

Los documentos de investigación de la Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano de la Universidad del Rosario son un espacio y una invitación permanente a la reflexión y la crítica sobre aspectos de trascendencia en nuestro país, con miras a contribuir a la construcción de una sociedad más justa e incluyente.

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



Amputación de miembro inferior: cambios funcionales, inmovilización y actividad física

Mary Luz Ocampo
Lina María Henao
Lorena Vásquez



Documento de investigación Núm. 42

FACULTAD DE REHABILITACIÓN Y DESARROLLO HUMANO

AMPUTACIÓN DE MIEMBRO
INFERIOR: CAMBIOS FUNCIONALES,
INMOVILIZACIÓN Y ACTIVIDAD FÍSICA

*Mary Luz Ocampo
Lina María Henao
Lorena Vásquez*



Universidad del Rosario
Facultad de Rehabilitación
y Desarrollo Humano

OCAMPO, Mary Luz

Amputación de miembro inferior / Mary Luz Ocampo, Lina María Henao y Lorena Vásquez.—Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario, 2010.

26 p.—(Documento de investigación ;42).

ISSN: 17941318

Extremidades inferiores / Amputación de las piernas / Personas amputadas – Aspectos psicológicos / Personas amputadas – Aspectos sociales - Colombia – Estadísticas / Rehabilitación de amputados / I. Henao, Lina María / II. Vásquez, Lorena / III. Título / IV. Serie

617.58 SCDD 20

Editorial Universidad del Rosario
Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano
Mary Luz Ocampo
Lina María Henao
Lorena Vásquez

Todos los derechos reservados
Primera edición: marzo de 2010
ISSN: 1794-1318
Impresión: Javegraf

Impreso y hecho en Colombia
Printed and made in Colombia

Para citar esta publicación: Doc.investig. Fac. Rehabil. Desarro. Hum.

Contenido

Beneficios de la actividad física en amputados de miembro inferior	4
Introducción	4
Amputación de miembro inferior	5
Estadísticas en Colombia	6
Cambios anatómicos y fisiológicos	8
Cambios psicológicos.....	12
Síndrome de desacondicionamiento físico.....	13
En el sistema músculo-esquelético	14
En sistema metabólico y endocrino	15
En el sistema respiratorio	15
En el sistema genitourinario	16
En el sistema nervioso central	16
En el sistema cardiovascular.....	17
Beneficios de la actividad física para la persona amputada	18
Para el sistema cardiovascular	19
Para el sistema respiratorio	19
Para el sistema nervioso.....	19
Para el sistema endocrino.....	19
Para el sistema músculo-esquelético	20
Para el sistema cardiovascular	20
Para el sistema respiratorio	21
Para el sistema osteomuscular	21
Otros beneficios	21
Consideraciones finales	22
Referencias.....	22

Amputación de miembro inferior: cambios funcionales, inmovilización y actividad física

*Mary Luz Ocampo*¹

*Lina María Henao*²

*Lorena Vásquez*³

Beneficios de la actividad física en amputados de miembro inferior

Introducción

El hombre, como un ser en constante evolución y transformación, ve alterado su estado de equilibrio y su supervivencia ante hechos violentos que amenazan su entorno familiar, personal y social. Por ello, ante una eventualidad como es una amputación, ocurren no sólo cambios desde lo físico, sino también sociales y psicológicos que afectan su desempeño y las actividades que realice en los diversos escenarios donde se desenvuelve.

Según estadísticas oficiales de la Vicepresidencia de República, reportadas por UNICEF (1) en Colombia, uno de los elementos que está produciendo lesiones y discapacidad en la población colombiana son las minas antipersona. Estos artefactos explosivos producen alteraciones de diferentes tipos, entre ellas, amputaciones de alguna o varias extremidades. En consecuencia, se encuentran personas en situación de discapacidad quienes, a pesar de tener alteraciones estructurales, intentan adaptarse a sus nuevas condiciones y continuar con sus

¹ Fisioterapeuta, Universidad Nacional de Colombia, Especialista en Ejercicio Físico para la Salud, Universidad del Rosario, Magíster en Desarrollo Educativo y Social, Universidad Pedagógica Nacional, docente programa de Fisioterapia, Universidad del Rosario, Bogotá. Correo electrónico: maryluzo@gmail.com, mary.ocampo41@urosario.edu.co.

² Estudiante de X semestre, programa de Fisioterapia, Universidad del Rosario, Bogotá.

³ Estudiante X semestre, programa de Fisioterapia, Universidad del Rosario, Bogotá.

vidas, asumiendo los diversos cambios que se producen no sólo en el aspecto físico sino también en el psicológico y social.

Dentro de estos cambios, los aspectos físico y fisiológico se ven influenciados por la necesidad de adoptar otras acciones de orden motor que involucran adaptaciones en diferentes sistemas y desempeños motores. A esto se suma la presencia de procesos de inmovilización prolongados, motivados no sólo por este compromiso funcional sino también por la presencia de estados depresivos y periodos de duelo. Frente a estos procesos de inmovilización, la realización de actividad física constituye una herramienta muy importante dentro de la rehabilitación de las personas amputadas. Los beneficios generados no son sólo a nivel cardiovascular, sino también muscular y metabólico, entre otros. De igual forma, se observan beneficios psicológicos en la persona con discapacidad, en la medida en que le permiten explorar sus propias posibilidades e incluso descubrir algunas nuevas, lo que efectivamente disminuye la sensación de impotencia que se sufre en las etapas posteriores a la lesión.

En este sentido, con este documento se pretende realizar una revisión de los efectos de la inmovilización sobre diferentes sistemas, en la persona que sufre una amputación. Para este caso, contemplará únicamente miembros inferiores. En consecuencia, se abordarán principalmente los efectos a nivel cardiovascular y se incluirán algunas apreciaciones sobre el beneficio de la actividad física para prevenir, disminuir o contrarrestar las afecciones evidenciadas.

La información aquí suministrada corresponde a una revisión teórica realizada como parte de la práctica deportiva en el Batallón de Sanidad de las Fuerzas Militares en la ciudad de Bogotá y es de relevancia no sólo para los fisioterapeutas sino para otros profesionales que trabajen con población amputada.

