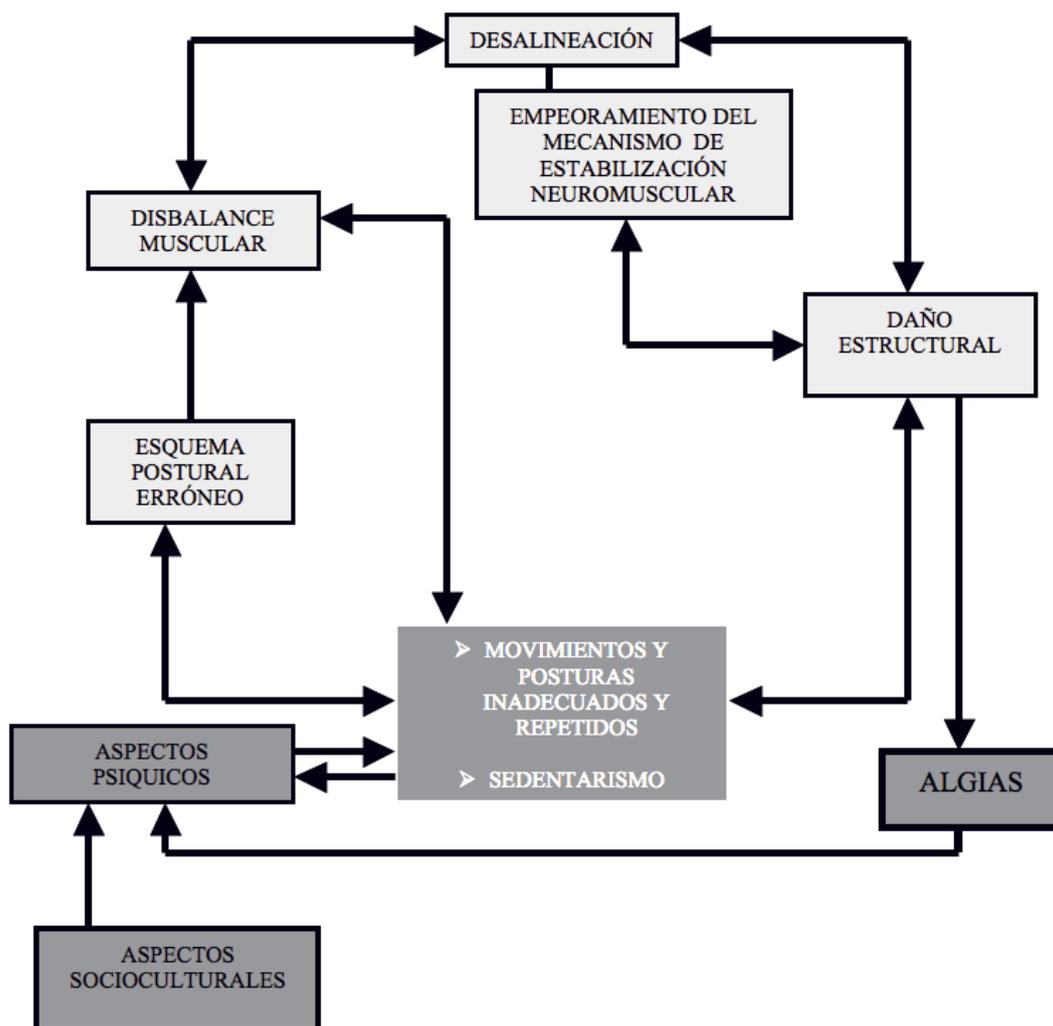


Figura 14. Génesis de la actitud inadecuada.

Por ello desde la prevención se enfocará toda la atención en aquellos factores originados por los hábitos de los sujetos: “los problemas posturales de origen conductual” y, por tanto, influenciados mediante una intervención integral.

## 4. FACTORES QUE AFECTAN Y DETERMINAN LA ACTITUD POSTURAL

Como hemos visto, en última instancia la postura obedece a una regulación automática del tono muscular, pero existe una intrincada red de factores, que influyen tanto en la activación del proceso postural (la gravedad), como en la adecuada adopción de una “óptima postura” (un esquema corporal bien configurado, un estado emocional equilibrado y una morfología y función adecuadas), estando íntimamente relacionados entre sí, tal y como vamos a analizar en los siguientes capítulos.

### 4.1. Factores morfológicos, fisiológicos y cinesiológicos

Las células del organismo se agrupan para cumplir distintas funciones específicas, conformando así, distintos tipos de tejidos y, por tanto, estructuras, órganos y sistemas. Morfología y función serán factores fuertemente relacionados entre sí y con una influencia recíproca (Meléndez 2000), siendo determinantes para la postura y por tanto para la actitud postural.

El movimiento será otro de los factores que van a influir en la postura a través de su repercusión sobre estos aspectos morfológicos y funcionales, para el que podríamos aplicar la siguiente afirmación: “El uso hace al órgano y el desuso y sobreuso lo degeneran”. La necesidad de movimiento (actividad física), para todos los órganos que conforman el cuerpo, es un hecho ampliamente estudiado y argumentado (Sánchez Bañuelos 1996; Bouchard y cols. 1990; Biddle 1993; American Collage of Sport Medicine 1990; 1995; 1998; Bar-Or y Baranowsky 1994; Blair 1995; Pak-Kwong 1995; Pérez Samaniego 1999; Casimiro 1999; 2000; Sallis y cols. 2000; Casado 2001; Texeira y cols. 2001; Delgado y Tercedor 2001). Por otro lado el sedentarismo será pernicioso para el conjunto de órganos, sistemas y estructuras que conforman el cuerpo.

En el aparato locomotor en general y en la columna vertebral en particular, este movimiento será fundamental para el mantenimiento de la integridad de sus estructuras y, por tanto, para asegurar el buen funcionamiento del mismo. Considerando que la postura corporal va a depender de esta integridad “el movimiento será un factor de primer orden” para la correcta actitud postural. Sin embargo, esta necesidad de movimiento no significa que cualquier actividad física respete esta integridad estructural, por lo que habrá que definir aquellos movimientos que por su naturaleza sean adecuados (seguros y eficaces), así como aquellos parámetros de acción que aseguren una adecuada ejecución de los mismos.

Si bien es cierto, que el entrenamiento regular es considerado un factor significativo en el crecimiento e integridad de los tejidos musculoesqueléticos, también lo es, que un sobreesfuerzo será perjudicial para estos (Malina 2003). Algunos programas de ejercicio físico pueden poner en riesgo la integridad de los practicantes a corto y largo plazo, incluso pudiendo retrasar la maduración sexual, disminuir el crecimiento óseo y la estatura (Malina 1994) o provocar fracturas que interfieran en el normal desarrollo óseo con un cese prematuro del crecimiento o con un crecimiento asimétrico del hueso (Fuster y col 1996). En conclusión “movimiento sí, pero no todo”.

Será importante como veremos en posteriores capítulos estudiar y analizar los parámetros cuantitativos y cualitativos del movimiento dentro de cada una de las situaciones motrices. A lo largo de este capítulo estudiaremos la morfología y función de cada una de las estructuras que conforman el raquis, así como la influencia del movimiento en cada una de ellas, fundamentando su necesidad y explicando además el efecto que tiene en cada una de las estructuras del aparato locomotor, la “inactividad”, así como la “actividad inadecuada”.

Para el estudio morfológico y funcional del raquis utilizaremos como referencia a Panjabi (1994 y 2003) y a Stokes (2003), que establecen que la estabilización de la columna vertebral se lleva a cabo gracias a tres categorías de sostén: pasiva, muscular y neural.

## 4.2. Aspectos psíquicos, postura y movimiento

Rigal (1987) afirma, que las funciones superiores corticales están influenciadas por la acción de estructuras más antiguas del diencéfalo y del sistema límbico en funciones como: la memoria, la vigilancia, la atención, la motivación y la afectividad. El sistema límbico es la parte filogenética más antigua del sistema nervioso y asegura la supervivencia del individuo. Entre sus funciones el autor destaca: defensa, alimentación, reproducción y punto de partida de la vivencia afectiva, jugando un papel importante en los estados emocionales del sujeto.

Estos estados emocionales van a tener una gran influencia sobre la postura. Hasta tal punto que la postura es considerada como expresión somática de emociones, impulsos y regresiones. Cada uno refleja inconscientemente en las actitudes exteriores la propia condición interior, la propia personalidad. Se considera además que la psique influye en la postura considerándola una somatización donde se manifiestan los impulsos psicológicos internos o su ausencia, así como una manifestación de los sentimientos internos, considerando la postura un lenguaje corporal (Cailliet 1988). Personas deprimidas según el autor adoptan una postura como cansados, "caída": cifosis dorsal, hombros adelantados, y deprimidos, la cabeza adelantada sobrecargando los ligamentos y sobresolicitando la acción de los músculos extensores.

Tribastone (1997) afirma en este sentido que la postura es, por tanto, una verdadera y propia forma de lenguaje en tanto que cada uno se mueve según se siente, así una persona cansada y abatida presenta los hombros caídos, el dorso curvado y el cuello deprimido. El autor considera, además, al tono muscular no solo la base de la adaptación postural sino también la expresión de las emociones y de las actitudes.

Lapierre (2000) al respecto considera la actitud como un comportamiento social y un modo de expresión de la personalidad profunda.

Mehrabian (1969) establece una clara relación entre la actitud postural y la comunicación.

Stagnara (1987), por su parte, afirma que *"algunos niños presentan actitudes asténicas ya sea de manera habitual o puntual según el estado psíquico del sujeto, presentando en bipedestación una tendencia a la cifosis torácica o una lordosis lumbar o ambas y una cifosis total en sedentación, todas ellas reductibles"*.

Otros autores como Reich (1970), Groddeck (1969) y Lowen (1975), citados por Henrotte (2000), establecen una clara relación entre el tono muscular, la postura y las emociones, afirmando que estas últimas pueden modificar al tono muscular y la postura.

Freres y Mairlot (2000), califican al hecho de curvar la espalda, como una postura de defensa, donde el estrés y la agresividad del mundo moderno generan, a menudo, el repliegue sobre uno mismo.

Hasta tal punto es importante esta relación que Skovron (1992), consideraba a las características psicológicas, como uno de los factores de riesgo y predictores, de los problemas posturales de espalda baja.

Ésto lo corroboran en sus investigaciones Cardon y Balagué (2004) que establecen el estado psíquico como factor predictor de la dolencia de la columna vertebral.

En ésta línea, Ahonen y Latineen (2001) incluyen entre los factores que influyen negativamente sobre la postura del cuerpo y el equilibrio muscular, al aspecto psíquico, destacando de éste los estados de melancolía, el decaimiento, la poca confianza, las tensiones y el estrés.

Otros autores estudian la relación entre el autoconcepto físico, la autoestima (Sjolie 2002; Staes y cols 2003) y los estados depresivos (Harreby y cols 1999; Takahashi y cols 2005) y la salud postural encontrando relaciones significativas.

De todos estos investigadores se deduce, la gran importancia del aspecto "afectivo" en el estudio y desarrollo de la actitud postural. Estados de baja autoestima se reflejarán en estados emocionales de abatimiento y en adopción de posturas de desgana y, por tanto, desequilibradas (Höfler 1999). El ser humano actúa como un todo, y estar mal o sentirse mal se traducirá irremediablemente en manifestarse mal, postural y socialmente.

Por otro lado, un individuo en estados continuos de estrés, tenderá a adoptar posturas agarrotadas que provocarán contracturas musculares, que harán que se entre en un círculo caracterizado por: malestar, dolor y tensión.

La relación entre la disposición psicológica de un sujeto frente al mundo y las estrategias de equilibrio adoptadas y las distintas repercusiones posturales ya las hemos visto (ver figura 4).

Será importante considerar el papel de la actividad física como medio para influir en el estado emocional y en la autoestima (Sjolie 2002; Staes y cols 2003), pudiendo tener un efecto positivo en los estados de ansiedad (Sánchez Bañuelos 1996; Akandere y Tekin 2005), la depresión, el estrés y otros estados psíquicos.

### 4.3. Entorno socio-cultural, postura y movimiento

Existe una gran influencia social y cultural en el valor que se le da al cuerpo, la salud, y a las prácticas, costumbres y conductas corporales tanto cotidianas (posturales), como a las referidas a las prácticas de actividad física y deportiva.

De modo que podemos encontrar diferencias entre la manera de sentarse o de transportar objetos de una cultura a otra. Podemos observar culturas donde los objetos se transportan sobre la cabeza (figura 15) o donde las personas se sientan en el suelo, en cuclillas o sobre un cojín, para trabajar y descansar, en sitios como Asia, Africa o América Latina (Cailliet 1988).



*Figura 15. Transporte de objetos sobre la cabeza.*

Podemos también encontrar diferencias en la función que cumple el movimiento, pudiendo ser utilizado con fines utilitarios (cazar, recolectar, trabajar), lúdicos, estéticos, educativos, o para la salud según en el contexto socio-cultural en el que nos encontremos. Desde los ámbitos de la salud y de actividad físico deportiva, habría que reflexionar acerca del valor sociocultural del cuerpo, de los distintos contextos en los que se realizan las AFD, y de la salud como un fenómeno más allá del individuo, así como de las conductas posturales y motrices y sus repercusiones.

En este sentido, podemos observar prácticas de AFD a edades muy tempranas que superan la capacidad fisiológica de los niños y que ponen en peligro la integridad de sus órganos, sistemas y estructuras. Habría que destacar las repercusiones de estas prácticas sobre un raquis aún en periodo de desarrollo.

Además, hay que considerar que alrededor del cuerpo, y debido a la gran importancia que se le da a éste en nuestro contexto socio-cultural, se ha organizado un verdadero “mercado” donde el cuerpo, es el objeto de referencia. Detrás de los patrones estéticos imperantes hay una potentísima industria de productos, dietas, libros, servicios Light y el novedoso e incipiente fenómeno de las cirugías, que los fomentan y publicitan. Todo ello hace que nos veamos inmersos en un sin fin de mensajes contradictorios que van a definir los requerimientos que a nivel psicológico, se le hacen al individuo en su interacción con su entorno sociocultural. Estos requerimientos ejercerán una influencia en el estado emocional y en la actitud frente al entorno por parte del sujeto y, por tanto, sobre la postura corporal.

Debemos dotar a los sujetos, de los conocimientos básicos sobre los distintos mecanismos socioculturales relacionados con el cuerpo, la actividad físico deportiva, y la salud, que le permita discernir entre el bombardeo de informaciones erróneas y mensajes publicitarios, que obedecen a modas, intereses económicos o a la cultura popular, al que se ven continuamente sometidos, así como de los usos, prácticas, costumbres, conductas y valores socioculturales asociados a estos.

Una práctica segura y saludable de actividad física requerirá del conocimiento de estos valores y mecanismos socioculturales, así como de un conocimiento básico del cómo y por qué de la realización de la misma para hacer efectivo el fomento de la salud integral para los practicantes.

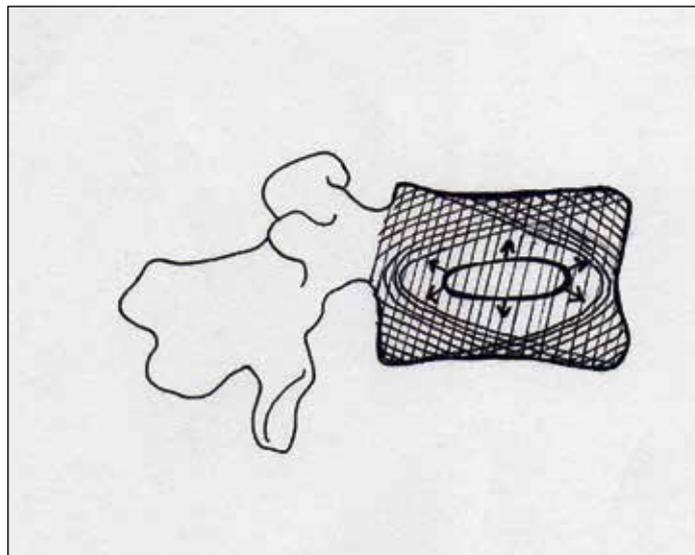
## CONCEPTOS BÁSICOS

- › El sedentarismo, la adquisición habitual de posturas inadecuadas, como la sedentación incorrecta, y la realización de movimientos de alto impacto estructural repetidos determinarán finalmente la alineación de la columna vertebral, teniendo como resultado:
    - › Un disbalance muscular:
      - › Con una variación de la longitud de los músculos responsables del equilibrio de las distintas regiones: cervical, cintura escapular, dorsal, cintura pélvica y lumbar.
      - › Una hiporreactividad neuromuscular con un umbral perceptivo aumentado que dificultará el mecanismo de estabilidad raquídea y no permite la fisiológica regulación del equilibrio: oscilación-reequilibrio (bloqueo estático).
      - › Una escasa información propioceptiva que empobrecería el esquema postural.
    - › Un daño irreversible sobre las estructuras pasivas del raquis: vértebras (acuñamiento), discos intervertebrales, ligamentos y articulaciones interapofisarias.
  - › Existe una importante influencia de aspectos psíquicos y socioculturales sobre la postura corporal. Por ello hay que hablar de "actitud".
- 

## A CONSIDERAR EN LA PRÁCTICA

- › La aplicación del programa de higiene postural se deberá hacer bajo un planteamiento integral en el que se acoja a la globalidad del sujeto.
- › Se buscará del alumno una aceptación, reconocimiento y relativización del propio cuerpo, que le ayude a desarrollar su identidad personal dentro de un contexto sociocultural.
- › Será importante que conozcan los distintos mecanismos socioculturales que influyen en el valor que se le da al cuerpo, los hábitos posturales, la actividad física y deportiva y la salud.
- › Habrá que fomentar en los escolares una práctica de actividad física bajo un planteamiento cualitativo, que asegure la integridad morfológica y funcional del aparato locomotor y en particular del raquis.
  - › La actividad física será un modo de adquirir una identidad motriz que mejore la autoestima.
- › A la actividad física deberá acompañarla un conocimiento básico acerca de la columna vertebral y su higiene.

# ELEMENTOS PASIVOS EN LA POSTURA



# ELEMENTOS PASIVOS

## 1. TEJIDO ÓSEO

### 1.1. Transferencia de la carga a través del hueso

### 1.2. Mecanismo osteogénico

### 1.3. El proceso de osificación

### 1.4. Hueso y movimiento

A. A tener en cuenta

B. Metabolismo minero-cálcico y movimiento

B.1. Metabolismo minero-cálcico y falta de movimiento o inactividad o hipocinesia

B.2. Metabolismo minero-cálcico y sobreesfuerzo

## 2. TEJIDO CONECTIVO

### 2.1. Tipos de tejido conectivo

A. Tejido conectivo fibroso

B. Tejido conectivo elástico

### 2.2. Tejido conectivo y movimiento

A. Inmovilización y tejidos conectivos

B. El fenómeno de fatiga del tejido conectivo

## 3. ESTRUCTURAS RAQUÍDEAS

### 3.1. Regiones raquídeas: cervical, dorsal y lumbo-pélvica

A. La columna cervical

B. La columna dorsal

C. La columna lumbar y la cintura pélvica

### 3.2. El segmento vertebral

A. La vértebra

B. El disco intervertebral

B.1. Estructura de los discos intervertebrales

**Núcleo pulposo**

**Anillo fibroso**

**La carilla vertebral**

B.2. Función del disco intervertebral: mecanismo de autoestabilidad y estado de pretensión

B.3. Nutrición e hidratación del disco

B.4. Disco intervertebral y movimiento

**Inmovilización y disco intervertebral**

**Movimiento forzado y disco intervertebral**

C. Las articulaciones interapofisarias

D. Los ligamentos raquídeos

# ELEMENTOS PASIVOS PARA LA POSTURA: HUESOS, LIGAMENTOS, ARTICULACIONES Y FASCIAS.

## 1. TEJIDO ÓSEO

Los huesos proporcionan rigidez y sostén al organismo, protegen los órganos, son receptáculo del tejido hematopoyético, almacén de calcio, fósforo, magnesio y sodio y sirven de palancas sobre las que actúan los músculos para realizar los movimientos. Están formados por tejido óseo, compuesto fundamentalmente por pequeñas partículas de calcio y fósforo en una red de fibras de colágeno, además de flúor, sodio, potasio, magnesio, citrato y otros oligoelementos que ayudan a mantener unidos al calcio y fósforo. Hay que considerar que el 2% del peso total de una persona corresponde al calcio, y que este se distribuye en un 99% en los huesos y el 1% restante en los tejidos blandos y líquidos del cuerpo (Miralles y cols 2005).

El tejido óseo se caracteriza por su consistencia, dureza y resistencia, además de cierta flexibilidad dada por su componente colágeno. Paoletti (2004) cree adecuado considerarlo como una fascia máximamente densificada y le atribuye fundamentalmente dos características, elasticidad-plasticidad y solidez.

Podemos diferenciar dos tipos de tejido óseo:

– Tejido cortical o compacto caracterizado por:

- Está situado en la zona de la corteza del hueso formando la parte externa que rodea al tejido trabecular.
- Posee una disposición concéntrica de sus laminillas, lo que le confiere una gran solidez, resistencia y densidad.
- Su estructura tubular le capacita para soportar compresiones, tracciones, flexiones y torsiones.
- Se encuentra en todos los huesos en distintas proporciones (ver tabla 1).

– Tejido trabecular o esponjoso: Es una especie de malla compleja a base de placas y tubos que se entrecruzan. En esta estructura de trabéculas, que se disponen tridimensionalmente, se pueden distinguir unas cavidades llenas de elementos blandos que le dan una apariencia de esponja. Se encuentra en el interior de los huesos y predomina principalmente en las vértebras (90%). Su disposición de laminillas es menos concentrada que en el cortical ya que sus trabéculas son delgadas. La estructura de este tejido trabecular le permite absorber la energía provocada por impactos articulares debidos a los distintos movimientos.

En la tabla 8, podemos ver los tipos de tejido óseo porcentuados en distintos huesos, siendo destacable el 10% de cortical y el 90% de esponjoso en las vértebras:

Hueso/Tejido	Tejido cortical	Tejido esponjoso
Cuello fémur	50%	50%
Radio	75%	25%
Vértebras	10%	90%

*Tabla 8. Porcentajes de los distintos tejidos óseos en distintos huesos.*

La combinación de ambos tipos de tejido, da como resultado una mayor capacidad mecánica al hueso, ya que combina las propiedades de ambos: rigidez y adaptabilidad.

## 1.1. Transferencia de la carga a través del hueso

A la hora de soportar una carga el hueso funcionará como un compartimiento cerrado, para distribuir de manera homogénea las tensiones en su interior. En los huesos cortos, gracias a la sustancia esponjosa que hay en su interior, se deriva la tensión hacia los puntos más resistentes del mismo (Merí 2005). Ante una carga, el cartílago a través de su sistema de amortiguación transmite la presión al hueso subcondral, desde donde parte la disposición de las trabéculas hacia la cortical (Miralles y cols 2005) (ver figura 16).

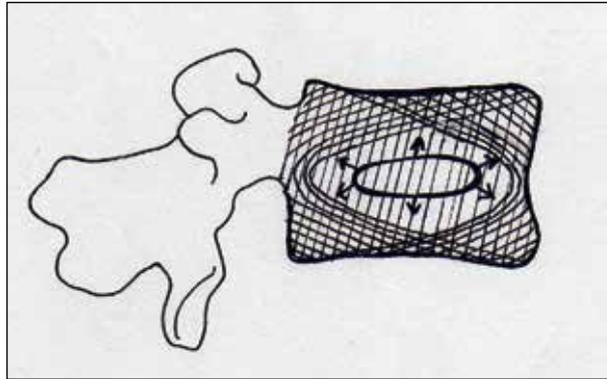


Figura 16. Sistema de amortiguación óseo.

Este mecanismo será posible gracias a la existencia en el interior del hueso de una presión homogénea (subsistema hidrodinámico) que ayuda a la estabilidad ósea y que está regulada por la entrada y salida de líquidos y su reparto a través de las denominadas membranas de tensión, situadas en cada una de las microcavidades del hueso esponjoso, que amortiguarán la tensión hidrostática dispersando la energía (Miralles y cols 2005).

