

Los documentos de investigación de la Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano se constituyen como un espacio e invitación permanente a la reflexión y a la crítica sobre temas de trascendencia en nuestro país para la construcción de una sociedad mas justa e incluyente.

Los temas mas importantes de discusión girarán en torno al bienestar humano, la integración y participación social, la comunicación humana, la salud y bienestar de los trabajadores, el movimiento corporal humano, el ejercicio y la actividad física.



# Comportamiento mecánico del hueso frente al estrés ocupacional una visión desde la fioterapia

Línea Profesores de la Facultad de  
Rehabilitación y Desarrollo Humano



*Documento de investigación No. 20*

FACULTAD DE REHABILITACIÓN Y DESARROLLO HUMANO

# COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HUESO FRENTE AL ESTRÉS OCUPACIONAL: UNA VISIÓN DESDE LA FISIOTERAPIA

***María Constanza Trillos Chacón***

*Fisioterapeuta. Especialista en Terapia Manual*

***Jaime Martínez Santa***

*Fisioterapeuta. Especialista en Antropología Forense*

***Maribel Chitiva Cardona***

*Fisioterapeuta. Candidata a Master en Desarrollo  
Educativo y Social*



Universidad del Rosario  
Facultad de Rehabilitación  
y Desarrollo Humano

CHACÓN TRILLOS, María Constanza, *et. al.*

Comportamiento mecánico del hueso frente al estrés ocupacional: una visión desde la fisioterapia.—  
Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario, 2007.

20 p.—(Documentos de Investigación; 20).

ISSN: 1794-1318.

Fisioterapia / Salud laboral / Estrés / Movimiento humano / Enfermedades ocupacionales / Huesos –  
Enfermedades / I. Chacón Trillos, María Constanza / II. Martínez Santa, Jaime / III. Chitiva Cardona,  
Maribel / IV. Título / V. Serie.

617.1 SCDD 20 WE 200 NLM

© Editorial Universidad del Rosario

© Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano

© Maribel Chitiva Cardona, Jaime Martínez Santa, María Constanza Trillos Chacón

Todos los derechos reservados

Primera edición: junio de 2007

ISSN: 1794-1318

Impreso en Colombia

Para citar esta publicación: Doc.investig. Chitiva, C., M. Martínez, S.J., Trillos Ch., C.

# Presentación

El grupo de investigación en *Salud, Cognición y Trabajo* de la facultad de rehabilitación y desarrollo humano, a través de la publicación de notas científicas y técnicas, divulga los trabajos de investigación teórica y aplicada en el campo de la salud en el trabajo. Estas notas tienen como interés difundir los hallazgos, propuestas y modelos acerca de la problemática de la salud en el trabajo.

La investigación en salud y trabajo vincula estrechamente las necesidades de los programas académicos de la Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano, con un enfoque interdisciplinario en la tecnología, las ciencias de la salud, las ciencias humanas y económicas. El eje articulador de las acciones de investigación es el estudio de la relación dicotómica trabajo y salud.

La problemática de la salud en el trabajo requiere un doble acercamiento. En primer lugar, es necesario adoptar un punto de vista externo que permita explicar la dinámica de esta relación binaria y, al mismo tiempo, es necesario integrar en esta relación la visión interna que surge de la lógica del sujeto, del colectivo y de la organización productiva.

Podemos, entonces, considerar la noción salud-trabajo como una co-construcción de dos lógicas que se oponen: la búsqueda de la eficiencia productiva a través de la implicación del sujeto y, de otro lado, la búsqueda de la conservación de la salud en medio de las transformaciones laborales. Esto plantea un sinnúmero de interrogantes referidos a las consecuencias de la implicación del sujeto. Bien sea en el sentido de la búsqueda de la eficiencia productiva (solicitada), o bien sea desde el punto de vista de la exposición y la toma de riesgo (construida). Así, y derivado de esta disyunción, el riesgo y la búsqueda de eficiencia pueden ser considerados desde el ángulo del desempeño técnico (fiabilidad, seguridad, accidentalidad, etc.), o desde el ángulo del “desempeño humano” (producción del error, recursos cognitivos, estrategias de gestión, etc.).

Por lo tanto, la investigación derivada de la problemática dicotomía salud/trabajo, podrá orientarse a encontrar vías de solución a las problemáticas derivadas de la interacción entre lo técnico/ lo humano y lo organizacional. Es decir, responder a los problemas de:

- Implicación física y cognitiva, sea ésta individual o colectiva (*el problema de la toma de riesgo*).
- Inclusión y exclusión derivada de las transformaciones socio-económicas y socio-culturales en el mundo del trabajo (*el problema de la construcción de sentido*).

- Las vías de gestión que permitirán homogenizar las lógicas de apreciación del riesgo y de la exposición en el trabajo (*el problema del control dinámico de los sistemas de producción*).

Para estudiar e indagar sobre estas problemáticas, el grupo “salud y trabajo” busca estimular todos aquellos proyectos que respondan a soluciones de problemas regionales y nacionales. Proyectos que aporten nuevos conocimientos que a su vez transformen los dominios de estas problemáticas.

## Introducción

Hablar del comportamiento mecánico del hueso frente al estrés ocupacional visto desde la fisioterapia, implica destacar tres aspectos que deben tomarse en cuenta al momento de reflexionar sobre cualquier área del conocimiento:

- El primero implica que el lector reconozca que conocer puede generar un saber sistemático de la realidad, la cual siempre se encontrará sujeta al paradigma<sup>1</sup> históricamente vigente.
- El segundo supone que el movimiento corporal humano (objeto de estudio de la profesión) debe ser explorado desde la investigación, no sólo a la luz de las necesidades del momento, sino que debe generar líneas y grupos interdisciplinarios que se enfoquen en áreas de interés social, como es el caso de la salud y el trabajo de las personas (interés primario de este texto).
- El tercero, hace referencia a encontrar respuestas preventivas o por lo menos explicativas que den oportunidad a nuevas interpretaciones desde la fisioterapia al conocimiento de los marcadores de estrés ocupacional.