Amputación de miembro inferior

Las amputaciones se definen como la “resección completa y definitiva de una parte o totalidad de una extremidad” (2); y tienen dos metas: la extirpación y la reconstrucción. En la primera, el objetivo es remover la porción de la extremidad para eliminar el estado patológico; la segunda busca crear un órgano distal óptimo, desde el punto de vista motor y sensitivo, para el manejo protésico y la restauración de la función. En cuanto a los niveles de amputación, éstos varían de acuerdo con la extremidad comprometida y la extensión de la lesión por lo que se encuentran no sólo de miembros inferiores sino también en diversos niveles.

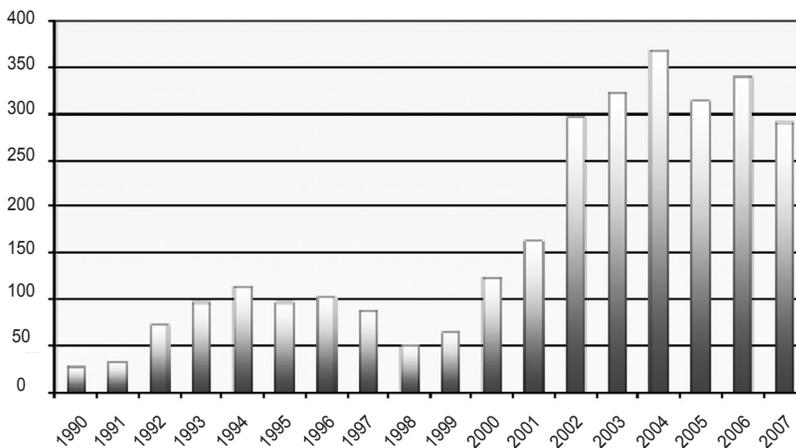
Para efectos del presente documento, la información desarrollada se centrará en las amputaciones de miembro inferior, las cuales corresponden a: desarticulación de cadera, amputación transfemoral (AK), desarticulación de rodilla, amputación transtibial (BK), desarticulación de cuello de pie (*syne*), amputación de Chopart, y amputaciones parciales de pie, siendo la transtibial la que se practica con más frecuencia (3).

Estadísticas en Colombia

Colombia es hoy el cuarto país del mundo con más víctimas por minas antipersona, después de Chechenia, Afganistán y Angola, y el único país que, en medio de una confrontación armada, destruye su arsenal de minas antipersona (MAP) (1).

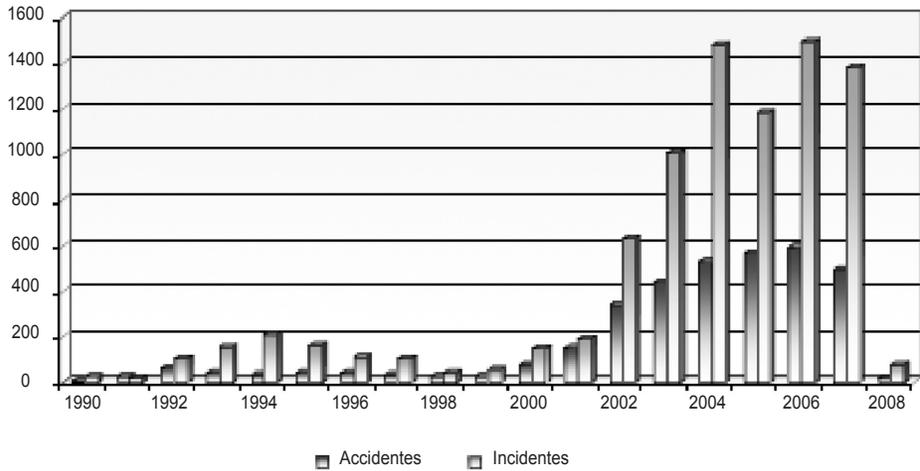
El territorio rural y diversos municipios del país han sido afectados de manera muy importante por la presencia de minas antipersona y municiones sin explotar (Figura 1). Según información suministrada por la Vicepresidencia de la República (2008), en el periodo comprendido entre 1998 y febrero del 2008, en el país ocurrieron 3.568 accidentes con minas antipersonales, los cuales dejaron como consecuencia 6.724 víctimas. De éstas, 2.306 fueron civiles (34,3%) y 4.418 militares (65,7%) (4) (Figuras 2 y 3).

Figura 1. Frecuencia anual de municipios afectados por minas antipersonales (MAP) y municiones sin explotar (MUSE).



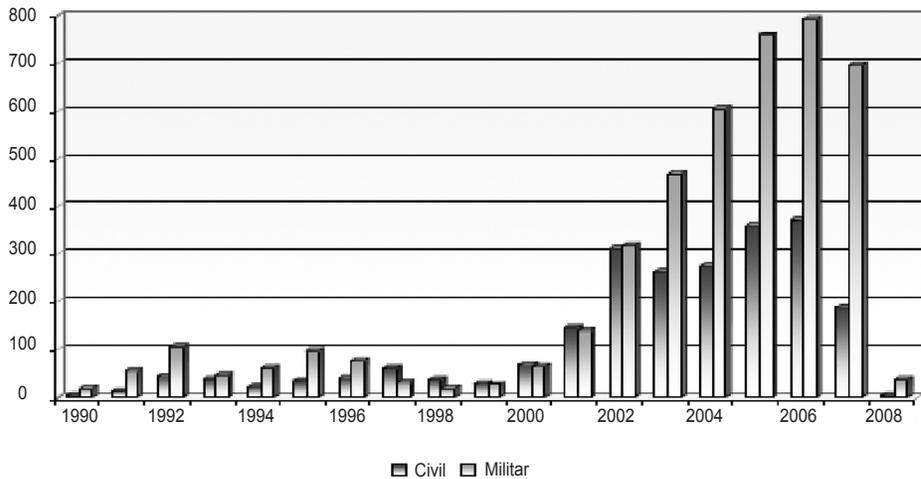
Fuente: Vicepresidencia de la República de Colombia. Situación de MAP y MUSE. Disponible en: <http://www.derechos-humanos.gov.co/minas/descargas/eventos.pdf>. (4).

Figura 2. Frecuencia anual de eventos por MAP y MUSE entre enero de 1990 y febrero 2008.



Fuente: Vicepresidencia de la República de Colombia. Situación de MAP y MUSE. Disponible en: <http://www.derechoshumanos.gov.co/minas/descargas/eventos.pdf>. (4).