## 1.2. Mecanismo osteogénico

El tejido óseo es renovado periódicamente mediante un mecanismo de formación de hueso. Este mecanismo vendrá dado gracias a la acción de unas células especializadas denominadas osteoblastos, las cuales evolucionan a su forma madura: osteocitos. Paralelo a éste, hay un mecanismo de destrucción ósea, llevado a cabo también por células especializadas llamadas osteoclastos. Gracias a estos mecanismos de formación y destrucción, se asegura la renovación del tejido óseo.

Sin embargo, osteoblastos y osteoclastos están sujetos a un equilibrio, en el que el tejido óseo formado iguale al destruido. Este equilibrio estará condicionado por diversos factores:

- La edad: en la etapa infantil los valores de formación de tejido óseo son superiores a los de destrucción, gracias a que la deposición ósea es mayor que la resorción. Posteriormente en la etapa adulta se nivelan, para más tarde inclinarse hacia la destrucción, en la que habrá una mayor resorción que deposición.
- La combinación de la edad y el sexo: en las mujeres en la etapa menopáusica, asociada a un descenso de estrógenos, se podrá producir una osteopenia (pérdida de masa ósea).
- La actividad física: será fundamental, como veremos, la práctica de una actividad física regular y adecuada para la estimulación del desarrollo óseo, así como para detener la pérdida de masa ósea (osteopenia). Ferreti (1997) considera al movimiento como un factor de primer orden para la forma definitiva del hueso, órgano que, aunque según el autor aparenta ser una estructura rígida y estática, sobrelleva constantes e imperceptibles deformaciones con una manifestación de un intenso e incesante recambio de elementos.
- El tipo de tejido óseo: la actividad metabólica del hueso trabecular es mucho mayor que la del cortical, lo que explica que la pérdida de masa ósea afecte mucho más al primero (Mayes 1998). El autor afirma además que la disminución de hueso trabecular por desequilibrio en el mecanismo de renovación, en la columna vertebral puede empezar a los 20 años.
- El estrés, la dieta, las hormonas, los fármacos y las enfermedades también influirán.

### 1.3. El proceso de osificación

Los huesos se originan como tejido cartilaginoso blando para ir osificándose y endureciéndose, iniciándose este proceso en el periodo prenatal entre el 2º y el 4º mes y continuándose hasta los 20- 25 años en determinados huesos.

Existen dos centros de osificación, los primarios ubicados en las diáfisis de los huesos largos y los secundarios que se encuentran en las epífisis. Los centros primarios (diáfisis) se encuentran separados de los centros secundarios (epífisis), por un cartílago epifisario de crecimiento: metáfisis.

El hueso vertebral, al igual que los huesos largos, tiene una diáfisis que se corresponde con el cuerpo vertebral, y unas epífisis superior e inferior donde se encuentra la capa cartilaginosa responsable del crecimiento. En una primera fase al espacio sin osificar se le irán acercando y uniendo grupos de células que terminarán osificando.

Es este reborde marginal del cuerpo vertebral, donde se produce el crecimiento de la vértebra que comienza a desarrollarse entre el 5º y 7º año de vida. En la fase prepuberal se produce la osificación del reborde iniciándose por el cartílago, y es en la fase puberal en la que se fusionan los distintos puntos de osificación. Esta fusión discurre de forma heterocrónica en las distintas partes de la columna vertebral, concluyendo en las vértebras lumbares pasados los 25 años (Junhans y Schmohl 1968, citados por Rusch y Weineck 2004).

Hay que considerar que en las etapas de crecimiento estas zonas del hueso se caracterizan por una gran vulnerabilidad. En este sentido, Föhner (2003) señala, que *“las células del cartílago de crecimiento dispuestas en forma de columna, pueden modificar su coordinación por influencias mecánicas y provocar afecciones en las estructuras óseas. De ahí que, esfuerzos por encima de la capacidad puedan llevar a necrosis óseas asépticas en la etapa de la pubertad”*.

La vulnerabilidad de los huesos de los niños vendrá dada por: un menor porcentaje de enlaces de calcio inorgánicos y un mayor porcentaje de enlaces orgánicos. Además, una mayor presencia de cartílago que en los adultos y un menor diámetro de los tendones y ligamentos confieren a su columna vertebral menor firmeza y sujeción, mayor capacidad de deformación y movilidad, y una menor capacidad para soportar cargas en general (Rusch y Weineck 2004).

### 1.4. Hueso y movimiento

Miralles y cols. (2005) afirman, que el hueso como estructura viva es influenciado por las demandas mecánicas, pudiendo variar a causa de estas, su configuración y propiedades.

García Manso (1999) sostiene que el ejercicio incrementa la osteoblastosis por tensión y tracción provocadas por las cargas de trabajo, de la misma forma que la inactividad y la ingravidez conducen a la osteopenia. Según el autor, el papel de la musculatura en la relajación posterior a la tensión, es similar al de una bomba que genera un vaciamiento de las venas intraóseas, mientras que en la contracción envía mayor cantidad de sangre favoreciendo su llenado y actuando, indirectamente, sobre la síntesis de matriz ósea y su posterior mineralización.

Además, el ejercicio actúa sobre la dureza y orientación de las trabéculas óseas, ya que estas se organizarán en la dirección más favorable para las fuerzas de tensión a las que son sometidas (Ferreti 1999).

#### A. A tener en cuenta

El esqueleto es tanto más maleable cuanto menos osificado esté, es decir, cuanto más joven sea el sujeto (Lapierre 2000). Hay que considerar, que no todas las partes del esqueleto osifican con la misma rapidez, siendo las últimas: la pelvis que se termina de osificar a los 20 años, los cuerpos vertebrales a los 25 años, siendo las lumbares las últimas en osificarse pasados los 25 años (Rusch y Weineck 2004). Tal y como podemos observar en la figura 17 la maduración ósea vertebral finaliza hacia los 20 años (Föhner 2003). Los dos últimos puntos de osificación son la clavícula en el hombre y el pubis en la mujer (26 a 27 años).

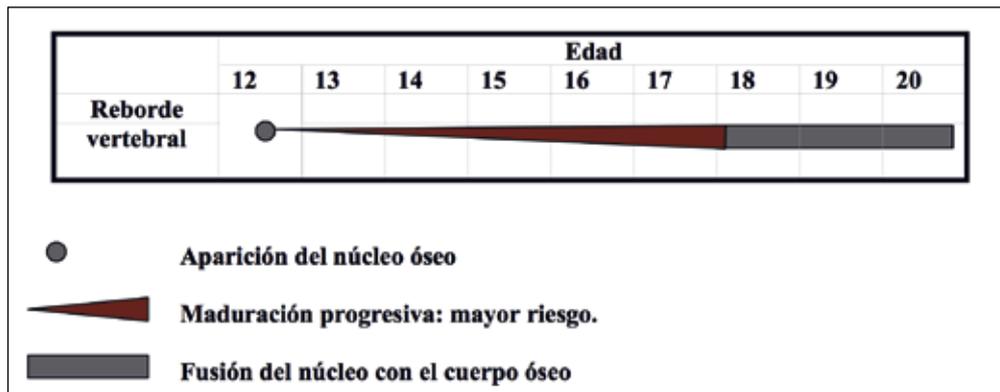


Figura 17. Maduración vertebral.

Veamos algunas leyes y principios que van a condicionar y explicar el adecuado desarrollo óseo:

➤ Ley de Delpech

El desarrollo o formación de hueso por la actividad osteogénica del cartílago de conjunción, está en razón inversa a las presiones ejercidas sobre el cartílago. De modo que disminuirá el crecimiento en aquellos puntos en que el cartílago recibe una mayor presión, y se incrementará la estimulación de la actividad formadora u osteogénica, en las zonas de cartílago menos comprimidas.

Tribastone (1997) explica, como se consigue que la vértebra experimente una moderación del crecimiento en la parte donde el peso es mayor y una activación del crecimiento donde el peso es menor. Esto explicaría los efectos que podría tener la aplicación de **cargas asimétricas** por una inadecuada alineación raquídea, en el crecimiento vertebral.

Delpech afirma que siempre que un hueso esté situado en una posición inadecuada, su crecimiento será también anormal, tendiendo a deformarse. Si observamos la figura 18 veremos el efecto deformante de los cuerpos vertebrales por la acción de una carga asimétrica sobre un raquis desalineado.

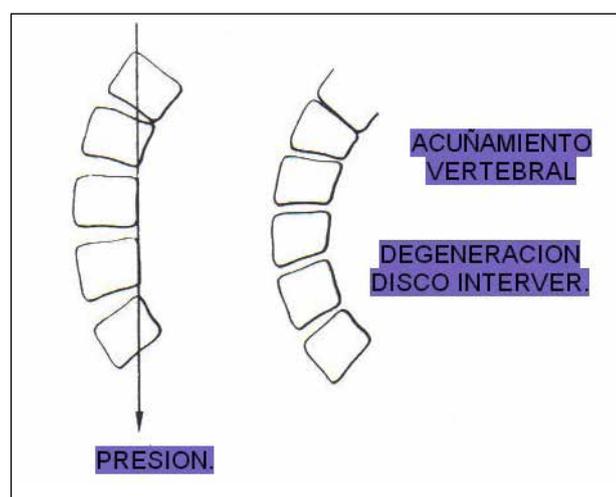


Figura 18. Deformación vertebral. Modificado de Lapierre 2000.

Acerca de este crecimiento irregular ante una carga asimétrica, Heuter-Volkman, establece, que con una presión igual sobre los planos epifisarios, las epífisis crecerán simétricamente. Por el contrario, aquella zona sometida a una mayor presión, por aplicaciones de cargas asimétricas, debidas a desalineaciones del raquis, no crecerá tan rápida y completa como la zona sometida a una presión menor (figuras 19).

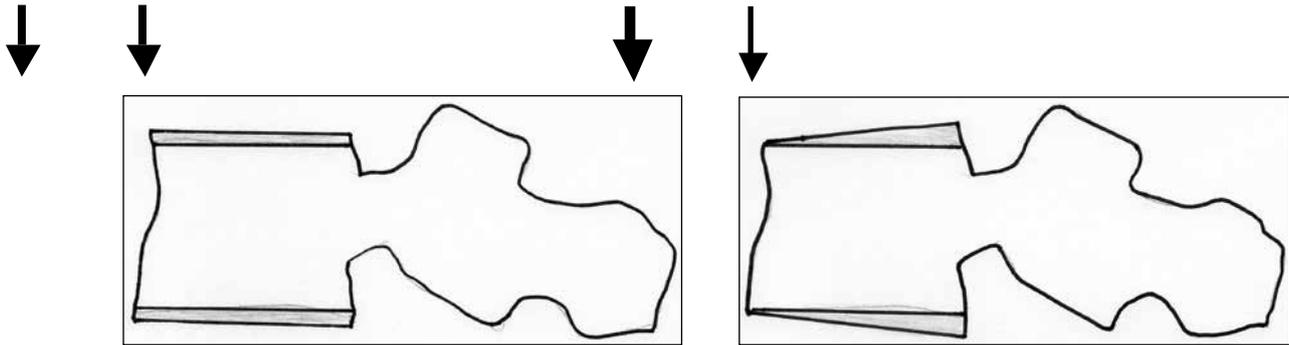


Figura 19. Carga y modificación vertebral.

Rodríguez García (2000) afirma que con los movimientos repetidos de flexión forzada se aumenta la presión en la parte anterior de los cuerpos vertebrales, circunstancia que, unida a una debilidad de los elementos anteriores, será susceptible de provocar “acuñamientos” vertebrales anteriores.

Viosca, Prat y Cortes (1995) consideran que “el aumento del nivel de cargas o del brazo de palanca desde el que actúan dichas fuerzas sobre la columna, son factores etiológicos importantes en la generación de deformidades cifóticas”. Sostienen, además, que una de las causas del desarrollo de la cifosis son las cargas excesivas, bien por su elevada magnitud, bien porque su línea de acción no sea fisiológicamente adecuada. La columna, según los autores, se va deformando progresivamente, con lo que el peso del segmento corporal superior actúa anteriormente con un brazo de palanca cada vez mayor, lo que con el tiempo, acentúa el problema.

Pauwels (1973), citado por Fröhner (2003), habla de la geometría del esfuerzo, afirmando que un carga en el sentido del eje se tolera mejor y sirve para la adaptación fisiológica del hueso, ya que la fuerza que actúa se reparte y conduce a un desarrollo simétrico. Por el contrario, los esfuerzos que están alejados del eje pueden sobrepasar los límites fisiológicos del hueso, comprometiendo su normal desarrollo.

#### ➤ El principio de Wolf

El primero que estudió la incidencia de las cargas físicas en los cambios que se producían en los huesos fue Julios Wolf en 1892, desarrollando lo que posteriormente se conoció como “ley de Wolf”. El autor explica cómo, con unas cargas mecánicas adecuadas, el tejido óseo se hipertrofia y reorganiza para reducir el estrés mecánico interno hasta unos niveles óptimos. De este modo el ejercicio físico actuará como modelador del tejido óseo a través de tres mecanismos:

1. La modificación de su composición.
2. La modificación de su vascularización.
3. La modificación de su estructura y ordenación de las trabéculas.

De modo que, la organización interna del hueso, dependerá de la dirección de las cargas que se le apliquen. Por otro lado, las fuerzas aplicadas influirán en el aumento o disminución de la masa ósea de manera proporcional a estas.

Según Ferreti 1997; 1999, cada región ósea es una estructura constituida por un material anisotrópico, es decir, de comportamiento supeditado a la dirección de las deformaciones inducidas por las cargas habituales. Además, está espacialmente orientado para lograr cierta rigidez típica por un sistema regulador esencialmente mecánico, y que va a provocar al menos dos efectos:

- La orientación de las fibras colágenas depositadas por los osteoblastos: modelación ósea.
- La destrucción paulatina de ciertas regiones de tejido óseo viejo, mal orientado o incorrectamente ubicado con respecto a la sollicitación mecánica más reciente, y su reemplazo por otro con la orientación y ubicación mecánica correctas.

Fröhner (2003), en este sentido, afirma, que la estructura de trabéculas de los huesos se ordena en el transcurso de la dirección del esfuerzo principal.

Tribastone (1997), considera al respecto, que de aquí deriva el hecho de que la densidad del hueso cortical es igual cuando la presión es idéntica. Una presión excesiva crea una mayor condensación trabecular y una calcificación definitiva, según lo cual el hueso responde y se remodela mediante las solicitudes a las que es sometido (figura 20).

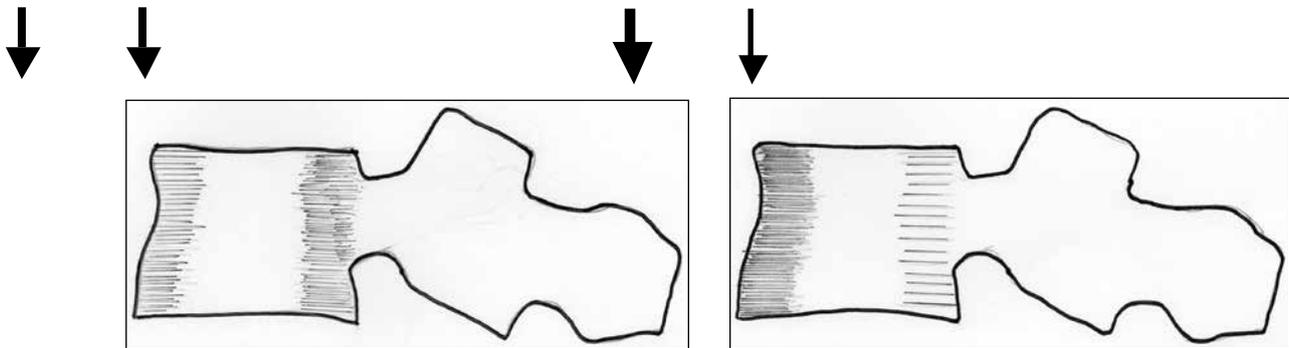


Figura 20. Estructura trabecular.

#### ➤ Ley de Wolf

El crecimiento en anchura del hueso se comporta al contrario que en el cartílago de conjunción. Las partes del periostio que soportan mayor presión forman hueso a un ritmo y magnitud superior que las regiones menos comprimidas.

Como ya hemos visto el hueso tiene un proceso de destrucción ósea y otro de formación del mismo, y cómo el crecimiento está sujeto a unas determinadas leyes y principios que van a determinar el normal desarrollo del mismo. Si en las etapas de crecimiento interrumpimos la formación de hueso en los primeros grados del cartílago por sobreesfuerzos, bien por asimetría de la carga continua, o bien por esfuerzos mecánicos de impulso, podremos provocar daños estructurales. En la columna vertebral una presión continua o de impulso en los bordes vertebrales en especial los anteriores, pueden exponer a los niños y adolescentes, a sufrir alteraciones óseas y por tanto alteraciones de la disposición fisiológica del raquis (figura 21).

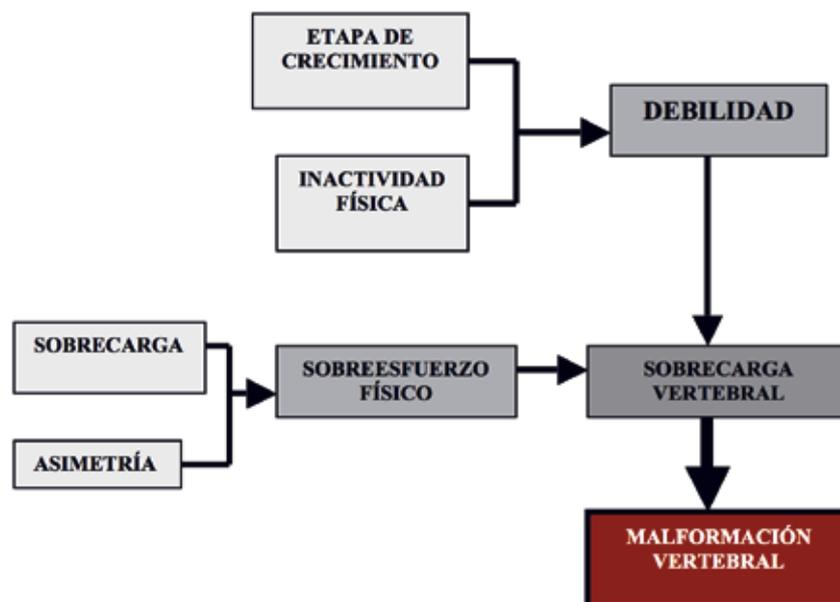


Figura 21. Sobrecarga vertebral en etapa de crecimiento.

Fröhner (2003) explica, cómo en un hueso en crecimiento las células del cartílago de crecimiento dispuestas en forma de columna, pueden modificar su coordinación por influencias mecánicas (sobreesfuerzos físicos) y provocar afecciones en las estructuras óseas. De ahí que en la etapa de la pubertad esfuerzos por encima o por debajo de la capacidad de esfuerzo físico pueden provocar daños estructurales e incluso llevar a necrosis óseas asépticas.

## B. METABOLISMO MINERO-CÁLCICO Y MOVIMIENTO

### B.1. Metabolismo minero-cálcico y falta de movimiento, inactividad o hipocinesia

Existe una relación directa entre inactividad e ingravidez, y la disminución de masa ósea (Wolf 1892), que se constata en sujetos inmovilizados durante unas semanas en los que se observa un balance negativo de calcio y nitrógeno (Farrerons 2004) hecho que se constató por importantes pérdidas de calcio en la orina (Merí 2005).

El ejercicio regular será esencial para mantener la tensión necesaria sobre los huesos, de modo, que detenga la pérdida de masa ósea a medida que envejecemos, y que estimule la formación de un tejido óseo más resistente (Mayes 1998). La autora denomina a la pérdida de masa ósea, "osteopenia", en la que existe una disminución de la densidad mineral junto con un aumento de la fragilidad asociada con esta pérdida (osteoporosis). La falta de movimiento produce un aumento considerable de la reabsorción ósea, reduciéndose hasta en un 0,1% de contenido mineral del hueso por semana. En pocos meses en la columna lumbar la resistencia y rigidez disminuyen hasta en un 50% y las trabéculas óseas se reabsorben desapareciendo (Ferreti 1997).

Al perder calcio los espacios que hay entre las células del hueso (osteocitos) son más grandes, lo que hace que los huesos sean también más débiles y con mayor riesgo de sufrir fracturas (Ramos 2002). A medida que los huesos adelgazan aumenta su fragilidad y su porosidad haciéndose susceptibles a fracturas. Las vértebras suelen ser los primeros huesos que muestran signos de osteoporosis.

En estudios hechos a los astronautas, se constata la pérdida de masa ósea a un ritmo de un 0,5% al mes iniciándose a los pocos días de ingravidez. Esto se asocia a la necesidad de presión y tensión por parte del tejido óseo, ambos necesarios para la estimulación de la actividad osteogénica.

Este fenómeno se observa también en personas que deben permanecer en cama o en sillas de ruedas lo que les provoca una osteoporosis por desuso, sucede también con adultos con profesiones muy sedentarias (sastres, relojeros, etc.), (Palmero 2000). Prentice (1993), citada por la autora realiza un estudio, donde compara la densidad ósea entre mujeres adultas de Inglaterra con una óptima alimentación y mujeres de Gambia y una alimentación con carencias. Las mujeres de Gambia tenían una mayor densidad ósea. El factor que declinó la balanza a favor de la mujeres de Gambia fué que estas, realizaban actividad física a diario, andaban varios kilómetros mientras la población inglesa era mas sedentaria. Este estudio demuestra que la actividad física es tan importante para evitar la osteoporosis, como lo es una alimentación con suficiente calcio en la dieta.

De hecho se ha comprobado en numerosos estudios, que el ejercicio reduce la pérdida de hueso consecutiva al envejecimiento y a la falta de estrógenos en la mujer (Marcos Becerro 1995).

Para entender la relación positiva entre el ejercicio y la salud ósea, Mayes (1998) explica como la realización de actividad aumenta el flujo de sangre hasta los huesos, con un suministro óptimo de nutrientes, influyendo además en los niveles hormonales responsables de la estimulación osteogénica. Se constatan aumentos de los niveles de estrógenos en sangre y una disminución de los niveles de las hormonas suprarrenales (los glucocorticóides), que son perjudiciales, ya que propician la destrucción de hueso.

Ramos (2002), afirma que en la adolescencia, será fundamental aportar calcio al organismo, pero tanto o más lo será la realización de actividad física, sin la cual, el calcio aportado no llega al hueso, lo que haría que la densidad de éste se resentiera en la edad adulta. Considera además que la cantidad de minerales y sobretodo de calcio que seamos capaces de aportar al esqueleto durante las primeras décadas de nuestra vida, será la que nos acompañe en las décadas más avanzadas.

En este sentido, Peña (2003) considera que el efecto osteogénico del ejercicio proporciona un mayor pico de masa ósea en la juventud compensando y previniendo, de este modo, las pérdidas de masa mineral en edades sucesivas. Durante la adolescencia se deposita más del 35% del mineral óseo de todo el cuerpo, siendo esta etapa un periodo crítico para la acumulación del mismo.

Baley (1999) concluye, que la fragilidad esquelética en los ancianos tiene sus antecedentes en la niñez, ya que más del 90% del mineral óseo en el adulto está presente hacia el final de la maduración esquelética.

Sainz y cols. (2002) establecen que la práctica de actividad física produce un aumento de la masa ósea en edades tempranas y reduce la proporción de pérdida ósea en edades intermedias

En cuanto al tipo de actividad física más adecuada para favorecer la mineralización ósea, Davee y cols. (1990), constató en un estudio, que un entrenamiento de fuerza de una hora a la semana, añadido al entrenamiento aeróbico general, mejora mucho más en las mujeres la densidad ósea de la columna, que cuando solo se realizó actividad aeróbica o no hacían ningún tipo de ejercicio.