Por lo tanto, en este primer borrador de investigación se realizará una aproximación teórica del comportamiento mecánico del hueso frente al estrés ocupacional, algo de su génesis, su tipología y su importancia desde fisioterapia; así como la relación del aparato locomotor y los factores de riesgo ocupacionales como causantes y receptores de las dinámicas corporales ocasionadas ante la actividad, dejando en su esencia (los huesos) huellas que pueden ser indicadores de análisis

---

<sup>1</sup> “Realizaciones científicas universalmente reconocidas que durante cierto tiempo proporcionan Modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica”. Kuhn, 1962.

frente al concepto salud-enfermedad, así como relaciones de interpretación respecto al objeto de estudio de la fisioterapia.

El documento finaliza con una mirada al planteamiento del Ministerio de Protección Social desde la noción de enfermedad profesional, por estar directamente relacionada con la categoría de análisis del grupo de investigación al presentarse efectos a nivel óseo en el individuo expuesto a carga física.

## ¿Por qué preocuparnos por los marcadores de estrés ocupacional?

### Concepto de marcador de estrés ocupacional

El comportamiento mecánico del hueso varía dependiendo de las tensiones causadas por factores intrínsecos y extrínsecos, los cuales se denominan *marcadores de estrés ocupacional*. Para algunos, éstos son una expresión de la plasticidad ósea, puesto que tejido óseo es un elemento que presenta constante movilización de sales minerales y material orgánico, modelable durante su crecimiento y de gran respuesta cicatricial.

Las propiedades biomecánicas del tejido óseo sufren con la edad modificaciones asociadas, en gran parte, a la reducción de la masa ósea, pero también a los cambios en la arquitectura y la micro arquitectura de los sectores cortical y trabecular. Las fracturas<sup>2</sup> no traumáticas en los pacientes con osteoporosis, por ejemplo, están relacionadas con el deterioro de la resistencia, que depende significativamente de la calidad ósea.

Así mismo, el comportamiento mecánico del hueso puede estudiarse desde una doble perspectiva: a) por las características materiales del tejido, a través de pruebas mecánicas de secciones del hueso, y b) por las propiedades estructurales,

---

<sup>2</sup> Fractura: lesión localizada en el hueso, que se acompaña de alteraciones en los tejidos blandos adyacentes, las estructuras regionales vecinas y sobre el paciente en su estado general. Se entiende como fractura la pérdida en la continuidad de un hueso; varía desde la fisura hasta el estallido con presencia de varios fragmentos. Dado que los huesos están rodeados de partes blandas, siempre se presenta un cierto grado de compromiso en el periostio, los músculos, los nervios, vasos, tendones o piel. Estas lesiones pueden ser de mayor importancia que la fractura misma (Echeverri, 1995).

tomando el hueso como una unidad anatómica entera y considerando su forma y arquitectura, que configuran su geometría. Ambos métodos, con el objetivo de registrar las resistencias óseas y las deformidades óseas que acontecen en las situaciones de carga, permiten crear curvas y modelos para el estudio de la resistencia, energía de absorción, plasticidad, elasticidad y modelos arquitectónicos y de la micro arquitectura trabecular estructural

Para Niño (2005), los marcadores de estrés ocupacional reflejan una tensión aguda y prolongada causada por la acción muscular, la cual produce alteraciones en el comportamiento mecánico del hueso. Con el fin de resistir la tensión, el hueso expande su estructura para disminuir o disipar esa fuerza, y estas modificaciones producen cambios morfológicos observables en forma de bordes, hoyos, arrugas o exostosis. A diferencia de los cambios óseos producto de una patología, los marcadores de estrés músculo-esquelético se distinguen e identifican como cambios en la dimensión del hueso que están presentes sólo en sitios de inserción muscular, y son cambios aislados y de naturaleza no aleatoria.

Asociado a lo anterior, como respuesta a las fuerzas aplicadas, el hueso altera su forma, tamaño y estructura, ganando o perdiendo hueso esponjoso y cortical. Biomecánicamente el hueso es tratado como un cuerpo con la habilidad de cambios de forma mediante la aparición de nuevo hueso donde lo necesita y reabsorción de éste donde no lo necesita, como se establece en la ley de Wolf. Cuando el hueso no está bajo tensiones inusuales, se reabsorbe, reduciendo su fuerza y su rigidez.

La cantidad, frecuencia y dirección en la que la fuerza es aplicada contribuye a la manera en que el hueso se modifica. No obstante, si la dirección de las cargas varía de un patrón regular, el hueso no será fácilmente estimulado, reduciendo la formación de nuevo hueso. En una distribución irregular de tensión, la morfología del hueso adopta un efecto desproporcionado, lo que se logra, por ejemplo, con ejercicio fuerte, en donde la robustez del hueso resulta de un músculo hipertrofiado cuyas contracciones son más poderosas que las de un músculo normal, aumentando su uso en las actividades diarias, estimulando la formación de nuevo hueso en la superficie del periostio; en una sección transversal, un hueso hipertrofiado tiene más hueso cortical y un canal medular reducido, implicando un soporte a una carga mayor. Una reducción de carga diferente del anterior en que se observa en un hueso menos robusto con una reducida área transversal, y hay menor cantidad de hueso cortical y gran canal medular (Niño, 2005).