Figura 3. Frecuencia anual de víctimas por MAP y MUSE, según condición entre enero de 1990 y febrero 2008.



Fuente: Vicepresidencia de la República de Colombia. Situación de MAP y MUSE. Disponible en: <http://www.derechoshumanos.gov.co/minas/descargas/eventos.pdf>. (4).

Según datos aportados por el Comando General de las Fuerzas Militares y el Comité Internacional de la Cruz Roja, en Colombia han sido afectados 2.205 adultos jóvenes y 5.250 niños y niñas por la detonación de minas (4). Según estimativos del Observatorio de Minas y el Ministerio de Defensa, 31 de los 32 departamentos del país, exceptuando San Andrés y Providencia, tienen en sus territorios sembrados explosivos (5).

El impacto que las MAP están generando sobre la población colombiana, tanto a nivel rural como urbano es muy grande, además de la cantidad de personas afectadas, no sólo pertenecientes a la fuerza pública sino también civiles, que resultan discapacitados. En consecuencia, el fisioterapeuta tiene una responsabilidad importante con esta población, no sólo profesional por su objeto de estudio, el movimiento corporal humano, sino también social por las implicaciones que tiene un adecuado proceso de rehabilitación en la capacidad funcional de la persona y la necesidad de garantizar calidad de vida luego de la lesión.

Por otra parte, se entiende que las MAP son sólo una de las causas por la que se genera una amputación; sin embargo, dado que esta revisión se realizó pensando en los soldados pertenecientes al Batallón de Sanidad de las Fuerzas Militares que han resultado amputados como consecuencia de lesiones por MAP y que los miembros inferiores como los segmentos más comprometidos, la información que se consigna en este documento se circunscribe a la amputación de miembros inferiores de tipo traumático.

Cambios anatómicos y fisiológicos

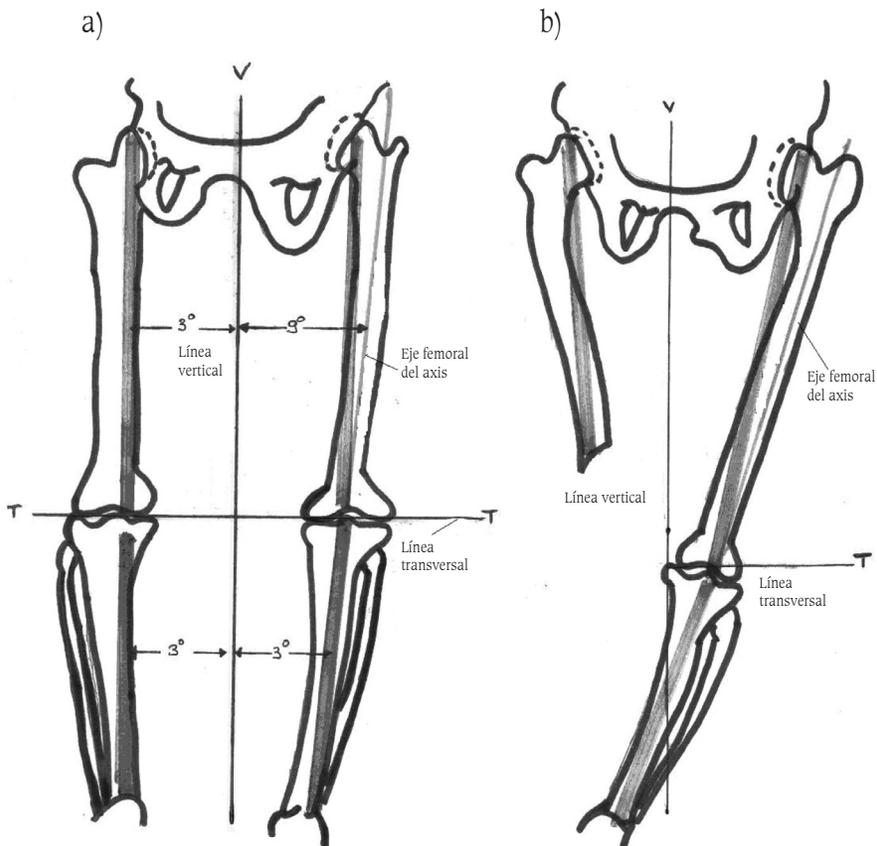
Como se mencionó, las amputaciones son entendidas como la “resección completa y definitiva de una parte o totalidad de una extremidad” (2), que generan múltiples modificaciones a nivel de diferentes sistemas, no sólo de orden anatómico sino también fisiológico, funcional, psicológico, e implicaciones en el movimiento y el desempeño corporal. En esta medida, requiere que la persona que ha sufrido la amputación realice una serie de adaptaciones para conservar su funcionalidad y para continuar con el desempeño de sus actividades rutinarias.

Los pacientes con una extremidad amputada por encima de rodilla presentan alteración en la mecánica y adaptación anatómica, debido a que el fémur ya no presenta una alineación normal en relación con la tibia. El alineamiento anatómico y mecánico normal de los miembros inferiores está determinado por la línea axis del fémur, la cual pasa a través del centro de la cabeza femoral hasta

el centro de la rodilla y luego hasta el medio del tobillo. En una persona con ambas extremidades, la medición del axis es de 3° de la vertical y de la línea media del axis es de 9° de la vertical. Por lo tanto, el alineamiento anatómico normal corresponde a una aducción del fémur (6).

En el caso de una amputación transfemoral, la alineación anatómica y mecánica se encuentra alterada porque el fémur residual no es tan largo como en la anatomía normal. Esto sucede porque la mayor parte de la inserción del músculo aductor se pierde, especialmente el aductor mayor, cuya inserción se localiza en el tercio medio distal del fémur.

Figura 4. Alineación anatómica del fémur en la persona a) no amputada vs. b) amputada.



Fuente: Elaboración de los autores.

Así mismo, el procedimiento quirúrgico que se realice debe mantener el muñón lo más largo posible, puesto que cuanto más lo sea, más fácil sostener y alinear una prótesis. La habilidad funcional del paciente está determinada por la longitud de su muñón, puesto que éste provee un mayor brazo de palanca que puede ayudar a transferir las fuerzas y a encontrar un mejor balance, lo cual reduce el potencial de erosión óseo a través de los tejidos blandos.