Farrerons (2004) tras un profundo estudio acerca de los efectos del ejercicio físico en el metabolismo minero-cálcico concluye:

- En los deportistas jóvenes que combinan una alimentación con aporte de Ca equilibrado y altos niveles de AF desarrollan un mayor pico de masa ósea (cantidad máxima alcanzada). Estos sujetos, además, en la edad adulta tendrán a su vez menores pérdidas de hueso que los que no realizaron AF.
- La influencia positiva del ejercicio físico sobre la formación ósea vendrá dada por la combinación de la influencia de la fuerza de la gravedad, con las tensiones y tracciones que la musculatura ejerce sobre el hueso, siempre y cuando vaya acompañada de un adecuado aporte dietético de calcio.
- Esta influencia será específica del segmento corporal ejercitado en mayor magnitud en las AFD, no habiendo diferencias entre los demás huesos con los de la población normal. Un ejemplo que corrobora esto, es el del tenista cuyo brazo de golpeo alcanza hasta un 35% más de cortical ósea que en su homólogo.
- Estudios sobre población normal sometida a práctica de AF concluyen que existen distintos beneficios óseos en función de los tipos de AF aplicadas en los programas (Block y col 1986), tal y como podemos ver en el cuadro:

TIPO DE ACTIVIDAD FÍSICA	NIVEL DE BENEFICIO EN DENSIDAD ÓSEA
Actividad Aeróbica + Musculación	+ + + + +
Musculación	+ + +
Actividad Aeróbica	+ +
Inactividad	-

*Tabla 2. Actividad física y densidad ósea.*

## B.2. Metabolismo minero-cálcico y sobreesfuerzo

Estudios clínicos demuestran, que un ejercicio extenuante en niñas o mujeres provoca el retraso de la menarquia o la interrupción de la menstruación (amenorrea), lo que se relaciona con la disminución de la secreción de estrógenos y, por tanto, de la actividad osteogénica, esto hace que se pierdan las reservas de calcio óseo, provocando la consiguiente aparición de osteoporosis.

Así, en las atletas y gimnastas con amenorrea, un posible déficit de estrógenos se asocia a la pérdida de calcio (Marcos 1995).

Wilmore y Costill (1998), citan un estudio en el que se comprueba, que la actividad física no protegía a las mujeres con amenorrea de pérdidas significativas de la densidad ósea. Además, en un seguimiento a estas mujeres cuando recuperaron la menstruación, se observa que la densidad ósea se incremento, pero que sus valores de densidad seguían siendo muy inferiores a la media de este grupo de edad, incluso 4 años después de haber reiniciado las menstruaciones normales.

Farrerons (2004) por su parte y en esta línea, cita estudios que confirman que un ejercicio intenso y excesivo provoca disfunciones menstruales asociadas a hipoestrogenismo que hará que disminuyan ostensiblemente los niveles de densidad ósea y que expondrán a una mayor probabilidad de fracturas. Se confirma, además, la imposibilidad de compensar las situaciones de hipoestrogenismo, ya se dé en niñas amenorréicas, o en mujeres menopáusicas, mediante la aplicación de un programa de actividad física.

El mecanismo específico por el cual el estrógeno afecta a la mineralización ósea es desconocido, ya que, no se entiende su rol en la dinámica ósea (Drinkwater y cols 2006). Los autores afirman, que no se han encontrado receptores de estrógenos en el hueso, por lo que la influencia debe ser indirecta y argumentan que estos podrían influir sobre el balance de calcio.

## 2. TEJIDO CONECTIVO

El tejido conectivo es el encargado de unir otras estructuras a las que confiere sujeción, rigidez, transmisión mecánica y movilidad, según la función específica de estas. Conforman además aponeurosis, fascias, ligamentos, tendones, entre otros, y su comportamiento mecánico vendrá dado por los porcentajes de los distintos tipos de tejido que componen la estructura, lo que le otorgará unas propiedades u otras.

### 2.1. Tipos de tejido

#### A. Tejido conectivo fibroso

Este está formado por una proteína denominada “colágeno”, que representa el 60-70% de la masa del tejido conjuntivo (Paoletti 2004) y constituye un tercio de todas las proteínas presentes en el cuerpo. Se caracteriza por poseer una estructura que le confiere una gran resistencia a la tensión y una relativa inextensibilidad.

El colágeno es la molécula principal que constituye los tejidos a nivel de cápsula articular, ligamentos, tendones, y capas de envoltorio muscular (fascias), presentando un elevado poder de “restitución” cuando se ve sometida a fuerzas de tracción, en virtud de su estructura y organización molecular e intermolecular (Ham 1977; Wheeler y cols 1984).

Paoletti (2004) establece 4 tipos de fibras de colágeno entre las que destaca las tipo I por su mayor frecuencia e importancia en el aparato locomotor. El colágeno tipo I, es un componente que aparecerá en mayor medida en aquellos tejidos conectivos periarticulares y musculares de naturaleza fibrosa (Ham 1977; Wheeler y cols 1984), y mecánicamente se caracteriza por la gran resistencia que ofrece a ser deformado, gracias a la fuerte cohesión establecida por enlaces de hidrogeno moleculares e intermoleculares, constatándose que estas fibras solo pueden ser deformadas un 5% de su longitud hasta llegar al punto de ruptura, en contraste con las fibras de elastina que como veremos alcanzan hasta un 150% para llegar a dicho punto (Weiss y Creep 1982).

#### B. Tejido conectivo elástico

Estas fibras ceden fácilmente al estiramiento alcanzando hasta un 150% en su deformación antes de llegar al punto de ruptura. Esto se debe a que están formadas por una red de cadenas espiralizadas de forma aleatoria, unidas por enlaces cruzados covalentes (Ham 1977; Wheeler y cols 1984; Weiss y Creep 1982), lo que les confiere la capacidad de extensibilidad (de estirarse) y de elasticidad (de volver a su posición inicial cuando cesa la fuerza que la estira).

Las fibras elásticas casi siempre son halladas en estrecha asociación con los tejidos colágenos y sus funciones se complementan otorgando a las estructuras y órganos (ligamentos, músculos, fascias, etc.) extensibilidad y elasticidad, gracias al tejido elástico, y constreñimiento rígido, que limita las deformaciones de los elementos elásticos, gracias a las fibras de colágeno. Cuando dominen estas últimas, prevalecerán la rigidez, la estabilidad, y la resistencia a la tensión por lo que habrá una restringida amplitud de movimiento.

Con la edad las fibras elásticas pierden su elasticidad por diversos cambios estructurales: fragmentación, calcificación y otras mineralizaciones y por el incremento de enlaces cruzados que hacen que aumente su rigidez (Ham 1977; Wheeler y cols 1984), haciéndose evidentes las pérdidas de flexibilidad.

## 2.2. Tejidos conectivos y movimiento

#### A. Inmovilización y tejidos conectivos

Cuando las articulaciones son inmovilizadas por cualquier periodo de tiempo los elementos del tejido conectivo de las cápsulas, ligamentos, tendones, músculos y fascias, pierden su propiedad de extensibilidad (Alter 1998). Esta pérdida se debe a la asociación entre la inmovilización y la disminución de sustancias viscosas (ácido hialurónico, condroitina-4-sulfato y condroitina-6-sulfato) y agua, cuya función consiste en lubricar las fibras colágenas, mantener la distancia entre fibras y fibrillas, permitir el deslizamiento de las primeras sobre las segundas, y evitar el exceso de enlaces cruzados, caracterizados por aumentar la rigidez y disminuir la extensibilidad.

Es decir, la pérdida de estas sustancias viscosas y del agua provocará una “reducción de la distancia crítica” entre las fibras colágenas, las que entrarán en contacto adheriéndose y alentando así, la formación de enlaces cruzados, con la consecuente pérdida de extensibilidad y aumento de la rigidez (Alter 1998).

La pérdida de extensibilidad se traducirá en una menor movilidad articular, consecuencia de la rigidez de los tejidos, debida a la retracción de los elementos pasivos articulares (Merí 2005), en virtud de la reducción de la distancia crítica y la proliferación de enlaces cruzados.

Miralles y cols. (2005), afirman que tras una inmovilización articular durante un periodo de tiempo marcado, se puede llegar a necesitar hasta un año para que los ligamentos recuperen su dureza y rigidez normal.

## B. El fenómeno de fatiga del tejido conjuntivo

Hemos visto las características que definían al colágeno, su gran resistencia a la deformación y su gran capacidad de “restitución” posterior a una elongación por tracción, ambas gracias a su estructura y organización molecular e intermolecular. Recordemos, además, su alta presencia y su importante función en aquellas estructuras de unión (cápsula articular, ligamentos, tendones y fascias musculares), que requerirán en mayor o menor medida estabilidad y cierta flexibilidad.

Alter (1998) encuentra estudios (Warren 1971 y 1976; Rigby y cols 1959), que demuestran que cuando las estructuras de tejido conectivo son alargadas de forma permanente se produce un cierto grado de “debilitamiento mecánico”, cuya magnitud dependerá de la forma y la intensidad de la carga.

Rodríguez García y cols. (1997), describen el “fenómeno de fatiga” al que están sujetas tales estructuras por su componente colágeno, y lo definen como *“el proceso por el cual, al aplicar y dejar de aplicar, un estímulo de tracción constantemente, el tejido irá cediendo incluso ante fuerzas menores, presentando un menor poder de restitución”*. Los autores afirman que la causa de este proceso podría ser, la alteración de la estructura molecular interna generada por las repetidas deformaciones, que disminuirían las fuerzas de atracción de las partículas en contacto.

Es decir, que si repetimos para bien (para desarrollar la flexibilidad) o para mal (por malas posiciones o por incorrectos movimientos forzados), el estiramiento forzado de estas estructuras, esta continuidad impedirá la consolidación de las conexiones intermoleculares en los tejidos conjuntivos, lo que se traducirá, en virtud del fenómeno de fatiga en un incremento progresivo de la deformación. Por el contrario, aseguran los autores, que si es interrumpido el proceso, se desarrollarán de nuevo fuertes uniones haciendo el proceso reversible. Esto, cuando hablamos del desarrollo de la flexibilidad, indica lo efímeras que son las ganancias y la necesidad de continuidad en el trabajo de la extensibilidad para su mantenimiento y/o desarrollo.

En la columna vertebral, la repetición de cargas, aún cuando estas sean moderadas, pueden modificar los tejidos vertebrales por acumulación del estrés, lo que irá debilitando y reduciendo el nivel de tolerancia (umbral), de las distintas estructuras raquídeas, provocando finalmente el fallo y la degeneración de estas (McGill 1997). Así, no siempre serán necesarias cargas de gran magnitud para dañar los tejidos, bastará con una carga moderada mantenida y repetida, que no dé tiempo a los tejidos a recuperar su capacidad fisiológica.

En cuanto a la aplicación de este fenómeno en el problema postural, la reversibilidad del proceso de deformación, en las desalineaciones del raquis, será un punto donde focalizar el trabajo para mantener la integridad de este, siempre y cuando la deformación de estos tejidos no haya sido lo suficientemente elevada en magnitud y/o tiempo, como para dañar los cuerpos vertebrales y los discos intervertebrales, lo que nos limitaría la recuperación fisiológica y funcional.

En este sentido, Warpeha (2006) afirma, que un estiramiento excesivo puede afectar a la eficiencia mecánica articular, pudiendo incrementar la laxitud de los ligamentos. Esto reduciría la rigidez articular, de modo, que se precisaría más tiempo y más energía para lograr la estabilización articular, con los riesgos para la integridad estructural que esto conlleva.

De ahí que el excesivo estiramiento pueda provocar laxitud en los ligamentos que protegen las articulaciones, por lo que estas dispondrán de un margen de movimiento más amplio de lo normal (George 1995), provocando una insuficiencia para detener un desplazamiento indeseado (Rodríguez García 2000) y, por tanto, una hiper movilidad o rango de movimiento superior al normal, inestabilidad y con el tiempo degeneración de la articulación (Merí 2005).

Liemohn (2005), señala los daños que sobre los tejidos conjuntivos puede ocasionar una carga excesiva y puntual, afirmando que aquellos movimientos de sobreesfuerzo articular, o bien por su rango o por la velocidad (balísticos), pueden provocar distensión aguda de los ligamentos capsulares y daños en el cartílago articular. Adams y Hutton

(1983) citados por el autor demostraron que cuando se produce un movimiento de anteroflexión sin control muscular, por ejemplo un movimiento balístico de flexión de tronco, los ligamentos supraespinosos, interespinosos y capsulares pueden sufrir un esguince.

Habrà por tanto, que cuidar todas aquellas posiciones o movimientos que por su magnitud, incorrección y/o repetición pongan en peligro la integridad de los tejidos y estructuras, pudiendo provocar con el tiempo disfunciones y deformaciones raquídeas.

### 3. ESTRUCTURAS RAQUÍDEAS

El raquis es una estructura ósea en forma de pilar que soporta el tronco, compuesta por multitud de componentes pasivos y activos (Bergmark 1989). Es un sistema dinámico formado por elementos rígidos, las vértebras, y elementos elásticos, los discos intervertebrales (Miralles y cols. 2005). Tiene una estructura lineal constituida por 33 ó 34 vértebras superpuestas, alternadas con discos fibrocartilaginosos a los que se unen íntimamente por fuertes estructuras ligamentosas, apoyadas por masas musculares. De estos 33-34 segmentos, 24 son móviles y contribuyen al movimiento del tronco.

Comín y Peris (1995) consideran que el raquis realiza tres funciones biomecánicas básicas:

- Transferir el peso y las cargas mecánicas externas.
- Permitir el movimiento fisiológico entre cabeza, tronco y pelvis.
- Proteger la médula espinal.

La morfología raquídea viene definida por aquellas estructuras que la conforman (vértebras, ligamentos, articulaciones y discos intervertebrales) y su disposición, que se evidenciará mediante la alineación del raquis y el equilibrio pélvico. Es importante considerar que la integridad de estas estructuras, es la base para una buena alineación de la columna vertebral, así como que, unos adecuados hábitos posturales y motrices, velan por esta integridad. Vamos a hacer un breve repaso de estas estructuras y como se disponen formando el raquis. La columna vertebral (figura 22), como hemos dicho, está formada por 33-34 vértebras: 7 cervicales, 12 dorsales, 5 lumbares y 9 fusionadas formando el sacro (5) y el cóccix (4).

#### Columna Vertebral

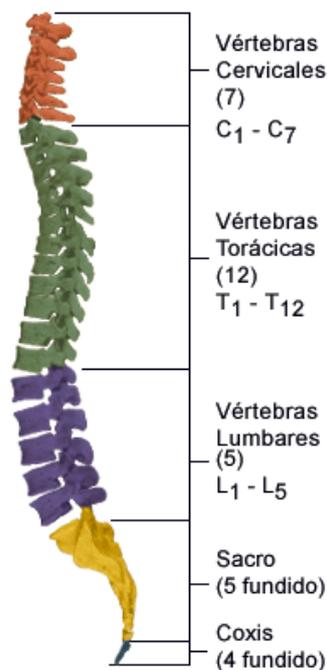


Figura 22.

En su conjunto y vista de frente (plano frontal) es rectilínea, aunque algunos individuos pueden presentar alguna leve curva transversal (escoliosis), dentro de unos límites no considerados patológicos.

En el plano sagital, el raquis queda dividido en una serie de curvaturas de naturaleza fisiológica: cervical, constituida por 7 vértebras (C1 a C7) dispuestas formando una curvatura de convexidad anterior; torácica o dorsal, constituida por 12 vértebras (T1 a T12), de convexidad posterior; lumbar, constituida por 5 vértebras (L1 a L5), de convexidad anterior; sacra, constituida por 5 vértebras (S1 a S5), de convexidad posterior, habitualmente fusionadas formando un solo hueso, el sacro; y coccígea, formada por 4-5 vértebras que constituyen el cóccix.

Estas curvas fisiológicas son algo a preservar y cuidar, ya que, además de posibilitar la bipedestación con las ventajas filogenéticas que esto conlleva, van a conferir al conjunto vertebral, de una mayor resistencia a las fuerzas de compresión axial. Este rendimiento biomecánico se fundamenta en el principio físico citado por Kapandji 1986:  $R=N^2+1$ , donde R es resistencia y N el número de curvas, por lo que un raquis con tres curvas (el sacro y cóccix no influyen) será diez veces más resistente que un raquis recto (Kapandji 1986; Lapierre 2000; Lloret 1997; López Miñarro 2000), funcionando como un resorte elástico, que absorbe los impactos producidos por el movimiento: saltos, carreras, etc (Norris 1998).

Por otra parte, esta disposición curvilínea, favorece la estática del cuerpo, en la que la línea de gravedad caerá sobre el polígono de apoyo, y en el que el peso ejerce sobre la columna una acción de tipo compresivo donde cada vértebra debe soportar las piezas superiores y donde la acción del peso ira descargándose de arriba abajo, descomponiéndose en dos direcciones, según la "Ley del paralelogramo de fuerzas". Una actuaría perpendicular sobre el plano de la vértebra inferior y, por tanto, sobre los discos intervertebrales que amortiguan y la otra sobre las apófisis articulares haciendo que la vértebra superior tienda a deslizar sobre la inferior (Tribastone 1997).

### 3.1. Regiones raquídeas: cervical, dorsal y lumbo-pelvica

#### A. La columna cervical

La zona cervical, está formada por 7 vértebras que forman una curva de convexidad anterior denominada: "Lordosis cervical".

Estas vértebras cervicales son todas de similares características salvo las dos primeras: atlas y axis que además de las diferencias de estructura es observable la ausencia de disco intervertebral entre el occipital y la vértebra atlas y entre esta y el axis, característicos en el resto de vértebras. Esta estructura y unión le confieren al raquis cervical superior una gran movilidad.

Los discos intervertebrales (entre C2 y C7) son más gruesos por delante que por detrás, siendo los responsables de la curvatura lordótica. Debido a esta geometría, el núcleo pulposo se localiza más centralmente respecto a las demás curvas del raquis (Cailliet 1988; Llanos 1988). Por otro lado, la curva lordótica cervical es menos acentuada que la lumbar debido a la distinta configuración de las vértebras y el menor espesor de los discos.

La séptima vértebra cervical, es denominada "prominens" porque su apófisis espinosa se puede palpar fácilmente a través de la piel, siendo la que más protuye de la región cervical y suele ser la primera apófisis que mejor se palpa en sentido cráneo-caudal (Santonja 1996).

#### B. La columna dorsal

La zona dorsal esta formada por 12 vértebras que forman una curva de convexidad posterior denominada: "Cifosis dorsal o torácica".

Una de las particularidades que las diferencia de las demás vértebras es que poseen unas carillas articulares, desde donde parten las 12 costillas dirección al esternón conformando el tórax. De ahí la importancia del conjunto vertebro-costal para la función respiratoria.

Anatómicamente la columna torácica o dorsal se extiende desde T3 a T9 y presenta una curva suavemente cifótica, producida por la forma vertebral en el plano medio. Según Lapierre (2000), en la región dorsal, la altura de los discos es idéntica anterior y posteriormente, por lo que la cifosis fisiológica es debida más a la estructura cuneiforme de los cuerpos vertebrales que a la forma de los discos. Estos, además, son más delgados que los cervicales y los lumbares, lo que se relaciona con su menor movilidad (Llanos 1988).

Biomecánicamente el raquis dorsal es relativamente más estable que el lumbar por sus estructuras óseas circundantes (costillas) y la musculatura que las conectan (Solomonow y cols 1998).

## C. La columna lumbar y la cintura pelvica

La columna lumbar está compuesta por 5 vértebras que forman una curva de convexidad anterior denominada: "Lordosis lumbar". La quinta vértebra lumbar y el disco entre esta y el sacro (disco lumbo-sacro) tienen mayor grosor en su parte anterior respecto a su parte posterior. Esta disimetría es la principal responsable de la curvatura característica de la lordosis lumbar, junto con la mayor altura de la parte anterior de los discos intervertebrales de todos los segmentos, además del ángulo lumbosacro, dado por la distancia en grados desde la cara superior del sacro, sobre la que se apoya el raquis, hasta la horizontal (30° aproximadamente). Cualquier variación de este ángulo modifica la curva lumbar.

La unión entre la última vértebra lumbar (L5) y el sacro se denomina charnela lumbo-sacra. En ella existe una tendencia a compensar las cargas axiales, mediante desplazamientos en cizalla de esta 5ª vértebra lumbar sobre el sacro, comprometiendo de este modo las estructuras pasivas (discos intervertebrales, ligamentos y articulaciones interapofisarias). Serán las articulaciones interapofisarias con sus ligamentos las encargadas de reforzar esta charnela lumbo-sacra, para evitar este deslizamiento.

El hueso sacro se une a su vez a los dos coxales formando el conjunto denominado "Cintura pélvica". Estudiaremos más adelante la importancia del equilibrio pélvico en relación con el ángulo lumbo-sacro y su influencia sobre la alineación del raquis.

Las vértebras lumbares poseen una mayor altura con respecto a las cervicales y dorsales ya que deben soportar una mayor carga.

Las curvas torácica y sacra de convexidad posterior se denominan "estructurales" y vienen dadas por una menor altura de los bordes vertebrales anteriores. Las curvas cervical y lumbar de convexidad anterior se denominan "funcionales" ya que son los discos con su forma de cuña los responsables de esta disposición del raquis en el plano sagital (Comín y Peris 1995).

Las curvas fisiológicas del raquis en el plano sagital presentan oscilaciones angulares entre amplios márgenes de normalidad, no obstante, cuando se superan dichos márgenes por exceso o por defecto se consideran deformidades. Dichas alteraciones podrán darse por incremento, disminución, abolición e incluso inversión de las curvas fisiológicas. Estudiaremos éstas en mayor profundidad en la segunda parte del libro.

## 3.2. El segmento vertebral

Si analizamos la unidad funcional vertebral o segmento vertebral (figura 23), observamos una articulación del tipo anfiartrosis entre los cuerpos, en la que las vértebras están separadas por unas almohadillas gelatinosas denominadas discos intervertebrales. Si bien estos segmentos vertebrales tienen una escasa movilidad, la suma de todas permite grandes rangos de movimiento en el conjunto del raquis.

Estos segmentos están, además, articulados posteriormente por unas carillas articulares, fijadas entre sí para dar estabilidad y contención, mediante unas cápsulas, denominándose al conjunto, articulación interapofisaria. Las articulaciones interapofisarias son diartrosis, del tipo artrodia o plana, que permite movimientos de deslizamiento en los tres ejes del espacio. Ligamentos y músculos darán estabilidad al conjunto.

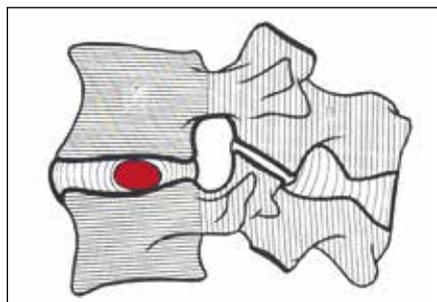
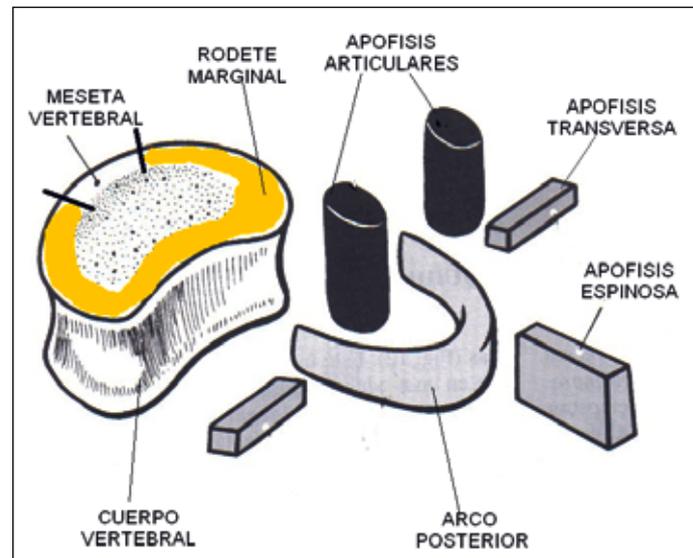


Figura 23. Segmento vertebral. Modificado de Kapandji 1998

Estudiemos en mayor profundidad cada una de las estructuras que conforman al segmento vertebral:

## A. La vértebra

Si descomponemos una vértebra tipo (figura 24), constatamos dos partes principales: el cuerpo vertebral (anterior) y el arco posterior.