## Génesis del concepto

El concepto de *marcador de estrés ocupacional* se puede abordar desde las consecuencias generadas en los segmentos óseos por actividades y cargas musculares repetitivas en actividades particulares, las cuales se encuentran determinadas no sólo por la actividad en sí misma, sino también por los estilos de vida de las personas, las cuales determinan, por decirlo de alguna forma, huellas en sus mapas corporales que han sido abordadas en pesquisas de orden forense, arqueológico y antropológico, principalmente.

Así, se encuentra mayor información en la literatura antropológica (especialmente la paleontología, paleodemografía y antropología forense), como lo propone Niño (2005), puesto que comparte fundamentos metodológicos de la biología del esqueleto, la osteología y antropología dental, como también orientaciones teóricas de evolución humana y diversidad biológica de poblaciones actuales y pasadas.

Los marcadores de estrés ocupacional han sido objeto de interés desde mediados del siglo XVI en Europa, especialmente en el área del comercio y de las enfermedades militares. En 1556 se publica el primer trabajo sobre minería que describe las enfermedades y accidentes sufridos por este grupo de trabajadores (Kennedy, 1989; Roberts y Machester, 1995). Posteriormente, Bernardo Ramazzini (padre de la medicina industrial) en 1700 publica el primer trabajo de medicina industrial en donde describe 42 ocupaciones y las relaciona con enfermedades, identificando además que la base para entender los problemas de salud se encuentra en la ocupación laboral.

A mediados de del siglo XIX, anatomistas y cirujanos reconocen la relación entre profesión y cambios en el cuerpo, comprendiendo que el esqueleto puede relatar los hábitos de vida a partir de una serie de irregularidades morfológicas observables en los huesos, e igualmente identifican diferencias entre huellas óseas correspondientes a patologías o factores genéticos y marcas resultantes de las actividades realizadas por el individuo a lo largo de su vida (Kennedy, 1989; Roberts y Machester 1995).

Los estudios de antropología física y medicina industrial fueron integrados por William Turner en 1886, quien investigó las relaciones entre la especialización, forma y proporciones de las estructuras esqueléticas en un grupo humano específico, concluyendo que, aunque ciertamente los músculos afectan la forma de los huesos, los hábitos de vida también tienen un papel importante en las modificaciones de los sitios de inserción. Turner concluyó que las diferencias en

el esqueleto son atribuibles a las influencias de los hábitos operacionales durante una acción muscular y la presión ejercida sobre los huesos, a diferencia de una condición plástica comparativa donde es el curso de los años lo que los moldea a la forma en la cual están presentes en el hombre adulto.

Desde los tiempos de Turner hasta el presente, los marcadores de estrés ocupacional han sido estudiados separadamente por médicos y antropólogos, lo cual ha generado un desconocimiento del trabajo realizado por ambas partes, y no hay ningún esfuerzo que combine y sintetice los datos de las dos áreas. Los marcadores de estrés fueron considerados importantes por parte de la antropología a partir de finales del siglo XIX, con Ales Hrdlicka en el Instituto Smithsonian. En este mismo instituto, el antropólogo físico Lawrence Angel aplicó sus conocimientos de marcadores ocupacionales en la identificación de restos humanos, y fue quien hizo el primer intento de estandarizar un método para registrar los marcadores de estrés músculo-esquelético. En 1997, en el simposio de patrones de actividad y marcadores de estrés músculo-esquelético, se observó claramente el avance de los estudios de los marcadores de estrés ocupacional.

Diferentes áreas como la medicina industrial, la ortopedia y la medicina deportiva se especializan cada vez más y se interesan por los marcadores ocupacionales, pero la investigación en esta área no ha contado con estandarización de criterios de observación, y las diferentes orientaciones científicas no han permitido unidad en la neutralidad de los estudios.

## **Tipología de los marcadores de estrés ocupacional**

Aunque los marcadores de estrés han sido estudiados principalmente en el sistema músculo-esquelético, también se presentan en la dentición, pues aunque los dientes no tienen la capacidad de formar nuevo tejido, se pueden desgastar.

### **1. Lesiones degenerativas**

Las lesiones degenerativas incluyen todas aquellas condiciones asociadas que se desvían del estado de funcionamiento normal. Aun cuando corrientemente se consideran asociadas con el aumento de edad y/o estrés acumulado (artritis), deben agregarse condiciones como los desórdenes de desarrollo y lesiones que no se pueden colocar en otras categorías.

## **2. Trauma**

Las primeras causas de curación se pueden reconocer por la actividad osteoclástica alrededor del sitio de la fractura. Los procesos más avanzados incluyen actividad osteoblástica (por ejemplo periostitis), mientras que la actividad continuada se caracteriza por la formación de hueso esponjoso que une los fragmentos (formación de callo). Las fracturas se consideran sanadas cuando los fragmentos se encuentran unidos por hueso lamelar. Esto puede ocurrir con los fragmentos desplazados o no desplazados. El saneamiento o la unión también puede ocurrir sin que se unan los fragmentos (pseudoartrosis).

Otras categorías incluyen complicaciones posteriores al evento inicial: inflamación (periostitis, osteomielitis, secuestro, cloaca) acortamiento, enfermedad articular degenerativa, necrosis avascular, desplazamiento óseo y atrofia, además de las evidencias de intervención como reducción, entablillado, amputación, trepanación, intervención quirúrgica, etc.