Como la inserción original de los músculos aductores se pierde, el brazo de palanca de éstos se acorta; por ende, al tener un músculo más corto, se debe generar una fuerza mayor para posicionar el fémur en el punto normal. Sin embargo, generar esta fuerza no es posible para este músculo, por lo que el muñón permanecerá en abducción, incrementando la inestabilidad y el consumo de energía durante la marcha. Así mismo, es necesario que el muñón se encuentre lo más aducido posible para que el *socket* se ajuste adecuadamente o se pueda emplear el isquion como fulcro (6).

De los tres músculos aductores, el aductor mayor es el que genera mayor fuerza mecánica, al ser tres o cuatro veces más largo y con mayor masa muscular. En una amputación transfemoral se pierde la mayor parte de este músculo, reduciendo en un 70% la efectividad del brazo de palanca para realizar la aducción (7).

En el libro de Gottschalk (6), se cita un trabajo realizado por Thiele et ál (1999) en el que se determinó que la reducción en masa muscular en la amputación, combinada con una fijación mecánica inadecuada y la atrofia muscular, son los factores responsables en la disminución de la fuerza muscular. En el caso de los músculos flexores, extensores, aductores y abductores de la cadera, este fenómeno se evidencia primordialmente en la inadecuada estabilización muscular, lo que ocasiona una alteración en el movimiento corporal humano.

El nivel de amputación es relevante cuando la persona amputada entra en contacto con su prótesis, ya que cuando se conserva la articulación de rodilla su uso demanda bajo gasto energético “para la deambulación es más o menos en promedio de 25% al 40% dependiendo de la causa y la edad” (8), adicionalmente, la rodilla es importante biomecánicamente para minimizar el desplazamiento del centro de gravedad en la marcha y los traslados. Cuando no está presente la articulación de la rodilla, se pierden algunas uniones musculares que alteran la locomoción normal, por tanto, se disminuye la eficacia en la misma y se “incrementa el gasto energético alrededor de un 68% al 100%, debido a la pérdida de los músculos aductores” (9); también se pierde la propiocepción, la eficacia en el equilibrio y las transferencias. Ante esta demanda energética, debe realizarse

un acondicionamiento cardiopulmonar que le permita al individuo desempeñarse sin complicaciones ni fatiga durante su entrenamiento con la prótesis.

Por otra parte, Trallesi y Porcaccia (10), demostraron que el gasto energético no varía según si el nivel de amputación es transfemoral o transtibial. De acuerdo con un estudio en el cual incluyeron 24 individuos con amputación transfemoral y transtibial por desórdenes vasculares, se midió el gasto de energía durante la marcha con prótesis. Primero se les realizó la prueba en suelo y tras un tiempo de recuperación, el test en la banda si fin, para comparar cual de los dos demostraba más gasto de energía al caminar. Los resultados obtenidos fueron que el consumo de oxígeno era similar en ambas pruebas, con o sin ayudas externas, igualmente, la frecuencia cardiaca se mantuvo.

Por otra parte, a medida que transcurre el tiempo, las articulaciones proximales a la amputación y las del miembro sano sufren un desgaste por la sobrecarga. Esto genera la aparición de patologías como artrosis y osteoporosis, pues la densidad normal del hueso disminuye por el cambio de actividad del paciente, lo cual ocasiona un flujo sanguíneo menor y, por consiguiente, la nutrición del hueso resulta afectada (11).

Las personas con amputación unilateral de miembro inferior se encuentran en riesgo de desarrollar osteoartrosis, especialmente en el miembro no afectado. Royer y Koeing (11), citan dos trabajos, uno realizado por Burke et al (1978) y otro por Melzer et al (2001) en los cuales se demostró que la densidad mineral ósea de la rodilla durante la marcha, verificada a través del análisis de la biomecánica en amputación transtibial, presenta un descenso, lo cual aumenta la probabilidad de presentar osteoartrosis por las disminuciones de carga.

En otro estudio, mencionado por Naschitz y Lenger (12) en el cual, a partir de revisiones en MEDLINE con estudios de cohortes, se encontró que se presentan cambios en la resistencia a la insulina e incremento del estrés psicológico, principalmente en amputados de miembro inferior. Estos son factores prevalentes que pueden llevar a consecuencias en el sistema arterial y pueden contribuir al aumento de la morbilidad cardiovascular en amputados traumáticos. Anomalías de flujo arterial proximal al sitio de la amputación pueden explicar la relación entre la medida de la amputación de la pierna y la magnitud del riesgo cardiovascular.

Como se mencionó, una amputación no sólo genera alteraciones de orden anatómico o fisiológico, sino que también afecta la parte psicológica, aspecto que se desarrollará en los párrafos siguientes.

Cambios psicológicos

Las amputaciones traumáticas traen consigo alteraciones psicológicas que tienen repercusiones emocionales, familiares y sociales en los individuos que las padecen; implicando un cambio radical en su estilo y calidad de vida.

Las personas que padecen amputaciones traumáticas están en una situación en la que tienen que depender de los demás, lo que genera sentimientos de miedo e ira. La situación de discapacidad “se acompaña en forma prácticamente constante de reacciones emocionales, cuyo reconocimiento y manejo deben ser iniciados desde el mismo momento en que se establece el déficit” (13).

La reacción ante la pérdida de un miembro y el duelo que la acompaña conduce a ciertas actitudes, como “las alteraciones de la motivación y las reacciones emocionales que se ubican en primer lugar de las manifestaciones o síntomas del desajuste del individuo, causando dificultades consecutivas que pueden perturbar el proceso de rehabilitación” (14).

Las cinco fases para afrontar la pérdida de una extremidad son las mismas que ocurren en cualquier duelo: la primera, de *shock*, durante la cual la persona se siente como si fuera un enorme problema y no logra pensar en otros aspectos. La segunda, de negación, momento en el cual la persona se niega a creer, en un nivel emocional, que su extremidad realmente no está y prefiere no recordar el suceso traumático. La tercera, de ira, en la cual la persona puede sentirse obligada a encontrar a alguien o algo a quien culpar, o simplemente estar furiosa con todos y con todo por razones aparentemente insignificantes. La cuarta, de depresión, durante la cual la persona no puede concentrarse o interesarse en actividades diferentes y, finalmente, la quinta de aceptación, momento en el cual la persona encuentra que la ira y la depresión desaparecen y está listo para hacer planes y tomar decisiones acerca de su propia vida (14).