*Figura 24. Partes de una vértebra. Modificado de Kapandji (1998).*

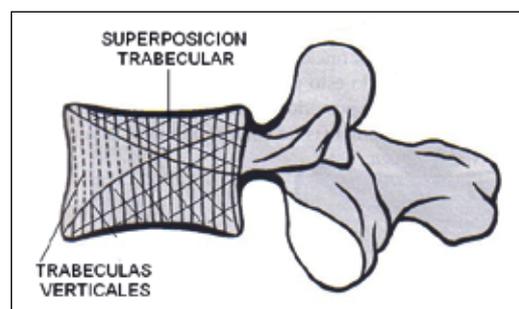
En el arco posterior diferenciamos las siguientes estructuras: las apófisis articulares que como veremos más adelante se articulan con sus homólogas superiores e inferiores, las apófisis transversas y la espinosa.

En el cuerpo vertebral, encontramos la estructura de un hueso corto, con un tejido cortical o compacto de hueso denso, rodeando al tejido esponjoso. El tejido cortical de la cara superior e inferior se denomina meseta vertebral, la parte central se espesa por la presencia de una porción cartilaginosa, y la periferia forma un reborde denominado rodete marginal el cual procede del punto de osificación epifisaria que se une al resto del cuerpo vertebral.

Las vértebras se caracterizan por un gran contenido de tejido óseo esponjoso o trabecular un 90%, y tan solo un 10% de tejido compacto de mayor densidad, lo que le dará una mayor capacidad para absorber y amortiguar las cargas en detrimento de la capacidad de solidez y rigidez.

Por su estructura, los cuerpos vertebrales se hallan diseñados para soportar cargas de compresión, ofreciendo una geometría de mayores dimensiones a medida que aumenta la magnitud de las fuerzas a soportar, por lo que las vértebras caudales son más voluminosas que las craneales (Panjabi 1985; Thomson y Floyd 1996).

En la figura 25, podemos observar el corte sagital de una vértebra, diferenciándose la disposición en trabéculas del tejido óseo esponjoso rodeado de tejido compacto o cortical. Esta disposición le va a conferir una mayor capacidad para absorber las cargas y para realizar una distribución homogénea de las mismas, sin embargo, aunque el cruce de estos tres sistemas trabeculares establece puntos de gran resistencia también, y como podemos observar en la figura, un punto de menor resistencia anterior (triángulo), ya que solo existen trabéculas verticales (Kapandji 1998).



*Figura 25. Estructura trabecular vertebral. Modificado de Kapandji (1998).*

A esta falta de superposición de trabéculas, Rodríguez-García (2000), le atribuye una contribución al debilitamiento de la zona anterior de los cuerpos vertebrales en los movimientos forzados de flexión de tronco, así como, en las continuas e incorrectas sedentaciones. Miralles y cols. (2005) corroboran este hecho, refiriéndose a este triángulo como "lugar de asentamiento de fracturas por flexión".

## B. El disco intervertebral

### B.1. Estructura de los discos intervertebrales

La articulación entre dos cuerpos vertebrales adyacentes, como ya hemos visto, es una anfiartrosis constituida por las dos mesetas vertebrales, unidas por un disco intervertebral (Kapandji 1998).

Este disco intervertebral es un órgano elástico autónomo que absorbe el peso y los choques, permitiendo una compresión transitoria y haciendo posible el juego articular gracias a la separación del líquido en el interior de una envoltura elástica (Tribastone 1997).

Su arquitectura le capacita para soportar las compresiones con gran eficacia, a la vez que le hace más vulnerable a los movimientos de cizalla.

El disco intervertebral consta de tres partes:

**Núcleo pulposo:** Formado por un material incompresible y gelatinoso contenido en un embase elástico, compuesto por un 88% de agua y una sustancia formada por mucopolisacáridos, conteniendo además fibras colágenas, células de aspecto condrocitario, células conjuntivas y aglomeraciones de células cartilaginosas (Kapandji 1998). Este contenido de agua, al nacer es del 88%, pero conforme envejecemos se va perdiendo la capacidad para su acumulación, disminuyendo su contenido hasta un 66% a los 70 años.

Su función es la de distribuir la presión procedente de una carga axial en una fuerza de sentido horizontal sobre el anillo fibroso, actuando como un amortiguador (Montoliú y cols 1994).

En cuanto a su ubicación, el núcleo pulposo está situado en la zona central en los segmentos vertebrales superiores, desplazándose posteriormente conforme descendemos a segmentos inferiores del raquis.

**Anillo fibroso:** Malla fibroelástica, densamente entrelazada, que encierra la matriz gelatinosa del disco (Tribastone 1997). Esta malla se presenta como una sucesión de capas fibrosas concéntricas cuya oblicuidad esta cruzada cuando se pasa de una capa a la contigua (Kapandji 1998).

Según Comín y Peris (1995), el anillo fibroso esta unido en la zona externa al tejido óseo de los cuerpos vertebrales y en la zona interna a las placas terminales.

Consta de aproximadamente 20 fibras elásticas, concéntricas y entrelazadas, cuya función es la de recibir los efectos finales de la mayoría de las fuerzas transmitidas desde un cuerpo vertebral hacia el otro gracias a la redistribución de una carga vertical en otra horizontal por la acción del núcleo pulposo (Montoliú y cols 1994; Alter 1998).

Tribastone (1997) afirma que la elasticidad del disco se le debe atribuir al "anillo" y no al líquido del núcleo, ya que, este último actúa según las leyes físicas de los líquidos bajo presión. El gel líquido nuclear es "incompresible", por lo que cualquier fuerza externa aplicada a una unidad de la superficie de este, se transmite inmodificada a cada unidad de la superficie interna del vaso (Ley de Pascal).

Los movimientos en distintas direcciones son posibles gracias a que solo se relajan una parte de las fibras, mientras que las otras permanecen tensas para impedir la caída de la presión intradiscal.

El anillo fibroso será de mayor grosor en la parte anterior de los discos de las lordosis (cervical y lumbar) con respecto a su porción posterior, siendo por ello responsables de la disposición curvilínea del raquis en el plano sagital, pudiendo además ser uno de los factores responsables del predominio de la protusión posterior del núcleo pulposo (Llanos 1988), junto con el hecho, de que el colágeno es menos abundante en la porción posterior y lateral del anillo, haciendo, por tanto, más vulnerables estas zonas (Hamill y Knutzen 1995).

**La carilla vertebral:** Este tercer componente separa el disco de su vértebra adyacente.

Miralles y cols. (2005) la definen como una capa de cartílago, de aproximadamente un milímetro de espesor, que recubre las caras vertebrales superior e inferior, y que forma de este modo, la cobertura superior e inferior del disco intervertebral, considerándose parte integrante del mismo. Así, el núcleo pulposo estará rodeado por el anillo fibroso y por el cartílago de las placas terminales.

Montoliu y cols (1994), atribuye a las carillas vertebrales tres funciones primordiales:

- Proteger a la vértebra de la atrofia por presión.
- Encerrar al núcleo pulposo y al anillo fibroso dentro de su espacio anatómico.
- Actuar como una membrana semipermeable para facilitar los intercambios de fluido entre núcleo pulposo, anillo fibroso y cuerpo vertebral.

En aquellos casos, en los que el anillo fibroso está sano y la fuerza de compresión es excesiva, será esta carilla la primera en ceder, por lo que se considera el eslabón débil de la columna (Liemohn 2005). Esto será debido a una mayor fragilidad estructural, y a que la presión soportada en un disco se divide en una presión radial contra el anillo fibroso, y otra cefalo-caudal contra las carillas vertebrales.

## **B.2. Función del disco intervertebral: Mecanismo de autoestabilidad y estado de pretensión**

Al mecanismo que permite transformar una carga axial en una horizontal, en cada una de las articulaciones vertebrales, gracias al mantenimiento de la presión intradiscal, se le denomina “mecanismo de autoestabilidad”. Este va a depender del estado de las fibras del anillo fibroso, que deberán contener con eficacia al núcleo pulposo, y del estado de hidrofilia del núcleo, el cual le va a conferir, el denominado estado de “pretensión”, entendido como la presión interna del núcleo en reposo, que a su vez dependerá de su estado de hidrofilia, dándole una mayor capacidad para resistir las cargas.

La estabilidad del raquis en su conjunto está asegurada, entre otras cosas, gracias a “la suma” de todas y cada una de las autoestabilizaciones de las articulaciones vertebrales, con un reparto de la carga entre los discos intervertebrales.

Con la edad y el sobreuso, tanto las fibras como el núcleo pierden sus propiedades de contención por parte de las primeras y de acumulación de agua por parte del núcleo, comprometiéndose así, el mecanismo de autoestabilidad, con una pérdida de eficacia a la hora de soportar las cargas.

En este sentido, Alter (1998) afirma, que el agotamiento debido a la tensión continua, al desgaste, y a las perturbaciones, pueden provocar una disminución del contenido de polisacáridos proteicos y una sustitución gradual del material gelatinoso del núcleo por fibrocartilago, disminuyendo así el contenido de fluido.

Por otro lado, la pérdida de la elasticidad y resistencia del anillo fibroso puede provocar en estas estructuras desgarras por los que el núcleo se saldría, provocando patologías como protusión discal, hernias de disco o pinzamientos.

## **B.3. Nutrición e hidratación del disco**

El disco está provisto de vascularización propia hasta la segunda década de la vida, posteriormente se vuelve avascular y se nutre gracias a la difusión de la linfa formada por la alternancia de compresiones y relajaciones (Tribastone 1997).

Trás la osificación de la placa terminal (epífisis), los vasos sanguíneos que nutrían al disco se obliteran, y éste se vuelve isquémico, por lo que serán fundamentales las compresiones y relajaciones alternativas sobre el disco intervertebral, ya que la hidratación se producirá mediante “imbibición” (Cailliet 1988; Liemohn 2005), a través de diminutos agujeros situados en la placa terminal calcificada y no exclusivamente mediante osmosis, como se pensaba en un principio (Cailliet 1988).

En presencia de presión, el agua del núcleo pulposo tiende a migrar hacia el centro de los cuerpos vertebrales a través de los poros microscópicos que comunican ambas estructuras. Debido a esto, el disco pierde altura, que recuperará una vez cesa la presión y se invierte el proceso, volviendo, de éste modo, el agua al núcleo pulposo. De ahí que por la mañana seamos más altos que por la noche, por la rehidratación y recuperación de la altura discal. Liemohn (2005) afirma que la contracción muscular mejora éste proceso de absorción, y que por el contrario, el sedentarismo será pernicioso para la correcta nutrición y funcionamiento de los discos intervertebrales.

Por otro lado, si no existen periodos de descarga suficientes el disco no recuperará completamente sus niveles de agua, constatándose un fenómeno de envejecimiento (Kapandji 1998).

## B.4. Disco intervertebral y movimiento

### Inmovilización y discos intervertebrales

Como hemos visto los discos intervertebrales necesitan de movimiento y reposo alternados para nutrirse. Está demostrado que la contracción muscular mejora este proceso de absorción, y que el sedentarismo es pernicioso para esta nutrición y para el funcionamiento de los discos intervertebrales (Liemohn 2005).

Sin movimiento el disco intervertebral se degenera, viéndose comprometido su mecanismo de autoestabilidad y, por tanto, su capacidad para contener y amortiguar movimientos indeseados. Esta inestabilidad, y debido a la sobrecarga, con el tiempo, se traducirá en una degeneración de las demás estructuras colindantes (ligamentos y articulaciones interapofisarias).

### Movimientos forzados y discos intervertebrales

Si bien es cierto que existe una necesidad de movimiento para la integridad del disco, también lo es, la importancia de los periodos de reposo para una rehidratación y descompresión del mismo, así como para la regeneración fisiológica de los tejidos del anillo fibroso.

Hemos estudiado el fenómeno de fatiga en los tejidos conectivos por movimientos inadecuados y/o repetitivos. El agotamiento debido a una tensión continua, que no deje recuperar la capacidad fisiológica a los tejidos, puede provocar una disminución del contenido de polisacáridos proteicos y una sustitución gradual del material gelatinoso del núcleo por fibrocartilago, disminuyendo así, el contenido de fluido. Puede, además, provocar un debilitamiento en las fibras del anillo fibroso, haciendo que en estas estructuras, se produzcan desgarros por los que finalmente el núcleo se saldría, provocando patologías como protusión discal, hernias de disco y pinzamientos.

La protusión discal está asociada a la repetición de movimientos y posturas que aumentan el estrés espinal. Trabajos de ingeniería han demostrado que una carga repetitiva puede provocar daños microscópicos, que se acumulan progresivamente y pueden llevar a un fallo total. Estos daños acumulativos se producen cuando las fuerzas cíclicas que actúan en las estructuras raquídeas exceden el umbral de tolerancia, que para el anillo fibroso es aproximadamente un 45% de la fuerza requerida para provocar una lesión aguda (Adams y Dolan 1997).

Para mantener la integridad de estas estructuras, será importante considerar, la relación entre distintas posiciones y movimientos-ejercicios y la presión en el interior del disco intervertebral, así como la importancia, de la necesidad, de periodos de descanso y regeneración de los tejidos.

Las presiones intradiscales fueron medidas con una técnica invasiva por Nachemson y Morris en 1964, mediante un transductor de presión colocado en los discos intervertebrales. Los autores establecen como valor de referencia el 100, que corresponde a la bipedestación y estudian los distintos incrementos porcentuales de la presión intradiscal en diferentes posiciones y movimientos, tal y como podemos ver en las figuras 26 y 27.

Si observamos detenidamente, los valores que destacan son el aumento de presión intradiscal en la posición de sedentación, con un incremento del 40% con respecto a la bipedestación, y aún más, si nos inclinamos hacia delante (+85%). En cuanto a los movimientos, destacar las hiperextensiones de tronco (+80%) y las incorporaciones con flexión de cadera y acción del psoas ilíaco (+110%).

Cailliet (1988) señala un incremento de 5 kilogramos por centímetro cuadrado entre la posición de bipedestación y sedentación.

Troisier citado por Tribastone (1997) encuentra un incremento de hasta 40 kilogramos, entre la bipedestación normal y la inclinada hacia delante.

Nachemson y Morris (1964), encuentran considerables incrementos de la presión intradiscal en estudios donde se manipulaba una carga separada del tronco (hasta 2 Mili Pascales de presión) y en el levantamiento de un objeto de 20 kg con piernas rectas (hasta 3.5 MPa).

Estudios más recientes (Wilke y cols 1999; Takahashi y cols 2006) corroboran los datos obtenidos por Nachemson y Morris en las distintas posiciones (sedentación, flexión de tronco y posiciones cifóticas), encontrando diferencias en la posición de sedentación con respaldo, donde la presión intradiscal fue menor que en la bipedestación y en la bipedestación con inclinación adelante donde Wilke y cols. encontraron una mayor presión intradiscal y, en mayor medida, cuando la posición se realizó con un peso en las manos.

Tribastone (1997) considera que los valores hallados en los distintos estudios, sobre la presión intradiscal subrayan la importancia de una práctica motriz racional, donde se respete la integridad fisiológica y estructural del raquis.

Por tanto, será de gran importancia el considerar el "parámetro de dirección" o geométrico, para la selección-diseño de un ejercicio así como los criterios para la adopción de una postura habitual.

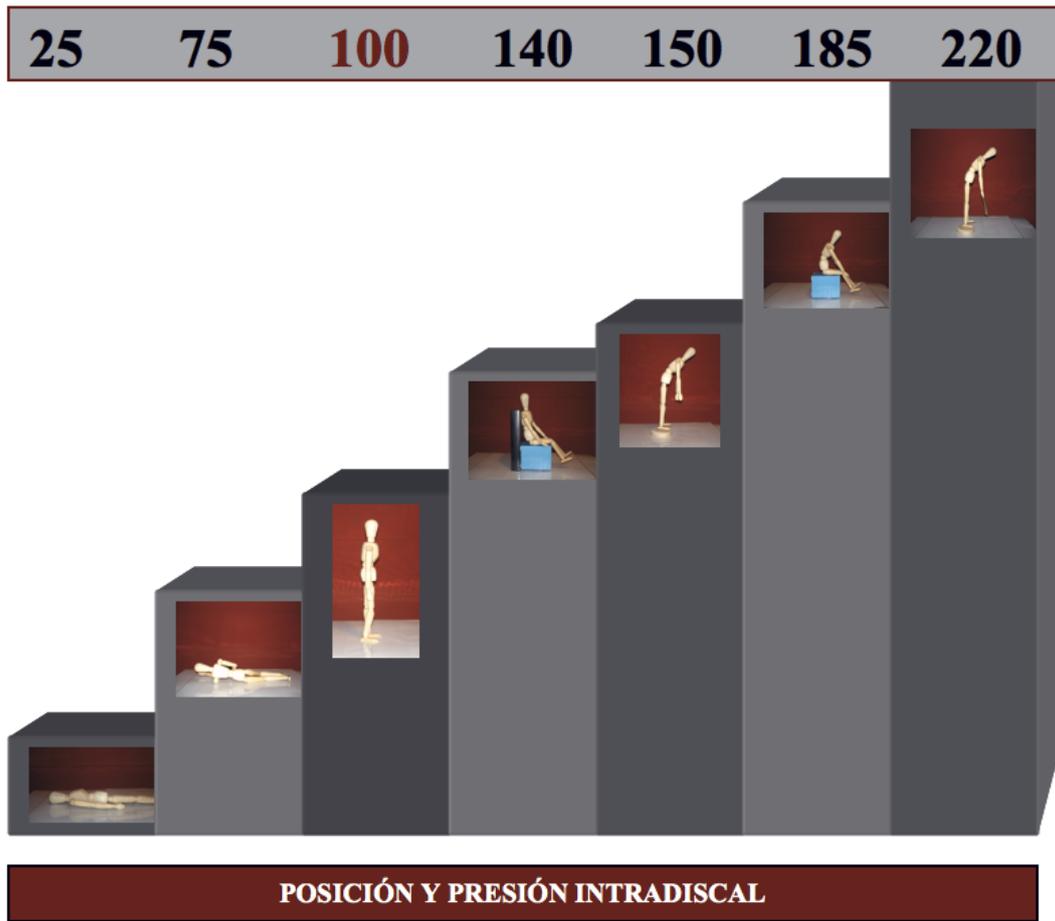


Figura 26. Modificado de Nachemson y Morris 1964.

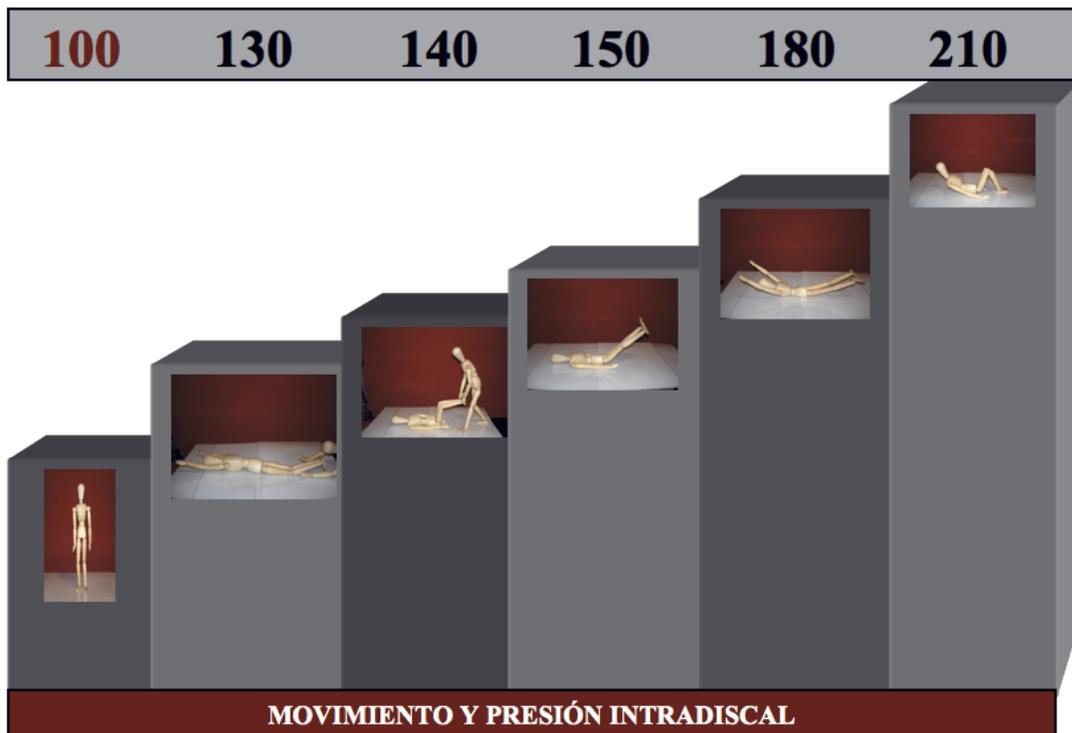


Figura 27. Modificado de Nachemson y Morris 1964.

Como vemos la integridad del disco va a depender del tipo de sollicitaciones a las que se le someta. Así, sobrecargas geométricas (por asimetría), por una inadecuada colocación del raquis, por un inapropiado brazo de palanca o por una incorrecta aplicación de la carga y esfuerzos de gran magnitud, donde las cargas superan la capacidad muscular del sujeto, hacen que las cargas recaigan sobre los discos y demás estructuras pasivas. Esta sobrecarga irá deteriorando la estructura discal afectando a la capacidad de rehidratación del núcleo y, por tanto, a su pretensión, y al estado de las fibras del anillo fibroso, provocando desgarros que impiden la correcta retención del primero y un deterioro del mecanismo de autoestabilidad.

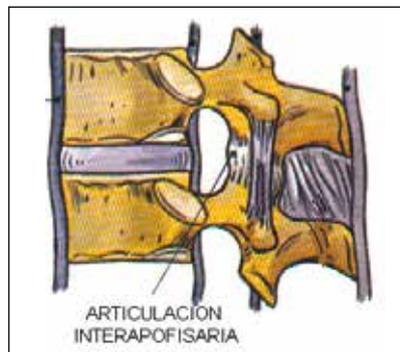
Habrá, además, que considerar las reacciones en cadena que un deterioro discal provocaría en las demás estructuras vertebrales (ligamentos y articulaciones interapofisarias), y las consecuencias fisiológicas de unas estructuras raquídeas degeneradas.

Con la edad, a partir de la segunda década, y el sobreuso, tanto las fibras como el núcleo pierden sus propiedades de contención, por parte de las primeras, y de acumulación de agua por parte del núcleo, lo que incrementa el estrés en el anillo fibroso (Adams y cols. 2000, Cassinelli y cols. 2001), comprometiéndose el mecanismo de autoestabilidad, y perdiendo por tanto, eficacia a la hora de soportar las cargas y disminuyendo, debido a su falta de vascularización, su capacidad de reparación y remodelación (Adams y Dolan 1995). Esto a su vez provocará una alteración en la absorción y distribución de las fuerzas, y un desequilibrio entre la degradación y la síntesis de los tejidos, dañando de este modo las estructuras colindantes.

### C. Las articulaciones interapofisarias

Esta articulación une las superficies articulares apofisarias que, como podemos observar en la figura 28, están incluidas y sujetas por una bolsa fibrosa y resistente, denominada cápsula articular y fijada además por los ligamentos interapofisarios.

Su papel mecánico es el de frenar, limitar y orientar el movimiento, resistiendo a torsiones y cizallamientos a la vez que contribuyen a la transferencia de las cargas. Estas funciones se diferenciarán según la distinta disposición de las carillas, característica de cada una de las zonas del raquis, tal y como estudiaremos en capítulos posteriores.



*Figura 28. Articulación interapofisaria. Modificado de Aramburu 1981.*

Las carillas articulares interapofisarias poseen, además, de estas articulaciones, unas estructuras meniscoides, cuya función es la de incrementar el área de superficie para soportar una carga, y la de proteger la superficie articular (Miralles y cols. 2005).

Por otro lado, hay que considerar, que la integridad de esta articulación está en estrecha relación con el estado del disco intervertebral, ya que cuando la altura del disco disminuye las relaciones articulares interapofisarias se alteran, y la interlínea se entrea bre hacia atrás, separándose de este modo las carillas articulares, provocando una artrosis (Kapandji 1998).

Liemohn (2005), en este sentido, afirma que ante este fenómeno de disminución de altura o rotura discal, las articulaciones interapofisarias se ven obligadas a soportar una mayor proporción de la carga y los ligamentos capsulares de esta articulación, pueden sobreestirarse de manera excesiva y crónica provocando hipermovilidad y sobrecarga, con la consiguiente degeneración articular.