## **3. Lesiones entesopáticas**

Las lesiones entesopáticas de las inserciones musculares son causadas por la hipertrofia de músculos de superficies rudas, irregularidades y osteofitos en el hueso. Esto puede ser inducido por fuerzas mecánicas externas al hueso como cargas u objetos pesados sobre la cabeza lo que puede producir fracturas de las apófisis espinosas de las vértebras cervicales (Levy, 1968). También pueden ser inducidas en otros casos por fuerzas internas como la hipertrofia de la cresta del supinador en el cubito proximal como resultado de la supinación e hiperextensión en el manejo de armas (Kennedy, 1983).

## **4. Atrición dental**

La atrición es un marcador de estrés ocupacional ya que los diferentes grados de desgaste son resultado de la ingesta de partículas abrasivas, y por objetos sostenidos o movidos en la boca cuando ésta se utiliza como herramienta o mano adicional (Scott, 1988). El tejido óseo puede ser modificado si la atrición es muy severa, igualmente en caso de una condición osteoartritica donde puede ocurrir el deterioro de las superficies articulares.

Habitualmente la superficie oclusal de los dientes se desgasta por acción mecánica por el contacto diente contra diente (atrición) o por el contacto con materiales extraños (abrasión). El desgaste dental depende del grado de abrasividad de

los alimentos, la duración y la fuerza del movimiento masticatorio, las características de oclusión del individuo y el bruxismo.

### **Una mirada frente al aparato locomotor**

Para poder abordar el comportamiento mecánico del hueso frente al estrés ocupacional, se considera importante mencionar algunas generalidades de aparato locomotor, con el fin de favorecer la comprensión del lector al momento de introducir cada uno de los temas que se relacionan con la categoría de análisis del texto.

Tal como lo proponen Gowitzke y Milner (1988), el sistema esquelético es la estructura ósea que sostiene los órganos corporales, protege muchos de ellos y constituye el núcleo duro de todos los segmentos corporales. Adicional a lo anterior, Soto y Malagón (1994) lo consideran como un punto de apoyo de la función muscular y como elemento hematopoyético.

Por su parte, White (2000) y Mays (1999) establecen que el principal objetivo del esqueleto es proteger y soportar los tejidos blandos, proporcionando rigidez al cuerpo, servir de sitio de inserción de tendones y músculos para generar movimientos. En vida el hueso es un tejido activo que crece durante el desarrollo del individuo, y se moldea y remodela durante el transcurso de la vida gracias a la acción de las células óseas: los osteoblastos (responsables de la formación de nuevo hueso), los osteoclastos (responsables de reabsorción del hueso) y los osteocitos (involucrados en el mantenimiento del hueso). En donde, la capacidad de reacción de estas células puede ser afectada por condiciones patológicas o por fuerzas externas, modificando la morfología general ósea. Esta modificación incluye la reorientación de partes y áreas del hueso cuando el límite de plasticidad ósea es excedido, el hueso no puede recobrar su forma original y modifica, por ello, su estructura.<sup>3</sup>

La ley de transformación de Wolf, describe la respuesta del hueso a fuerzas mecánicas y representa el concepto fundamental para los estudios de marcadores de estrés ocupacional. El hueso de tejido vivo, puede modificarse respondiendo a repetidas fuerzas aplicadas a él, fortaleciéndose donde lo necesita y reduciéndose donde no. Sin embargo, Ralmondi (1999) plantea que el nivel mecánico de la acción motora, lo representan los órganos pasivos del movimiento (huesos), los

---

<sup>3</sup> En 1892, Julius Wolff señaló que “la forma dada del hueso, los elementos óseos colocados o desplazados en la dirección de la presión funcional y su aumento o disminución en masa reflejan la cantidad de presión funcional”.

elementos de deslizamiento (articulaciones) y los motores (músculos). En donde, los huesos y los músculos representan un andamio móvil que da sostén a los músculos, generadores del movimiento. Los músculos son los mecanismos elásticos indispensables para el movimiento, capaces de transformar la energía química en mecánica, pero no pueden cumplir su función de motores musculares si no son activados por un proceso nervioso. En consecuencia, surge la habilidad motora en donde todas las formas de movimiento se producen a partir de la interacción de la fuerza muscular, la gravedad y cualquier otra fuerza externa que pueda afectar las palancas esqueléticas. Recordando además, que los músculos rara vez actúan por separado, más bien los grupos musculares interactúan de formas de modo que se pueda conseguir el movimiento deseado. Esta interacción puede tomar muchas formas diferentes, de modo que un músculo pueda desempeñar diferentes tareas dependiendo del movimiento (Gowitzke y Milner, 1988).

Es así como el sistema músculo-esquelético es objeto de estudio de la biomecánica en temas relacionados particularmente con la fuerza y un movimiento se realiza a partir de las contracciones musculares, las cuales pueden ser concéntrica (usada para la aceleración), isométrica (usada para la fijación) y excéntrica (usada para la desaceleración del movimiento) (Hall, 1999).

Los músculos tienen tres propiedades de comportamiento: extensibilidad, elasticidad y contractibilidad,<sup>4</sup> las cuales son utilizadas en las diferentes contracciones en la ejecución de movimientos. Sin embargo, las tareas y movimientos realizados por el hombre a lo largo de la historia se han acompañado no sólo del uso de herramientas, sino también de posturas adquiridas para el desarrollo de trabajos que requieren adopciones posturales repetitivas que con el tiempo se han convertido en factores de riesgo para el desarrollo de desordenes músculo-esqueléticos.

