

## INSTRUCCIÓN ORTOPÉDICA DE POSGRADO

# La rehabilitación en ortopedia y traumatología

## Parte II

\*,\*\*NELSON E. FREIS y \*\*KRISTINN HEINRICH

*\*Universidades Maimónides y Favaloro, Buenos Aires y \*\*Universidad Estatal de Arizona (ASU), Estados Unidos*

Tal como se mencionó, la rehabilitación dispone básicamente de dos tipos de herramientas: la fisioterapia y la kinesioterapia.

Los aspectos básicos de la fisioterapia (utilización terapéutica de agentes físicos) ya se describieron en forma sucinta en la primera parte de este artículo.

Nos ocuparemos ahora de la kinesioterapia (terapia por el movimiento).

Consideraremos aquí la implementación de ejercicios terapéuticos en cualquiera de sus variedades (isométricos, isotónicos concéntricos, isotónicos excéntricos, pliométricos, isocinéticos, etc.,) junto con las técnicas de movilización articular y las técnicas especiales, los que en su conjunto constituyen, por mucho, la parte fundamental de un esquema de rehabilitación exitoso.

Una vez realizada la intervención quirúrgica, y a menudo antes, se inicia el proceso de rehabilitación.

Esto necesariamente requiere una participación coordinada entre el ortopedista y el rehabilitador.

En la mayoría de los casos, es conveniente un período de rehabilitación preoperatorio no sólo a fin de evaluar la motivación del paciente para encarar un programa de rehabilitación (grado de adhesión al tratamiento), sino para optimizar las propiedades biomecánicas de los tejidos que serán agredidos durante la cirugía.

Una rehabilitación exitosa se fundamenta en una clara comprensión, por parte del rehabilitador, de la patología del paciente, así como del procedimiento quirúrgico, de las restricciones del tejido en vías de curación, de la fisiología del resultado funcional deseado y de la tensión impuesta a la unidad musculotendinosa y a los tejidos blandos circundantes durante el movimiento (fascia y tejidos nervioso, articular y óseo).

Durante los últimos años, nuestra comprensión de la importancia del control neuromuscular en la movilidad normal ha sido necesariamente influida por los avances en los procesos de rehabilitación ortopédica.

El propósito de este artículo es introducir al especialista en ortopedia en los conceptos del proceso de rehabilitación, fundamentados en criterios, evaluación, progreso de la rehabilitación, tipos de ejercicios terapéuticos y un esquema básico para su prescripción.<sup>1</sup>

### **El proceso de reparación tisular y su influencia en la rehabilitación**

El proceso de reparación tisular tras una lesión o luego de una cirugía ocurre típicamente en tres fases:

#### ***Fase I/Fase inflamatoria***

Consiste en el desarrollo de los conocidos fenómenos vasculares, histoquímicos y celulares que caracterizan la reacción inflamatoria.

Leadbetter<sup>5</sup> distingue entre la típica respuesta aguda de alta intensidad, que ocurre frente a un episodio único, bien definido y la respuesta crónica de baja intensidad, en la que la lesión se gesta en forma insidiosa y genera cambios estructurales que ocurren por debajo del umbral del dolor.

En la mayoría de los casos, la respuesta inflamatoria aguda da lugar a la aparición de la segunda fase (fase fibroplástica).

Durante el período posoperatorio inmediato, pequeños incrementos de líquido articular o la presencia de edema suelen derivar en la aparición de reflejos inhibitorios y en aparente debilidad muscular.

Por ejemplo, derrames de pequeño volumen en la rodilla generan inhibición refleja del vasto medial oblicuo (VMO) y alteran la mecánica articular de la rótula (Noyes).

La intervención terapéutica durante esta fase incluye la aplicación de modalidades de electroterapia (corrientes

Recibido el 23-10-2006.

Correspondencia:

Dr. NELSON E. FREIS  
nfreismd@hotmail.com  
nfreismd@ciudad.com.ar

de mediana frecuencia), crioterapia, movilización pasiva dentro del rango de no dolor y contracciones isométricas suaves.

Los objetivos funcionales son la reducción del dolor, la disminución del edema y el restablecimiento de la amplitud de movimiento normal. Aunque es típico que esta fase dure sólo algunos días, el rehabilitador debe estar atento a la evolución clínica antes de proceder a la incorporación de modalidades de tratamiento más agresivas.