## D. Los ligamentos raquídeos

Son estructuras que unen los huesos, compuestas por fibras elásticas y por fibras colágenas paralelas entre sí, o estrechamente entrelazadas (Alter 1998), permitiendo gracias a su capacidad de extensibilidad y elasticidad, el movimiento dentro de unos márgenes fisiológicos limitando, gracias a su componente de tejido colágeno, aquellos movimientos que los extralimiten. Los ligamentos y las cápsulas articulares aportan casi el 47% de la resistencia total al movimiento (Johns y Wright, 1962). En la columna vertebral se pueden encontrar en distintas formas: cuerdas, fajas y láminas.

Comín y Peris (1995), afirman que los ligamentos presentan su resistencia en la dirección en la que están orientadas sus fibras, considerando que estas trabajan contra tracción ya que bajo carga de compresión pandean sin soportarla. Según estos autores las funciones que cumplen los ligamentos son:

- Permitir el movimiento fisiológico: estabilidad
- Permitir actitudes posturales minimizando el gasto energético muscular: postura y equilibrio.
- Papel neurosensitivo: contribuyendo al sistema nervioso con su información propioceptiva.

### Ligamentos y movimiento

Las funciones de los ligamentos son la de estabilizar las articulaciones evitando movimientos excesivos y como transductores, interpretando las variaciones de longitud e informando a los músculos de éstas (Miralles y cols. 2005), siendo su función primaria la de limitar el rango de movimiento (Cholewicki y McGill 1992).

Johns y Wright (1962), establecen como podemos ver en la tabla 9, una contribución a la limitación del movimiento en general de un 47% de intervención por parte de los ligamentos y cápsulas articulares, de un 41% por parte de las fascias musculares, un 10% de los tendones y un 2% de la piel.

ESTRUCTURA	LIMITACIÓN %
Ligamentos y cápsulas	47%
Fascias musculares	41%
Tendón	10%
Piel	2%

**Tabla 9.** Estructuras y limitación del movimiento.

Tanto en la limitación de los movimientos como en el soporte de las cargas, existen estudios que explican la gran importancia e implicación de las estructuras osteoligamentarias, llegándose a veces a situaciones de sobresolicitaciones que ponen en peligro la integridad de las mismas.

Potvin y cols (1991) establecen un valor medio de 59° de flexión lumbar, y encuentran que a partir de los 38° de esta flexión se inicia la actividad limitadora del movimiento por parte de los ligamentos.

Los ligamentos están considerados, además, como órganos mecanorreceptores en la coordinación muscular y en la regulación refleja de la estabilidad conjunta, mediante la contribución en los patrones posturales reflejos (Sjölander y cols 2002; Merí 2005).

En esta línea Solomonow (2006), considera que los ligamentos son estructuras de gran importancia en el control motor, además de la consabida función de seguridad-estabilidad articular. Entre las funciones que caracterizan a éstos, comprueba su aportación propioceptiva, lo que les hace funcionar como un órgano sensitivo, participando en el mantenimiento de la postura y en la regulación del movimiento, excitando e inhibiendo el arco reflejo. El autor encuentra además, que la sobrecarga de los ligamentos, debida a cargas de larga duración, desarrolla respuestas inflamatorias agudas que requieren de periodos de recuperación, y que se asocian a "desordenes neuromusculares" que con el tiempo pueden derivar en desordenes crónicos. Este fenómeno es denominado "*cumulative trauma disorder*".

Norris (1998), afirma que un movimiento forzado y repetido puede provocar que un ligamento se distienda en exceso, llegando a inflamarse y provocar molestias. Por otro lado la adopción repetida de posiciones forzadas provoca que los ligamentos sobreestirados se alarguen, y que los que se encuentran relajados se acorten de forma ostensible.

Nigg (1980), citado por Fröhner (2003), afirma que existe una fase pasiva que dura 40 milisegundos, que son los que transcurren hasta que, de manera refleja se pone en marcha la musculatura ante un estímulo. Durante esta fase son los tejidos pasivos (ligamentos, discos intervertebrales y articulaciones interapofisarias), los que soportan la carga.

Basmaján (1976), apunta que son los ligamentos los principales agentes que impiden la separación de las articulaciones, y por tanto son éstos y no los músculos, los que mantienen en mayor medida la integridad articular. En estudios realizados por el autor, se comprobó que la musculatura no entra en acción (refleja) cuando se cuelga peso en una mano con el brazo a lo largo del cuerpo, a no ser que se haga voluntariamente. Por otro lado, explica la fatiga local como la sensación dolorosa de tensión en la cápsula articular y ligamentos y no en el exceso de trabajo de los músculos. Un claro ejemplo lo tenemos en el arco plantar del pie, donde los músculos, que presuntamente sostienen continuamente a los arcos, por lo general permanecen inactivos en la bipedestación, siendo, según Hicks (1954), (citado por Basmaján), las aponeurosis y ligamentos plantares los principales elementos que soportan el peso en esta posición, por lo que la fatiga no obedece a un fenómeno muscular.

Por otro lado, en la columna vertebral, estudios electromiográficos realizados por Brügger (citado por Kapandji 1996), ponen de manifiesto que al final de una flexión completa del raquis, este se estabiliza únicamente por la acción pasiva de los ligamentos raquídeos. Es decir, que en este tipo de movimientos de flexión profunda del raquis los topes que lo limitan son los ligamentos, por lo que existen riesgos para la integridad de los mismos (Granata y Rogers 2006).

Basmaján (1976) encuentra en diversos estudios (Floyd y Silver 1951,1955; Portnoy y Morin 1956; Joseph 1960), que durante la flexión de tronco hacia delante, la actividad de los músculos intrínsecos de la espalda es muy grande, hasta que se llega a la flexión extrema, donde son las estructuras ligamentosas las que se encargan de sostener la carga, ya que los músculos se inactivan. Este fenómeno, comprobaron que también se daba en las etapas iniciales del levantamiento de pesos grandes. Los autores hablan de un “mecanismo de inhibición refleja”, que confía el sostén del tronco a los ligamentos de la columna.

Kots (1966), en sus investigaciones, encontraba este silencio neuromuscular a partir de los 120° de flexión de tronco.

Estas mismas conclusiones las corroboran posteriores estudios (Kippers y Parker 1984; Sihvonen y cols 1991; Shirado y cols 1995; Toussaint y cols 1995), que observan este silencio muscular en la flexión profunda de tronco y comprueban además el papel dominante de los ligamentos en el inicio de la extensión de tronco con cargas bajas-moderadas. Se observa que este silencio muscular se produce en ausencia de la lordosis lumbar.

Gupta en 2001, observa que esta inhibición refleja se produce en el 57% de la flexión máxima de cadera y en el 84% de la flexión máxima de tronco. El autor explica que son los ligamentos vertebrales posteriores los responsables de mantener este equilibrio pasivo durante este fenómeno de flexión-relajación neuromuscular.

Callaghan y Dunk (2002), encuentran que este fenómeno de flexión-relajación ocurre en el 80-90% de la máxima flexión.

Esnault y Viel (1999) aseguran, que el mecanismo protector de los músculos extensores sobre el raquis en este tipo de movimientos, tiene un fallo. El sujeto queda sostenido por sus ligamentos al cesar la actividad neuromuscular, poniendo en peligro a los discos intervertebrales y ligamentos raquídeos.

Este fenómeno, que influye en los factores neuromusculares que controlan la estabilización raquídea, puede constituir un riesgo importante para las estructuras raquídeas, ya que provoca elevadas tensiones sobre las estructuras ligamentosas y grandes cargas de cizalla anterior en el raquis lumbar (McGill 1997, Granata y Rogers 2006).

Olson y Solomonow (2004) observan además, que al incrementar el número de repeticiones de flexión de tronco, el silencio muscular aparecerá cada vez con mayor antelación.

En 1988 Raftopoulos y cols, observaron un fenómeno de silencio eléctrico neuromuscular similar, en la flexión lateral donde la musculatura extensora se relajó. Sin embargo los músculos oblicuos del abdomen sí permanecían activos en todo momento.

Además, de la influencia del factor de inhibición muscular, en la protección del raquis, Esnault y Viel (1999) consideran que la musculatura del tronco posee una mayor extensibilidad que la que las estructuras pasivas (ligamentos, cápsulas, discos), les dejan ejercer. Es decir, que la movilidad de la columna estará limitada fundamentalmente por estas estructuras y en menor medida por la musculatura, que tiene una mayor capacidad de extensibilidad. Este hecho será de gran importancia a la hora de diseñar y seleccionar los ejercicios de extensibilidad de la musculatura raquídea.

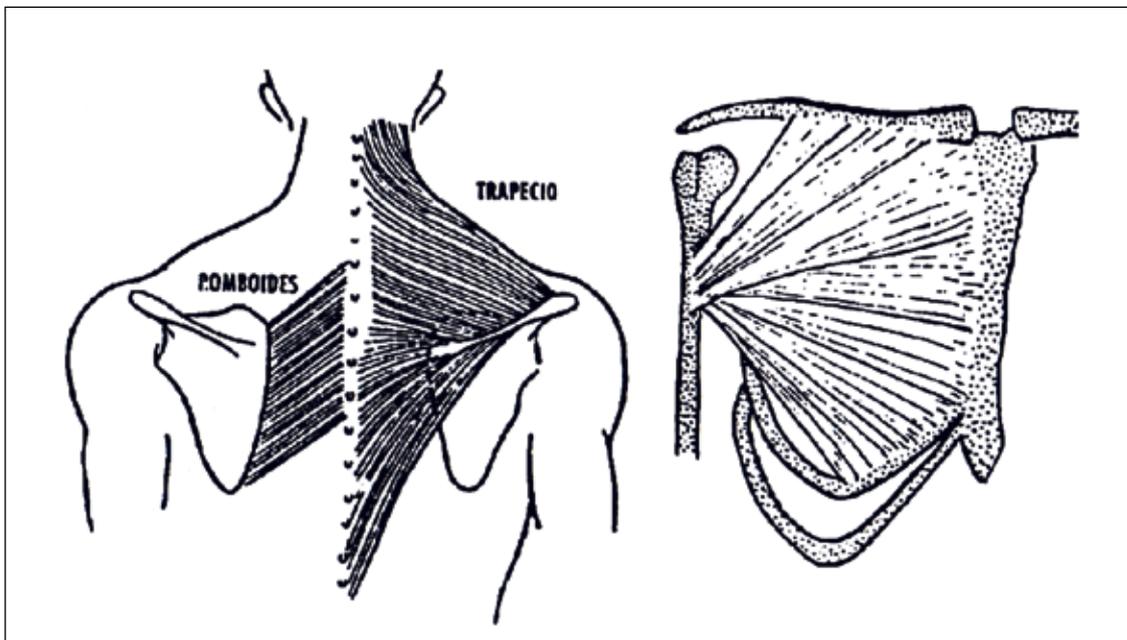
## CONCEPTOS BÁSICOS

- › El ejercicio será un factor de primer orden para la salud postural, teniendo en cuenta, que no todas las posibilidades de movimiento respetan la integridad de las estructuras del aparato locomotor y de la columna vertebral en particular.
  - › El ejercicio físico para la salud postural deberá asegurar el cuidado de las distintas estructuras pasivas del raquis:
    - › En la vértebra el ejercicio será fundamental en las etapas de crecimiento para su correcta mineralización. Habrá que cuidar que las cargas no sean excesivas en magnitud ni asimétricas para la correcta formación vertebral (sin acuñaamientos) y la adecuada estructura y ordenación trabecular.
    - › Los ligamentos al igual que el anillo fibroso del disco intervertebral está formado, entre otros tejidos, por el colágeno caracterizado por su alto poder de restitución. Posiciones y movimientos forzados y repetidos provocarán el denominado “fenómeno de fatiga”. El colágeno perderá, entonces, su capacidad para limitar movimientos indeseados y de amortiguar las presiones raquídeas pudiendo provocar inestabilidades y lesiones irreversibles.
- 

## A CONSIDERAR EN LA PRÁCTICA

- › El ejercicio postural para las estructuras pasivas deberá buscar:
  - › Acumular densidad ósea (plan de pensiones óseo), ya que es en las etapas de crecimiento, y gracias a una correcta y fisiológica exposición al movimiento, cuando se acumula el hueso que más adelante se necesitará.
  - › La exposición a cargas fisiológicas que faciliten el desarrollo óptimo del tejido óseo. Se evitarán cargas asimétricas, sobrecargas (magnitud) o esfuerzos mecánicos de impulso sobre la columna vertebral.
  - › Reforzar los músculos que dan al raquis estabilidad y simetría ya que cualquier debilidad significaría un exceso de estrés estructural.
  - › Se evitarán movimientos y posturas que fuercen la columna vertebral y, por tanto, que degeneren sus estructuras: flexiones, inflexiones y rotaciones forzadas de tronco y sedentaciones incorrectas.

# EL ELEMENTO NEUROMUSCULAR EN LA POSTURA



# EL ELEMENTO MUSCULAR EN LA POSTURA

## 1. LOS MÚSCULOS DEL RAQUIS

## 2. LAS FASCIAS

## 3. FISIOLOGÍA MUSCULAR

### 3.1. Función propioceptiva del músculo

### 3.2. Función postural

1. La unidad motriz
2. Músculos tónicos y fásicos
3. El sistema muscular para el equilibrio corporal y la estabilización del raquis
4. Aplicación práctica

## 4. MÚSCULO Y MOVIMIENTO

### 4.1. En relación con las propiedades elásticas

### 4.2. En relación con el tropismo muscular: atrofia vs hipertrofia

### 4.3. Músculo y exceso de actividad

### 4.4. Disbalance muscular tónico-fásico

## 5. ESTUDIO DEL BALANCE MUSCULAR POR REGIONES

### 1. Balance muscular: raquis cervical

### 2. Balance muscular: cintura escapular y raquis dorsal

### 3. Balance muscular: cintura pélvica y raquis lumbar

#### 3.1. Músculos retroversores

- 3.1.1 Los isquiosurales y el "síndrome de cortedad isquiosural"
- 3.1.2. La musculatura abdominal

#### 3.2. Músculos anteversores

- 3.2.1. El psoas-iliaco
- 3.2.2. Musculatura lumbar
  - Unidad funcional de estabilización del raquis lumbar

## 6. EL ELEMENTO NEURAL PARA EL ESQUEMA POSTURAL Y LA ESTABILIZACIÓN RAQUÍDEA

### 6.1. Sensación y percepción

### 6.2. Umbral sensorial y perceptivo

### 6.3. Umbrales y movimiento

### 6.4. El esquema corporal-postural

- 6.4.1. Movimiento y esquema corporal-postural

# EL ELEMENTO MUSCULAR EN LA POSTURA

## 1. LOS MÚSCULOS DEL RAQUIS

Miralles y cols. (2005), agrupa los músculos del raquis en intrínsecos y extrínsecos.

Los músculos intrínsecos del raquis se disponen formando dos masas o tractos musculares paralelos, uno medial o interno, constituido por músculos que unen entre sí las apófisis espinosas de vértebras adyacentes o distantes, y otro lateral externo, constituido por los músculos que, de igual modo que los anteriores, unen las apófisis transversas y las costillas en su ángulo posterior. Estos músculos pueden ser cortos, saltando de una vértebra a otra y son los más profundos; o largos y superficiales, saltando un mayor número de segmentos vertebrales.

Los músculos del tracto medial cortos son: interespinosos, recto posterior menor de la cabeza, recto posterior mayor de la cabeza, oblicuo posterior mayor de la cabeza, músculos rotadores y sacro-coccígeo; los largos son multifidos y semiespinales. Los músculos cortos del tracto lateral son el oblicuo menor de la cabeza e intertransversos; y los largos, son el largo del dorso, el iliocostal y el esplenio.

Los músculos extrínsecos principales con acción directa o indirecta sobre el raquis son: esternocleidomastoideo, trapecio, recto abdominal, oblicuo interno y externo, cuadrado lumbar, psoas iliaco, angular del omóplato, romboides, dorsal ancho y pectoral (como antagonista del trapecio y romboides).

Todas estas estructuras combaten las fuerzas mecánicas de compresión, tensión, torsión-rotación y cizalla, a la que está sometido el raquis. Ante cualquier alteración, las condiciones estáticas cambian y entonces la gravedad empieza a actuar de forma agresiva.

## 2. LAS FASCIAS

Se denomina así, a todas aquellas estructuras conectivas fibrosas que no reciben una denominación específica (Alter 1998). Estas variarán de espesor y densidad según las demandas funcionales, presentándose habitualmente en forma de láminas membranosas.

Upledger (1983), citado por Freres y Mairlot (2000), define a la fascia como *“una funda laminar de tejido conjuntivo ligeramente móvil y continuo de la cabeza a los pies”*. Entre estas dos láminas paralelas se encuentran unas bolsas que contienen las estructuras viscerales y somáticas del cuerpo humano.

Busquet (2004), habla de todas aquellas estructuras de origen mesodérmico, estructuras conjuntivas (aponeurosis, cápsulas articulares, vainas, tendones, ligamentos, periostio, pleura y peritoneo), a las que les confiere una identidad funcional, en la que todas ellas, aún estando físicamente repartidas por el organismo, funcionan como una **única fascia** en el plano funcional. Esta fascia cumple, según el autor, una función “primaria” en el problema de la estática, dando consistencia y unión al conjunto corporal. Considera además que estas son de gran importancia por la función de ligar las vísceras al plano músculo esquelético, estableciendo una relación causa-efecto entre ambas estructuras, donde la salud y el buen funcionamiento visceral estarán aseguradas por una adecuada función ósea y miofascial.

Estas fascias originan una elasticidad latente y una resistencia a la tensión, gracias a su composición de tejido colágeno y en virtud de su poder de restitución (Rodríguez García y col. 1997). Ambas propiedades serán imprescindibles para el tono muscular y la función postural.

Paoletti (2004), en esta línea, confirma la existencia de una continuidad fascial desde el cráneo hasta los pies formando las denominadas **“cadenas fasciales”** cuyo papel con respecto a la postura dependerá de su ubicación. El autor distingue las siguientes funciones:

- Papel de sostén, para el mantenimiento de la integridad anatómica del individuo. Los distintos órganos podrán mantener su forma anatómica y fijarse a la estructura ósea, permitiendo así un óptimo funcionamiento fisiológico.
- Papel amortiguador, en el que la organización de las fascias en varias capas superpuestas, a la vez interdependientes entre sí, y orientadas en distintas direcciones, (verticales, horizontales y oblicuas), van dar al cuerpo una mayor solidez y una mayor capacidad para soportar cargas.

- Regulación postural, considerando de gran importancia el papel de las fascias para el mantenimiento y la corrección de la postura, habiendo, según el autor, fascias especializadas para esta tarea.

Una fascia raquídea, cuya función es de gran importancia para la transmisión de la carga y la estabilización raquídea, y que está asociada a las masas musculares que se originan e insertan en la columna vertebral, es la “fascia tóraco-lumbar”. Esta estará formada por tres capas aponeuróticas que envuelven los músculos lumbares separándolos en tres compartimentos:

- Una capa anterior, bastante delgada y que deriva de la fascia del cuadrado lumbar y que cubre la cara anterior de éste insertándose en la cara anterior de las apófisis transversas lumbares.
- Una capa media que emerge por detrás del cuadrado lumbar, y que se inserta en los vértices de las apófisis transversas lumbares, continuándose lateralmente con la aponeurosis del músculo transverso del abdomen.
- Y una posterior que cubre los músculos de la espalda, originándose en las apófisis espinosas lumbares, rodeando la musculatura lumbar hasta confundirse con las otras capas de la fascia tóraco-lumbar, a lo largo del borde lateral del músculo iliocostal lumbar. La zona de unión entre las tres capas es densa y forma lo que se denomina “rafe lateral” (Scout 1989; Sarti 1998). Esta capa posterior está constituida por dos láminas, una superficial formada por la aponeurosis del músculo dorsal ancho, y otra profunda que en conjunto forman un retináculo sobre los músculos de la espalda. Insertada en la línea media, en la espina ílica posterosuperior y en el rafe lateral, la fascia envuelve los músculos de la espalda, evitando su desplazamiento posterior. La lámina profunda forma una serie de ligamentos alares que se extienden desde las apófisis transversas de L4-L5 y la espinosa de L3 hasta el ileón; el rafe lateral está formado por la unión de las dos láminas de la capa posterior, la capa media de la fascia tóraco-lumbar y con las fibras medias del músculo transverso del abdomen. Además, la capa posterior presta una inserción indirecta al transverso abdominal en las apófisis espinosas lumbares.

### 3. LA FUNCIÓN MUSCULAR

Entre las funciones del músculo esquelético podemos observar:

1. Producción de movimiento mediante la contracción muscular.
2. Permite el movimiento gracias a su extensibilidad y elasticidad.
3. Función propioceptiva:
  - Mecanismo de protección.
  - Tono postural: (equilibración-estabilización).
  - Coordinación de movimientos complejos.

#### 3.1. La función propioceptiva del músculo

La actividad propioceptiva del músculo cumplirá con las siguientes funciones:

- Activar los reflejos de protección (miotático y miotático inverso)
- Activar la inervación recíproca que inhibe al antagonista, importante para movimientos complejos y coordinados, y para facilitar la actividad del reflejo miotático.
- Función postural.
- Nutrir el esquema corporal-postural.

## 3.2. Función postural

### 3.2.1. La unidad motriz

Sherrington (1929) definía la “unidad motriz” como un *“nervio motor individual junto con el fascículo de fibras musculares a las cuales activa”*.

Las fibras de una unidad motriz pueden estar diseminadas y entremezcladas con las fibras de otras unidades. De ahí que los fascículos individuales, que se ven en los cortes transversales de preparados histológicos comunes de músculos estriados normales, raras veces o nunca corresponden a unidades motrices individuales de por sí (Basmajian 1976).

Además no todas las unidades motrices tienen el mismo umbral de excitación como demostró Keith Lucas, pero una vez activada una unidad motriz, todas las fibras que la forman se activarán según la ley del todo o nada, como demostraron Asmussen y Ranvier (Calderón y Legido 2002).

De aquí se deduce, que en una contracción muscular moderada se activarán, tan solo, las necesarias, aquellas fibras de bajo umbral. Habrá una adaptación neuromuscular en consonancia con los requerimientos, permaneciendo el resto de unidades motrices en reposo.

Esta especificidad de umbral de activación será importante a la hora de planificar y seleccionar aquellos ejercicios de desarrollo postural.

Por otro lado, los tipos de respuesta muscular que se llevarán a cabo en base a los distintos procedimientos adaptativos, tal y como lo describen Calderón y Legido (2002), serán:

- a) Reclutamiento de unidades motrices: se realizará en función de la ley del tamaño que viene dada por la relación de inervación, por lo que entrarán en acción en primer lugar aquellas unidades motrices con una mayor relación de inervación y posteriormente las de baja relación. Esto permite un mejor control de tensión y evita incrementos bruscos.
- b) El orden de reclutamiento también se efectuará según el tipo de unidad motriz, así las que primero se reclutarán serán las S o tónicas, después las FST o mixtas y en última instancia las FT o fásicas, según el orden decreciente de resistencia a la fatiga y del aumento de tensión y velocidad.
- c) Sumación temporal: La activación de las fibras musculares se llevará a cabo mediante los potenciales de acción que se suceden en salvas asegurando así los incrementos de tensión. A mayor frecuencia, mayor será la tensión resultante. Esta activación por sumación temporal será de gran importancia para la reguación postural.
- d) Sistema de relevo neuromuscular de las unidades motrices: Mediante la activación asincrónica de las unidades motrices, donde las distintas motoneuronas se alternarán, permitiendo incrementar el tiempo de contracción de un músculo reduciendo, así, la fatiga de las unidades motrices. Gracias a esta activación asincrónica se consigue una tensión constante y suave. Este mecanismo es de gran relevancia en los músculos antigravitatorios o posturales.

Es importante considerar que la diversidad estructural y funcional de las fibras musculares será consecuencia de la modulación del sistema nervioso dependiendo de dos aspectos:

- a) Las características de las motoneuronas: que definirán el patrón de estimulación y, por tanto, las propiedades de las fibras musculares a las que inerva. Los distintos tipos de unidades motrices y las características de cada una de ellas las podemos observar en la tabla 10.
- b) La distribución funcional de sus entradas: cada motoneurona puede recibir una influencia de aproximadamente 10.000 neuronas procedentes de la médula espinal o de los centros superiores.