---

<sup>4</sup> Según Hall (1999) la extensibilidad es la capacidad del músculo para estirarse o incrementar en longitud; la elasticidad es la habilidad del músculo para regresar a su longitud normal después de estirarse y provee una transmisión suave de tensión del músculo al hueso, y la contractibilidad es la propiedad del músculo que concierne a la biomecánica cuando se desarrolla tensión en un músculo este genera una contracción muscular creando torsión en las articulaciones involucradas, debido a la forma en que las fibras musculares estén acomodadas. Si la cantidad de tensión es constante, esta se despliega a lo largo del músculo, en los tendones y en los sitios de unión con el hueso; el desarrollo y mantenimiento de la fuerza es afectada por la velocidad y tiempo en el cual la tensión es realizada, afectando las características particulares anatómicas y fisiológicas del músculo.

Por su parte, los huesos, como lo plantea Kennedy (1989), tienen dos propiedades funcionales: fuerza y firmeza, las cuales pueden ser alteradas por el esfuerzo o el estiramiento,<sup>5</sup> y son importantes para el análisis del comportamiento bajo la influencia de fuerzas externas. La formación de marcadores ocupacionales de esfuerzo corresponde a respuestas del hueso a estas fuerzas (esfuerzo y estiramiento). Inicialmente, el tejido muestra elasticidad permitiendo que regrese a su forma original; sin embargo, si las fuerzas aplicadas exceden el límite de la elasticidad ósea, el área afectada no regresa a su forma original llevando a una deformación permanente, haciendo las respuestas visibles microscópicamente, aunque el “esfuerzo y estiramiento excesivo pueden llevar a la deformación del hueso y a la necrosis” (Kennedy, 1989). De otro lado, la formación de nuevo hueso es estimulada si los límites de la elasticidad no son excedidos, lo cual es esencial para la curación.

Por su parte, los desórdenes músculo-esqueléticos ocupacionales pueden definirse como “un conjunto de variadas lesiones específicas o inespecíficas que afectan al sistema músculo-esquelético y que se hallan vinculadas con la realización de movimientos repetitivos, la ejecución inadecuada de fuerza, la adopción de posturas forzadas, el efecto de la compresión localizada y la exposición a la vibración, con motivo del trabajo, durante un lapso prolongado de tiempo y con escaso período de recuperación” (Taboadela, 2001). Taboadela plantea cuatro criterios para su análisis:

1) **Criterio anatómo-patológico:** la definición expresa un estado de anomalía producto de varias lesiones específicas o inespecíficas relacionadas con el trabajo que son distintas entre sí y que tienen en común la afección del sistema osteoarticular. Las lesiones específicas son aquellas que constituyen entidades nosológicas y que presentan expresión clínica característica, siendo el examen físico y los estudios complementarios positivos. En general la bibliografía hace

---

<sup>5</sup> El esfuerzo es definido por Kennedy (1989) como una fuerza mutua o acción entre superficies contiguas de cuerpos causadas por fuerzas externas, y el estiramiento es la deformación (cambio de dimensión) de una estructura en respuesta a cargas externas, y esta relacionado con las contracciones de los músculos. Existiendo dos tipos de estiramiento, uno que causa cambio en la longitud y otro que causa cambios en las relaciones angulares dentro de la estructura

<sup>6</sup> Los marcadores de estrés son una expresión de la plasticidad ósea bajo presiones internas y extracorpóreas que no son atribuibles a desórdenes metabólicos, bioquímicos, neuronales, vasculares o a imbalances hormonales y enzimáticos

referencia solamente a la afectación de las partes blandas del sistema osteoarticular: músculos, tendones, vainas sinoviales, bursas, fascias, nervios y arterias. Ejemplos de estas lesiones son: las contracturas musculares, las tendinosis, las tenosinovitis, las entesopatías, las bursitis, las fascitis, los atrapamientos nerviosos y el fenómeno de Raynaud. Sin embargo, algunos autores consideran también a la osteoartritis y a las fracturas por stress lesiones específicas a pesar de afectar el cartílago articular y el hueso respectivamente.

Los signos y síntomas característicos de las lesiones específicas son: dolor característico, parestesias definidas, tumefacción, edema, rigidez y/o debilidad del segmento afectado. También puede observarse cambio de color de los dedos (fenómeno de Raynaud), limitación funcional de las articulaciones adyacentes en etapas avanzadas llevando a hipotrofia y atrofia muscular.

En cambio, las lesiones inespecíficas conforman un conjunto de algias músculo-esqueléticas erráticas e inespecíficas y/o parestesias sin distribución metamérica lógica, en las cuales el examen físico y los estudios complementarios son negativos y, por lo tanto, constituyen un diagnóstico de exclusión.

- 2) **Criterio etiopatogénico:** los desórdenes músculo-esqueléticos ocupacionales son producidos por la realización de movimientos repetitivos, ejecución inadecuada de fuerza, adopción de posturas forzadas, efecto de la compresión localizada y exposición a la vibración.

Históricamente los factores de riesgo en el área laboral afectaban a aquellos trabajadores que realizaban tareas pesadas (industria de la construcción, industria metalúrgica y/o mecánica, etc.) o los oficios manuales (lavanderas, carpinteros, artesanos, sastres, etc.). Sin embargo, en los últimos años se observa una mayor incidencia en los empleados administrativos que operan computadoras.

- 3) **Criterio cronológico:** estos desórdenes se producen a lo largo de semanas, meses y años. No constituyen hechos súbitos y violentos, no son accidentes, sino enfermedades.
- 4) **Criterio fisiológico:** debe existir escaso período de recuperación, es decir los intervalos de descanso son insuficientes para que el tejido exigido alcance a recuperarse en forma completa.