Durante la fase inflamatoria la ejercitación debe ser suave y nunca agresiva. En algunos casos, la fase inflamatoria puede persistir mucho más allá de la lesión inicial, aunque los mecanismos exactos para la conversión de la respuesta aguda a la crónica no son aún claros.

Las restricciones mecánicas; por ejemplo, por microadherencias, escasa movilidad articular accesoria o desequilibrio de fuerzas que rodean la articulación, pueden desencadenar una respuesta inflamatoria crónica que persiste hasta que se elimina el factor irritativo o se corrige el desequilibrio.

La movilización articular (grado 1 de la escala de Maitland) suele mejorar el dolor y protege la musculatura en estos casos.

**Fase 2/Fase fibroplástica**

Esta fase de reparación tisular o fase fibroplástica está definida por el depósito progresivo de fibroblastos y el consecuente incremento de tejido colágeno. La fuerza ténsil permanece muy baja y el tejido inmaduro se mantiene unido a expensas de débiles uniones puentes de hidrógeno.

El ejercicio suave en este momento es fundamental para estimular la orientación de las fibras colágenas.

Sin embargo, la ejercitación que excede los límites del dolor puede disparar la reacción inflamatoria y el beneficio obtenido hasta este momento desaparecerá a medida que las enzimas degraden el tejido inmaduro.

Debido a que el dolor comienza a atenuarse en esta fase, los pacientes y los rehabilitadores deben ser muy prudentes y evitar los tratamientos agresivos, que provocan daño del tejido y una vuelta a la fase inflamatoria.

La formación de cicatriz es parte necesaria del proceso de curación, pero el objetivo de la intervención terapéutica es facilitar el desarrollo de una cicatriz móvil y resistente.

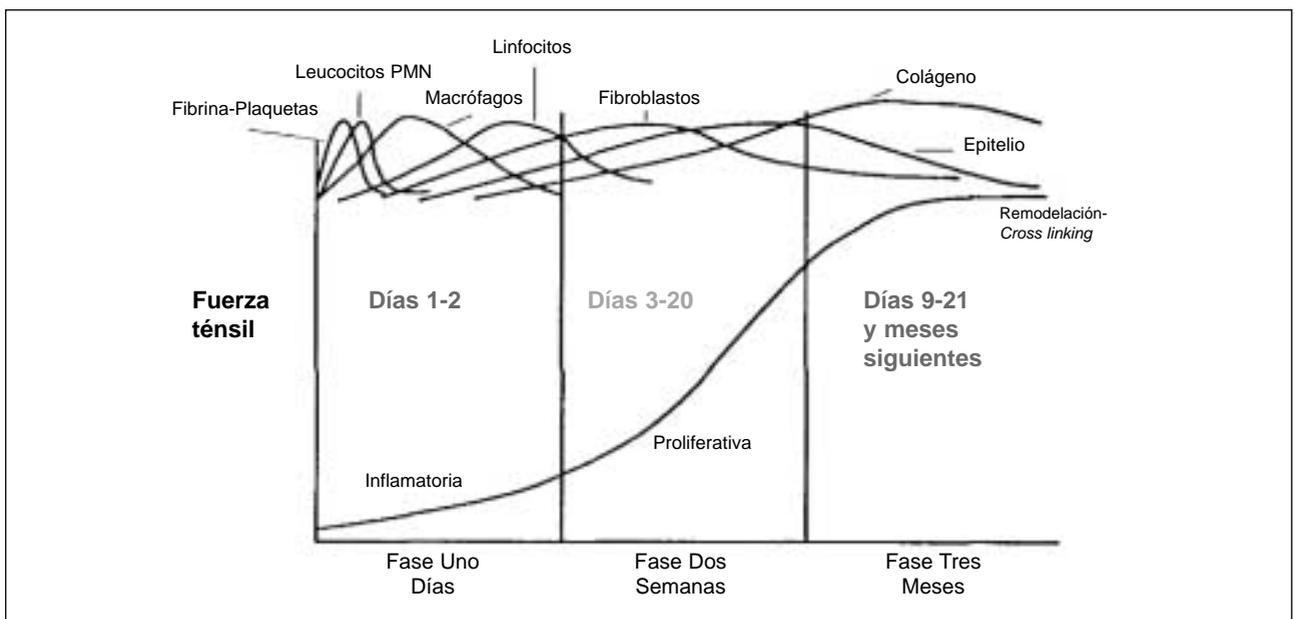
Durante esta fase, si existen restricciones a la movilidad, se indica movilización articular (grados 2 y 3 de la escala de Maitland) a fin de restablecer la artrocinemática normal.

