

EL EJERCICIO FÍSICO Y LA OBESIDAD: UNA CONTROVERSA

rol y conceptos a nivel celular , metabólicos y metodológicos.

Exercise and obesity; cellular, metabolic and methodological aspect.

Carlos Saavedra, MSc. y Erik Díaz, Ph.D.

*Laboratorio de Metabolismo Energético e Isótopos Estables
Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, INTA, Universidad de
Chile.*

Resumen. El ejercicio físico representa una herramienta potente para modificar el metabolismo, la movilización y el balance de grasas. Usualmente se considera solo su rol en el aumento en el gasto energético, particularmente como coadyuvante de la dieta hipocalórica con el solo objetivo de disminuir el peso corporal. Las evidencias demuestran que un ejercicio bien dosificado puede tener un rol preventivo y terapéutico más potente y efectivo que un fármaco en diversas patologías asociadas a la obesidad y a la inactividad física.

Sin gastar una determinada cantidad de energía y asociada a una intensidad específica, se llega a la conclusión de que es poco eficiente usar el ejercicio en esa única dirección. El sedentarismo y la comodidad de la vida actual ha llevado a la mayoría de la población a un estado de intoxicación grasa e inadecuado metabolismo de la glucosa, fenómeno denominado lipo-gluco-toxicidad-intramio celular , el cual está agravado por el fenómeno de sarcopenia y mal funcionamiento muscular donde cualquiera sea la condición, ejercicio o reposo, nuestro organismo no logra acceder de manera importante a las reservas exageradas de grasa corporal, ni siquiera durante el ayuno. Se requiere enfatizar los efectos que el ejercicio como parte de un programa de entrenamiento dosificado e individualizado tiene en el mejoramiento del funcionamiento metabólico del músculo esquelético particularmente en la movilización y oxidación de grasas y glucosa en cualquiera sea el programa de tratamiento de la obesidad. Principalmente este cuadro quedaría resumido en una disfunción mitocondrial por parte del tejido muscular, por lo que el énfasis debe estar puesto en ejercicios que estimulen la biogénesis mitocondrial. Las evidencias científicas entregadas por la biología molecular, permiten afirmar que los ejercicios de mayor intensidad son más efectivos que los de moderada intensidad, ya que los ejercicios, intervalados de alta intensidad estimulan básicamente CAMK y AMPK, proteínas esenciales en los fenómenos de adaptación al entrenamiento y que guardan relación directa con el aumento de la capacidad oxidativa mitocondrial y de los transportadores de azúcar GLUT4. Para tales efectos hemos acumulado 4 años de experiencias y revisiones que nos han permitido cambiar la posición con que comúnmente se ejecutan los ejercicios tradicionales como también el volumen de los grupos musculares que comúnmente se emplean , pudiendo así aumentar en el paciente la intensidad del ejercicio, convertirlo en ejercicio anaeróbico intenso localizado y modificando positivamente así las características histoquímicas del músculo convirtiéndolo en un músculo más funcional. Se entregan en este documento, opciones para evaluar la condición física y lineamientos para dosificar el ejercicio de acuerdo a las características individuales.

Abstract

Physical exercise represents a powerful tool to induce metabolic changes in fat metabolism including mobilization, oxidation and fat balance, even though the most usual role ascribed is the increased energy expenditure, particularly as a complement to a weight reduction diet. The latter is in opposition to the fact that little energy can be spent as a result of exercise and therefore much time and effort should be spent on reaching health related targets. Sedentary pattern of physical activity and comfort of the present way of life has lead the majority of the population to a muscle mass reduction, excessive intramiocelular fat storage and reduced metabolic function, whether under exercise or resting conditions, our body is not capable to use efficiently the exaggerated stores of body fat, not even under fasting conditions. Emphasis is required on the most significant effects of individually dosed exercise, specifically on the improvement of metabolic functions of skeletal muscle mass, particularly in relation to mobilization and oxidation of fat and glucose in any therapeutic obesity program. On the other hand, interval intense exercise, by activating CAMK y AMPK result in a more powerful stimulus to mitochondria biogenesis and GLUT4 expression. This outcome would explain the greater effectiveness of high intensity interval training compared with steady state moderate intensity exercise in inducing the adaptive response. This document provides several options for physical condition assessment and guidelines for exercise prescription considering every individual characteristics.

NOTA del autor Carlos Saavedra:*La redaccion de este articulo corresponde a normas y consensos establecidos que podria llamar de tradicionales y que concuerdan con la gran mayoria de las aplicaciones que se llevan a cabo con pacientes con factores de riesgo. Sin embargo esto no quiere decir que es lo correcto ya que la aparicion de los conocimientos relacionados con la biologia molecular son de tal contundencia que en el rapido analisis contemporaneo, lo escrito en este articulo no seria, a mi modo de ver, de mayor eficacia en la prevencion y terapia de las enfermedades cronicas modernas.*

1. Introducción

La prevalencia de obesidad aumenta cada vez más en el mundo entero, sin encontrarse aún una solución que permita frenar esa tendencia.

las alternativas terapéuticas existentes no han logrado contribuir eficazmente a la reducción del peso corporal, menos aún si se considera la mantención del peso alcanzado en el mediano y largo plazo donde no más de 25% de los pacientes logran tener éxito en esa tarea. **Pero: es realmente el exceso de peso el principal causante de las enfermedades crónicas modernas?** Es hacer bajar de peso lo que solucionaría este problema? No hay normopesos con las mismas enfermedades que los gordos? Exceso de ingesta o disminución exagerada en el gasto?

El ejercicio, que ha demostrado tener efectos potentes en la salud, sigue hasta ahora siendo ignorado o aplicado (**cuando es aplicado**) inadecuadamente en los programas de tratamiento del sobrepeso, obesidad y enfermedades relacionadas. Son muchas las razones que se pueden dar para esta deficiencia pero una de las más importantes es que los profesionales del equipo de salud no poseen formación de pregrado en fisiología del ejercicio. El principal objetivo de este capítulo es revisar los conceptos básicos del ejercicio aplicado a la salud y/o al logro de un balance energético adecuado. Este último objetivo, esta

relacionado con el destino oxidativo del exceso de energía que es a menudo el único fin que sin saberlo, persigue la terapia de la obesidad; reducir el peso corporal. Esa decir, busca disminuir la masa corporal sin importar que compartimento es el reducido (masa magra o adiposa) y si es a costa o no de un aumento de la actividad metabólica oxidativa.

Tampoco considera la ventaja que otorga el logro de una capacidad física adecuada mediante el ejercicio, lo que permitirá al paciente reducir los riesgos y alteraciones fisiopatológicas diversas, aún cuando éste mantenga su peso corporal. Tales evidencias epidemiológicas existen desde hace algunas décadas^{i,ii}.

No en vano la pregunta de los congresos científicos, (no médicos), es: **fitness or fatnes?**

2. Gasto energético y metabolización de sustratos

La mayoría de los profesionales de la nutrición considera al ejercicio como una herramienta adecuada para contrarrestar la energía consumida en exceso o para incrementar el balance energético negativo asociado a una dieta de reducción del peso corporal. Dicha aseveración se reafirma al considerar las recomendaciones de ejercicio emanadas de diversos Comités que promueven un estilo de vida saludable. Así, el "American College of Sports Medicine" (ACSM) en sus diversos reportes recomienda gastar al menos 1500 a 1800 kcal por semana mediante una actividad física moderada a intensa para lograr un buen estado de salud y reducir los riesgos de mortalidadⁱⁱⁱ. Ello significa realizar entre 30-60 min de ejercicio a esa intensidad 5 a 7 veces por semana.

Cabe señalar que dichas recomendaciones aun son vigentes desde el punto de vista formal pero que desde el 2005 han sido fuertemente cuestionadas debido al paso que abre la biología molecular y los respectivos mecanismos de adaptación al ejercicio.

Si se trata de mantener el peso corporal, en personas post obesas, la cifra sube al equivalente de gastar 800 kcal/diarias en ejercicio físico^{iv}. Esa cifra es algo difícil de alcanzar dado que una actividad moderada a intensa, tales como trotar o correr puede llegar a significar 6-7 kcal/min, permitiendo acumular (un gasto total) 360 - 420 kcal por cada sesión de ejercicio de 60 min de duración. Diversas tablas de cálculo están disponibles, tal es el caso de la FAO/OMS^v que ha publicado recientemente su reporte sobre necesidades de energía donde se encuentra una serie de actividades expresadas como múltiplos del metabolismo basal (METs). Una lista más completa aún, describiendo el gasto energético producido por actividades cotidianas y deportivas se encuentran en el reporte del ACSM^{vi}. Debemos tener en cuenta que en Octubre del 2004 el Diabetes Care da inicio a una cuestionamiento serio (*vol 27, numero 10, pag 2518*) a esta prescripción. Siguiendo la misma línea de recomendar un gasto energético mínimo diario, el International Obesity Task Force", adoptado por el Comité de Expertos de FAO/OMS, recomienda ejercitar al menos 30 min diarios en actividades físicas moderadas a intensas, lo que implicaría gastar aproximadamente 2000-2500 kcal/semana. Esta recomendación ha sido adoptada recientemente por la OMS y establecida dentro de sus lineamientos sobre dieta y ejercicio para la salud^{vii}. Resta por definir cuan factible es llevar a cabo tales recomendaciones, particularmente si se desea impactar sobre la

reducción del peso corporal, dado lo ineficiente que ha sido esta forma de enfocar el ejercicio como herramienta terapéutica^{viii}. Mas aun estas recomendaciones han estado con mayor o menor diferencias desde hace 3 décadas y sin embargo los resultados han sido totalmente adversos en la tarea de reducir peso o disminuir las alteraciones metabólicas que este exceso de peso conlleva si esta acompañado de vida sedentaria Por otro lado si uno se refiere a las publicaciones en ciencias básicas en relación al tema estas recomendaciones quedan algo fuera del contexto científico actual basado en la biología molecular. (Procce. Soc. Nutrition 2004)