UNIDAD MOTRIZ	A, IIb o Ft	B, I o St	C, IIa o FST
Tipo de contracción	Rápida	Lenta	Media
Motoneurona	Fásica	Tónica	Mixta
Fibra muscular	IIb	I	IIa
Músculo	Blanco	Rojo	-
Velocidad	Rápida	Lenta	Similar a rápida
Tensión	Elevada	Baja	Intermedia
Resistencia	Baja	Elevada	Alta
Metabolismo	Glucolítico	Oxidativo	-
Periodo de latencia	Breve	Prolongado	Intermedio

*Tabla 10. Tipos de Unidades Motrices y características.*

Wolf (1982), establece que la participación de un tipo u otro de unidades motrices dependerá de factores como:

- Las variaciones de velocidad del movimiento.
- La resistencia del movimiento.
- La co-contracción.
- Las influencias supraespinales.

Así, aquellos músculos destinados al mantenimiento de la posición (antigravitorios o posturales), deberán ser desarrollados de manera "específica", respetando sus particulares leyes fisiológicas, con estímulos lentos, mantenidos, con un umbral de activación bajo y una activación neuromuscular vía refleja.

### 3.3.2. Músculos tónicos y fásicos

Tal y como hemos visto, las propiedades y funciones de los músculos están determinadas por la inervación, y dado que todos los músculos poseen motoneuronas tónicas y fásicas se habla de músculos con "predominio" de unas o de otras.

Podemos observar en la tabla 11, aquellas características que van a definir a los músculos predominantemente tónicos así como a los fásicos.

MÚSCULO	FÁSICO	TÓNICO
Predominio	Fibras Fásicas (IIb)	Fibras tónicas (I)
Viscosidad	Baja	Elevada
Extensibilidad	Elevada	Baja
Contractibilidad	Elevada	Baja
Coloración	Blanco	Rojo
Forma	Largos y delgados	Cortos y gruesos
Tendencia	Debilitarse	Acortarse
Tono	Bajo	Elevado
Nº de Husos musculares	Bajo	Elevado
Resistencia	Baja/ Metab. glucolítico	Elevada/Metab. oxidativo
Activación	Estímulos de alto umbral	Estímulos de bajo umbral
Función	Movimiento dinámico	Estabilizador-postural
Denominación	Cinético	Antigrav.-postural-estabiliz
Cronaxia de fibra predom.	Débil (0,1-0,3)/contr. Rap.	Elevada(+0,3)/contr. lenta

*Tabla 11. Tipos de músculos y características.*

Los músculos posturales (tónicos), se caracterizan por estar inervados en mayor medida por motoneuronas tónicas y por poseer una mayor proporción de fibras rojas, tipo I, de contracción lenta, o tónicas. Están conformados para una mejor adaptación a esfuerzos prolongados gracias a su mayor capacidad oxidativa, a su resistencia y a una mayor actividad de las encimas que participan en las reacciones aeróbicas. Además, poseen un mayor número y tamaño de mitocondrias, donde ocurren las reacciones aeróbicas, así como un mayor número de capilares por fibra, un mayor contenido de mioglobina, y una mayor cantidad de triglicéridos almacenados. Todo ello le confiere una mejor respuesta a esfuerzos de resistencia (Fox 1991, Willmore y Costill 1998). Pero esto no significa que su funcionamiento no este sujeto a las leyes miofisiológicas de alternancia de tensión-relajación que preservan su integridad estructural y funcional.

Por otro lado, hay que considerar que todos los músculos poseen fibras blancas y rojas en proporciones variables en cada músculo y en cada sujeto. Al hablar de músculos tónicos y fásicos nos estaremos refiriendo al “predominio” de unidades motrices de una naturaleza tónica o fásica siendo la inervación la que determinará las propiedades de la fibra muscular.

En este sentido Spring y cols. (2002), agrupan los músculos predominantemente tónicos y músculos predominantemente fásicos, tal y como podemos observar en la tabla 12.

<b>Musc. Predominantemente TÓNICOS</b>	<b>Musc. Predominantemente FÁSICOS</b>
▶ Cintura Escapular: Pectoral mayor Elevador escapular Trapecio (par descendente) Escalenos	Romboides Trapecio Triceps Biceps
▶ Raquis: Erector espinal lumbar Erector espinal cervical Cuadrado lumbar	Erector espinal torácico Abdominales
▶ Cintura pélvica/ Muslo: Isquiosurales Psoas-iliaco Recto femoral Adductores Grácil Peniforme Tensor de la fascia lata	Vastos Glúteos
▶ Pierna/ Pie: Gastrocnemio Sóleo	Tibial anterior Peroneos

*Tabla 12. Músculos predominantemente tónicos y fásicos.*

Basmaján (1976) encuentra, en diversos estudios electromiográficos que la musculatura intrínseca de la columna vertebral presenta distintas modalidades de actividad en distintos tipos de movimientos, estableciendo dos funciones musculares: iniciadores del movimiento y estabilizadores del tronco.

En esta línea Breñaza-Martín y cols. (2006), encuentran en estudios electromiográficos, dos controles paralelos y diferenciados en el sistema nervioso central, uno para desempeñar el movimiento de tronco y otro para conservarlo estabilizado.

Conaill y Basmaján (1969) confirman la idea de que los músculos transversoespinosos, actúan como “ligamentos dinámicos” ajustando pequeños movimientos entre vértebras individuales. Afirman, además, que serán otros músculos con mayor brazo de palanca los responsables de generar movimientos mayores.

Klausen (1965) concluyó que los músculos cortos intrínsecos y profundos de la espalda tienen que ejercer una función importante en la “estabilización” de las articulaciones intervertebrales individuales. Los largos músculos intrínsecos y los músculos abdominales estabilizan a la columna como un todo.

En palabras de Basmajian “unos músculos tan próximos a una articulación tienen que cumplir una función postural o estabilizadora”.

George (1995) afirma que los músculos esqueléticos son posturales o fásicos dependiendo de su función y que con la edad los músculos posturales también llamados tónicos tienden a tensarse, ya que los músculos fásicos suelen debilitarse y perder tono.

### 3.3.3. El sistema muscular para el equilibrio corporal y la estabilización del raquis

Los problemas de la postura estática, giran alrededor de una fina neutralización de la fuerza de la gravedad por fuerzas contrarias, que aseguren el mantenimiento del equilibrio con el menor gasto de energía manteniendo la línea de gravedad y el centro de gravedad dentro de la base de sustentación.

Según Basmajian (1976), durante la bipedestación erecta la mayoría de los seres humanos requieren una actividad escasa, refleja e intermitente en los músculos intrínsecos de la columna, tal y como demuestran numerosos estudios. El autor sostiene, que de todos los mamíferos el hombre adopta el mecanismo antigraavitacional más económico, una vez que alcanza la bipedestación. Por el contrario un cuadrúpedo se ve obligado a mantener las articulaciones en flexión parcial por medio de su constante actividad neuromuscular. Afirma, además, que el cansancio de la bipedestación no se debe a la fatiga muscular, sino que habría que atribuírsela a la fatiga de los ligamentos y a consecuencia de la defectuosa circulación sanguínea.

Cailliet (1988) considera que el raquis permanece erecto principalmente por sus componentes de tejido blando: ligamentos, tejidos capsulares y músculos, atribuyendo a estos últimos un menor papel por cuestiones de ahorro energético. Sostiene, además, que mediante un reflejo, activado por la sobresolicitación ligamentosa y capsular, entra en acción la musculatura para que los requerimientos sobre estas estructuras no excedan sus límites fisiológicos. Un equilibrio entre el apoyo ligamentoso y el tono muscular reequilibrador garantizará la postura erecta. El autor afirma que solo el grupo muscular de los gemelos y sóleo está activo en esta en actitud relajada y estática.

Existen distintas formas de llevar a cabo las reequilibraciones propias de la postura en bipedestación y, por tanto diversas estrategias a las que Mesure define como: “*las cadenas cinemáticas de ajustes posturales ensamblada en una unidad eficiente, para conseguir un objetivo fijado*”. En este caso, el de mantener la línea de gravedad dentro de la base de sustentación. Podemos encontrar las siguientes estrategias:

1. De tobillo: el cuerpo a modo de péndulo invertido oscila alrededor del tobillo para reequilibrarse.
2. De cintura pélvica: mediante movimientos de anteversión-retroversión y antepulsión-retropulsión se recupera el equilibrio.
3. Vertical: mediante el descenso del centro de gravedad.

Los músculos estabilizadores del raquis serán fundamentalmente el transversal abdominal (Hodges y Richardson 1996) y en menor medida los oblicuos del abdomen (Cresswell y Thorstenson 1994). Su contracción provoca:

- La tracción lateral de la fascia tóraco-lumbar produciendo un momento extensor sobre las vértebras debido a la dirección oblicua de sus fibras. Las fibras de la lámina superficial tienen una dirección caudomedial y la profunda craneomedial. Una tracción transversal tiende a aproximar las apófisis espinosas, creándose así el momento extensor sobre todo en el raquis lumbar.
- El aumento de la presión intra-abdominal (PIA), interviene como mecanismo de protección durante el levantamiento de pesos y movimientos en flexión de tronco (Monfort y Sarti 1998; Mueller y cols. 1998). Esta presión proporciona un empuje bajo el diafragma y sobre el suelo pélvico, que se transmite a la espina torácica y a los hombros por medio de las costillas, disminuyendo así la carga sobre el raquis.

Aunque la estabilidad resulta de la coordinación de patrones de activación neuro-muscular que involucran a estos músculos (Cholewicki y VanVliet 2002; McGill y cols 2003), estos patrones, así como los músculos que actúan, serán variables dependiendo de las condiciones de las tareas (McGill y cols 2003) y de otras circunstancias, tal y como lo corroboran diversos estudios.

### 3.3.4. Aplicaciones prácticas

Según todo lo expuesto el trabajo de fortalecimiento muscular deberá ir dirigido a la obtención y mantenimiento de un óptimo balance y función neuromuscular y a una idónea estabilización del raquis, entendida esta, como una adecuada "disponibilidad neuromuscular" de los grupos posturales-estabilizadores.

La importancia del desarrollo de la estabilidad raquídea ha sido estudiada por diversos autores, White y Panjabi (1990) y Kreighbanm y Barthels (1990), citados por Monfort (2000), que la definen como: la habilidad del raquis para limitar patrones de desplazamiento bajo cargas fisiológicas, de forma que no dañe o irrite la cuerda espinal o raíces nerviosas.

Ya que la fisiología del músculo esta bajo la dependencia exclusiva del sistema nervioso, cabría cuestionarse sí:

- Las condiciones en las que se debe trabajar esta musculatura postural ¿está siempre en consonancia con el trabajo de musculación que comúnmente se desarrolla, que además de no ir dirigido a los músculos y unidades motrices realmente responsables de la postura, lo hace en condiciones de activación de las fibras de umbral alto?
- ¿Sería eficaz desarrollar exclusivamente un trabajo muscular aislado con una mejora de la fuerza-extensibilidad muscular en condiciones voluntarias?, si las otras 23 horas nuestro sistema nervioso y en base a nuestro esquema postural va a ordenar la tensión y relajación de siempre.

Como hemos visto las unidades motrices propias de los músculos posturales se caracterizan por un bajo umbral de activación, por lo que solo serán activadas por los estímulos neuromotrices de intensidad débil que rigen el tono postural.

Cholewicki y Vliet (2002) consideran que los músculos del tronco deben reclutarse con una secuencia y tensión apropiada para soportar las cargas y mantener la estabilidad.

En esta línea Henrotte (2000), considera dos tipos de músculos, los clónicos voluntarios, destinados a la realización de movimientos de corta duración y los músculos tónicos destinados al mantenimiento de una posición o una postura, más lentos y "poco o nada sometidos al control directo de la voluntad". En base a esto mantiene que *"el enderezamiento de la columna vertebral mediante la acción de los músculos voluntarios solo conduce al endurecimiento perjudicial de dichos músculos sin que se refuerce la musculatura tónica o postural "accesible únicamente por vía refleja"*.

O'Sullivan y col. (1997) citados por Liemohn (2005), consideran que la musculatura estabilizadora debe trabajarse específicamente para evitar el empleo de la musculatura global como compensación o eliminación de la actividad de estabilización de la musculatura profunda local.

Monfort (2000), cree necesaria una búsqueda de especificidad en el trabajo de la musculatura estabilizadora para lo que habrá que considerar, que lo que debe ser educado-desarrollado de manera específica no es el músculo, sino el sistema neuromotor y el desarrollo de la condición muscular, además de ser específico, deberá estar a disposición de este sistema.

Viel (1994) considera que el músculo es un órgano receptor (husos neuromusculares y OTG), y es mediante la excitación de las terminaciones como se obtiene la movilización de los "circuitos aferentes", provocando de manera automática o refleja la contracción muscular, ya sea para proteger o para aprender una reacción o movimiento. El autor considera que la utilización de los estímulos propioceptivos ayuda a la educación o a la reeducación sensitivomuscular: "Reprogramación motriz". Considera además que la musculatura estabilizadora predominantemente tónica recibe muy poca influencia del control cortical, afirmando que la reeducación analítica olvida este hecho. Propone como método para el desarrollo de esta musculatura y como medio de despertar a un músculo debilitado:

- La utilización de posiciones articulares estáticas mediante contracciones isométricas para estimular los estato-mecanorreceptores cuyo nivel de excitabilidad es bajo y de adaptación muy lenta.
- La facilitación neuromuscular propioceptiva (Kabat). Una de las técnicas basada en la sumación espacial consistirá en unir una contracción refleja a una voluntaria donde los estímulos sean simultáneos: la utilización de presiones lentas y progresivas de desequilibrio acompañadas de la indicación de "no dejes que te empuje o traccione" en distintas posiciones habituales.

Lapierre (2000) considera que los ejercicios de musculación son artificiales y voluntarios y no permiten la percepción del emplazamiento natural de los segmentos ni solicitan los reflejos habituales. Considera además que la magni-

tud necesaria para la obtención de una actitud equilibrada no necesita más que unas contracciones tónicas equilibradoras de pequeña intensidad. Solo en aquellos casos de debilidades musculares compensadas con desalineaciones por cesión del equilibrio a músculos más fuertes, requieren de estos ejercicios de fortalecimiento.

En cuanto a aquellos músculos acortados que limitan la movilidad natural, considera que deben ser estirados para la percepción de los segmentos y su integración en el esquema corporal.

## 4. MÚSCULO Y MOVIMIENTO

### 4.1. En relación con las propiedades elásticas

El tejido muscular tiene una gran capacidad para adaptarse a sus condiciones funcionales. Tal y como demuestran diversos estudios, el número y la longitud de los sarcómeros, y la longitud de las fibras se ajustan a la "longitud funcional" de todo el músculo, del mismo modo que su capilarización se adaptará a su actividad (Merí, 2005). Las investigaciones de Goldspink y Williams (1971) demostraron que el aumento en la longitud de la fibra durante el crecimiento normal, está asociado a un gran incremento en el número de sarcómeros paralelo a la longitud de la fibra.

Además y, puesto que la longitud de los filamentos de actina y miosina es constante, la adaptación de los músculos adultos a una "longitud funcional" diferente, debe implicar, la producción o eliminación de un cierto número de sarcómeros según los cambios de longitud producidos.

Esta capacidad de adaptación muscular se ha constatado en diversos estudios; así, en condiciones de inmovilidad y posición encogida, el músculo puede llegar a disminuir hasta en un 40%, la cantidad de sarcómeros en serie de las fibras musculares, con una consiguiente pérdida de la extensibilidad. Ésto ocurre porque el tejido conectivo se pierde a una menor velocidad que el tejido muscular, por lo que el porcentaje de tejido colágeno aumenta, y por consiguiente, la capacidad para estirarse disminuye.

Otros estudios corroboran los efectos que tiene la inmovilización de un músculo en posición estirada, constatándose un incremento de su longitud de hasta un 25% (Tabary, 1972).

Este fenómeno se explica con la ley de longitud muscular de Borelli y Weber Fick la cual establece que, *"al ser la longitud de las fibras musculares proporcional al acortamiento que se produce en su contracción, la amplitud de movimiento condiciona la longitud del vientre muscular y viceversa"*. Por tanto, la continua limitación de la amplitud del movimiento provoca, al cabo de un determinado tiempo, la regresión de las fibras del músculo afectado, mientras que la excursión máxima provoca el incremento de su longitud.

Lesur (1969) establece que si, trabajamos en acortamiento completo y en estiramiento incompleto, con contracciones concéntricas de poca amplitud y en el sector donde los extremos del músculo son adyacentes, se producirá un "acortamiento" del músculo. Este procedimiento sería de utilidad para tratar un músculo demasiado elongado.

Por otro lado, si lo que queremos es "elongar" un músculo excesivamente contraído, sería necesario trabajarlo en estiramiento completo y en acortamiento incompleto, con contracciones excéntricas de poca amplitud, siempre en el sector donde los extremos del músculo estén lo más alejados posible.

Cos y Porta (1997), citados por García Manso (1999), diferencian cuatro amplitudes básicas de trabajo muscular, en los que se pone de manifiesto todo lo expuesto:

#### 1. Contracción y estiramiento completos:

- La longitud total del músculo no varía o aumenta.
- Aumento de la longitud del vientre muscular.

#### 2. Contracción incompleta y estiramiento completo:

- Disminución del componente contráctil.
- Aumento de la longitud del tendón.
- Aumento de la longitud total del músculo.

3. Contracción completa y estiramiento incompleto:
  - Ligera disminución del componente contráctil.
  - Los tendones mantienen su longitud.
  - La longitud total del músculo disminuye.
4. Contracción incompleta y extensión incompleta:
  - Importante disminución del componente contráctil.
  - Ligero aumento de tendones.
  - Disminuye amplitud total.

## 4.2. En relación con el trofismo muscular (atrofia versus hipertrofia)

Wilmore y Costill (1998) indican los importantes cambios musculares a causa de una inmovilización, señalando un descenso en el ritmo de síntesis proteínica durante las primeras seis horas relacionado con el inicio de la "atrofia" muscular, consistente en un adelgazamiento o reducción del tamaño del tejido muscular. La atrofia se produce por una falta de utilización del músculo, y es el resultado de la pérdida consiguiente de proteínas musculares. Esta pérdida de masa muscular va además acompañada por una considerable pérdida de fuerza. Los autores afirman que la inactividad total produce rápidas pérdidas, y que períodos prolongados de "actividad reducida" llevan del mismo modo a pérdidas graduales, que al final llegan a ser notables.

Entre otros, los efectos de la inactividad total o parcial serían:

- Atrofia muscular con notable reducción de masa muscular y contenido de agua.
- Variaciones neurológicas por un desuso de la estimulación neuromuscular (hiporreactividad neuromuscular).
- Pérdida de fuerza explicada por la disminución del número de miofibrillas, del tamaño de las mismas y, en mayor medida, por la degeneración neurológica (Hákkinen 2000; Bellew 2006).
- Disminución de la actividad de las enzimas oxidativas, con la consiguiente pérdida de capacidad de trabajo muscular en condiciones aeróbicas.
- Reducción de la capilarización muscular con el consiguiente descenso del suministro de oxígeno y, por tanto, del potencial oxidativo del músculo.

## 4.3. Músculo y exceso de actividad

Desde el punto de vista del mantenimiento de la postura corporal, aquellos músculos antigravitatorios, que por la adopción de posturas incorrectas son sobresolicitados, presentarán altos niveles de tensión.

Un músculo en tensión permanente, tiene un mayor gasto energético, tiende a obstruir su propio riego sanguíneo lo que se traduce en una falta de oxígeno y sustancias nutritivas esenciales y en la acumulación de los residuos tóxicos que se forman en las células (Busquet 2004).

Las contracciones estáticas, con movimientos lentos y de poca amplitud, provocan, con el tiempo, un aumento del sarcoplasma muscular. Este tipo de contracciones imposibilita al músculo la obtención de sustratos y oxígeno mediante la corriente circulatoria, debido a la obstrucción del sistema vascular (Tribastone 1997).

Así, cuando un músculo permanece en una posición de constante actividad no fisiológica, por una desalineación raquídea, se desarrolla en él un estado anormal de contracción prolongada llamado contractura. Éste terminará por sufrir distintas adaptaciones morfofuncionales, con una pérdida de su capacidad funcional, disminución de su longitud y de su fuerza. Con el tiempo provocarán un desbalance muscular, que incrementará el problema postural.

## 4.4. Desbalance muscular tónico-fásico

Spring y cols. (2002) hablan de un "mecanismo de desarmonía muscular" entre los grupos musculares tónicos y fásicos que podría romper el equilibrio fisiológico que hay entre ellos. Según los autores un músculo tónico acortado inhibirá al antagonista y al sinergista fásicos correspondientes, con lo que la máxima actividad de estos músculos quedará disminuida, limitando e inhibiendo su actividad neurológica. Estas influencias mecánicas y neurofisiológicas, de los músculos tónicos sobre los fásicos, serán las causantes de los desequilibrios musculares (Liebenson 1999).

Tanto la falta de actividad física, por parte de un sujeto, como la aplicación de unas cargas incorrectas, pueden romper ese balance muscular entre musculatura tónica y fásica pudiendo provocar disfunciones neurológicas, desalineaciones y daños estructurales (ver figura 30). Todo ello podrá hacer que una desalineación raquídea actitudinal se acabe estructurando en una verdadera e irreversible deformación.

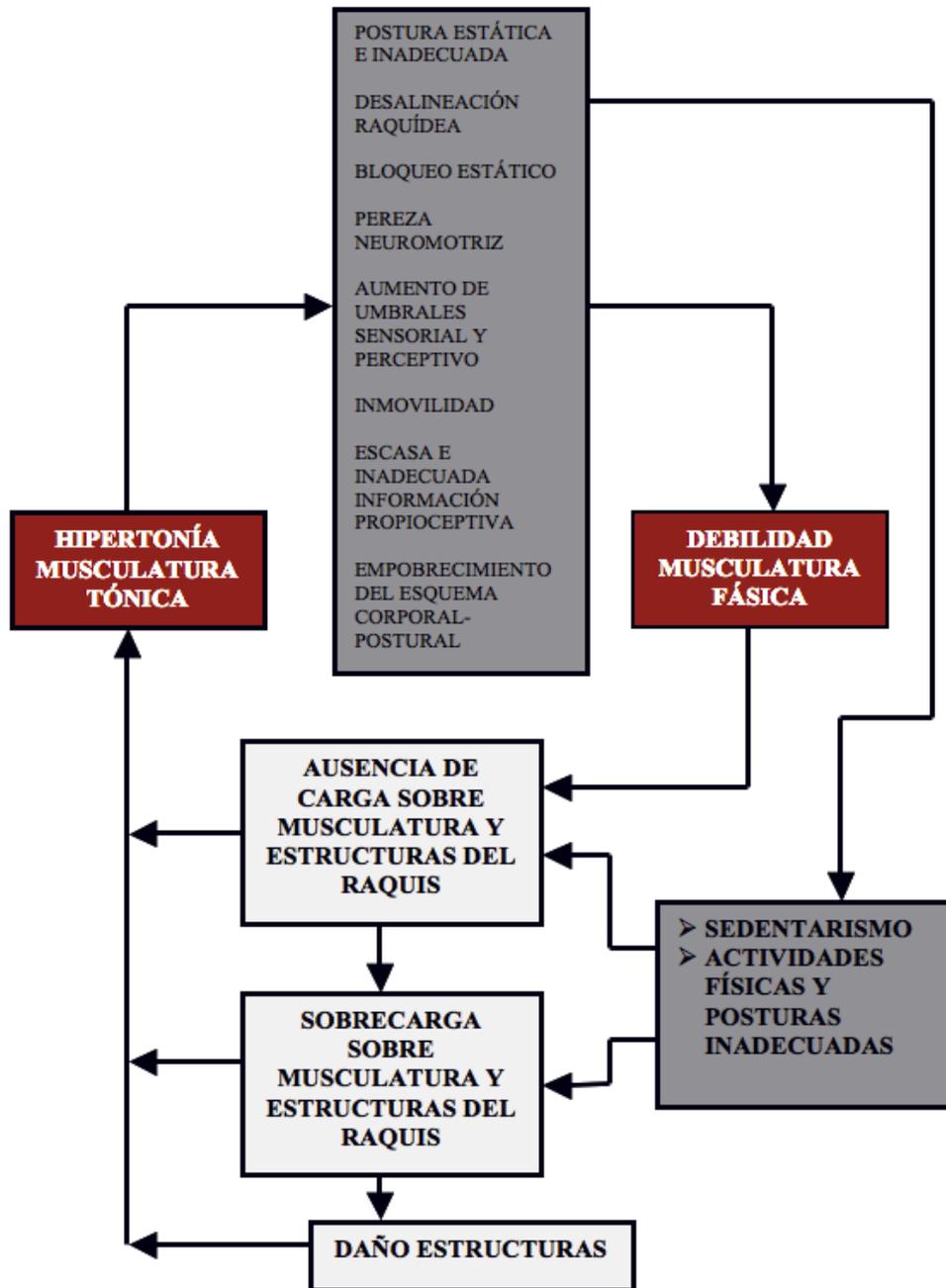
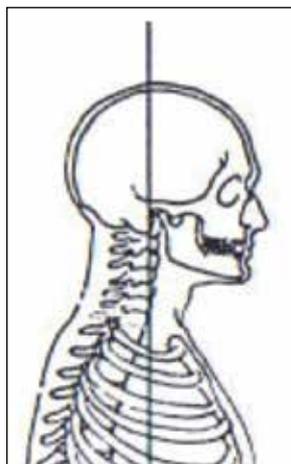


Figura 30. Mecanismo de desarmonía muscular tónico-fásica y consecuencias.