**Fase 3/Fase de remodelación**

Esta fase ocurre cuando el tejido neoformado comienza a desarrollar mayor fuerza ténsil. Es típico que comience entre la tercera y la cuarta semana de ocurrida la lesión y puede persistir durante muchos meses e incluso prolongarse más allá del año, según el tipo de tejido que se considere.

Durante esta fase, las inestables uniones puentes de hidrógeno presentes en el tejido neoformado son reemplazadas por uniones covalentes, mucho más estables.

En la fase de remodelación, la rehabilitación puede ser mucho más agresiva. Sin embargo, el paciente debe ser controlado de cerca en busca de la aparición de tumefacción, edema, derrame articular, dolor o disminución de la función, como indicadores de una rehabilitación excesivamente agresiva (Fig. 1).



**Figura 1.** Fuente: Leadbetter, W. (1995) *Tendinitis I Clinics in Sports Medicine*.

## Ejercicios terapéuticos

Llegado el momento de seleccionar un programa adecuado de ejercicios terapéuticos, el rehabilitador deberá considerar varios factores: estadio del proceso de curación del tejido afectado, sus características biológicas y biomecánicas, y su intensidad, duración y frecuencia.

El objetivo funcional último del paciente (actividades de la vida diaria o de un atleta de alto rendimiento) deberá también tomarse en consideración.

Existen diferentes tipos de ejercicios terapéuticos, de acuerdo con el tipo de movilidad que se considere.

### Clasificación de ejercicios activos y pasivos

El proceso de contracción muscular ocurre siempre que las fibras musculares generan una tensión en sí mismas, situación que puede ocurrir cuando el músculo está acortado, alargado, se mueve o permanece en una misma longitud en forma estática.

En función de estas variables hay diferentes tipos de ejercicios, a saber (Fig. 2):

#### Ejercicios pasivos

La movilidad pasiva es aquella en la que no hay actividad muscular del paciente involucrada en el movimiento. Una fuerza externa (el terapeuta o un dispositivo tipo CPM) es la encargada de realizarla.

Existen dos tipos de movimientos pasivos: los fisiológicos y los accesorios. Los primeros se aprecian a simple vista (p. ej., flexión-extensión del codo). La movilidad pasiva accesorio se refiere a la artrocinemática que debe ocurrir en las superficies articulares a fin de que tenga lugar la movilidad fisiológica.

Por ejemplo, si la cabeza humeral no se desliza en sentido caudal durante la flexión, el movimiento fisiológico de extensión se verá limitado.

La terapia manual deberá realizarse para restablecer esta movilidad accesorio en tanto el paciente no sea capaz de efectuarla por sí mismo (Fig. 3).

#### Ejercicios isométricos

La contracción isométrica no genera modificación de la longitud de la fibra muscular (no hay movimiento apreciable), pero sí existe incremento de tensión dentro del músculo.

Al no involucrar movimiento, este tipo de contracción resulta una forma ideal para iniciar la ejercitación después de un traumatismo.

La ejercitación isométrica en diferentes ángulos dentro del rango de movilidad sin dolor le permite al paciente iniciar la facilitación de la acción muscular.

#### Ejercicios isotónicos

Las contracciones isotónicas son aquellas en las que el músculo, además de contraerse, modifica su longitud.

Este tipo de contracción muscular es la más común en la mayor parte de las actividades físicas de la vida diaria.

Las contracciones isotónicas se dividen en concéntricas y excéntricas.

Una contracción concéntrica ocurre cuando un músculo desarrolla una tensión suficiente para superar una resistencia fija, de forma tal que se acortan sus puntos de inserción y se genera el correspondiente movimiento.

La acción muscular concéntrica desarrolla menos tensión a medida que la velocidad de la contracción se incrementa y determina un consumo de oxígeno más alto.

La contracción muscular excéntrica ocurre cuando la carga externa supera la tensión desarrollada por el músculo en la unión musculotendinosa, específicamente a nivel del componente elástico en serie (puentes de actina-miosina).

Aunque el consumo de oxígeno es más bajo durante la acción muscular excéntrica, a una misma velocidad, la tensión muscular es superior a la generada en la contrac-



Figura 2.

ción concéntrica (típicamente 120% de la contracción concéntrica máxima).