Por otro lado, la amputación traumática no es un acontecimiento que involucre únicamente al individuo que la sufre; los miembros de su familia también sufren desajustes emocionales debido a las circunstancias o a la manera como se producen estas lesiones.

La familia puede jugar un papel importante en el éxito del ajuste social del nuevo amputado, “muchos sentimientos que tienen las personas amputadas, tales como ira y depresión, pueden ser experimentados por los miembros de la familia en alto grado.” (13). Las relaciones familiares se deterioran y se puede llegar a observar la amputación como una carga económica más; se pueden alterar los roles que hasta ese momento se venían cumpliendo en la familia.

Debido a esto, se presentan desajustes en el núcleo familiar ya que tienden a empeorarse las relaciones con los miembros con los cuales convive la persona amputada, la comunicación y el reconocimiento que la familia le da en lo referente a las posibilidades de recreación y distracción familiar.

Al igual que la familia, el ambiente social al cual pertenece el individuo se ve afectado, porque la persona, como consecuencia de una agresión física, ha quedado con una reducción de su capacidad para iniciar o mantener un equilibrio con el entorno en el que se desenvuelve. Esto se evidencia con mayor claridad en la realización de actividades laborales y en las relaciones sociales, pues éstas son fuentes muy importantes de satisfacción y autoestima. Al sufrir una lesión, se presenta un cambio radical, no sólo en el individuo amputado sino en el espacio que lo rodea, sus relaciones con el grupo de amigos, los procesos de comunicación y todos aquellos aspectos relacionados con la socialización del individuo.

Tal vez el requisito psicológico más importante para una vida productiva y bien adaptada es el respeto y estatus que recibe por parte de la sociedad. Por encima de las satisfacciones físicas de la vida, es muy importante la satisfacción que dan el cuidado y el afecto de la gente que los rodea (amigos, familia, compañeros de trabajo). En relación con el amputado, existe la posibilidad de una pérdida de aceptación por parte de sus iguales.

A esto se suma la presencia de procesos de inmovilización prolongados, debido al compromiso funcional y psicológico al que se enfrenta día a día la persona amputada, este proceso de inmovilización prolongada conlleva a un síndrome de desacondicionamiento físico, el cual se mencionará a continuación.

Síndrome de desacondicionamiento físico

El síndrome de desacondicionamiento físico se define como el deterioro metabólico y sistémico del organismo como consecuencia de la inmovilización prolongada; las alteraciones metabólicas se comienzan a observar en las primeras 24 horas de inmovilización. Según el American College of Sport Medicine (2000), existen algunos factores que influyen sobre la magnitud del cambio dentro de los cuales los más sobresalientes son (15):

- Severidad de la enfermedad o lesión
- Duración del periodo de reposo
- Patología concomitante como diabetes, desnutrición, entre otras

- Reserva cardiovascular
- Edad y sexo

Este síndrome va a producir diversas alteraciones a nivel de diferentes sistemas:

- Sistema músculo-esquelético
- Sistema metabólico y endocrino
- Sistema respiratorio
- Sistema genitourinario
- Sistema nervioso central
- Sistema cardiovascular

En el sistema músculo-esquelético

En el sistema músculo-esquelético se produce una pérdida de masa y fuerza muscular, así como la reducción de la densidad mineral ósea, proporcionales a la duración del periodo de inmovilización. Es probable que el ritmo de pérdida, así como la reducción de la densidad mineral ósea, sean rápidos en un primer momento y después se lentifiquen a medida que se alcance un periodo estable (16). Los grupos musculares y los lugares óseos más afectados por la inmovilización prolongada son los músculos posturales antigravitatorios de las extremidades inferiores y la espalda.

En cuanto a la morfología y función muscular se va a producir una atrofia por falta de uso muscular, la cual contribuye, en gran medida, a la pérdida de masa ósea, u osteopenia. Los cambios en la masa muscular van a estar relacionados con la pérdida de contenido mineral óseo y con la reducción de la densidad tanto de hueso cortical como esponjoso (17).

A nivel metabólico, en el músculo se afecta el metabolismo oxidativo por la inactividad crónica, debido a los cambios en las actividades enzimáticas, por las disminuciones de las concentraciones de fosfocreatina y glucógeno en el músculo esquelético. Estas adaptaciones bioquímicas, contribuyen a una mayor predisposición a la fatiga del músculo inmovilizado (18).

La inmovilización prolongada produce una alteración del equilibrio del calcio, debido a un incremento de la reabsorción con respecto a la formación. La consecuencia más evidente de este aumento de la reabsorción ósea, con la

consiguiente pérdida de calcio en el hueso, es el equilibrio de calcio negativo que se desarrolla al principio del reposo en cama.

En sistema metabólico y endocrino

En el sistema metabólico y endocrino se produce un incremento en la excreción de nitrógeno urinario, el cual conduce a hipoproteinemia, edema y pérdida de peso. La diuresis, que se debe a la supresión de la hormona antidiurética, ocasiona una pérdida de peso que se acelera por una pérdida del apetito para los alimentos ricos en proteína (19).

El índice metabólico basal está disminuido durante el periodo de reposo en cama. Durante todo el primer mes de decúbito, los niveles de insulina aumentan gradualmente, aunque los niveles plasmáticos de glucosa se mantienen normales. El incremento progresivo en los niveles de insulina alcanza un pico al final del primer mes y comienza a declinar después, aunque no llega a valores normales mientras persista la inactividad (20).

El nivel de colesterol va a estar aumentado; sin embargo, el de lipoproteínas de baja densidad disminuye. La hormona paratiroidea sérica está aumentada y constituye un factor en la hipercalcemia.

En el sistema respiratorio

En el sistema respiratorio se observa una restricción mecánica de la ventilación producida por la posición en decúbito, lo cual reduce el volumen corriente, el de minuto y la capacidad de reserva ventilatoria funcional. También se reduce el volumen sanguíneo capilar pulmonar y la capacidad total de difusión pulmonar.

En general, la capacidad vital no se modifica, aunque puede estar reducida después del decúbito prolongado. Varios factores explican estas alteraciones ventilatorias; los movimientos diafragmáticos e intercostales durante el decúbito están disminuidos, la respiración se vuelve más superficial y la ventilación alveolar se reduce con un incremento relativo del dióxido de carbono en los alvéolos (21).