## 5. ESTUDIO DEL BALANCE MUSCULAR POSTURAL POR REGIONES

### 5.1. Balance muscular: raquis cervical

Si observamos la figura 31, podemos ver que la línea de gravedad, pasa a nivel cervical rozando la parte anterior de las vértebras.



*Figura 31. Línea de la gravedad y raquis cervical.*

Lapierre (2000) afirma que la articulación occipitoatloidea queda un poco por detrás de la línea de gravedad por lo que la cabeza tenderá a caer hacia delante. Sin embargo el autor considera que el brazo de palanca es muy débil (2 cm) por lo que la contracción tónica de los músculos cervicales será suficiente para equilibrarla.

Teniendo en cuenta que la línea de gravedad es dinámica, podemos afirmar que en el plano sagital el equilibrio del raquis cervical contra la acción de la gravedad, se asegura mediante una acción reequilibradora predominante de la musculatura extensora.

Pauly (1966) citado por Basmajian (1976), realiza estudios electromiográficos encontrando una constante actividad de los músculos semiespinoso de la cabeza y del cuello en el mantenimiento de la cabeza.

Por otro lado, hay que pensar, que las posturas a las que se somete habitualmente al raquis cervical, en las que se inclina la cabeza adelante, existe un aumento del brazo de palanca sobre el que actúa el peso de la cabeza. Consecuencia de ello, la musculatura extensora se tensará en exceso propiciando que las estructuras vertebrales se degeneren por sobrecarga.

De ahí que Hoflër (1998) mantenga, que la musculatura corta de la nuca sufre con facilidad de contracturas, puesto que debe trabajar demasiado cuando la postura de la cabeza es incorrecta. La musculatura contracturada se caracteriza por una dificultad de circulación sanguínea, ya que, es en las fases de relajación muscular, cuando entra sangre oxigenada en el músculo. Si este permanece en una contracción continuada, apenas entrará sangre limpia y rica en oxígeno, lo que provocará una deficiente eliminación de los residuos del metabolismo, con la consiguiente acumulación de estos en la musculatura. Estas contracturas introducen al sujeto en un círculo: la contractura causa dolor el cual hace que se limite el movimiento y se aumente la rigidez.

Por tanto, la columna cervical se refuerza continuamente por lo que se crea cierta resistencia al movimiento, especialmente por el tono predominante de los músculos extensores, existiendo un gran desequilibrio entre la musculatura flexora y extensora.

Tribastone (1997) habla de los paramorfismos del cuello entre los que cita:

- El cuello de cisne caracterizado por una oblicuidad del eje del cuello donde éste se dispone hacia delante por una hipertrofia de la musculatura cervical.
- La lordosis cervical como una compensación de una cifosis dorsal.

Estas desalineaciones cervicales serán la consecuencia de un acortamiento de la musculatura extensora del cuello y una debilidad de los músculos flexores profundos (Fröhner 2003; Rusch y Weineck 2004).

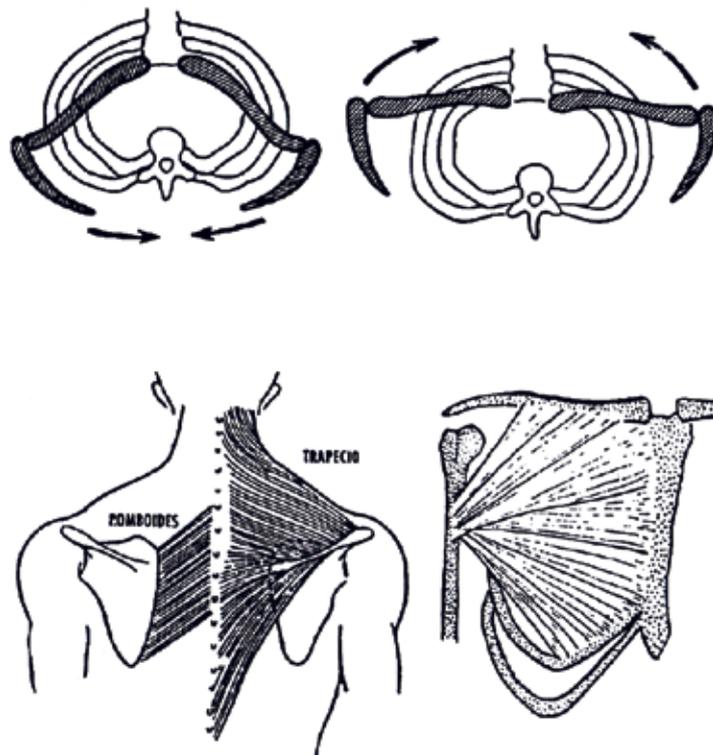
En base a esta tendencia al desbalance cervical entre flexores y extensores, numerosos autores coinciden en la necesidad de un fortalecimiento de la musculatura flexora cervical, acompañado de una extensibilidad de la musculatura extensora.

Se propone, como ejercicio compensador para extensibilizar la musculatura erectora cervical, la retracción de la cabeza, a la vez que se fortalece la musculatura flexora (Tribastone 1997; Fröhner 2003; Falla 2007; Hanney 2007).

## 5.2. Balance muscular: cintura escapular y raquis dorsal

Según Lesur (1969) el equilibrio de la cintura escapular vendrá dado, tal y como podemos observar en la figura 32, por un balance muscular neutro entre los músculos:

- Antepulsos: Pectoral y serrato mayor.
- Retropulsos: Romboides y trapecio medio.



*Figura 32. Antepulsión y retropulsión escapulares y músculos implicados. Tomado de Lesur 1969.*

Liemohn (2005) afirma, que en las actividades cotidianas, los movimientos y posturas de flexión vertebral son más frecuentes que los de extensión. Esto podría causar un aumento de la cifosis dorsal asociada al siguiente desbalance muscular:

- Hipotonía de músculos erector dorsal de la columna y retractores escapulares (romboides y trapecio medio).
- Hipertonía de la musculatura anterior de la cintura escapular (pectoral y serrato anterior).

La musculatura pectoral ejerce un importante efecto de rotación interna de la articulación glenohumeral, contribuyendo a un deslizamiento escapular externo y la consecuente adopción de “actitudes cifóticas” (Lowe 1990; Andujar y Santonja 1996; Rodríguez García y Santonja 2001).

A la adquisición común de posturas cifóticas hay que unirle la tendencia a adelantar los brazos en numerosas actividades cotidianas, haciendo que la musculatura de la nuca y la musculatura pectoral trabajen fuertemente. Además, existe el hábito innecesario y contracturante, a elevar los hombros con un acortamiento de los elevadores de escápula (trapecio superior) y debilitamiento de los músculos encargados de descenderla (trapecio inferior) (Hoflër 1998).

En este sentido, tal y como indica Basmaján (1976), Bearn (1961) descubrió, mediante estudios electromiográficos, que las fibras superiores del trapecio no desempeñan ninguna función activa en el sostén de la cintura escapular en la postura erecta relajada. Esto fue confirmado por Fernández-Ballesteros y col. (1964). Es interesante el hecho de que los sujetos de los estudios, exhibían al principio cierto nivel de actividad hasta que se les indicó que se relajasen. Esta errónea actitud hace que en lugar de movilizar los brazos en la articulación glenohumeral, el movimiento se desarrolle a nivel escapular, sobresolicitando y contracturando los trapecios, e infrautilizando a los músculos que deben elevar el brazo: deltoides y musculatura supraespinal.

Unos hombros debilitados, unos pectorales atrofiados y una debilidad de la musculatura del raquis torácico, pueden dar lugar a una espalda encorvada, un pecho hundido y una curvatura excesiva de la región dorsal media (Moe y cols. 1984; Schock 1984; George 1995).

Hay que considerar además, las posibles compensaciones de las curvas cervical y lumbar que aumentarían junto con el incremento de la cifosis dorsal.

Norris (2001) habla del "síndrome de cruzamiento superior", que se caracteriza por un desequilibrio alrededor del eje escapular donde habrá una rigidez, de la porción superior del trapecio, del elevador escapular y de los pectorales, junto a una debilidad de los flexores profundos del cuello y los estabilizadores interiores de la escápula (romboides y porción media del trapecio). Este síndrome hace que la columna dorsal adopte una cifosis con un acercamiento de las costillas, una dificultad en la respiración y un incorrecto desarrollo vertebral.

Fröhner (2003) en esta línea, habla de una debilidad postural que se manifiesta a nivel de la columna dorsal por un mayor abovedado, unos omóplatos separados y unos hombros adelantados, a consecuencia de un acortamiento pectoral y una debilidad de los extensores de la columna dorsal. Esto provocará una sobrecarga estructural por una excesiva tracción de los ligamentos posteriores de la columna dorsal, una presión en los bordes anteriores de los cuerpos vertebrales, zona vulnerable por su disposición trabecular (Kapandji 1998; Rodríguez García 2000; Miralles y cols 2005), y una presión en el ligamento común anterior de la columna dorsal. Hay que considerar que la línea de gravedad es anterior a la columna dorsal, por lo que se requerirá un adecuado tono extensor y una adecuada estabilidad estructural en el raquis dorsal, para evitar estas actitudes cifóticas.

Numerosos autores recomiendan, para corregir los hombros adelantados y las actitudes cifóticas, la realización de ejercicios de extensibilidad pectoral y fortalecimiento de los retractores escapulares, abductores y rotadores externos de hombro (Lowe 1990; Andujar y Santonja 1996; Wang y cols 1999; Rodríguez García y Santonja 2001).

### 5.3. Balance muscular: cintura pélvica y raquis lumbar

Como ya vimos las vértebras lumbares se asientan sobre el conjunto pélvico a través del sacro, por lo que cualquier movimiento de la cintura pélvica influirá en la alineación del raquis lumbar.

Si analizamos las posibilidades de movimiento que tiene la cintura pélvica en el plano sagital, observaremos que ésta puede bascular hacia delante y hacia atrás, es decir, que puede rotar alrededor de un imaginario eje transversal. A estas basculaciones se las denomina: anteversión cuando la pelvis bascula hacia delante y retroversión cuando la pelvis bascula hacia atrás.

Estas basculaciones provocan que la columna lumbar pierda su lordosis natural, neutra y equilibrada (Day y cols. 1984; Levine y Whittle 1996) dando como posibilidades:

Anteversión: acentuación de la lordosis lumbar o hiperlordosis.

Retroversión: atenuación de la lordosis lumbar o cifosis lumbar.

Alrededor de estos movimientos encontramos varios grupos musculares que deben asegurar la posición equilibrada y fisiológica de la cintura pélvica. El estado de tensión y extensibilidad de estos músculos será crucial para el adecuado equilibrio pélvico y, por tanto, para la alineación neutra del raquis.

Si observamos la figura 33, veremos los músculos responsables de este equilibrio pélvico:

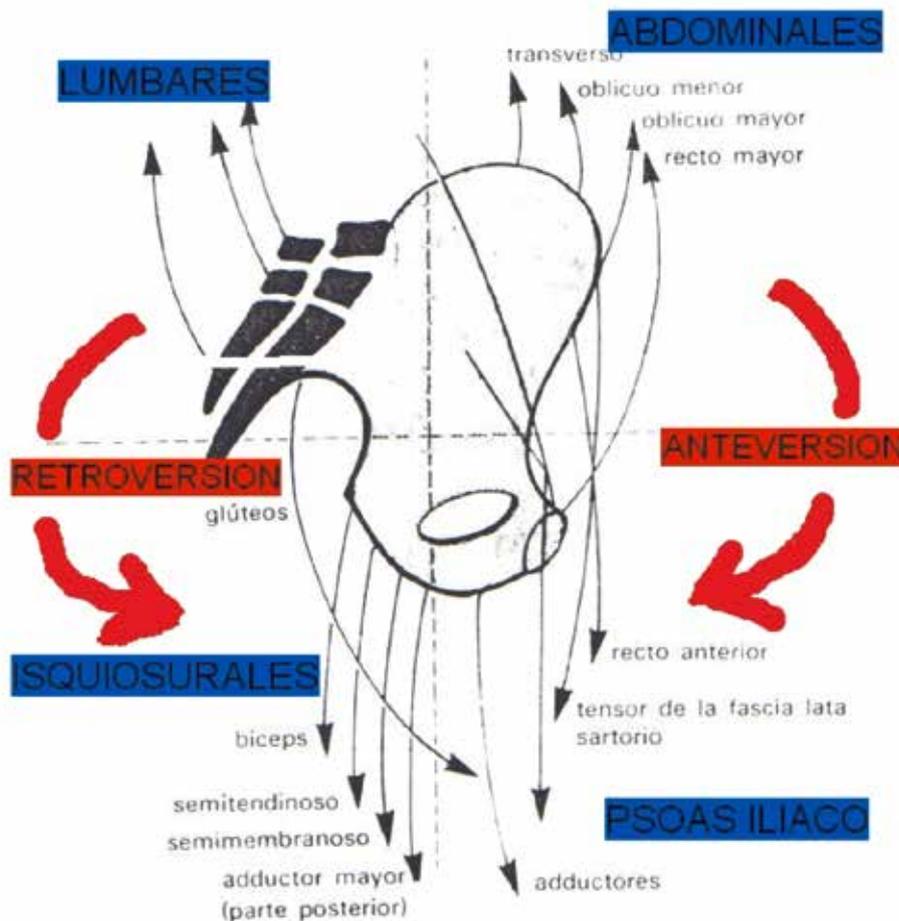


Figura 33. Equilibrio pélvico. Modificado de Lapierre 1996.

De los grupos musculares implicados en este equilibrio hemos destacado cuatro por ser considerados, por la mayoría de los autores, los más importantes desde el punto de vista de la postura: abdominales, lumbares, isquiosurales y psoas iliaco.

Gracias a estos grupos musculares se consigue la necesaria de estabilización de la cintura pélvica fundamental para para la eficaz transmisión de las cargas entre tronco y miembros inferiores, así como, para una adecuada protección del raquis (Pool-Goudzwaard y cols. 1998).

Sin embargo, cualquier disbalance entre antagonistas provocará un desequilibrio pélvico y, en consecuencia, una desalineación raquídea.

Así Bridger y cols. (1992) observan una clara relación entre la musculatura pélvica acortada y la disposición del raquis lumbar en diferentes posiciones, encontrando que en la sedentación la musculatura isquiosural disminuía la lordosis lumbar y que en la bipedestación la musculatura anterior del muslo la incrementaba.

En palabras de Liemohn y Pariser (2005), *“como la pelvis constituye los cimientos de la columna vertebral, la tirantez de los flexores o extensores de la articulación iliofemoral afecta a la integridad de la misma. Estos músculos que cruzan la articulación coxofemoral pueden verse como cabestrantes que controlan la posición de la pelvis, así una tirantez de los músculos psoas-iliaco puede causar hiperlordosis, y una tirantez de los músculos isquiosurales puede reducir la curvatura lumbar. Además, cualquiera de estas situaciones comprometería la función de protección y estabilización raquídea de la musculatura abdominal frente a cualquier carga”.*

Norris (2001) habla del “síndrome de la pelvis cruzada”, debido a un desequilibrio entre los anteversores y los retroversores de la cintura pélvica. Una excesiva longitud y debilidad de los músculos abdominales y glúteos y una exce-

siva rigidez de los extensores del raquis y del psoas-iliaco, aumentan la anteversión pélvica, lo que a su vez, acentuará la lordosis lumbar. El autor afirma, además, que la debilidad de los glúteos es compensada por un aumento de la contracción de los isquiosurales y que debido a la ineficacia de estos termina provocando una sobresolicitación de la columna lumbar.

Fröhner (2003) señala que una debilidad postural aumenta la lordosis lumbar y el abovedado abdominal, con acortamiento del cuádriceps, psoas-iliaco, extensores del raquis lumbar y una debilidad de los glúteos y abdominales. Esto hace, que a nivel del raquis lumbar aumente la carga sobre las estructuras vertebrales, por un incremento de la presión en las articulaciones interapofisarias y en los arcos vertebrales de la columna lumbar.

Rusch y Weineck (2004) consideran a la musculatura lumbar, al psoas-iliaco, los isquiotibiales y al tríceps sural grupos con tendencia a acortarse, y al recto del abdomen y glúteos como músculos con tendencia a debilitarse.

Un equilibrio adecuado de la pelvis debería estar garantizado por un adecuado tono muscular de los grupos que influyen en el mismo, y no por la compensación en cadena de desequilibrios que compensan a otros desequilibrios. Sería del todo ilógico no tonificar la musculatura abdominal para no acentuar una retroversión pélvica provocada por una cortedad isquiosural. Lo racional sería tonificar los abdominales y flexibilizar los isquiosurales. A continuación profundizaremos, en mayor medida, en las características de cada uno de estos grupos musculares de la cintura pélvica.

### 5.3.1. Músculos retroversores

#### **A. Los isquiosurales y el síndrome de cortedad isquiosural**

En 1934 Lambrinudi observó, la relación del acortamiento de la musculatura isquiosural con la cifosis.

Esta acentuación de la cifosis obedece a una compensación como respuesta a un desequilibrio pélvico, debido a una cortedad isquiosural y que con el tiempo podrá provocar acuñamientos vertebrales (Ferrer 1996).

En 1964, Bado y Cols., estudiaron a 800 niños con edades comprendidas entre los 6 y los 19 años, comprobando la relación directa en el 25% de los sujetos entre los casos de dorso curvo y la retracción de isquiotibiales.

Santonja (1990), estudió a un grupo de población universitaria con un 86% mayor de 17 años, encontrando esta misma relación en un 27% de los casos estudiados.

Este autor cree oportuno hablar de cortedad de isquiosurales, en lugar de retracción de isquiotibiales, ya que por un lado el término retracción conlleva una disminución de la masa muscular, hecho que no se observó en el estudio que él realizó, donde los sujetos presentaban unos niveles de masa muscular normales. Por otro lado, si hablamos de isquiotibiales, excluiríamos al bíceps femoral, ya que este no está insertado en la tibia, por lo que es más correcto hablar de isquiosurales (semitendinoso, semimembranoso y bíceps femoral).

La etiología de esta disfunción, es generalmente desconocida aunque Esnault y Viel (2003) apuntan, que esta musculatura posee un enorme potencial de tejido colágeno (fibroso) a la vez inextensible y no contráctil lo que les confiere una acción "corta", contraria a la apariencia de musculatura larga. Se remiten, para aclarar la naturaleza de este grupo muscular, a las connotaciones conceptuales asociadas a semitendinoso: la mitad actúa de tendón, y semimembranoso: la mitad actúa de membrana, verificado, mediante los estudios realizados por Butel y col. (1981). Añaden, además, la naturaleza biarticular (rodilla y cadera) de esta musculatura, para justificar su cortedad, ya que, debe permitir la amplitud articular completa en las dos articulaciones a la vez.

Lapierre (2000) considera, que la musculatura isquiotibial tiene un predominio motor menos acentuado, a pesar de ser músculos largos, ya que, su cronaxia es del orden de 0,5 a 0,7, propia de músculos tónico posturales. Cuanto más débil es la cronaxia más rápida es la contracción, y cuanto más elevada, más lenta será ésta. Hay que tener en cuenta que una cronaxia de 0,3 es considerada elevada.

A las limitaciones de movimiento que van asociadas a esta cortedad, hay que sumar las repercusiones que como musculatura retroversora tiene sobre el equilibrio pélvico, pudiendo provocar una rectificación de la columna lumbar, y la pérdida de movilidad sacro-lumbar y lumbar. Todo ello, causará una serie de compensaciones en la alineación del raquis cervical y dorsal que acabarán provocando una sobrecarga estructural.

Liemohn y Parisier (2005) afirman que la tirantez de los isquiotibiales es más prevalente que la tirantez de los flexores de la cadera, sobretodo en las etapas de crecimiento. Kendall y cols. (1993) citados por Liemohn afirmaban que

durante los estirones de crecimiento de la pubertad, la tirantez de los músculos isquiotibiales y los aumentos desproporcionados de la longitud de las extremidades, afecta negativamente a la flexibilidad.

Una cortedad isquiosural afectará, además, al ritmo lumbo-pélvico, en el movimiento de flexión de tronco, hecho que unido al fenómeno de flexión-relajación de los músculos extensores del raquis, tendrá como consecuencia una gran sobrecarga sobre las estructuras pasivas de la columna vertebral, lo que incrementará su movilidad en ésta dirección. Con el tiempo, estos fenómenos derivarán en un incremento de la cifosis torácica.

Este tipo de disfunciones son reversibles en las etapas de crecimiento y antes de que existan verdaderos cambios estructurales sobre el raquis (Moe y cols 1984; Stagnara 1987; Santonja 1996; Santonja y cols 2000).

## B. La musculatura abdominal

Las funciones que cumple una adecuada tonicidad abdominal serán:

**1. Función respiratoria:** Gracias al tono y a la contracción abdominal se pueden llevar a cabo, tanto, la espiración normal, como, la forzada. Los músculos abdominales son, además, el sostén y punto de apoyo para el diafragma, lo que permite una correcta elevación de las costillas. De ahí que, un mal funcionamiento de esta musculatura, pueda originar una insuficiencia respiratoria.

**2. Función postural:** Distintos autores (Kirby y Roberts 1985; Nuñez y cols. 1990; Ahonen y Latineen 2001; Urquhart y cols 2005), estudian la actividad postural de la musculatura abdominal y observan un papel de gran importancia en el control y movimiento de la pelvis y del raquis lumbar. Entre sus acciones destacan:

- La musculatura abdominal es la única antagonista de los erectores del raquis y por su acción retroversora de la pelvis, compensaría una posible anteversión pélvica provocada por un exceso de tono en la musculatura lumbar y psoas iliaco.
- Cumple la función de reequilibración cada vez que el centro de gravedad se desplaza atrás devolviendo al tronco a la vertical. Ahonen y Latineen (2001) consideran la debilidad de los músculos abdominales como un gran problema en el equilibrio muscular, ya que provocaría una inclinación del borde anterior de la pelvis (anteversión), lo que a su vez incrementaría la lordosis lumbar. De este modo la musculatura de la mitad inferior de la espalda se acorta perdiendo extensibilidad y fuerza.
- El tórax se apoya por medio del diafragma sobre las vísceras abdominales y la presión intraabdominal, la que a su vez depende de la tensión tónica de la prensa abdominal. Una hipotonía abdominal, provocaría indirectamente una cifosis dorsal por la dificultad del tórax de encontrar un punto de apoyo en el abdomen. Una pared abdominal débil y distendida perderá su papel de “faja” provocando: una mala respiración y una estática deficiente.