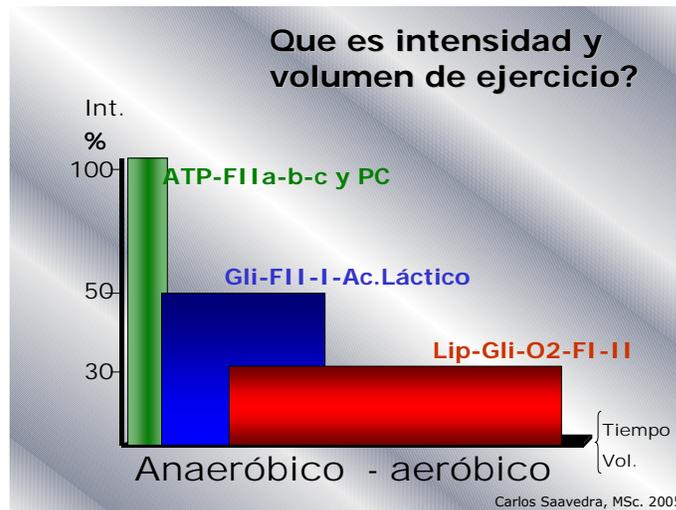
3. Intensidad del ejercicio y capacidad física

Los lineamientos anteriores adolecen de dos limitaciones fundamentales, lo mismo ha ocurrido con las recomendaciones nacionales emanadas de **Vida Chile en Chile, de Agita San paulo en Brasil y de Muevete Buenos Aires en Argentina**. Todas ellas en primer lugar no entregan pautas como evaluar la intensidad del esfuerzo físico, tampoco fijan criterios sobre cómo evaluar la capacidad física de las personas. Por ende, se generan recomendaciones generales en que a todas las personas se les indica un trabajo físico asumiendo que en todos ellos tendrá una intensidad similar y lo mas grave que aun se considera al ejercicio como un cumplidor de objetivos multifactoriales, ignorando que cada dosis de ejercicio posee efectos diversos y específicos. Se hace difícil que dos personas que posean desigual capacidad física, una caminata le puede resultar a uno de ellos un esfuerzo leve mientras que al otro le ocasiona un esfuerzo intenso. También es igualmente erróneo asumir que la condición nutricional; obeso/delgado o de actividad física; sedentario/activo, son sinónimos de mala o buena capacidad física, respectivamente. Por ello, al igual que en otras variables biológicas de alta variabilidad individual, se hace necesario medir o determinar la condición física del sujeto previo a la indicación de ejercicio ya que los seres humanos poseen diferencias interindividuales importantes en reposo y mayores aun en ejercicio. Con este fin, en el **anexo 1** se describen dos formas sencillas de evaluar la capacidad física, con sus correspondientes puntos de corte para clasificarlos. También debemos agregar que pese a esto aun falta por encontrar mejores correlaciones de dichos test de "fácil aplicación" con diversas alteraciones metabólicas.

¿Por que razón es tan importante conocer el nivel de esfuerzo (intensidad) del ejercicio si en todo caso el gasto energético debiera ser el mismo?

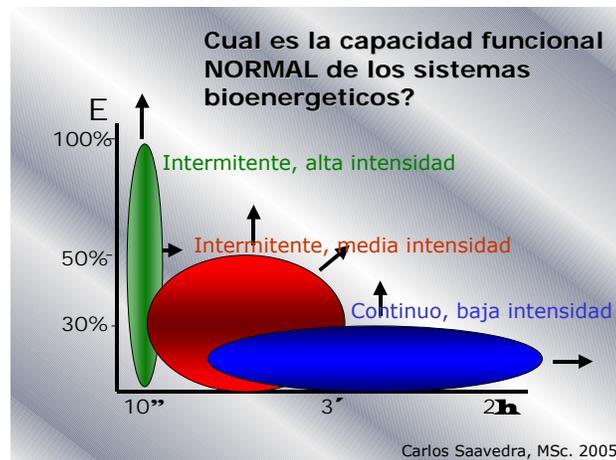
Para tal respuesta debemos referirnos a los elementos básicos de bioenergetica muscular que caracterizan al ser humano. Los procesos de producción de ATP provienen de 3 mecanismos diferentes de producción de energía y cada uno de ellos se caracteriza por la mayor o menor utilización de uno u otro tipo de sustrato energético, de la mayor o menos utilización de tipos de fibras, de la mayor o menor dependencia del sistema cardio-circulatorio y respiratorio pulmonar. Estos sistema bioenergeticos se caracterizan por poseer una capacidad de entregar energía a velocidades especificas y también en volúmenes claramente

diferenciados y que permiten clasificar las intensidades como de corta duración y alta intensidad, de baja intensidad y larga duración y también de manera intermitente o continua. (Ver figura 1 y 2)



Como se observa en esta figura los 3 sistemas de producción de energía se caracterizan básicamente por: la intensidad de su producción, de la duración o capacidad de producir energía que tiene cada sistema y de los diversos componentes histoquímicos que se utilizan. (C. Saavedra 1998)

SEGÚN LA CANTIDAD DE ENERGÍA LOS EJERCICIOS ESTARÍAN CLASIFICADOS DE LA FORMA QUE DESCRIBE EL GRAFICO 2. (C Saavedra1998)



Por lo tanto, hay umbrales de estimulación para los cambios bioquímicos y celulares que determinan el funcionamiento muscular, como también la utilización de grasa y glucosa durante y después del ejercicio. Las

recomendaciones de ejercicio hacen énfasis en que la actividad física debe ser de intensidad moderada a alta basadas en un determinado gasto energético pero también porque si no no será imposible generar los cambios metabólicos deseados si se emplean dosis más bajas de ejercicio. La excepción puede estar dada cuando pueden mantenerse esfuerzos por un periodo de tiempo que al menos supere los 30 minutos y de manera continua y no intermitente y esta intensidad en la modalidad trote es imposible que los pacientes con factores de riesgo lo logren. Gran parte la adherencia al programa de ejercicios depende de ello, es decir, de la intensidad o dosis adecuada a la que se someta al paciente así como también lo son el logro de resultados cuantificables y la ausencia del riesgo de lesiones que tanto preocupa a muchos profesionales al momento de indicar un ejercicio.

4. Sarcopenia y baja capacidad física

De acuerdo a la última encuesta de salud y nutrición llevada a cabo en una muestra de adultos del país, destaca que de acuerdo al criterio empleado (práctica de ejercicio físico continuo de al menos 30 min. de duración, 3 veces/semana) cerca del 90% de la población califica como sedentaria. Lo más probable es que la mayoría de las personas que no ejercitan su musculatura; particularmente de extremidades inferiores y superiores, presentan algún grado de sarcopenia (pérdida de masa muscular por desuso), lo que redundará no solamente en pérdida de la fuerza muscular sino que también de función metabólica muscular. Al respecto, cabe recordar que el músculo esquelético es el que da cuenta de la mayor parte del consumo de glucosa y también de grasa en condiciones de vigilia y actividad. Si a la disminución de masa muscular se asocia el compromiso metabólico determinado por el depósito excesivo de grasa a nivel muscular, (tanto intermuscular como intramuscular), tendremos una de las causas más importantes de las alteraciones en el metabolismo de glucosa y grasas y que hoy se está mencionando como una disfunción mitocondrial. Al respecto debemos señalar que las condiciones de vida actual nos están llevando a un proceso de depósito ectópico de grasas en tejidos distintos al tejido adiposo que conlleva a lipotoxicidad en músculo, hígado, páncreas, entre otros y al proceso de una función alterada de estos órganos y consiguientes enfermedad metabólica que en definitiva van a producir una disfunción mitocondrial en cada uno de estos órganos. Este aspecto se ha tornado en uno de los más relevantes en la investigación científica actual motivando su análisis detallado en un suplemento reciente del International Journal of Obesity^{ix}.

No existen métodos sencillos para establecer adecuadamente la existencia y la magnitud de la sarcopenia. No obstante lo anterior, podemos obtener una aproximación funcional mediante la determinación de la fuerza muscular de piernas o de la capacidad de trabajo de este u otros grupos musculares. Esta determinación, de la capacidad funcional, en términos de capacidad de trabajo puede que corresponda a la masa muscular más empleada en las actividades cotidianas y en ejercicios que impliquen el desplazamiento del peso corporal. Esta determinación puede y debe ser complementada por mediciones de la máxima

capacidad de contracción de un determinado grupo muscular junto a la composición corporal del sujeto que determina masa magra y masa grasa ya que dichos resultados son convenientes expresarlos en términos relativos y absolutos. (*Saavedra, C., Bouchard, C. 1991*)

En el **anexo 2**, se ofrecen algunas opciones sencillas para el cambio o estimulación de la capacidad funcional del tejido muscular.

5. Mecanismos celulares involucrados en la metabolización de grasas

Tal como se mencionó previamente, el exceso de energía en forma de CHO y grasas llega a comprometer el metabolismo normal de los mismos, incrementando la dependencia de glucosa y la escasa utilización de grasa con fines energéticos. Este proceso obedece a un compromiso en la oxidación de grasa por acumulación de Malonyl CoA proveniente del metabolismo oxidativo de glucosa y de la inhibición de la carnitín-palmitoil-transferasa (CPT1), principal enzima involucrada en la oxidación mitocondrial de grasas^x. **Estos fenómenos son finamente regulados por AMPK**, Asimismo, se ha sugerido que el nivel de peroxidación de los ácidos grasos intramiocelulares, la mayor expresión y actividad de las enzimas y transportadores de ácidos grasos, explicaría la paradoja entre sujetos obesos v/s personas entrenadas, donde a pesar de que ambos presentan niveles elevados de grasa intramiocelular, los entrenados presentan una mayor capacidad oxidativa de las grasas^{xi}. Estos últimos también poseen una diferencia fundamental que se aprecia en la literatura como responsable de la ausencia de las alteraciones metabólicas: una mayor densidad mitocondrial. Lo que explica en parte porque no presentan las alteraciones funcionales y metabólicas que presentan los obesos.