Como consecuencia de lo anterior, la frecuencia respiratoria aumenta y la eliminación de las secreciones se hace más difícil en posición de decúbito; las secreciones no se diseminan de manera uniforme alrededor de los lados de las paredes bronquiales, el lado declive de la pared bronquial acumula más secreciones que la parte superior, que se vuelve seca, lo que produce que los cilios se tornen ineficaces para eliminar las secreciones. Los movimientos diafragmáticos e intercostales reducidos, complicados por la debilidad de los músculos

abdominales y la función ciliar ineficaz, predisponen al paciente a infecciones respiratorias.

En el sistema genitourinario

En el sistema genitourinario se produce un aumento del flujo sanguíneo renal y de la eliminación renal de agua (diuresis); lo anterior, seguido por incremento en la excreción de sodio y potasio; también ocurre una pérdida de calcio y fósforo, la cual persiste mucho después de iniciada la removilización.

La secreción urinaria proveniente de la pelvis renal y los uréteres está disminuida sin ayuda gravitacional, lo que ocasiona el estancamiento de la orina, que promueve, aún más, la formación de cálculos renales.

La evacuación vesical está alterada en decúbito dorsal, ya que es mucho más fácil generar presión intrabdominal. Aparece un debilitamiento de los músculos abdominales, un movimiento diafragmático restringido y una relajación incompleta del piso pélvico, hechos que culminan en retención parcial de orina. Lo anterior produce el sobrecrecimiento de bacterias degradadoras de la urea, pH y amoniaco urinarios crecientes y la precipitación de calcio y fósforo (21).

Un ingreso inadecuado de líquidos y la acidificación de la orina reducirán la colonización bacteriana del paciente inmovilizado. Se debe estimular una evacuación utilizando una posición erecta para la micción.

En el sistema nervioso central

En el sistema nervioso central se produce una privación sensitiva y psicosocial. La falta de estimulación ambiental, física, mental y social puede conducir a una amplia gama de disfunciones del sistema nervioso central.

El aislamiento social sólo con una actividad física conservada puede producir ansiedad y labilidad emocional, pero no suele causar deterioro emocional. Este aspecto puede manifestarse como irritabilidad, hostilidad, cooperación reducida y falta de estabilidad emocional, que incluye ansiedad, conducta neurótica y depresión. También se puede alterar el juicio, la capacidad para resolver problemas y la capacidad de aprendizaje, memoria, habilidades psicomotoras y estado de alerta.

Si el paciente con reposos prolongados en cama y privación social también presenta una discapacidad, se va a producir falta de concentración y motivación. Por otro lado, la depresión y las habilidades psicomotoras y de coordinación reducidas afectan la capacidad del paciente para lograr el nivel más alto posible de funcionamiento e independencia.

En el sistema cardiovascular

En el sistema cardiovascular se producen grandes reducciones del consumo máximo de oxígeno y de volumen sistólico, debido más a las modificaciones de los líquidos, inducidas por una postura reclinada que a la inactividad. La magnitud de reducción del VO₂ máximo está relacionada con el nivel de *fitness* aerobio previo al reposo en cama. Esta reducción está asociada con la disminución de la volemia, el volumen sistólico, el gasto cardiaco, el tono y la fuerza del músculo esquelético y las capacidades enzimáticas aerobias.

En resumen, los cambios cardiovasculares como resultado de una inmovilización prolongada son los siguientes (22):

- Pérdida de entre el 15 y el 20% del volumen plasmático
- Pérdida de entre el 5 y el 10% del volumen total de sangre
- Reducción el 11% del volumen cardiaco
- Reducción de entre el 6 y el 11% del volumen telediastólico del ventrículo izquierdo
- No hay cambios ni incrementos de la frecuencia cardiaca basal
- No hay cambios o reducción del gasto cardiaco y del volumen sistólico en decúbito supino
- Reducción de la tolerancia ortostática de pie, inclinado o durante la presión negativa en la parte inferior del cuerpo
- Reducción de la tolerancia al ejercicio; disminución del VO₂ máximo

La inmovilización prolongada puede ocasionar graves complicaciones en todo el organismo humano; por tal razón, la utilización de un programa de actividad física durante el periodo de inmovilización va a permitir minimizar las complicaciones generadas por ésta.

La actividad física competitiva proporciona muchas oportunidades de desarrollo de procesos sociales implicados en la conducta humana, generando en el individuo un proceso de superación de metas, al propiciar la competitividad y la socialización así como el mejoramiento de las condiciones físicas para un máximo desarrollo de su ser (23).

Los beneficios que una práctica de actividad física de carácter competitivo regular ofrece a las personas amputadas son muchos, entre ellos, la integración social con un nuevo rol, la facilitación del movimiento, la socialización y, además, como estrategia terapéutica. En personas con discapacidad, es una

manifestación de que los individuos con limitaciones físicas tienen la oportunidad y la experiencia de convertir los escenarios deportivos en los sueños y las ilusiones, permitiendo satisfacción, alegría y la posibilidad de afrontar una posición diferente frente a su situación, generando un espíritu de superación para ir cada vez más lejos en su proceso de rehabilitación (24).

Beneficios de la actividad física para la persona amputada

Los beneficios asociados a la práctica regular de actividad física permiten estilos de vida más saludables, lo cual aumenta la capacidad funcional del individuo e incrementa su calidad de vida. De acuerdo con lo mencionado por Annicchiarico (25), la actividad física y el ejercicio regular juegan un papel importante para mejorar la calidad de vida; tanto las actividades físicas aeróbicas, como el fortalecimiento muscular, generan respuestas favorables en el organismo.

Se ha demostrado que muchos de los beneficios para la salud pueden lograrse con actividades realizadas con intensidades entre el 40 y 70% del VO₂ máximo, siempre y cuando se haga con una frecuencia no menor a dos días por semana y con una duración de por lo menos 15 minutos, en sesiones acumuladas durante el día. Una frecuencia y duración menores no serían suficientes estímulos para el desarrollo y el mantenimiento de la condición física (26).