Por lo tanto estos desórdenes no constituyen en sí mismos un diagnóstico médico, en realidad conforman un término colectivo que engloba un conjunto de distintas enfermedades que afectan al sistema músculo-esquelético. Por otra parte, deben ser considerados enfermedades profesionales ya que se observa un traba-

jador, que en ocasión del trabajo sufre exposición a los factores de riesgo ergonómico, durante un lapso prolongado de tiempo, desarrollando una enfermedad y encontrándose una relación de causalidad entre la enfermedad y los factores de riesgo.

### **Una mirada frente a los factores de riesgo**

Retomando a Taboadela (2001), los agentes activadores son cinco: movimientos repetitivos, posturas inadecuadas, aplicación de fuerza, compresión mecánica y vibración.

- **Movimientos repetitivos:** en 1986 Silverstein estableció que “el trabajo se considera repetitivo cuando la duración del ciclo del trabajo es menor de 30 segundos”. El movimiento repetitivo produce microtraumatismos tisulares y debido al escaso tiempo de recuperación entre los mismos no existe tiempo para que se produzca la reparación tisular completa. Esto lleva con el tiempo a la fibrosis. La fibrosis produce en las vainas sinoviales tenosinovitis, tal como se observa en los tendones extensores del primer compartimento dorsal de la muñeca (enfermedad de De Quervain o enfermedad de las lavanderas) y en el túnel del carpo en las vainas de los flexores (síndrome del túnel carpiano). También las entesopatías (inflamación crónica de las entesis: lugar de inserción en el periostio de los tendones) se producen por movimientos repetitivos. Éstas se observan por ejemplo en el codo: epicondilitis (codo de tenista) y epitrocleítis (codo del golfista). Las bursitis por movimientos repetitivos no son infrecuentes y suelen afectar al hombro (bursa subacromio-subdeltoidea) produciendo el conocido síndrome de fricción subacromial.
- **Posturas inadecuadas:** las posturas inadecuadas se caracterizan por el aumento sostenido del tono muscular que lleva a la contractura muscular; por ejemplo en el cuello (síndrome tensional del cuello), tal como se ve en los oficinistas que pasan largas horas delante del computador. Trabajar con las manos elevadas por encima de la altura de los hombros puede producir atrapamiento neurovascular a nivel del opérculo torácico (síndrome de salida del opérculo torácico). También las posturas inadecuadas de la muñeca y de la mano que se observan al empuñar incorrectamente distintas herramientas (destornilladores, pinzas, mouse) pueden producir entrapamientos a nivel de la muñeca (síndrome del túnel carpiano y síndrome de Guyón) al aumentar la presión dentro de los túneles inextensibles del carpo.
- **Aplicación de fuerza:** aquí se observa un aumento brusco del tono muscular que se produce fundamentalmente en anaerobiosis con la conse-

cuenta hipoxia y acumulación de ácido láctico. Se producen, entonces, microdesgarros fibrilares que evolucionan hacia la fibrosis por reparación tisular incompleta. Esto lo vemos en las flexiones lumbares repetidas al levantar pesos sin flexionar las rodillas (lumbalgias crónicas), o cuando se empujan grandes pesos poniendo en tensión el tendón de Aquiles (tendinopatía y/o entesopatía aquiliana) o al jalar de una soga un peso importante (tenosinovitis y entrapamientos nerviosos en la mano y muñeca).

- **Compresión mecánica:** en los trabajos en los cuales se produce la compresión localizada de un segmento del cuerpo puede observarse la compresión de las estructuras vasculares (que lleva a la hipoxia y, consecuentemente, a microlesiones tendinosas y musculares) y la compresión de los nervios (que altera el transporte axonal produciendo edema y desencadenando los entrapamientos nerviosos), así como la compresión de las bursas serosas (bursitis olecraneanas por trabajar con el codo apoyado o bursitis prerrotulianas por trabajar arrodillado).
- **Vibración:** reconocemos dos tipos de vibración. Aquellas que son transmitidas al miembro superior por una herramienta vibratoria (martillo neumático, perforadoras, etc.) y que pueden producir necrosis de los huesos del carpo (osteonecrosis del semilunar o enfermedad de Kienböck) y osteoartritis en muñeca y codo. Las vibraciones también afectan a los vasos sanguíneos y son capaces de producir el fenómeno de Raynaud inducido por vibración conocido como “dedo blanco”. También se describe el síndrome del martillo hipotenar por vibración: consiste en la trombosis de la arteria cubital por golpear repetidamente con la eminencia hipotenar sobre superficies duras (carpinteros, albañiles, etc.). La otra forma de vibración es la vibración de cuerpo entero, en la cual las vibraciones de un vehículo pesado (grúas, caterpillar, etc.), son transmitidas desde el asiento del vehículo hacia los isquiones del conductor sentado y luego se dirigen en forma ascendente hacia la columna lumbar produciendo osteoartrosis y calcificación de los discos intervertebrales.

El frío es un importante cofactor ocupacional. La disminución de la temperatura por debajo de los 10° hace más lento el metabolismo muscular y produce vasoconstricción afectando la sensibilidad en los dedos de la mano. La exposición prolongada a fríos extremos produce lesiones neurovasculares irreversibles que pueden llegar a la amputación espontánea de los dedos por crionecrosis. No debemos olvidar que el frío también potencia los efectos de la vibración y de las sustancias vasoconstrictoras (nicotina, cafeína, y otras drogas).