Dado que la ganancia de fuerza es específica del movimiento, de la velocidad del ejercicio y del tipo de contracción (concéntrica, excéntrica, isométrica e isocinética), para mejorar la capacidad excéntrica de un músculo éste debe ser entrenado excéntricamente.

La mayoría de los ejercicios de sobrecarga (mancuernas, barras, etc.) están limitados por el peso que el músculo puede movilizar en forma concéntrica al inicio del arco de movilidad. Como la relación longitud-tensión y las ventajas mecánicas del músculo cambian a través del arco de movimiento, el músculo es casi siempre exigido con cargas submáximas por la mayor parte del arco de movilidad.

En consecuencia, el músculo rara vez es exigido en forma óptima durante la fase excéntrica de la mayoría de los ejercicios.

A diferencia de la acción muscular concéntrica, a medida que aumenta la velocidad de la contracción, la carga también se incrementa sobre el componente elástico en serie del músculo.<sup>4</sup>

Las tendinopatías por sobreuso son típicamente específicas del componente excéntrico del movimiento; por ejemplo la fase de *follow-trough* en un lanzamiento de beisbol genera una considerable carga excéntrica en el sector posterior del manguito rotador, del mismo modo que el revés en el tenis lo hace en el epicóndilo o caminar cuesta abajo tiende a sobrecargar la articulación patelofemoral.

Por esta razón, los programas de rehabilitación para tendinopatías deben dirigirse al componente elástico en serie con ejercicios excéntricos.

La comprensión de las propiedades físicas del tendón resulta fundamental para elegir un programa óptimo de rehabilitación de lesiones musculotendinosas.



Figura 3. Movilización articular.

Con cargas elevadas, el tendón tolera el estrés, pero escasamente la deformación. Por el contrario, con bajas cargas, el tendón muestra mayores propiedades viscoelásticas, es capaz de absorber mayor energía, pero tolera menos el estrés.

En promedio, la resistencia de un tendón en vías de curación aumenta a razón de un 50% por semana. La capacidad de elongación se incrementa a partir de la tercera semana.

Aproximadamente cuatro semanas después de producida la lesión, el tendón presenta una rigidez cercana al 70% de su valor normal y un 40% de su resistencia a la rotura.

Esto significa que el tendón adquiere rigidez antes de presentar resistencia (Steiner, 1982).<sup>9</sup>

Noyes<sup>6</sup> demostró que 8 semanas de inmovilización de la rodilla ocasionaban una caída en la resistencia del LCA de un 40% y que los ejercicios de recuperación eran eficaces recién a las 20 semanas en lo referente a la recuperación de la fuerza.

Por tal motivo, la inmovilización debe evitarse a toda costa, ya que estadísticamente condiciona una recuperación más lenta de las propiedades biomecánicas del tejido afectado.

En tanto la población de la tercera edad continúe físicamente activa, las tendinopatías seguirán requiriendo atención en rehabilitación. Los ejercicios excéntricos, por los motivos biomecánicos y fisiológicos ya detallados, son la alternativa de elección.

El programa excéntrico se inicia con una entrada en calor de 10 a 15 minutos a fin de incrementar la temperatura de los tejidos y la circulación general.<sup>8</sup>

Esto es seguido de un programa de elongación localizada a nivel de la estructura en cuestión. Todos los ejercicios deben mantenerse dentro del rango de movilidad sin dolor. Un dolor de grado 1 (dolor que aparece durante la entrada en calor pero desaparece con la actividad) es aceptable. Sin embargo, el dolor que persiste más allá de 2 a 3 horas de terminada la actividad es un indicio de que la carga durante el ejercicio fue demasiado elevada.

En tal caso, la disminución de la carga y de la velocidad de ejecución del ejercicio excéntrico ocasionaría menos agresión al tendón.

El esquema habitual de ejercitación para incrementar la resistencia es de tres series de 15 repeticiones. Una vez alcanzado este objetivo, se reduce el volumen (carga x repeticiones) a la vez que se aumenta la velocidad del ejercicio.

La sesión de ejercicios finaliza con crioterapia local combinada con elongación pasiva del músculo en tratamiento.

Este programa puede iniciarse en forma inmediata, al concluir la fase I (inflamatoria) del proceso de curación de los tejidos afectados.