La actividad física es uno de los factores fundamentales de la rehabilitación. Su práctica regular permite generar adaptaciones en diferentes sistemas como el cardiopulmonar, respiratorio y osteomuscular, para mejorar la condición y función del organismo. De las adaptaciones se derivan los beneficios. A la actividad física se le han atribuido beneficios del orden físico, psicológico y social, en niños, adolescentes, adultos y ancianos; en personas sanas y enfermas. Los principales beneficios descritos son: reducción del peso corporal, disminución de la tasa de enfermedades del corazón, mejoramiento la resistencia física, incremento de la autoestima, control del estrés, disminución del riesgo de algunos tipos de cáncer y disminución de los costos en salud.

La práctica regular de actividad física produce adaptaciones a nivel sistémico que permiten mejorar la condición y la función corporal, en los sistemas cardiovascular, respiratorio, nervioso, entre otros (27).

Para el sistema cardiovascular (28)

ADAPTACIONES DIRECTAS	ADAPTACIONES INDIRECTAS
<ul style="list-style-type: none">• Dilatación de cavidades izquierdas• Neovascularización y aumento de la densidad capilar• Hipertrofia excéntrica de los ventrículos• Incremento del gasto cardiaco	<ul style="list-style-type: none">• Ajustes crónicos del SNC con tendencia a la vagotonía• Disminución de las resistencias periféricas.• Disminución de la frecuencia cardiaca en condiciones básicas• Mayor resistencia a la hipoxia• Mejora los procesos oxidativos (hay mayor actividad de la ATPasa miofibrilar)• Menor contenido de catecolaminas (bradicardizante)• Prolongación periodo diastólico• Estabilización eléctrica de las membranas

Para el sistema respiratorio

- Incremento de la capacidad vital
- Disminución de la frecuencia respiratoria en reposo
- Incremento de la red alvéolo-capilar (mejora eficacia del intercambio gaseoso)

Para el sistema nervioso

- Optimización de la coordinación muscular
- Mejoramiento en la eficiencia de las neuronas que regulan el equilibrio y posición del cuerpo
- Reducción del tiempo de transmisión a nivel de la sinapsis
- Incremento de la eficiencia de los engramas motores

Para el sistema endocrino

- Aumento de los niveles séricos de adrenalina, noradrenalina, glucagón, cortisol y hormona del crecimiento
- Tendencia a la disminución sérica de insulina
- Optimización de la descarga del sistema simpático

Para el sistema músculo-esquelético

- Mayor activación del metabolismo del calcio y fósforo en el hueso
- Mayor resistencia ósea
- Incremento del contenido de agua del cartílago
- Mejor amortiguación del cartílago
- Aumento de la fuerza tensil de ligamentos
- Incremento de la resistencia al estrés y a la carga
- Aumento del número y tamaño de mitocondrias
- Aumento de la actividad enzimática del metabolismo aeróbico (aumenta VO₂)
- Aumento del consumo de carbohidratos y grasas
- Aumento de la reserva de glucógeno, triglicéridos y ATP.

A partir de las adaptaciones producidas por la práctica regular del ejercicio físico, logramos los beneficios a nivel sistémico y estos son (29):

Para el sistema cardiovascular

- Disminución de la frecuencia cardiaca en reposo
- Disminución de la presión arterial en reposo
- Aumento de la hemoglobina total en el cuerpo y el volumen de sangre
- Aumento de la fuerza de bombeo del corazón
- Incremento de la densidad capilar en el músculo-esquelético
- Aumento del volumen de sangre que bombea el corazón hacia los tejidos
- Reducción de las necesidades energéticas para el corazón
- Aumento del número y tamaño de los vasos sanguíneos en los músculos y la extracción de más oxígeno

Johannes Bussmann et al (2008) (30) realizaron un estudio en amputados unilaterales de miembro inferior con el objetivo de probar la hipótesis de que las personas con amputación transtibial unilateral son menos activas que personas que carecen de una amputación. Con el objetivo de explorar si los dos grupos tenían la misma frecuencia cardiaca mientras realizaban la marcha, se realizó un estudio comparativo entre los dos grupos, en el cual se observaron 18 individuos, de los cuales 9 tenían amputación transtibial y 9 no. Encontraron que

la frecuencia cardiaca de reposo fue similar, lo que indica que ambos grupos tenían un nivel equivalente de aptitud física. No se encontraron diferencias en la frecuencia cardiaca durante la marcha entre los 2 grupos, mostrando que las personas con una amputación traumática transtibial mantienen su ritmo cardíaco al caminar. Adicionalmente, observaron que se generaba un mayor gasto energético al caminar con prótesis a una velocidad predeterminada, produciendo mayor gasto de energía al incrementar la velocidad con la que se realizaba la marcha.

Para el sistema respiratorio

- Incremento del consumo máximo de oxígeno debido a las adaptaciones centrales y periféricas
- Menor ventilación minuto a una intensidad submáxima dada
- Aumento del suministro de sangre hacia los pulmones

Para el sistema osteomuscular

- Aumento del tamaño de las fibras musculares (hipertrofia)
- Aumento de la fuerza muscular
- Aumento de la tolerancia muscular
- Prevención de la pérdida de flexibilidad a través de los años
- Aumento del grosor y fortalecimiento de los ligamentos y tendones
- Promoción de los depósitos de calcio y otros minerales en el hueso (evitando la osteoporosis o pérdida de masa ósea)

Otros beneficios

- Disminución de la ansiedad y la depresión
- Aumento de la sensación de bienestar
- Aumento del rendimiento en el trabajo y las actividades deportivas y recreativas

Wetterhahn (2002) (31), realizaron un estudio de la relación entre la imagen corporal y el nivel de participación en la actividad física y el deporte en el que incluyeron 56 personas con amputación de miembros inferiores. Se demostró

que existen diferencias entre sujetos activos y no activos con amputación de miembros inferiores, en el cual observaron que existía una relación entre el nivel de actividad física y la imagen corporal, así: a mayor imagen corporal, mayor nivel de actividad física.

De igual manera, concluyeron que el principal objetivo de la rehabilitación es aumentar al máximo la función y la calidad de vida de los individuos, por lo que es necesaria la participación de un equipo interdisciplinario que involucre la práctica de actividad física como parte del proceso de rehabilitación, con el objetivo de que las personas con discapacidad estén en condiciones de alcanzar y mantener un estado funcional óptimo desde el punto de vista físico, sensorial, intelectual, psíquico o social, de manera que cuenten con medios para modificar su propia vida y ser más independientes.