Otro aspecto que se ha mencionado como regulador de la oxidación de grasas es el nivel de los depósitos de glicógeno, tanto previo como durante y después del ejercicio^{xii,xiii}. Los niveles de glucógeno muscular también son responsables de gatillar una serie de fenómenos que permiten la fosforilación de una serie de proteínas kinasas que van a permitir al tejido muscular sintetizar proteínas tanto funcionales como estructurales, dejando a este órgano metabólicamente activo con capacidades significativamente superiores cuando es entrenado con respecto a los no entrenados.

El ejercicio mediante el estímulo derivado de la contracción muscular incrementa la captación de glucosa, la sensibilidad insulínica y la oxidación de grasas. Todo ello obedece a un complejo sistema enzimático y de transportadores y de grasas que son gatillados en parte por la acción de AMP kinasas que responden al estado de la relación ATP:AMP que corresponden a un verdadero sistema sensor del consumo de energía derivado de la actividad muscular. Este mismo complejo ha sido implicado en la regulación de la transcripción génica de transportadores y enzimas relacionadas con el metabolismo de sustratos energéticos en respuesta al entrenamiento^{xiv,xv,xvi}. Un detallado artículo sobre la materia ha sido elaborado por C.Saavedra en el 2005, www.biosportmed.cl

6. Mecanismos involucrados en la movilización y oxidación de grasas

Como se mencionó anteriormente, las personas sometidas a un programa de entrenamiento (tal como ocurre en deportistas) se caracterizan por presentar una mayor capacidad de oxidación de grasas en comparación con controles no entrenados **y esta situación es observada tanto en condiciones de reposo, durante un determinado volumen o intensidad de ejercicio y también durante la fase post esfuerzo o de recuperación. (Ver figura 3)**

Los niveles de lipólisis tienden a ser mayores, al igual que la tasa de oxidación lipídica, todo ello derivado de una mayor actividad adrenérgica y mayor sensibilidad de receptores β adrenérgicos, produciendo una mayor participación de las grasas en las horas siguientes al ejercicio. Dado que la liberación de adrenalina y noradrenalina ocurre en relación directa al stress ocasionado por el ejercicio, su liberación será mayor a mayor intensidad de ejercicio y por lo tanto su efecto será más elevado y de mayor duración. Lo anterior se sustenta en diversos estudios que han evaluado la oxidación de grasa en el período post prandial en las horas siguientes a la sesión de ejercicio. Uno de ellos fue realizado por Yoshioka et al.^{xvii} que empleando dos ejercicios; uno leve y otro de alta intensidad, ambos con el fin de gastar 500 kcal derivadas del ejercicio (duración promedio; 65 ± 9 min y 33 ± 6 min, respectivamente) produjeron luego de 15 semanas un incremento significativo en la oxidación de grasa en las 4.5 horas siguientes al ejercicio. El uso de propanolol más ejercicio de alta intensidad produjo un efecto menor demostrando que el aumento de oxidación se debió fundamentalmente a la acción adrenalínica. Por otro lado los estudios del grupo de la Univ de Toulouse comandado por Glizesinsky, demostró que incluso ante la presencia de beta bloqueadores, esta oxidación se presenta y mayor aun en los sujetos entrenados en relación a los no entrenados durante y después del ejercicio. Se atribuye a este fenómeno al rol del peptido natriuretico y a la liberación de interleukina 6, IL-6 por parte del tejido muscular. En otro estudio, Trambly et al.^{xviii} sometió a un grupo de adultos jóvenes a un programa de ejercicios de 15-20 semanas de duración donde un grupo ejercitaba de manera continua a una intensidad moderada y el otro lo hacía de manera intensa pero intermitente (ejercicio/reposo, ejercicio/reposo, etc). El último grupo gastó la mitad de la energía del otro pero sin embargo presentó una reducción 9 veces mayor en la grasa corporal. Las biopsias musculares reflejaron una actividad significativamente mayor de las enzimas vinculadas a la β oxidación de ácidos grasos en el grupo que realizó ejercicios de alta intensidad intermitente.

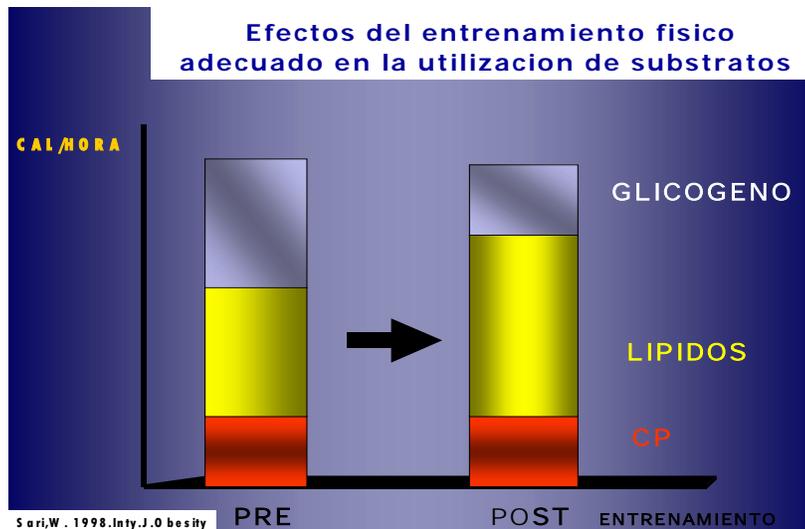


Fig3. La situación deseada por los efectos del ejercicio físico con fines de salud, sería la de gastar u oxidar una mayor cantidad de grasas ante una situación dada. Las columnas permiten comparar a un mismo sujeto antes y después de un periodo de entrenamiento. **W. Sari, adaptado por C Saavedra. 1999**

Otro aspecto interesante en la búsqueda de opciones para movilizar y oxidar la grasa corporal proviene de un estudio donde se evaluó la factibilidad de obtener un efecto lipolítico mayor al realizar dos sesiones de ejercicio en bicicleta ergométrica de intensidad leve (50% de la capacidad aeróbica) y 60 min de duración, separados por un período de recuperación de igual tiempo^{xi}. Se demostró mediante microdiálisis del tejido adiposo, que la segunda sesión produjo una mayor tasa lipolítica, asociada a un incremento más pronunciado de las catecolaminas en la segunda sesión. Esto nos lleva a pensar lo conveniente de separar el ejercicio en sesiones diarias consecutivas con descanso intermedio, y sin ingesta entre ambas sesiones.

Queda por definir, entre otras interrogantes por investigar, el lapso de tiempo más apropiado para aprovechar el efecto sumativo antes descrito, también si este efecto puede ser magnificado al aumentar la intensidad del ejercicio. En otra investigación, el mismo grupo de investigadores demostró recientemente que un programa de ejercicio moderado por 4 meses en hombres con sobrepeso produjo incrementos significativos en la capacidad aeróbica y la movilización de grasas. La microdiálisis del tejido adiposo mostró mayor efecto lipolítico mediado por catecolaminas y también por el péptido natriurético, ambos potentes efectores de la lipólisis en el tejido adiposo subcutáneo^{xx}. Como fue mencionado mas arriba. **También es necesario tener en cuenta que estos cambios fueron obtenidos sin que el entrenamiento haya provocado la modificación de parámetros de peso, grasa corporal, capacidad oxidativa e IMC**

Finalmente, es necesario destacar que si la intensidad del ejercicio u otras manipulaciones del ejercicio (intermitencia, series diarias con

descanso) están asociadas a una mayor secreción de catecolaminas y otros factores lipolíticos, estos tienden a mantenerse elevados por más tiempo dando mayor tiempo para la acción lipolítica y lipo-oxidativa de estas hormonas^{xxi}. Volvemos a señalar que peptido natriuretico (PNA) e IL-6 (considerada actualmente mas que una citokina como una miokina) han sido descritos con potente factores lipoliticos con el ejercicio físico.

7. Dosis de ejercicio requeridas para modificar la funcionalidad muscular

El mecanismo a través del cual operan las modificaciones inducidas por el ejercicio sobre **las características histoquímicas** del músculo esquelético tienen carácter estructural tales como el aumento de la capilarización, el mejoramiento en la irrigación muscular, cambios bioquímicos en la capacidad oxidativa al aumentar el número de mitocondrias y la cantidad y actividad de enzimas vinculadas a la oxidación de CHO y grasas, la capacidad de transporte y utilización de sustratos en condiciones de reposo y de ejercicio. Son estas modificaciones las que aumentan el gasto energético y mejoran el perfil metabólico en la utilización de grasas y glucosa antes, durante y después del ejercicio. El ejercicio para cumplir con estos fines debe ser dosificado, lo cual implica tomar en cuenta la capacidad física del sujeto. Según esta condición, los ejercicios pueden percibirse como de una *intensidad leve* (por debajo del 50% de la capacidad aeróbica máxima o VO_2 máx), *intensidad moderada* (entre el 50 y 75 % de la VO_2 máx) o de una *alta intensidad* (por sobre el 75% de la VO_2 máx). Debemos señalar que ya aparecen estudios en que las dosificaciones de las intensidades de los ejercicios no están referidos solo a grandes grupos musculares o a modalidades como el caminar o trotar, que al parecer no son tan eficientes como estimular músculo por músculo de manera mas intensa. Por tal motivo la investigación científica esta destinando esfuerzos en determinar la capacidad de consumo de oxigeno de diversos grupos musculares..