**3. Función estabilizadora:** Numerosos estudios corroboran la gran importancia de la resistencia muscular abdominal como factor imprescindible en la función estabilizadora del raquis lumbar, ya que incrementa la presión intra-abdominal (Scout 1989; Hamill y Knutzen 1995; Fritz y cols. 1998; O’Sullivan y cols 1998; Monfort y Sarti 1998; Gardner y Stokes 1998; Cholewicki y cols. 1999; Hodges y cols. 2001), traccionando además de la fascia tóraco-lumbar por la acción del oblicuo interno y fundamentalmente del transverso abdominal (Cailliet 1989; Cresswell y Thorstensson 1994; Hodges y Richardson 1996; O’Sullivan y cols. 1998; Fritz y cols 1998; Cholewicki y cols 1999), disminuyendo de este modo el estrés hasta un 50% en la charnela dorso-lumbar y de un 30% en la charnela lumbo-sacra (Kapandji 1998).

Ito y cols (1996) encuentran, en sus investigaciones, una relación entre las algias lumbares crónicas y una menor resistencia abdominal.

Otros estudios (Hodges y Richardson 1996; Cairos y cols. 2000) encuentran que las personas con dolor lumbar exhiben un retraso significativo en la actividad estabilizadora del transverso del abdomen.

Por tanto cabe afirmar, que una adecuada tonificación y desarrollo de la fuerza-resistencia abdominal aseguran la prevención de patologías lumbares (Anderson y cols. 1997; Juker y cols 1998; Demont y cols. 1999).

### 5.3.2. Músculos anteversores

#### A. El psoas iliaco

El conjunto muscular psoas-iliaco está considerado, por su gran implicación en muchas de las actividades de locomoción diarias: andar, subir escaleras, etc, una musculatura con tendencia a la hipertonia y, por tanto, al acortamiento, poseyendo un alto componente de tejido conectivo. Participan, además, en el equilibrio pélvico como musculatura anteversores, por lo que su influencia sobre el raquis lumbar puede acentuar la lordosis, en el caso de que presenten una cortedad. De ahí que, en general, no este aconsejado su fortalecimiento y por el contrario, sí, su estiramiento.

Basmaján (1958) sostiene, que el psoas-iliaco se mantiene activo en todo momento durante la postura erecta funcionando como un ligamento vital que impide la hiperextensión de la articulación de la cadera durante la bipedestación. Este hecho lo corroboran otros autores (Nachemson 1966; Ramiro y cols 1987; Plowman 1992). Existe un balance muscular entre este grupo muscular y la musculatura abdominal, debiendo haber una compensación de fuerzas entre ellos, ya que una debilidad abdominal provocaría una anteversión pélvica y un aumento del ángulo lumbosacro generando una acentuada hiperextensión lumbar.

De todo ello se deduce la inconveniencia del fortalecimiento del psoas iliaco, siendo necesaria su flexibilización para evitar alteraciones raquídeas, tal y como indican numerosos autores (López Miñarro 2000; Alter 1998; Esnault y Viel 1999; Anderson 2000; Spring y cols 2002; Boeckh-Behrens y Buskies 2005).

#### B. Musculatura lumbar

Ito y cols. (1996) encuentran relación entre los bajos niveles de resistencia muscular de los extensores de tronco y las algias y alteraciones raquídeas. Aunque hay que considerar que la ausencia de dolor no siempre significa una ausencia de patologías (Cassinelli y cols 2001), por lo que será importante, tener en cuenta la debilidad lumbar, y no exclusivamente el dolor, para la prevención de los problemas raquídeos.

En esta línea Callaghan y cols. (1998) consideran la resistencia de la musculatura lumbar un elemento imprescindible para prevenir y tratar las alteraciones raquídeas.

En un estudio posterior Callaghan y Dunk (2002) encuentran que esta musculatura, al contrario de lo que pueda parecer, no es una musculatura "hipertónica", ya que observan que su actividad electromiográfica en bipedestación es muy leve (2,4% de la máxima).

Puede haber sujetos que por sus hábitos sedentarios y posturales se caractericen por una debilidad lumbar, por lo que habrá que realizar un fortalecimiento racional de esta musculatura (Callaghan y cols 1998; Norris 1999; Lapierre 2000; Mc Gill 2001; Tanner 2003; Farrerons 2004; Rusch y Weineck 2004; Gattoronchieri 2005; Boeckh-Behrens y Buskies 2005; Liemohn 2005; Fritz y Hicks 2005), junto con una musculación abdominal de igual magnitud (McGill 2002; López Miñarro 2003).

#### Unidad funcional de estabilización del raquis lumbar

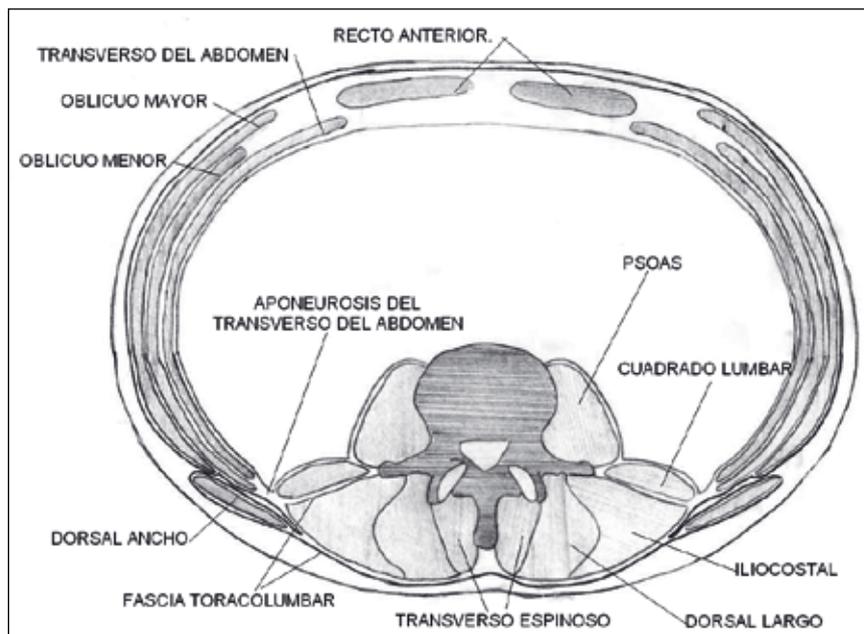
Tal y como hemos visto, la principal función de la musculatura del tronco (abdominal y lumbar), es la del mantenimiento de la "estabilidad" del raquis (White y Panjabi 1990, Kreighbaum y Barthels 1990; Monfort 2000; Scout 1989; Hamill y Knutzen 1995; Fritz y cols. 1998; Monfort y Sarti 1998; Gardner y Stokes 1998; Cholewicki y cols. 1999; Hodges y cols. 2001), considerándola "como la habilidad del raquis para limitar patrones de desplazamiento bajo cargas fisiológicas de forma que no dañe las estructuras" (White y Panjabi 1990).

Liemohn y Horvath (2005) consideran los siguientes músculos como responsables de la estabilización local de la columna lumbar:

POSTERIORES	ANTERIORES
<ul style="list-style-type: none"> <li>› Intertransversos</li> <li>› Interespinosos</li> <li>› Transverso espinoso</li> <li>› Longísimo torácico (porción lumbar del dorsal largo)</li> <li>› Iliocostal lumbar (porción lumbar)</li> <li>› Cuadrado lumbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Transverso del abdomen</li> <li>› Oblicuos interno</li> <li>› Oblicuo externo</li> </ul>

Tabla 12. Músculos estabilizadores del raquis lumbar.

La unión entre los músculos abdominales profundos (oblicuo externo, oblicuo interno y transverso del abdomen) a la vaina de tejido conjuntivo, que envuelve al recto anterior por delante, al “rafe lateral” de la fascia toracolumbar posteriormente, y a su vez, a la musculatura de la espalda (erectores de la columna vertebral y transverso espinoso), constituye una unidad funcional de estabilización y protección raquídea (figura 34).



*Figura 34. Sección transversal del cuerpo. Modificado de Liemohn 2005.*

Esta unidad funcional permite que el conjunto funcione como un todo, donde la musculatura abdominal profunda ejercerá tensión sobre la musculatura de la espalda a través del rafe y la fascia actuando como una faja estabilizadora en conjunto.

Panjabi y cols (1994), afirman que la cortedad de estos músculos y cercanía a los centros de rotación del segmento vertebral les confiere una mayor capacidad para controlar la movilidad a nivel segmental.

Estos músculos profundos del tronco, que conforman esta unidad funcional de estabilización, mantienen la columna vertebral en su posición “neutra”. Desde ésta se podrán efectuar los distintos movimientos, con un incremento de la presión intra-abdominal, que protegerá a las estructuras de cualquier sobrecarga, actuando como un corsé muscular (Warden y cols 1999; Scout 1989; Hamill y Knutzen 1995; Fritz y cols. 1998; Monfort y Sarti 1998; Gadner y Stokes 1998; Cholewicki y cols. 1999; Vera y cols 2000; Hodges y cols. 2001).

Una inestabilidad (hipermovilidad) de los segmentos vertebrales provocaría que una carga normal se convierta en una sobrecarga, con un incremento del riesgo de daño estructural. De ahí la conveniencia de dotar a la columna de estabilidad, entendiendo ésta como una “disponibilidad neuromuscular”, que mantenga y conserve la disposición adecuada de las estructuras y de las curvas dentro de unos parámetros fisiológicos cada vez que la situación lo requiera.

Habrà, por tanto, que desarrollar la fuerza resistencia de la musculatura de columna lumbar con el objeto de mejorar el mecanismo de estabilización y, de este modo, prevenir posibles patologías lumbares (Gusi y Fuentes 1996; Anderson y cols 1997; Shields y Givens 1997; Demont y cols. 1999; Thomas y Lee 2000)

Para ello se utilizarán ejercicios sobre superficies inestables o que provoquen contracciones estáticas de bajo umbral de estimulación y mantenidas, que consigan una co-contracción antagonista basados en el estímulo de los propioceptores, con el objeto de aumentar la demanda requerida al mecanismo neuromuscular (Krajcarski y cols 1999; Granata y Wilson 2001; Allison y Henry 2001; Liemohn y Horvath 2005; Hasegawa 2005; Lee y cols 2006; Greiner y McGill 2007).

Se busca, con estos ejercicios, una mejora de la estabilidad de la columna mediante la activación de los músculos más profundos del raquis, responsables del control postural (Vera-García y cols 2000; Höfler 2001; Tanner 2003; Ludmila y cols 2003; Behn y Leonard 2005; Yaggie 2006; Myer y cols 2006; Behn 2006), o también denominados músculos de la región central.

El rol de estos músculos, además y como hemos visto, será el de proveer de estabilidad al raquis y el de transferir las cargas (Handzel 2003; Hasegawa 2005), con un menor riesgo para la integridad estructural (Callagan y cols 1998; Draka y cols 2006).

Será importante, para su desarrollo, descartar todos aquellos movimientos que fuercen el raquis, como flexiones forzadas (Rodríguez García 2000; Miralles y cols 2005), hiperextensiones (López Miñarro 2000), flexiones laterales forzadas (Harrison y cols 1999) o rotaciones (Marras y cols 1998; López Miñarro 2000; Kumar y cols 2001), remarcando además el modo en que se deben ejecutar (Shirado y cols 1995) por lo que habrá que cuidar cada uno de los parámetros de acción, tal y como veremos en los ejercicios propuestos en el apartado de intervención terapéutica.

## 6. EL ELEMENTO NEURAL PARA EL ESQUEMA POSTURAL Y LA ESTABILIZACIÓN RAQUÍDEA

### 6.1. Sensación y percepción

Toda la información en forma de influjos nerviosos, que denominamos “sensaciones”, una vez recibidas por los receptores sensoriales, estudiadas, interpretadas y descodificadas serán consideradas “percepciones”.

Calderón y Legido (2002), considera a los receptores como verdaderos transformadores de energía, ya que en última instancia lo que hacen es convertir una energía mecánica o calorífica, en otra de naturaleza eléctrica.

En función de la especificidad, la intensidad y la localización de los estímulos recibidos por los receptores, así se interpretarán, produciéndose una representación interna del estímulo y un cotejo con los patrones sensoriales del individuo. A partir de los diferentes estímulos se emitirán las pertinentes respuestas. A dicho proceso se le denomina “percepción”.

Así, el sistema sensorial deberá, además de recibir la información, detectar y reconocer el estímulo, conocer y estimar su magnitud (intensidad y duración), y discriminar su localización.

### 6.2. Umbral sensorial y perceptivo

En el estudio de la postura, al nivel de estimulación a partir del cual los receptores entran en acción para captar la información, y así activar la regulación postural, se le denomina “umbral de activación”.

Podemos diferenciar aquí dos umbrales:

1. Umbral sensorial: La mínima intensidad que debe alcanzar un estímulo para que sea captado por los receptores.
2. Umbral perceptivo: La mínima intensidad que debe alcanzar un estímulo para que el sistema nervioso sea capaz de reconocerlo, y por tanto, de percibirlo provocando una respuesta. Se le denomina también umbral de respuesta.

### 6.3. Umbrales y movimiento

El umbral dependerá de la adecuada estimulación sensorial la que determinará su estado de afinación, estando además influido, por las estructuras supramedulares dependientes del estado emocional del sujeto.

La percepción estará determinada por la cantidad y calidad de información propioceptiva almacenada, lo que nos va a permitir una óptima interpretación de los estímulos. Esta información propioceptiva se obtendrá a través del movimiento.

Para mantener unos niveles de estimulación o umbrales adecuados será necesario, por tanto, la continua estimulación de los canales sensoriales, y sobre todo del canal propioceptivo, siempre en óptimas condiciones, que además de enriquecer al esquema postural, prevendrá un posible fenómeno de “hiporreactividad”. En éste, el umbral o nivel

de activación de los receptores propioceptivos estará considerablemente aumentado, consecuencia de una pereza neuromotriz asociada a un bloqueo estático o arriostamiento postural (Lapierre 2000). Se necesitan entonces grandes estímulos, para que sean percibidos y se active el sistema neuromuscular equilibrador-estabilizador.

Las consecuencias de un umbral sensorial y perceptivo elevado, las podemos ver en la figura 35.

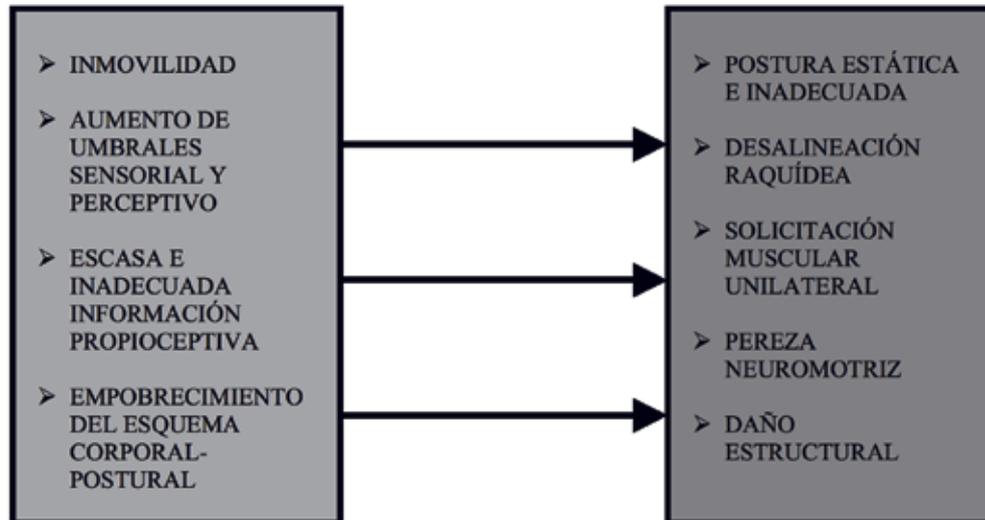


Figura 35. Umbral sensorial y perceptivo y consecuencias.

## 6.4. El esquema corporal-postural

Arnold Pick en 1922, acuñó el término “esquema corporal” al que definió como el marco de referencia personal sobre el que se realiza el movimiento.

Todos tenemos en nuestro baúl motor almacenada, una representación mental de cada una de las posiciones corporales, para cada una de las situaciones estáticas o dinámicas que puedan surgir. Estas representaciones son una referencia de la postura, que debe adoptarse en una situación concreta y, por tanto, el sistema de regulación de la actitud postural intentará reproducir estas referencias mandando impulsos de mayor o menor intensidad (variando el tono), a los distintos músculos para la adquisición o mantenimiento de la postura correcta.

Rigal (1987) afirma que el conocimiento que adquirimos de nuestro cuerpo (esquema corporal) procede de los resultados de las experiencias que nos transmiten las diferentes modalidades sensoriales y sus interacciones.

Se irán configurando de éste modo los patrones sensoriales gracias a los cuales se percibirá la información, es decir, se reconocerán los estímulos y, por tanto, se elaborarán respuestas adecuadas. Estos patrones sensoriales, se configuran gracias a la estimulación sensorial y experiencia del individuo, en este caso de tipo motor, y será la base para una correcta estructuración del esquema corporal y postural.

### 6.4.1. Movimiento y esquema corporal-postural

El esquema corporal se estructura y enriquece, mediante y gracias a la experiencia motriz, es por tanto percibido y creado a partir del movimiento. De ahí que la adquisición repetida de posiciones incorrectas configuren un erróneo esquema, que será la referencia de “normalidad” para la adopción de posteriores posturas, tanto estáticas como dinámicas.

Tribastone (1997) afirma, que “la postura está registrada en los centros motores en forma de actitud prototipo, y según este esquema, una vez devenido consciente o interiorizado, se delimitan las regulaciones de la postura correcta”. Considera que el desarrollo de la motricidad normal consiste en el aprendizaje de esquemas motores siempre más selectivos y

funcionales. Con respecto a la adquisición del esquema corporal, éste se configurara gracias a la gran cantidad de informaciones táctiles, cinestésicas, sensoriales, que llegan al S.N.C. durante la ejecución de los actos motores.

El esquema corporal será tanto más rico y tanto más diferenciado, cuanto más numerosas, más especializadas y conscientes hayan sido las experiencias psicomotrices.

Le Boulch (1986), considera la adquisición de una "actitud postural de descanso natural" como la culminación de la estructuración del "esquema corporal", definiendo a este último, como imagen del cuerpo, sea en estado de reposo o en movimiento, en función de la interrelación de sus partes y, sobre todo, de su relación con el espacio y los objetos que nos rodean. Da Fonseca (1982) habla de la "noción del cuerpo" dentro de la fase de Inteligencia perceptivomotriz en la ontogénesis de la motricidad y Williams (1983), se refiere a "conciencia corporal", como reconocimiento, identificación, y diferenciación de las partes, dimensiones, posiciones, movimientos y localización espacial del cuerpo. Ambos autores citados por Ruiz (1994).

Measure (2000), nos habla de "**esquema corporal postural**" al que define como la representación interna, simultáneamente genética y adquirida por aprendizaje, destacando los siguientes elementos:

1. Representación geométrica del cuerpo.
2. Representación de fuerzas de apoyo.
3. Orientación del cuerpo con relación a la vertical.

El autor sostiene, además, que el papel principal del sistema propioceptivo, está ligado a la "construcción del esquema corporal-postural", en su doble aspecto: geométrico (posición relativa de los segmentos entre si) y dinámico.

Le Boulch (1986) considera, además, que la mala estructuración del esquema corporal, algo que afecta a un alto número de niños y adolescentes, provoca: incorrecta percepción espacial, descoordinación, torpeza, malas posturas, perturbaciones afectivas y de relación interpersonales: mal carácter, altibajos de humor, ansiedad...

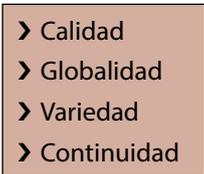
El esquema corporal-postural se caracteriza por su capacidad de adaptación, para bien o para mal, lo que le permitirá ir ajustándose a las nuevas realidades geométricas o motrices del sujeto. Este se configura a partir de las informaciones propioceptivas, y la variedad y fidelidad de estas que vendrán dadas por las características del movimiento.

Si el movimiento es escaso o inexistente en alguno o varios segmentos, la información propioceptiva será limitada, estos no se integrarán y el esquema postural se empobrecerá por lo que las respuestas posturales también.

El no mandar información propioceptiva acerca de todas las posibilidades motrices del aparato locomotor, mostrando todas las posibilidades y límites fisiológicos, hace que el esquema se configure en base a unos escasos parámetros motrices y, por lo tanto, sus respuestas tenderán a ser cada vez más estáticas y rígidas.

Esto sería comparable a una persona en una habitación a oscuras, en la que permanece siempre en un metro cuadrado. Esta dispondrá de una serie de programas de desplazamiento seguro y certero, en base a ese espacio, que es el que controla y el que ha integrado mediante su percepción. La intervención postural propioceptiva consistirá en hacer que el sujeto se desplace por todo el espacio, que toque cada mueble y cada pared y lo vaya integrando, para, así, enriquecer su "plano de la habitación" y sus posibilidades de movimiento.

Esta información propioceptiva circulante que deberá caracterizarse por:

- 
- › Calidad
  - › Globalidad
  - › Variedad
  - › Continuidad

**Figura 36.**

Debemos explorar, movilizar, aislar y descubrir las posibilidades de todo nuestro cuerpo (globalidad), en óptimas condiciones (calidad), liberar la cintura escapular y la cintura pélvica, descubrir movimientos de descenso del hombro y anteversión pélvica, explorando todas las posibilidades de movimiento en cada articulación (variedad), nutriendo nuestro esquema corporal-postural manteniéndolo siempre al día (continuidad).

Habrà, por tanto, como veremos más adelante y como indica Rodríguez García (2000), que considerar al esquema corporal-postural un elemento básico para el tratamiento de la actitud.

## CONCEPTOS BÁSICOS

- El balance muscular de las distintas regiones de la columna vertebral y de las cinturas escapular y pélvica vendrá dado por la tendencia fisiológica de cada grupo muscular condicionada, en gran medida, por las conductas posturales del sujeto.
  - Existe un umbral de excitación específico propio de las unidades motrices tónicas responsables del equilibrio y la estabilización raquídea.
  - El esquema postural se configurará y mantendrá gracias a la información propioceptiva circulante que deberá cumplir con 4 principios:
    - Calidad: tomando como referencia para su automatización la “posición neutra del raquis”, respetando en todo momento, los límites fisiológicos del mismo en el movimiento.
    - Globalidad: explorando todas y cada una de las partes del cuerpo (articulaciones y grupos musculares).
    - Variedad: descubriendo todas las posibilidades fisiológicas de movimiento en cada una de las articulaciones y regiones raquídeas.
    - Continuidad: para no caer en una situación de hiporreactividad, con aumento del umbral de percepción.
  - El trabajo de los músculos responsables de la “función estabilizadora”, no es el de fijar los segmentos vertebrales como si fuesen ligamentos, sino el buscar la “disponibilidad” de estos para que siempre que sean requeridas estén en acción con rapidez y eficacia.
- 

## A CONSIDERAR EN LA PRÁCTICA

- El fortalecimiento irá destinado a la obtención y mantenimiento de un óptimo balance y función neuromuscular para una correcta alineación y estabilización raquídea.
- Los músculos posturales-estabilizadores deberán ser desarrollados de modo específico respetando su fisiología: estímulos lentos, mantenidos, con un umbral de activación bajo y activación neuromuscular vía refleja. Para ello se utilizarán:
  - Posiciones articulares estáticas y mantenidas isométricamente.
  - La Facilitación neuromuscular propioceptiva de Kabat en la que se unirá una contracción refleja a una voluntaria.
  - Ejercicios sobre bases inestables que provoquen co-contracción antagonista.
- Debemos, además:
  - Mantener la función neuromuscular estabilizadora de los músculos posturales, nutriendo el esquema corporal-postural a través de la información propioceptiva.
  - Detectar posibles debilidades musculares y desarrollar un trabajo sistemático dirigido a recuperar el tono normal y fisiológico de estos músculos, evitando así, posibles desbalances musculares, disfunciones estabilizadoras, desalineaciones y daños en las estructuras vertebrales.
  - Mantener o recuperar la flexibilidad fisiológica en cada articulación y la extensibilidad en cada músculo para liberar y compensar los posibles bloqueos y rigideces que no permitan un correcto movimiento, una correcta integración de este en el esquema corporal o un posible desbalance muscular que propicie la aparición de desalineaciones raquídeas.
  - Movilizar articulaciones y extensibilizar aquellos músculos que tiendan a acortarse, al tiempo que se fortalecen aquellos que tienden a debilitarse, para un adecuado balance muscular.