Los factores de riesgo no ocupacionales no están relacionados directamente con el trabajo. Sin embargo, deben ser rigurosamente indagados ya que son frecuentes productores de desórdenes músculo-esqueléticos, entre ellos se encuentran:

- **Factores fisiológicos:** se considera que a mayor edad existe mayor probabilidad de sufrir desórdenes músculo-esqueléticos debido a la mayor incidencia de lesiones preexistentes y a las enfermedades de la senectud (artrosis, osteoporosis, etc.). Se estima que el sexo femenino tiene mayor probabilidad de sufrir estos desórdenes por efecto o defecto de los estrógenos, como veremos más adelante. En cuanto a la antropometría, se describe que aquellos individuos con mayor masa corporal son más proclives a sufrir desórdenes músculoesqueléticos. En muchos casos la mano dominante es la más afectada. En otros casos, en los cuales la mano no dominante debe realizar tareas de esfuerzo para permitir trabajar a la dominante, la patología suele ser bilateral pero distinta para cada mano (por ejemplo túnel carpiano en la no dominante y dedo blanco en la dominante). Finalmente, el embarazo, los anticonceptivos y la menopausia son importantísimos factores de riesgo: el túnel carpiano y la lumbalgia tienen gran incidencia en la mujer embarazada. La estrógenoterapia produce edema y puede alterar la relación contenido-continente en los desfiladeros nerviosos. Por último, en la menopausia, juega un rol muy importante la osteoporosis (cifosis, fractura de cadera, fractura de muñeca, etc.).
- **Factores de riesgo patológicos:** las secuelas de accidentes (fracturas, amputaciones, etc.) suelen sobrecargar al miembro sano. La diabetes, por efecto de la polineuritis y de la microangiopatía, la hipertensión arterial por el desequilibrio en el manejo del sodio, la obesidad (la grasa acumula líquido y produce tunelopatías así como también actúa como una glándula accesoria del metabolismo de los gonadotrofinas afectando el metabolismo de los estrógenos). El hipotiroidismo por la presencia de mixedema que ocupa los desfiladeros nerviosos y, por último, los reumatismos por las sinovitis y tenosinovitis crónicas así como las deformaciones articulares de los dedos de la mano.
- **Factores de riesgo psicológicos:** no debemos olvidar que los rasgos de la personalidad y sus alteraciones pueden influir en la aparición de desórdenes músculo-esqueléticos, por ejemplo como se ve en personalidades obsesivas y perfeccionistas.
- **Factores de riesgo sociales:** el tiempo dedicado al sueño, esparcimiento y ocio son fundamentales para prevenir la fatiga muscular. Si bien se recomienda el ejercicio como un terapéutica, la práctica asidua de deportes puede

desencadenar lesiones deportivas (tendinitis, entesopatías, etc.) indistinguibles de las ocupacionales. Los *hobbies* hogareños (sobre todo el bricolaje) en los cuales se utilizan herramientas para las que no se tiene el entrenamiento adecuado, pueden producir también lesiones músculo-esqueléticas. Las alteraciones en la dieta pueden desembocar en obesidad. El tabaquismo y el café producen vasoconstricción e hipoxia. La adicción a drogas que afectan el funcionamiento y el metabolismo cerebral altera las praxias y gnosias.

### **Una mirada de las enfermedades profesionales en Colombia**

Al presentarse efectos a nivel óseo en el individuo expuesto a carga física hablamos del concepto de enfermedad profesional. La noción de Enfermedad Profesional se origina en la necesidad de distinguir las enfermedades que afectan al conjunto de la población de aquellas que son el resultado directo del trabajo que realiza una persona, porque generan derechos y responsabilidades diferentes (se retoma información producida por parte del Ministerio de la Protección Social -2004-, en el “Informe de Enfermedad Profesional en Colombia Años 2001 – 2002, Una oportunidad para la prevención”).

La mayoría de aproximaciones conceptuales a la enfermedad profesional tienen ciertos elementos comunes, entre los cuales se destaca el énfasis que se realiza sobre la noción de causalidad que está sustentada, la mayoría de las veces, en la demostración de la exposición del trabajador a un agente nocivo presente en el ambiente de trabajo que pueda causar la enfermedad en cuestión.

El otro elemento común es la mención de la evolución lenta del fenómeno, que implica una exposición prolongada al agente causal. En general, se acepta que para establecer el origen de una enfermedad como profesional se necesitan por lo menos cuatro elementos:

- Presencia de un agente causal en el medio de trabajo; la noción del agente se extiende desde factores químicos, físicos o biológicos hasta “la existencia de condiciones de trabajo que implican una sobrecarga al organismo en su conjunto o a parte del mismo”.
- Demostrar la exposición durante un tiempo suficiente del trabajador al agente nocivo.
- Presencia de un cuadro patológico congruente con los efectos del agente nocivo sobre la salud.

- Relación de causalidad; “deben existir pruebas de orden clínico, patológico, experimental o epidemiológico, consideradas aislada o concurrentemente, que permitan establecer una asociación de causa-efecto, entre la patología definida y la presencia en el trabajo de los agentes o condiciones señaladas”.

Es importante tener en cuenta que la salud puede ser lesionada por la presencia de factores de riesgo (sobrecarga) o por la ausencia de factores ambientales (subcarga o factores protectores), como la ausencia de actividad muscular, falta de comunicación, de diversificación de la tarea, ausencia de desafíos intelectuales y carencia de responsabilidad individual.

La noción de enfermedad profesional indica un efecto adverso a la salud. Por eso es fundamental tener en cuenta la aclaración que hizo la Organización Mundial de la Salud en 1980 sobre la diferenciación de los efectos adversos a la salud: a) efectos que indican fases iniciales de una enfermedad; b) efectos irreversibles que indican una disminución de la capacidad corporal para mantener la homeostasis; c) efectos que tornan a un individuo más susceptible a las consecuencias nocivas de otras influencias ambientales; d) efectos que alteran ciertas mediciones consideradas como signos precoces de disminución de la capacidad funcional; e) efectos que indican alteraciones importantes de orden metabólico o bioquímico.