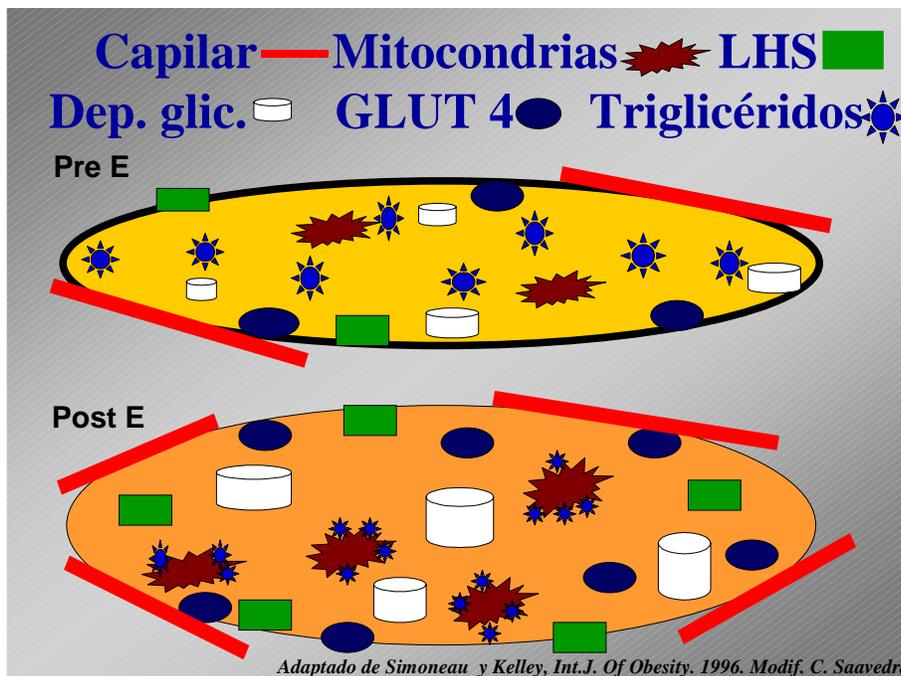
Ante la velocidad del descubrimiento científico y el consenso sobre que la insulino resistencia podría ser el elemento gatillador de diversos tipos de alteraciones, es necesario agregar en esta parte que los estudios permiten un traslado de la cuantificación de las intensidades de ejercicio que van desde la capacidad sistémica del consumo de oxigeno mediante las modalidades de bicicleta o de trote a la de pensar en la posibilidad de cuantificar las capacidad metabólica de un determinado grupo muscular. Ya que la biología molecular indica que los fenómenos de síntesis de proteínas intracelular son evidentes ante los ejercicios de alta intensidad. De todas formas entregamos mayor información sobre los indicadores VO_2 máx. y frecuencia cardíaca máxima en **anexo 3**

Cada una de las intensidades de ejercicio recluta tipos de fibras musculares diferentes, las cuales experimentan cambios intracelulares también diferentes. Estas, a su vez modifican a los factores centrales (respiración, circulación sanguínea) de manera diferente, alterando el perfil bioquímico del sujeto de manera aguda. Por estos motivos, el estímulo de la actividad física con el único fin de aumentar el gasto energético, no siempre es suficiente para producir un aumento de la

capacidad funcional antes descrita. Esto ocurre solamente cuando los umbrales o niveles de ejercicio (dosis) son lo suficientemente intensos para desencadenar los mecanismos estructurales y funcionales que en definitiva son los responsables del mejoramiento del metabolismo oxidativo y también de la consolidación de los cambios de hábitos de ejercicio y actividad física. En este sentido, como ya se estableció previamente, no siempre el ejercicio involucra pérdida de peso^{xxii}.

En la figura siguiente, podemos ver (Fig 4) una diferencia esquemática entre la célula muscular sin ejercicio y la célula muscular ejercitada localmente a intensidades importantes.

Podemos apreciar que diversos elementos constitutivos y extremadamente funcionales y que son proteínas, se sintetizan de manera considerable con el ejercicio, permitiendo así un aumento de la masa muscular como también de las capacidades funcionales en fenómenos de metabolización de grasas y azúcares, de intercambio gaseoso, de depósitos de glucógeno, de distribución y tamaño de las grasas y también, un aumento de los transportadores de azúcar, GLUT4, aspecto de relevancia mayor en las enfermedades crónicas modernas, lo que conlleva a un aumento de la sensibilidad a la insulina o prevención de la insulino resistencia. (Simoneau, J. adaptado por C. Saavedra, 1998-2005)



El ejercicio físico dosificado puede incidir sobre los siguientes procesos metabólicos^{xxiii} Esta lista esta mas en relación con trabajos en que se han aplicados ejercicios de mediana a alta intensidad.

- **Incremento del gasto energético**
- **Aumento en la termogénesis y metabolismo basal**
- **Control en la ingesta alimentaria**
- **Disminución de la grasa corporal**
- **Incremento en la capacidad de movilización de AG**
- **Aumento de la biogénesis mitocondrial**
- **Incremento en la oxidación de grasas**
- **Cambios histoquímicos del tejido muscular**
- **Aumento de la micro circulación periférica**
- **Incremento en la sensibilidad a la insulina**
- **Reducción de frecuencia cardiaca y presión arterial**
- **Estimulación de mecano receptores óseos**
- **Estimulación de la síntesis de proteínas**
- **Modificaciones del umbral anaeróbico**

8. Prescripción de ejercicio

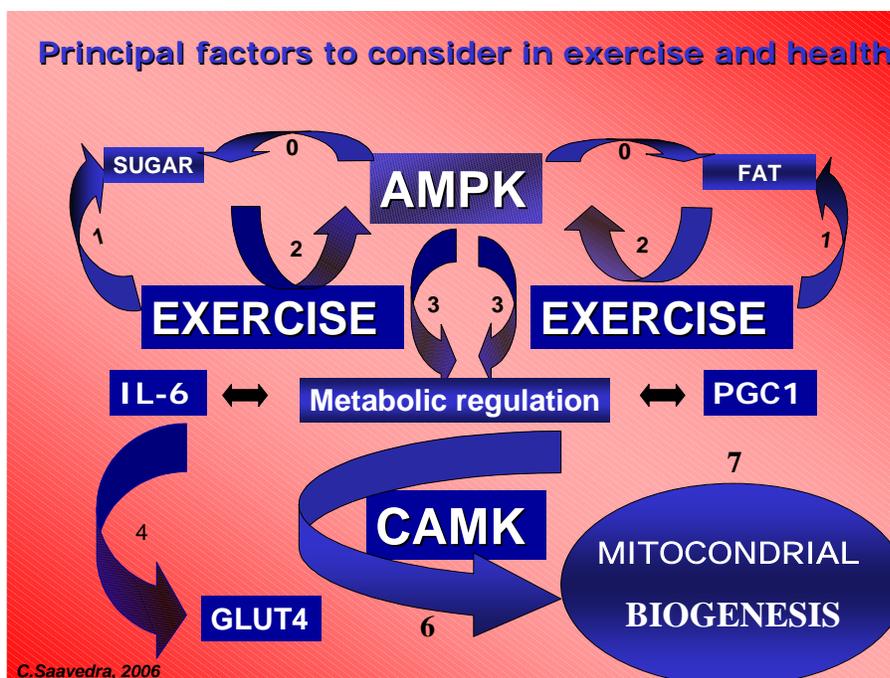
Considerando que la actividad física no es popular entre los obesos, esperar una disminución de peso significativa solamente a través de ejercicios intensos y de larga duración que produzcan un gran gasto energético es irreal e innecesario o poco efectivo. En términos prácticos es ineficiente, poco rentable para el paciente en términos de resultados objetivamente cuantificados y por ende la adherencia del paciente es mala. Es necesario además cambiar la percepción de los profesionales de la salud que solamente buscan en el ejercicio un coadyuvante de la pérdida de peso. Si el ejercicio es capaz de reducir los riesgos de alteraciones metabólicas, morbilidad asociada y mortalidad, entonces el lograr que una persona se mantenga en condiciones físicas óptimas, debería ser el objetivo de salud **y de manera independiente de la pérdida de peso**. Esto quita la importancia que se le atribuye a la baja de peso cuya obtención es a veces muy difícil y mucho más si se desea mantenerla cuando ella se logra.

Nadie podría aconsejar a una persona con baja capacidad física a realizar esfuerzos de alta intensidad de manera sostenida por varios minutos. Por otro lado desde el punto de vista epidemiológico, los pacientes con factores de riesgo poseen una muy mala capacidad física y de tolerancia al esfuerzo por lo que si se le prescribe ejercicios de baja intensidad tampoco serán capaces de llevarlos a cabo por espacios prolongados de tiempo, que sería en definitiva, el tiempo o duración, la variable importante a sostener para lograr efectos fisiológicos en el paciente descritos anteriormente. Lo que se necesita es más bien hacer uso de un entrenamiento intermitente de 1-2 min de duración, intercalados con períodos de reposo de igual duración. De esa manera los participantes podrían ejercitar al $\geq 80\%$ de su frecuencia cardiaca máxima por 1 min. y descansar 1 min. Al final de un periodo de 30 min. las personas habrán ejercitado 15 min. y descansado el mismo tiempo. Este procedimiento logra estimular mayor secreción de adrenalina durante el ejercicio pero a la vez mantenerlos elevados por varias horas después de terminado el ejercicio. Cabe recordar que uno de los principales elementos afectados en la obesidad son la movilización y quema de grasa y por lo tanto lograr este objetivo en pacientes obesos es necesario. El ejercicio de intensidad

elevada de manera intermitente, de corta duración, permite lograr ambos beneficios.