Consideraciones finales

- Es importante involucrar programas de actividad física como parte de los procesos de rehabilitación de la persona con amputación.
- La actividad física es un factor clave en el proceso de integración del individuo con discapacidad por los beneficios y las oportunidades que proporciona a la persona amputada en cuanto a procesos sociales implicados en la conducta humana.
- Se requiere contar con y gestionar los recursos para promocionar actividad física en población con discapacidad, de manera que se contribuya a su inclusión y la de sus familias y, por ende, promover el bienestar físico, emocional y social.
- La actividad física es una estrategia eficaz para minimizar los efectos adversos de la inmovilización prolongada y garantizar un mejor proceso de rehabilitación e inclusión de la persona con discapacidad.
- La actividad física brindará una mejor condición en el individuo amputado que permita realizar un óptimo proceso de adaptación protésica.

Referencias

1. UNICEF. "Colombia destruye arsenal de minas antipersonales". Disponible en: http://www.unicef.org/spanish/media/media_23870.html. Acceso en: feb. 28 de 2008.
2. Malagón CV. *Tratado de ortopedia y fracturas*. Bogotá: Celsus; 1994.

3. Smith DG. *Atlas of amputations and limb deficiencies surgical, prosthetic, and rehabilitation principles*. American Academy of Orthopaedic Surgeons; 2004.
4. Vicepresidencia de la República de Colombia. "Situación de MAP y MUSE". Disponible en: www.derechoshumanos.gov.co/minas/descargas/eventos.pdf. Acceso en: ago. 5 de 2008.
5. "Minas antipersona siguen sembrando dolor y muerte. Las voces del secuestro". [en línea]. [Fecha de acceso: may. 10 de 2009] Disponible en: <http://www.educweb.org/webnews/ColNews-Jan06/Spanish/Articles/Minasantipersonasiguensem.html>.
6. Gottschalk F. "Transfemoral amputation biomechanics and surgery". *Clin Orthop Relat Res* 2000; 361:15-22.
7. Umberto C, Massimiliano B. "Biomechanics of sprinting amputees athletes". *J Biomech* 2006; 39(1).
8. Cutson T. "Rehabilitation of the older lower limb amputee: a brief review". *J Am Geriatr Soc* 1996; 44(11):1388-1393.
9. Esquenazi A. "Rehabilitation in limb deficiency. 4. Limb amputation". *Arch Phys Med Rehabil* 1996; 77.
10. Traballese M, Porcaccia P. "Energy cost of walking measurements in subjects with lower limb amputations: A comparison study between floor and treadmill test". *Gait Posture* 2008; 27:70-75.
11. Royer T, Koeing M. "Joint loading bone mineral density in persons with unilateral transtibial amputation". *Clinical Biomechanics* 2005; 21:1119-1125.
12. Naschitz, JE, Lenger R. "Why traumatic leg amputees are at increased risk for cardiovascular diseases", *Q J Med* 2008; 101:251-259.
13. Price EM, "Additional studies of the emotional needs of amputees", *J Prosthet Orthot* 2005; 17:52-56.
14. Serra MR. *El paciente amputado: labor de equipo*. Barcelona: Springer-Verlag; 2001.
15. American College of Sport Medicine. *Manual de consulta para el control y la prescripción de ejercicio*. Badalona: Paidotribo; 2000.
16. American Heart Association Committee Report: *Statement on exercise. Circulation*, 1981.
17. Dudley GA, Duvoisin MR, Convertino VA, Buchanan P. "Alterations of the in vivo torque-velocity relationship of human skeletal muscle following 30 days exposure to simulated microgravity". *Aviat Space Environ Med* 1989 Julio; 60 (7):659-63.

18. Barbany JR. *Fisiología del ejercicio físico y el entrenamiento*. Barcelona: Paidotribo; 2002.
19. McArdle WD. *Fundamentos de fisiología del ejercicio*. Madrid: McGraw-Hill; 2004.
20. LaMonte MJ, Nichaman MZ, Blair SN. "Physical activity and the metabolic syndrome association with myocardial infarction and stroke", *Circulation*. 2004; 109:e314.
21. Kirsten A, Dhruvo R, Leanne J. "Cardiorespiratory fitness is related to physical inactivity, metabolic risk factors, and atherosclerotic burden in glucose-intolerant renal transplant recipients", *Clin J Am Soc Nephrol* 2006; 1:1275-1283.
22. Convertino VA. "Exercise responses after inactivity". En *Inactivity: Physiological effects*. Sandler H, Vernikos J, Orlando: Academic Press Inc; 1986.
23. Coldeportes Colombia [en línea] [Fecha de acceso: abr. 24 de 2008] Disponible en: <http://www.coldeportes.gov.co/coldeportes/hermesoft/portal/home>.
24. Comité Paralímpico Español [en línea] España [Fecha de acceso: abr. 24 de 2008] Disponible en: http://paralimpicos.sportec.es/publicacion/1SC_Comite/11SS_CPEQuees.html
25. Annicchiarico RJ. La actividad física y su influencia en una vida saludable. Revista Digital [en línea]. [Fecha de acceso: abr. 4 de 2008]; 51(8). Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd51/salud1.htm>.
26. Pollock ML. Pronunciamiento del American Collage of Sports Medicine: "La cantidad y calidad de ejercicio recomendados para desarrollar y mantener una buena salud cardiovascular y muscular y una flexibilidad apropiada en los adultos jóvenes". *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30(6):975-991.
27. Arboleda LH. "Beneficios del ejercicio. Hacia la promoción de la salud" [en línea]. [Fecha de acceso: abr. 5 de 2008]; 8:1-14. Disponible en: <http://promocionsalud.ucaldas.edu.co/index.php?option=content&task=view&id=49>.
28. American College of Sports Medicine. "The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults". *Med Sci Sports Exerc* 1998 Jun; 30(6):975-91.
29. Lippincott Williams & Willkins. *ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription* (6 ed.). 2005.
30. Bussmann J. "Daily physical activity and heart rate response in people with a unilateral traumatic transtibial amputation". *Arch Phys Med Rehabil* 2008; 89:430-434.

31. Wetterhahn K. "Effect of participation in physical activity on body image of amputees". *Am J Phys Med Rehabil* 2002; 81:194-201.