### Ejercicios pliométricos

El ejercicio pliométrico está basado en la aplicación de una carga excéntrica-concéntrica cíclica. Una rápida precarga excéntrica sirve para incrementar la acción concéntrica de un determinado grupo muscular.

Por ejemplo, el contramovimiento excéntrico (descenso del cuerpo en una sentadilla) antes de un salto ocasiona una reacción más fuerte y explosiva en el movimiento concéntrico siguiente.

La energía se acumula en el componente elástico en serie de la unidad musculotendinosa y se libera durante la fase concéntrica del movimiento.

Por otra parte, la rápida precarga estimula el reflejo de estiramiento monosináptico y facilita el movimiento.

Dado que los ejercicios pliométricos se basan en la precarga excéntrica, se debe lograr un cierto nivel de acondicionamiento en el modo excéntrico antes de iniciar este tipo de ejercicios.

Los ejercicios pliométricos se utilizan típicamente en los programas de rehabilitación una vez que se inicia la fase de preparación para el retorno deportivo.

### Ejercicios isocinéticos

Es tipo de ejercicios se caracterizan por acomodar la resistencia a una velocidad angular constante. Por lo tanto, requieren equipamientos especiales, cuyo costo no siempre los hace accesibles.

Durante la década de los ochenta se postuló que este método de pruebas isocinéticas era una forma adecuada para determinar si un atleta estaba en condiciones de volver a la competencia.

Sin embargo, este tipo de evaluación debe ser en extremo específica para obtener resultados válidos y reproducibles.<sup>3</sup>

A diferencia de los ejercicios con pesas o mancuernas, que requieren que el cuerpo establezca las articulaciones vecinas a la que se movilizará, mediante la actividad de músculos agonistas, antagonistas y sinergistas en una variedad de planos diferentes, el ejercicio isocinético ocurre en un plano único, no requiere estabilizadores dinámicos y no predice necesariamente un resultado funcional (Anderson, 1994) (Fig. 4).

### Cadenas cinemáticas

Una cadena cinemática es el conjunto de articulaciones que se encuentran involucradas en la realización de un determinado movimiento (Fig. 5).

Estas cadenas pueden ser cerradas (cuando al extremo distal del miembro se le aplica una resistencia que no puede vencer) o abierta, caso en el cual no se aplica resistencia alguna y se permite así la movilidad libre del miembro.

Desde hace ya varios años se ha popularizado el uso cada vez más frecuente de ejercicios de cadena cinemática cerrada (*closed kinetic chain*), sobre todo para la recuperación de plásticas del LCA.

A pesar de décadas de experiencia clínica y años de investigación, la utilidad de estos ejercicios aún está abierta a debate.

Convencionalmente se acepta que los ejercicios de cadena cinemática abierta (p. ej., la extensión de la rodilla desde la posición de sentado) no son apropiados en los primeros estadios del programa de rehabilitación, ya que generarían estrés mecánico sobre el injerto.



Figura 4. Ejercitación isocinética.



Figura 5. Ejercicios de cadena cinemática cerrada.

Por el contrario, los ejercicios de cadena cinemática cerrada (sentadillas) serían superiores porque:

- Reducen las fuerzas de cizallamiento que actúan entre la tibia y el fémur.
- Incrementan las fuerzas compresivas tibiofemorales.
- Mejoran la fuerza de contracción de los isquiotibiales.
- Son más funcionales.
- Disminuyen las fuerzas de compresión sobre la articulación patelofemoral.

Sin embargo, recientes estudios biomecánicos han demostrado que la tensión a que es sometido el injerto no varía sustancialmente con el uso de uno u otro sistema y que ambos son beneficiosos para la rehabilitación de una plástica de LCA.

### Aspectos neurofuncionales

La ortopedia clásica destaca la estabilidad dentro de los objetivos de la cirugía reconstructiva articular. Si bien este planteo es correcto, es un concepto al menos incompleto. Cuando se reemplaza un LCA o se efectúa una plástica capsular o ligamentaria, probablemente se restablece la estabilidad, pero no siempre se obtiene una calidad de movimiento satisfactoria. Esto se debe a que con estos procedimientos se afecta severamente la propiocepción de las estructuras comprometidas (Fig. 6).