En contraste a los datos publicados en esta revisión y apoyando a los referido en el ultimo párrafo, nos parece útil presentar esquemáticamente las indicaciones aparecidas en el *Diabetes Care* al respecto:

“Existe un prejuicio en relación al entrenamiento de sobrecarga relacionado con la producción de hemorragias, isquemia al miocardio o hemorragia a nivel de retina. NO HAY EVIDENCIAS AL RESPECTO. En 12 estudios de mas de 250 pacientes entre diabéticos y cardiacos al ser sometidos a entrenamiento de sobrecarga no se encontró anginas, depresión en ST, anormalidades hemodinamicas, ni disritmias ventriculares o alguna otra complicación cardiovascular. Enl ejercicio de pesas o anaerobico existen periodos de reposo al menos cada 60 segundos, lo que no ocurre en el aeróbico.*el ejercicio con sobrecarga, la elevación del trabajo cardiaco (Vm,Vs) es significativamente inferior al provocado por el trabajo aerobico.* Los estudios de Benn con monitoreo continuo de frecuencia cardiaca y control intra arterial de presión, demostraron que los valores en estas variables fueron significativamente mayores en los ejercicios aerobicos que anaerobicos.los valores “de riesgo” encontrados en los ejercicios aeróbicos fueron similares a los encontrados en las tradicionales prescripciones de suba escalas o transporte pesos o camine rápido! (*safety of resistance training. Diabetes Care, 27, 10, 2004 pag 2531*)



Factores principales contemporáneos a estimular en un plan de ejercicios destinado a la promoción, prevención y terapia en salud. El ejercicio puede llegar a metabolizar mas del 80% de los azucares y mas del 70% de las grasas ingeridas. Esto va a depender de la intensidad y duración del ejercicio y de la capacidad funcional del tejido muscular mediado básicamente por AMPK, apodada como la proteína master en la regulación del metabolismo energético. En la medida que el ejercicio posea una intensidad mayor, las modificaciones del Ca intracelular y la de los niveles de los depósitos de glucógeno van a gatillar múltiples mecanismos entre los que esta IL-6 (interleukina-6) que actua como agente lipolitico e inhibidor de factores inflamatorios y de insulino resistencia como FNT-a. Paralelamente factores de transcripcion serán estimulados por intermedio de PGC1, (peoxisoma-activated receptor co-activator alfa) que estimularan la síntesis de proteínas correspondientes a la cadena respiratoria mitocondrial y a los transportadores de azúcar GLUT4. Los mecanismos de regulación genética mitocondrial estarían regulados principalmente por CaMK, (calmodulina proteína kinasa) que posee un

rol multifuncional en diversos procesos que van desde la hipertrofia funcional a la diferenciación de fibras musculares.. Para mayor información sobre este aspecto que aun esta en plena fase de investigación científica se puede consultar el articulo sobre *Mecanismos de adaptación intramiocelular*. (C Saavedra 2005) www.biosportmed.cl y la lista de referencias anexas al final de este articulo.

9. Desarrollo de un Programa de Ejercicio

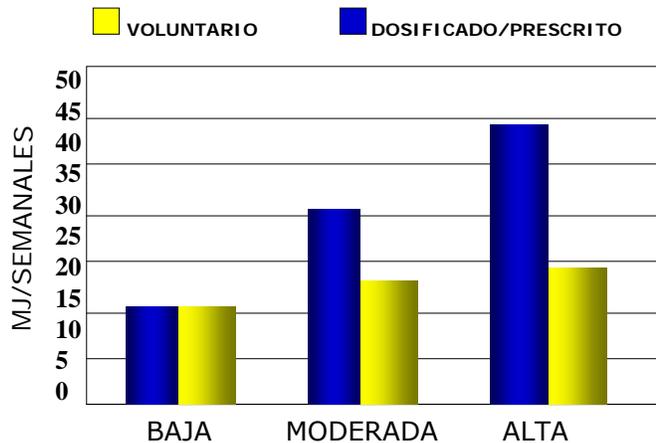
En el planteamiento de un programa de ejercicio para la prevención y el tratamiento de la obesidad y sus enfermedades relacionadas, se estima necesario destacar que las experiencias exitosas son en su mayoría restringidas a grupos donde ha existido una estrecha supervisión por parte del grupo técnico encargado de la investigación. Cuando se desea expandir estas experiencias a nivel de todo un país, debe considerarse que Chile tiene algunas particularidades. En primer lugar, **que no existe un profesional en cuya formación se vincule específicamente el ejercicio con la promoción de la salud**, la prevención de enfermedades, ni mucho menos el tratamiento de las enfermedades modernas con el ejercicio. Segundo, porque no se enseña la fisiología del ejercicio en la formación de profesionales de la salud y Tercero, porque no se conoce el estado actual de la condición física de los chilenos. Cuando se trata de recomendar ejercicios, éstos deberán ser adecuados a las capacidades individuales, tomando en cuenta la condición física de los sujetos, y las posibles limitantes biomecánicas de este al ejercicio.

En muchas ocasiones las personas presentan enfermedades preexistentes las que podrían verse favorecidas con el ejercicio y deberán ser consideradas en la prescripción. Dado el alto nivel de sedentarismo en la población chilena, posiblemente la sarcopenia será altamente frecuente. Esto determina que el primer paso en cualquier programa de rehabilitación de la capacidad física y metabólica deberá incluir el fortalecimiento de la masa muscular con lo que deberá seguir los lineamientos entregados en el **anexo 2**.

Este tema es difícil de abordar de manera sucinta, dado que la mayoría de los profesionales esperan poseer una especie de receta para poder aplicarla en la mayoría de los pacientes sin tomar en consideración que en su práctica profesional jamás indicarían la misma dieta o medicamentos, mucho menos llevaran a cabo indicaciones sin poseer un diagnostico inicial de la condición del paciente en las variables relacionadas. Es así como enfatizamos que ningún profesional debería indicar ejercicio sin antes haber realizado una evaluación de la capacidad cardio-respiratoria y muscular de la persona. A menudo se aconseja a la persona a realizar ejercicios tales como caminar un determinado tiempo, a un paso moderado o rápido sin preguntarse si la caminata representará en ellos un ejercicio leve, moderado o intenso.

En el gráfico siguiente se puede observar que la prescripción dada sin especificarla numéricamente, es percibida de manera totalmente diferente en los pacientes.

INTENSIDAD DEL EJERCICIO



En azul es el monto del ejercicio semanal, en Joules, solicitado al paciente sin especificar dosis en relación a intensidad y volumen o tiempo y en amarillo es como el paciente interpreta o realiza dicha dosis solicitada.

Los test de medición de la capacidad de trabajo.

Estos test fueron obtenidos de la fuente en que fueron creados: Instituto de Medicina Preventiva, UKK Tampere, Finlandia (C. Saavedra.2005).

Anexos

Anexo 1: Determinación o medición de la condición física y de la intensidad del ejercicio

Opcion No. 1. Test de 6 min de caminata

(American Thoracic Society. *ATS Statement: guidelines for the six minute walk test. Am J Crit Care Med* 2002; 166: 111-117)

El test de caminata por 6 minutos está siendo cada día más utilizado y validado por los estudios científicos. Debido a las malas condiciones físicas de la población, este test ha ganado popularidad especialmente cuando

resulta difícil y/o riesgoso someter a las personas a un test de capacidad aeróbica y cardiovascular máxima. Dado que la mayoría de las personas pueden realizar este test dentro de los límites de una intensidad submáxima, el test representa adecuadamente la capacidad funcional para ejecutar las recomendaciones de una actividad física deseable diaria.

El examinador puede llevar a cabo este test en cualquier superficie plana de unos 30 m de longitud, tanto en el exterior o en un salón cubierto con adecuada ventilación. Cabe señalar que el diagnóstico y los controles deben ser efectuados en el mismo lugar y bajo las mismas condiciones de prueba.

Se debe instruir al paciente que el objetivo es caminar (sin correr o trotar) el máximo de distancia en 6 min, que luego de iniciado el test, puede disminuir la velocidad del paso o detenerse cuando lo requiera según su percepción del estrés generado por el ejercicio. En cada pausa, el paciente deberá permanecer en su lugar de detención, reanudando la marcha desde ese mismo lugar cuando lo desee. En la planilla de control deberá registrarse tanto el número de detenciones como el tiempo usado en cada una. Se deberá medir exactamente la distancia caminada y registrar este valor en el formulario.

Los ejercicios recomendados para el mejoramiento de la condiciones físicas en las categorías "malo a bueno" (A-C) se detallan a continuación, siendo necesario destacar que tales categorías no corresponden al estudio original en enfermos respiratorios sino que son de carácter provisorio dado que corresponden a información preliminar de un estudio en población adulta sana de 20-60 años financiado por el Instituto Nacional del Deporte, los puntos de corte debidamente validados estarán disponibles próximamente. Las personas en "mala" condición física deberán fortalecer la masa muscular mediante los ejercicios detallados en el anexo 2. Las personas en condición física "regular" deberán igualmente fortalecer la masa muscular y comenzar el plan de entrenamiento basado en ejercicios intensos de corta duración. Las personas en condición física "buena" deberán mantener dicha condición realizando 30 min. diarios de ejercicios aeróbicos de carácter moderado a intenso (trote, carrera, bicicleta, danza aeróbica, tenis, fútbol, basketbol, voleibol, etc).

Cabe destacar que de la misma forma en que la condición física puede mejorar, ésta también puede irse perdiendo por la falta de entrenamiento. Por ello es que el ejercicio debe ser parte del estilo de vida diario o mas bien dicho sistemático.

Indicaciones para la realización del test

1. Comenzar el test sin haber realizado calentamiento previo
2. El paciente debe descansar por 10 min, sentado cerca de la posición de partida. Durante este tiempo se deber realizar el registro de los datos, chequear posibles contraindicaciones al test, medir el pulso, cerciorarse del uso de ropa y zapatos adecuados
3. Pedir al paciente que se dirija al punto de partida, poner el cronómetro en cero y dar las instrucciones para realizar la prueba

4. Comience la prueba, no camine con el paciente, no se distraiga durante el curso de la prueba, vigile siempre al paciente.
5. Informe al paciente el tiempo restante minuto a minuto, estimúlelo diciendo que lo esta haciendo bien, sin apurarlo ni estimularlo.
6. Anote cada vuelta del circuito haciendo una marca en el casillero correspondiente. Al dar por terminada la prueba, camine hacia el paciente y marque el lugar de detención para medir esa distancia, sumándola a la distancia recorrida según el número de vueltas realizadas. Consigne la distancia recorrida total y cualquier observación acerca de la prueba que pueda interferir en la comparación con las pruebas sucesivas.

Nota: Aún cuando la experiencia con este test ha encontrado muy ocasionalmente, problemas como los que a continuación se señalan, el examinador debe estar atento a suspender la prueba en caso el paciente presente alguno de los siguientes síntomas: dolor en el pecho, disnea intensa, calambres en las piernas, mareos/caminar tambaleante, marcada palidez facial.