Por su parte, la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos definió en 1983, efecto adverso a la salud como “aquel que provoca, promueve, facilita o exacerba una anormalidad estructural o funcional, con la implicación de que la anormalidad tenga el potencial de disminuir la calidad de vida, causar enfermedad incapacitante o muerte prematura”.

Como ya se ha mencionado, la relación de causalidad es un aspecto determinante en la enfermedad profesional. Por tal razón, varios autores han realizado clasificaciones de las patologías laborales de acuerdo con la relación causa-efecto subyacente. De la clasificación empírica construida por Bernardo Ramazzini hace 300 años es posible derivar una primera sistematización de la patología laboral:

- Un primer grupo de enfermedades causadas directamente por la nocividad de la materia prima manipulada de naturaleza relativamente específica, y que dará origen a las enfermedades profesionales, también conocidas como tecnopatías.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Son las patologías ligadas a la actividad laboral en función de la utilización de unas técnicas más o menos sofisticadas que se consideran necesarias para el logro de un producto o un servicio determinado (Retana, 2003).

- Un segundo grupo de enfermedades producidas por las condiciones de trabajo (posiciones forzadas e inadecuadas), las que más tarde serán denominadas “enfermedades causadas por las condiciones especiales en que el trabajo es realizado”, también conocidas como mesopatías.

Los marcadores de estrés ocupacional como causantes y receptores de las dinámicas corporales, producen un efecto biomecánico ya sea directo o indirecto sobre la arquitectura ósea, lo cual incide directamente en la locomoción humana. Por lo tanto, el fisioterapeuta debe generar investigación en torno a este eje de análisis con el objeto de comprender el movimiento corporal humano.

Al relacionar el aparato locomotor y los factores de riesgo ocupacionales como causantes y receptores de las dinámicas corporales ocasionadas ante la actividad, encontramos que en los huesos quedan las huellas que alteran su comportamiento mecánico, éstas pueden ser indicadores de análisis frente al concepto salud-enfermedad, así como relaciones de interpretación frente al objeto de estudio de la fisioterapia. Respecto a la noción de enfermedad profesional, vemos que está directamente relacionada con la categoría de análisis del grupo de investigación al presentarse efectos a nivel óseo en el individuo expuesto a carga física.

En conclusión, el grupo de investigación en Salud y Trabajo con esta primera aproximación teórica busca dar el piso conceptual que permita el desarrollo de nuevas temáticas relacionadas que faciliten el camino de nuevas áreas de investigación.

## Bibliografía

- Niño, F. (2005). “Metodología para el Registro de Marcadores de Estrés Músculo-Esquelético”. *Boletín de Antropología*. Vol. 19 número 036. Universidad de Antioquia, Colombia.
- Roberts C. y Machester K.. (1995), (2007). *The Archaeology of Disease*. (Paperback). Publisher: Cornell University, Third edition (University of Bradford).
- Rodríguez Flórez. (2004). “La Antropología Dental y su importancia en el estudio de los grupos Humanos Prehispánicos”. *Revista de Antropología Experimental*. Número 4. Universidad de Jaen, España.
- .C.D. (2003). “Antropología dental prehispánica: Variación y distancias biológicas en la población enterrada en el cementerio prehispánico de Obando, Valle del Cauca, Colombia entre los siglos VIII y XIII d.C.” *Revista Antropo*. Vol. 4 P. 17-27 (Syllaba Press).
- Scott & Turner II. (1988). “Dental Anthropology”. *Ann. Rev. Anthropol.* 17:99-126.

- Retana Iza N. (2003). "Cambios recientes en las condiciones de trabajo. Tecnopatías." *JANO*. 21-27 Vol. LXV n1498.
- Gowitzke y Milner. (1988). *El Cuerpo y sus movimientos bases científicas, medicina deportiva*. Tercera edición. Editorial Paidotribo: Barcelona, España.
- Soto y Malagón. (1994). *Tratado de ortopedia y fracturas*. Tomo 1. Editorial Celsus: Bogotá, Colombia. P. 36-39.
- White Tim D. (2000). *Human Osteology*. Segunda Edición Academia Press, USA.
- Mays. (1999). "A Biomechanical study of Activity Patterns in a Medieval Human Skeletal Assemblage". *International Journal of Osteoachaeology*, No. 9, oo. 68-73.
- Ralmondi, P. (1999). *Cinesiología y psicomotricidad*. Editorial Paidotribo. Barcelona, España.
- Busquet, L. (2001). *Las cadenas musculares*. Editorial Paidotribo. Quinta edición. Barcelona, España.
- Hall, S. (1999). *Basic Biomechanics*, Mc Graw Hill, USA.
- Kennedy, K. (1989). "Skeletal Markers of Occupational Stress". Iscan, Mehmet y Kennedy. *Reconstruction of Life from the Skeleton*. Wiley-Liss, Inc. Nueva Cork. P. 129-160.
- Taboadela, C. (2001) Conferencia en la Semana Argentina de la salud y seguridad en el trabajo. "El proceso Ergonómico como Herramienta de Gestión", Parte I: Desordenes músculo-esqueléticos ocupacionales, factores de riesgo, patología ocupacional. Buenos Aires.
- Ministerio de Protección Social. (2004). Informe de Enfermedad Profesional en Colombia Años 2001 – 2002 "Una oportunidad para la prevención". Bogotá, Colombia.