Hoy en día la rehabilitación propioceptiva resulta muy conveniente en pacientes de la población general e imprescindible en deportistas de alto rendimiento.<sup>7</sup>

El área de la neuromecánica y neurodinámica ha sido frecuentemente soslayada a pesar de ser causa frecuente de recidiva de los síntomas. Butler<sup>2</sup> detalla estos principios y evaluaciones como un componente de la terapia manual para el restablecimiento del movimiento.

Fuerza, equilibrio, propiocepción y flexibilidad son factores importantes para considerar en una rehabilitación basada en criterios racionales.

El paciente puede mostrar fuerza normal, equilibrio y flexibilidad, pero si es incapaz de reclutar la musculatura en su secuencia adecuada o en el *timing* correcto, todo resulta insuficiente.

Un ejemplo de este déficit de control motor ocurre en la fricción subacromial secundario a un control escapulo-torácico deficiente.



**Figura 6.** Rehabilitación de la propiocepción en planos inestables.

Una vez corregidos los desequilibrios de fuerza y flexibilidad, el paciente puede aún mostrar un patrón de movimiento defectuoso, cuyas características podrían conducir al desarrollo de nuevas lesiones.

En estos casos se debe implementar un programa de reeducación muscular del movimiento. Si el paciente refiere que siente bien el movimiento, pero el análisis revela un *timing* pobre o una secuencia incorrecta, se deberá iniciar un programa de preeducación.

Para el paciente, un patrón normal de movimiento inicialmente no se sentirá bien, ya que se encuentra acostumbrado a un patrón incorrecto.

El componente final de la rehabilitación neuromuscular requiere una mirada atenta del rehabilitador, y trabajo en conjunto con el ortopedista.

En resumen, una rehabilitación exitosa es el resultado de la buena comunicación y del esfuerzo de un equipo conformado por el médico ortopedista, el rehabilitador (kinesiólogo, trapista físico, fisioterapeuta, trapista ocupacional, etc.) y el paciente.

Todos los miembros del equipo deben tener un entendimiento claro de la lesión, del procedimiento quirúrgico, de las limitaciones impuestas por el tejido en vías de curación y del efecto de los ejercicios terapéuticos.

El entendimiento claro de los sucesos mecánicos y biológicos del proceso de curación de los tejidos a fin de no sobrecargar el tejido afectado, la reducción del efecto de la inmovilización y un protocolo basado en criterios y objetivos más que en tiempos son los elementos de una rehabilitación exitosa.

### Referencias bibliográficas

1. **Bosco C, Cardinale M, Tsarpela O.** Influence of vibration on mechanical power and electro myogram activity in human arm flexor muscles. *Eur J Appl Physiol*;79(4):306-311;1999.
2. **Butler DS.** *The sensitive nervous system.* Adelaide: NOIGroup; 2000.

3. **Heinrichs KI, Perrin DH, Weltman A, et al.** Effect of protocol and assessment device on isokinetic peak torque of the quadriceps muscle group. *Isokinetics and Exercise Science*;5:7-13;1995.
4. **Komi PV, Viitasalo JT.** Changes in motor unit activity and metabolism in human skeletal muscle during and after repeated eccentric and concentric contractions. *Acta Physiol Scand*;100(2):246-254;1977.
5. **Leadbetter W.** Tendinitis. En: Renstrom P, Leadbetter W. *Clinics in sports medicine*. Filadelfia: Saunders; 1992.
6. **Noyes FR, Torvik PJ, Hyde WB, et al.** Biomechanics of ligament failure. II. An analysis of immobilization, exercise, and reconditioning effects in primates. *J Bone Joint Surg Am*;56(7):1406-1418;1974.
7. **Nyland J, Brosky T, Currier D, et al.** Review of the afferent neural system of the knee and its contribution to motor learning. *J Orthop Sports Phys Ther*;19(1):2-11;1994.
8. **Stanish WD, Rubinovich RM, Curwin S.** Eccentric exercise in chronic tendinitis. *Clin Orthop*;(208):65-68;1986.
9. **Steiner M.** Biomechanics of tendon healing. *J Biomech*;15(12):951-958;1982.

#### **Aclaración**

En el trabajo "Osteotomías de pelvis en la infancia" (año 71 n°1 páginas 81-93) la figura 10.A de la página 89, la leyenda debe ser la siguiente: 1- plano perióístico, 2- injerto esponjoso en fragmentos, 3- tendón reflejo del recto anterior suturado por encima y 4- injerto en ranura ilíaca.