Recursos materiales

- Un monitor de frecuencia cardíaca (tipo Polar) para la determinación continua de frecuencia cardiaca, en su defecto un fonendoscopio o tomar el pulso durante 15 segundos y multiplicar por cuatro para llevarlo a un minuto.
- Un reloj con cronómetro
- Planillas de registro de los datos
- Tiza, cal u otro tipo de marcador y una cinta métrica de 5-10 m de longitud

Planilla de registro de los datos test de 6 min de caminata

Nombre del paciente	Fecha:	Prueba N°	
Frecuencia Cardíaca <i>Reposo</i>	Frecuencia Cardíaca <i>Post Ejercicio</i>		
	Tiempo	No de vueltas	Nivel alcanzado test
Detención No 1			
Detención No 2			
Detención No 3			
TOTAL			
Distancia total recorrida en 6 min			

Clasificación del nivel alcanzado en cada test:

	Hombres		Mujeres
• Nivel A:	<695 m	(Malo)	< 650 m
• Nivel B:	695-736 m	(Regular)	650-689 m
• Nivel C:	≥ 736 m	(Bueno)	≥ 690 m

Observaciones:

Consignar nivel de stress cardiovascular y respiratorio según la escala de esfuerzo físico, angina y disnea

Escala de percepción del stress cardiaco y respiratorio generado por el ejercicio

Nota	ESCALA DE ESFUERZO	ESCALA DE ANGINA	ESCALA DE DISNEA
0	Muy liviano	Sin angina	Sin disnea
1	Liviano	Levemente detectable	Leve, detectable
2	Moderado	Moderada, preocupante	Leve, alguna dificultad
3	Pesado	Severa, muy inconfortable	Moderada dificultad, puede continuar
4	Muy pesado	Muy severa, dolor nunca antes experimentado	Moderada, no puede continuar

Opcion No. 2. Test de caminata de 2 km

(Laukkanen R. et al. Development and evaluation of a 2-km walking test for assessing maximal aerobic power of adults in field conditions. a) Ph.D. thesis. Kuopio University Publications D. Medical Sciences 23. Kuopio 1993. b) Int J Sport Med 12:356-362,1991. c) Int J Obesity 1992; 16:263-268.).

Para realizar este test se requiere establecer un recorrido de 2 km que puede ser al igual que en el caso anterior una cancha (de baby-futbol u otra), un gimnasio, un pasillo largo de 50-100m o cualquier otra superficie plana donde se mida la distancia de manera exacta. Se deberá establecer el número de vueltas al circuito y hacer una marca en el lugar en que se completan los 2 km. Al finalizar la prueba se registra exactamente el tiempo utilizado (en min y seg) y la frecuencia cardíaca final. Se consulta además sobre los dolores, fatiga muscular u otros síntomas percibidos durante la prueba que hayan podido interferir con la marcha. La intensidad del ejercicio es calificada de acuerdo a la escala de Borg (escala 6-20).

Este test, a diferencia del anterior no permite detenciones durante la prueba sino que al contrario, estimula a que la caminata se haga a la máxima velocidad

posible. Dado que en este caso requiere que el sujeto mantenga un nivel de intensidad elevado durante la prueba (usualmente 70-85% de la FC_{max}), este test califica la condición física mediante fórmulas predictivas desarrolladas en población adulta de 20-60 años de Finlandia que actualmente están siendo validadas para población chilena al igual que el test anteriormente descrito. También existen fórmulas que permiten estimar el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) a partir de esta prueba. El Instituto UKK cuyo objetivo es la Promoción de la Salud, ha desarrollado y validado las fórmulas siguientes para evaluar la condición física en hombres y mujeres:

Indice de condición física (ICF):

Hombres = $420 - [11.6*(min) + 0.2*(seg) + FC_{final}*(0.56) + IMC*(2.6) - edad*(0.2)]$

Mujeres = $304 - [8.5*(min) + 0.14*(seg) + FC_{final}*(0.32) + IMC*(1.1) - edad*(0.4)]$

Los resultados se clasifican en la siguiente forma:

<70	= malo
70-89	= insuficiente
90-110	= promedio
111-130	= bueno
>130	= excelente

Anexo 2. Plan de mejoramiento de la capacidad de trabajo muscular o capacidad funcional del tejido muscular. (Al final de este artículo)

Para más detalles y ver graficado cada ejercicio se recomienda la Guía de ejercicios para el adulto, editado por C. Saavedra, 2006.

www.biosportmed.cl

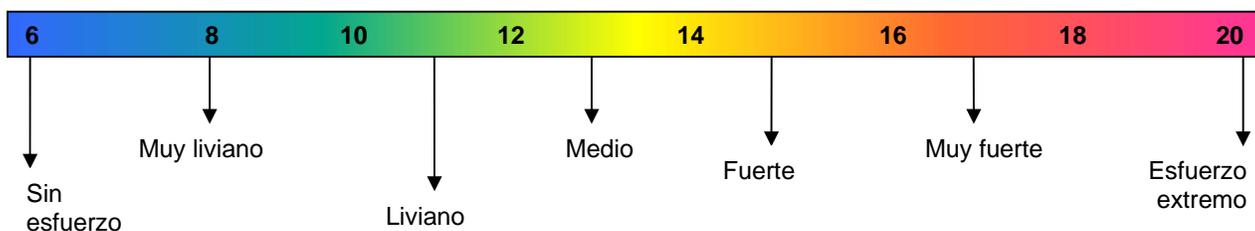
2. Plan de mejoramiento aeróbico mediante la caminata o trote:

- Caminar a un paso que permita alcanzar 70-90% de la FC_{max} hasta completar 30 min diarios. Si la frecuencia cardíaca alcanzada es más baja entonces aumente la velocidad de caminata. Si aun así no lo logra entonces debe seguir las indicaciones siguientes
- Si la condición física fue calificada como promedio o buena, entonces podrá trotar o correr para lograr intensidades equivalentes al 70-90% de la FC_{max} por periodos de 20-30 min. Otros ejercicios alternativos serían bicicleta estacionaria, bicicleta en ascenso, montañismo, deportes; tales como fútbol, básquetbol, voleibol. Las actividades tales como yoga, baile, aeróbicos, aerobox, pilates, no siempre alcanzan esas intensidades de manera sostenida. Si es posible alcanzar el límite deseado entonces serán estímulo suficiente para el mejoramiento de la función muscular.

Anexo 3. Formas de establecer la intensidad del ejercicio

1. Percepción del esfuerzo. Escala de Borg.

Una de las formas comúnmente empleadas para catalogar el esfuerzo luego de practicar un ejercicio es la escala de Borg. Esta escala asigna subjetivamente un puntaje que va desde 6 a 20 puntos, correspondiendo a la ausencia de esfuerzo y el esfuerzo extremo, respectivamente. Solo se necesita mostrar la escala al paciente y pedirle al término de la actividad que califique el esfuerzo realizado.



2. Determinación de la frecuencia cardiaca máxima

La forma más práctica de estimar la intensidad del ejercicio es a través de la frecuencia cardiaca máxima, existiendo diversas formulas. La siguiente es la más sencilla y puede ser aplicada en adultos de ambos sexos:

$$FC_{\text{máx}} = 220 - \text{edad}$$

Esta información permite calcular la frecuencia cardiaca en trabajo cardíaco máximo en adultos de ambos sexos. Por ejemplo, una persona de 40 años tendrá una frecuencia cardiaca máxima de $220 - 40 = 180$ latidos por minuto.

La forma apropiada de conocer la frecuencia cardiaca es mediante monitores de ritmo cardíaco y en ausencia de ellos, una forma fácil es tomar el pulso inmediatamente después de finalizado el ejercicio, reconociendo que se producirá una leve subestimación de los valores reales porque el pulso comienza a disminuir rápidamente al suspender la actividad.

3. Frecuencia cardiaca de reserva

Se calcula restando la frecuencia cardiaca (FC) de reposo a la frecuencia cardiaca máxima, los ejercicios se expresan en función del porcentaje de esta cifra, haciendo la misma relación (FC en el ejercicio - FC de reposo) expresada como porcentaje de la cifra anterior. Este indicador es muy útil en personas donde la FC es elevada producto de una mala condición física, con lo cual el margen entre FC de reposo y FC máxima será más pequeño. Ejemplo: sujeto con $FC_{\text{reposo}} = 90$ latidos/min, $FC_{\text{máxima}} = 190$

$$FC_{\text{reserva}} = 190 - 90 = 100 \text{ latidos/min.}$$

Si se desea trabajar al 50% de la FC_{reserva} , entonces deberíamos lograr una FC durante el ejercicio de $90 + (100 * 0.50) = 140$ lpm

Algunos aspectos a considerar cuando se toma en cuenta la variable frecuencia cardiaca.

En sujetos sanos con un nivel de condición física normal (35ml/kg/min) la frecuencia cardiaca se comporta de manera directa pudiéndose establecer una relación directa entre gasto energético y frecuencia cardiaca. La mala condición física, el sobrepeso, el uso de fármacos o algún factor de riesgo en el paciente, no permite esta relación de frecuencia cardiaca/gasto energético. Los pacientes liberan grandes cantidades de CO₂ ante esfuerzos leves cuando no están entrenados, liberan catecolaminas de manera indiscriminada ante el esfuerzo y el fenómeno de redistribución sanguínea no está relacionado proporcionalmente con las necesidades de O₂ del grupo muscular solicitado. Por otro lado, la mala condición física perturba la sensibilidad normal de receptores adrenergicos tanto en vasos, capilares y músculo cardiaco por lo que las reacciones y ajustes cardiovasculares de frecuencia, presión y volumen minuto, no necesariamente indican la magnitud del gasto metabólico al que se está ejecutando.

Finalmente, las limitaciones de la capacidad física en términos de tolerancia al esfuerzo, es común que en este tipo de paciente está dado más por factores periféricos (célula muscular) que factores centrales (cardio-respiratorios) observándose en los diversos test de esfuerzo que estos son detenidos por el dolor o incapacidad muscular a bajas frecuencias cardiacas. En estudios más acabados esto queda gráficamente establecido al determinar la diferencia arterio-venosa de oxígeno u otros substratos que aporta el sistema circulatorio pero que no son captados por el músculo.

4. Porcentaje del consumo de O₂ máximo (VO₂ máx.)

Para realizar esta prueba se debe disponer de una bicicleta ergométrica o un treadmill más un sistema de medición del consumo de oxígeno. La persona comienza a ejercitar en una carga de trabajo leve que se va incrementando progresivamente (en la bicicleta; aumentando la resistencia, en el treadmill; aumentando la velocidad, la pendiente o ambas) hasta llegar a un punto en que al aumento de carga, el sujeto no es capaz de incrementar el consumo de oxígeno. Existen diversos protocolos para esta medición pero el principio general es el mismo. La intensidad del esfuerzo físico se clasifica en las siguientes categorías:

Intensidad leve = < 50% de la VO₂ máx.

Intensidad moderada = entre el 50 y 75 % de la VO₂ máx.

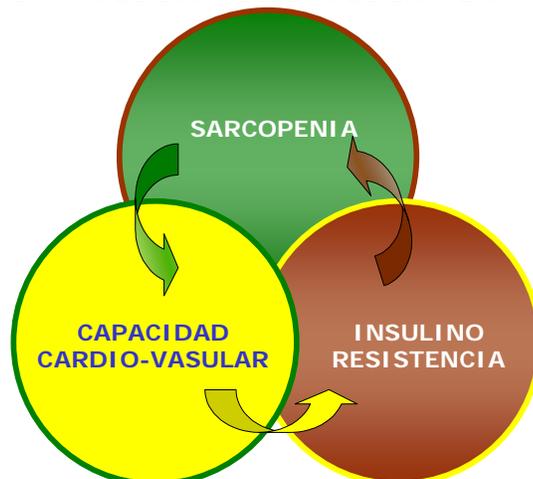
Alta intensidad = > 75% de la VO₂ máx.

Estas determinaciones requieren llevarse a cabo en un laboratorio donde se cuente con las facilidades antes mencionadas. En la práctica, el uso de las opciones basadas en la frecuencia cardiaca son las más usadas.

Anexo 2. Plan de mejoramiento de la capacidad de trabajo muscular o capacidad funcional del tejido muscular.

Si nos remitimos a ciertos aspectos como los referidos a Sarcopenia e insulino resistencia, como los factores relacionados de manera mas directa con enfermedades crónicas modernas, debemos tener en cuenta que los fines y objetivos del entrenamiento para prevención y terapia en pacientes con factores de riesgo deberían ser los señalados en el gráfico que vemos a continuación.

OBJETIVOS DE LOS METODOS DE ENTRENAMIENTO

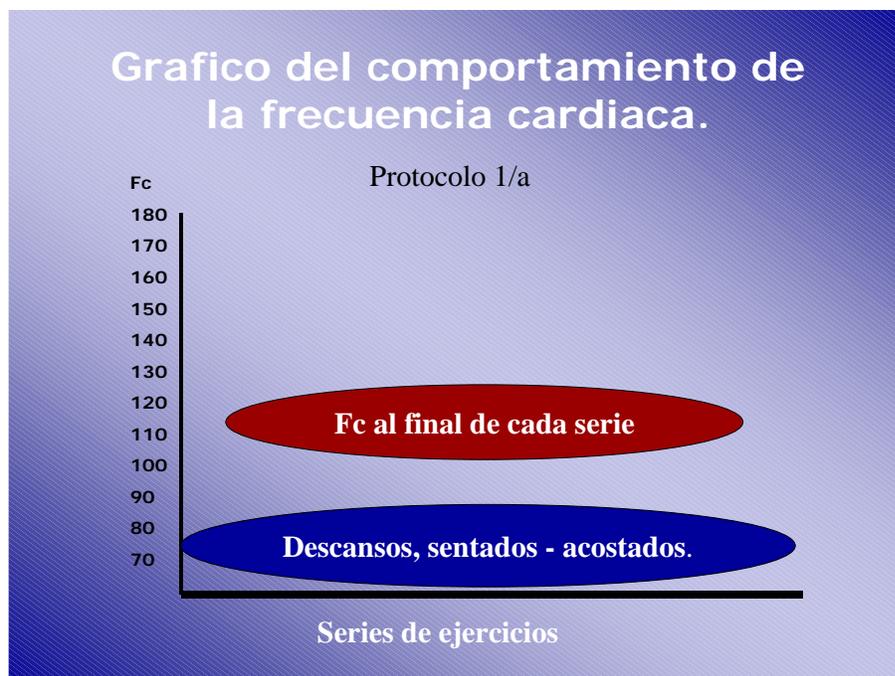


Como podemos observar los objetivos a tener en cuenta en pacientes con factores de riesgo, serian tres, los cuales están interconectados entre si y que dependiendo del método utilizado uno u otro objetivo estará mas o menos beneficiado.

Sarcopenia es un problema local al igual que el de insulino resistencia, es decir el beneficio se obtiene mas eficientemente por estimulación local y no sistémica, al igual que el aumento de la densidad mineral ósea, es decir, solo cuando se estimula un determinado sector del hueso, es dicho sector el que aumenta su densidad. Los fenómenos de síntesis de proteínas musculares, funcionales y estructurales se logran con el estímulo de mediana a alta intensidad sobre el un músculo o grupo muscular localizado. Esto permite ejercicio de alta intensidad sin stress cardiovascular! (C.Saavedra, 2006. Instituto de Medicina Preventiva, Finlandia. Guía de ejercicios para adultos.)

La propuesta avalada por la biología molecular, pero no consensuada, (habrá que esperar el Congreso Mundial de Bioquímica del ejercicio, Korea, Octubre 2006) de los planes contemporáneos de ejercicio para pacientes con factores de riesgo apunta hacia el ejercicio localizado, con el propósito de estimular los procesos oxidativos mitocondriales y por lo tanto estimular la biosíntesis mitocondrial.

En el gráfico siguiente podemos ver los protocolos aplicados a pacientes sobre 9 grupos musculares y como se puede observar las frecuencias cardiacas obtenidas en 60 segundos de ejercicio hasta fatiga local submaxima no superaron los 120 latidos por minutos y al cabo de 2 minutos de reposo para la segunda serie los pacientes no presentaban frecuencias cardiacas mayores de 90. Es decir, ejercicio anaerobico de alta intensidad sin stress cardiovascular!



Frecuencias cardiacas en sujetos sometidos a 60 segundos de ejercicio muscular localizado de alta intensidad con 2 minutos de descanso entre cada serie. (Saavedra, C. 2005, UKK, Finlandia)

En los ejemplos de ejercicio presentados a continuación, podemos ver algunas recomendaciones y al mismo tiempo la forma de ejecutarlos, que provienen de una modificación de los tradicionales. Estos últimos, los tradicionalmente ejecutados elevan presión y frecuencia cardiaca a niveles de riesgo.

Adult training:

- ↓ Sarcopenia
- ↑ Oxidative capacity
- ↑ Effort tolerance
- ↓ Respiratory exchange
- ↓ Glycogen content
- ↓ Triglyceride depots

BIOENERGETIC FUNCTIONAL CAPACITY EVALUATION ?

C Saavedra, UKK Institut, Finlandia 2005

En la diapositiva superior, están presentados los parámetros a modificar y evaluar para determinar la eficiencia del programa de ejercicios aplicados a pacientes con factores de riesgo. Este gráfico ha sido expuesto a más de 32 sociedades científicas y médicas de Europa, América y Sud África, obteniendo un consenso en todas ellas.

(C. Saavedra, 2002-2006)

En definitiva, a nuestro parecer, el ejercicio localizado, tres series, entre 45 y 60 segundos de duración hasta una sensación de fatiga de 9 en la escala de 1 a 10 y con dos minutos de descanso entre cada serie, parece ser el más adecuado a las condiciones del paciente con factores de riesgo. Promueve la síntesis de proteínas recuperando al tejido muscular de la sarcopenia existente en más del 50% de las personas mayores de 40 años y modifica positivamente la histoquímica del músculo para que este pueda aumentar su capacidad funcional.

Este método ha estado siendo perfeccionado en diversos laboratorios (C Saavedra, 2005) y ha sido denominado uno por dos por tres, (1x2x3). Ver Guía del ejercicio del adulto editado en el 2006 cuya

ATENCION!!!

Los ejercicios descritos a continuación no son los que comúnmente observamos, sino más bien están aislados de otros grupos musculares lo más posible a fin de no sobrecargar el sistema cardio-vascular.

Estos ejercicios son derivados de los tradicionales con el fin de obtener altas intensidades y fatiga localizada sin un stress cardio-vascular importante.

Cada uno de ellos puede incluso modificarse de tal manera que el stress central sea menor .

Esto puede ser indicado o adaptados por un instructor ESPECIALIZADO!

elaboración fue llevada a cabo en el Instituto de Medicina Preventiva, UKK de Finlandia. (C Saavedra 2005).www.biosportmed.cl

En síntesis, dicho método cambia la tradicional posición del paciente para sobrecargar un grupo muscular y sobrecarga al músculo (9 grupos musculares) de manera tal que pueda ejecutar 1 minuto de repeticiones máximas (1MRM) . La forma de sobrecargar a dicho grupo muscular también es modificada (ver ejemplo en la secuencia siguiente) con el fin de ejecutar ejercicios de ALTA INTENSIDAD PERO CON UN MINIMO DE STRESS CARDIOVASCULAR.

Cual es la carga o el peso con que se deben ejecutar estos ejercicios?.

Esta es la pregunta más importante a contestar.

El peso debe ser el equivalente a 1MRM, un minuto de maximas repeticiones) es decir un peso en que el paciente pueda hacer 1 minuto de ejecuciones a ritmo personal y que a los 60 segundo no pueda hacer ni una mas, es decir llegar a la casi fatiga de dicho grupo muscular.



La siguiente metodología fue diseñada en 1999 de manera empírica gracias a las evidencias obtenidas mediante biopsias musculares. Posteriormente, en el 2004, en el Laboratorio de Nutrición Humana

de la Fac. de Medicina de la Universidad de Clermont Ferrand en Francia (foto), llevamos a cabo de manera experimental una serie de ejercicios que permiten altas intensidades sin stress cardio-vascular solo modificando la posición del cuerpo y parcelando los grupos musculares. En el 2005 en el UKK Institute de Finlandia desarrollamos esta serie de ejercicios para efectos de sarcopenia e insulino resistencia.



60" x
3 veces

Con 2'
de
desanso



Ejercicio # 1

Este ejercicio está destinado a la mejoría de la capacidad funcional y metabólica de los músculos del hombro, de los del cuello y de los flexores de brazo y de manera más leve los estabilizadores de espalda.

Inspire al levantar el peso, corrija sus movimientos para que sea lo menos descompensado posible y ejecútelos de manera continua sin detenciones del movimiento ni de la respiración.

Ejercicio # 2

Este ejercicio esta destinado a la mejoría de la capacidad de trabajo de los extensores de piernas. Es importante le ejecución con estabilidad procurando que siempre el centro de gravedad caiga dentro de la base de sustentación . El grado de dificultad funcional puede ser aumentado o disminuido con la altura del escalón o tabla inclinada.

Mas alto, mayor grado de flexión, mayor dificultad.

El tiempo debe estar de acuerdo al objetivo perseguido.



60" x
3 veces

Ejercicio # 3

Este ejercicio esta destinado a la fortificación de los músculos extensores de la espalda. Normalmente o vulgarmente este ejercicio no esta recomendado, pero debemos fortificar todos los movimientos mientras estos no provoquen dolores agudos.

Con leve flexión de rodillas debemos de manera lenta obtener la posición de pie correcta, inspirando al subir.



30 a 45"
x
3 veces



Ejercicio # 4

Este grupo muscular puede ser sobrecargado partiendo de posición horizontal o ayudado partiendo a favor de la inclinación determinada por el tiempo de duración que es capaz de mantener el ejercicio. Es conveniente iniciar este ejercicio bajo supervisión inicial controlando los grados de elevación o flexión del tronco.

Al descender debemos relajar la musculatura y no quedar en semi-flexión. Tome consideraciones si posee historia de lesión de columna.



60" x 3 veces



Ejercicio # 5

Este ejercicio esta destinado a la mejoría de la capacidad de contracción de los pectorales y extensores de brazos. Normalmente existe una asimetría en la fuerza entre los brazos en este movimiento, por lo que puede hacerse con mancuernas o barra libre a fin de corregir esta deficiencia. Es importante ejecutar todo el recorrido articular de los segmentos y exhalar al empujar la carga hacia arriba. Son músculos fácilmente fatigables.

EJERCICIO # 6

Este ejercicio esta destinado a la recuperación de grandes grupos musculares que no ejercitamos nunca. Pocas veces en nuestra niñez nos colgamos de una barra y nunca cuando adultos. La exploración funcional de esta musculatura permite grandes ventajas biomecánicas , metabólicas y por consiguiente preventivas. Inicie su programa sin elongación extrema del hombro y como en todos los ejercicios busque la fatiga localizada.



60" x
3 veces



Ejercicio # 7

Este ejercicio esta destinado a estimular la micro circulación periférica de un músculo que en nuestros antepasados era vital y que hoy con las comodidades y el taco alto ha sufrido importantes perdidas de potenciales. Ud. comprobara esto por su extremo síntoma de fatigabilidad que sentirá pero es tremendamente rentable en términos de síntomas asociados con edemas y retorno venoso. Aumentar su capacidad de trabajo y la fuerza de estos músculos es útil hasta el final de nuestros días.



60" x
3 veces



Resumen

El ejercicio físico representa una herramienta potente para modificar el metabolismo, la movilización y el balance de grasas. Usualmente se considera solo su rol en el aumento en el gasto energético,

particularmente como coadyuvante de la dieta hipocalorica con el solo objetivo de disminuir el peso corporal. Las evidencias demuestran que un ejercicio bien dosificado puede tener un rol preventivo y terapéutico mas potente y efectivo que un fármaco en diversas patologías asociadas a la obesidad y a la inactividad fisica.

Sin gastar una determinada cantidad de energía y asociada a una intensidad especifica, se llega a la conclusión de que es poco eficiente usar el ejercicio en esa única dirección. El sedentarismo y la comodidad de la vida actual ha llevado a la mayoría de la población a un estado de intoxicación grasa e inadecuado metabolismo de la glucosa, fenómeno denominado lipo-gluco-toxicidad-intramio celular , el cual esta agravado por el fememino de sarcopenia y mal funcionamiento muscular donde cualquiera sea la condición, ejercicio o reposo, nuestro organismo no logra acceder de manera importante a las reservas exageradas de grasa corporal, ni siquiera durante el ayuno. Se requiere enfatizar los efectos que el ejercicio como parte de un programa de entrenamiento dosificado e individualizado tiene en el mejoramiento del funcionamiento metabólico del músculo esquelético particularmente en la movilización y oxidación de grasas y glucosa en cualquiera sea el programa de tratamiento de la obesidad. Principalmente este cuadro quedaría resumido en una disfunción mitocondrial por parte del tejido muscular, por lo que el énfasis debe estar puesto en ejercicios que estimulen la biogenesis mitocondrial. Las evidencias científicas entregadas por la biología molecular, permiten afirmar que los ejercicios de mayor intensidad son mas efectivos que los de moderada intensidad, ya que los ejercicios, intervalados de alta intensidad estimulan básicamente CAMK y AMPK, proteínas esenciales en los fenómenos de adaptación al entrenamiento y que guardan relación directa con el aumento de la capacidad oxidativa mitocondrial y de los transportadores de azúcar GLUT4. Para tales efectos hemos acumulado 4 años de experiencias y revisiones que nos han permitido cambiar la posición con que comúnmente se ejecutan los ejercicios tradicionales como también el volumen de los grupos musculares que comúnmente se emplean , pudiendo así aumentar en el paciente la intensidad del ejercicio, convertirlo en ejercicio anaerobico intenso localizado y modificando positivamente así las características histoquimicas del músculo convirtiéndolo en un músculo mas funcional. Se entregan en este documento, opciones para evaluar la condición fisica y lineamientos para dosificar el ejercicio de acuerdo a las características individuales.

Referencias

ⁱ Paffenbarger RS, Hyde RT, Wing AL, Hsieh CC. Physical activity, all cause mortality, and longevity of college alumni. N. Engl J Med 1986; 314:605-13

ⁱⁱ Slentz CA, Duscha MS, Jonson JL et al. Effects of the amount of exercise on body weight, body composition, and measures of central obesity. STRIDDE: a randomized controlled study. Arch Int Med 2004; 164:31-39

ⁱⁱⁱ American College of Sport Medicine (ACSM). The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining

cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30:975-91

^{iv} Weinsier R, Hunter G, Desmond R y cols. Free living activity energy expenditure in women successful and unsuccessful at maintaining a normal body weight. *Am J Clin Nutr* 2002; 75:499-504

^v Food and Agriculture Organization (FAO) and World Health Organization (WHO). Report of the expert committee on energy requirements. Rome, 2004

^{vi} Ainsworth B., Haskell W, León A. et al. Compendium of physical activities; classification of energy costs of human physical activities. *Med Sci Sports Exerc* 1993; 25:71-80

^{vii} Organización Mundial de la Salud (OMS). Prevención integrada de las enfermedades no transmisibles. Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. Ginebra. 2004

^{viii} Garrow J. Treatment of obesity. *Lancet* 1992; 340:409-413

^{ix} Dulloo A. (Ed). Molecular-physiological pathways to ectopic fat storage, lipotoxicity and chronic metabolic diseases. *Int J Obesity* 2004 suppl 4 (dec) 28:1-71

^x Hulver M, Berggren J, Cortright R, et al. Skeletal muscle lipid metabolism with obesity

^{xi} Russell AP. Lipotoxicity: the obese and endurance-trained paradox. *Int J Obesity* 2004; 28:S66-71

^{xii} Schrauwen P, Lichtenbelt WD, Saris W, Westerterp K. Fat balance in obese subjects: role of glycogen stores. *Am J Physiol* 1998; 274:E102-1033

^{xiii} Coyle EF, Jeukendrup AE, Wagenmakers AJ, Saris WHM. Fatty acid oxidation is directly regulated by carbohydrate metabolism during exercise. *Am J Physiol* 1997; 273:E268-275

^{xiv} Fujii N, Aschenbach W, Musi N, Hirschman M, Goodyear L. Regulation of glucose transport by the AMP-activated protein kinase. *Proc Nutr Soc* 2004; 63:205-210

-
- ^{xv} Watt M, Spriet L. Regulation of hormone-sensitive lipase activity in human skeletal muscle. 2004; 63:315-322
- ^{xvi} Blaak EE. Basic disturbances in skeletal muscle fatty acid metabolism in obesity and type 2 diabetes mellitus. Proc Nutr Soc 2004; 63:323-30
- ^{xvii} Yoshioka M, Doucet E, St Pierre S, et al. Impact of high intensity exercise on energy expenditure, lipid oxidation and body fatness. Int J Obesity 2001; 25:332-339
- ^{xviii} Tremblay A, Simoneau JA, Bouchard C. Impact of exercise intensity on body fatness and skeletal muscle metabolism. Metabolism 1994; 43:814-18
- ^{xix} Stich V, Glisezinski I, Berlan M, y cols. Adipose tissue lipolysis is increased during a repeated bout of aerobic exercise. J Appl Physiol 2000; 88:1277-83
- ^{xx} Moro C, Pillard F, Glisezinski I, y cols Training enhances ANP (atrial natriuretic peptide) lipid mobilizing action in adipose tissue of overweight men. Med Sci Sports exerc 2005; 37:1126-32
- ^{xxi} Leuenberger U, Sinoway L, Gubia S, Gaul L, Davis D, Zelis R. Effects of exercise intensity and duration on norepinephrine spillover and clearance in humans. J Appl Physiol 1993; 75:668-74
- ^{xxii} Duncan y cols. Exercise training, without weight loss, increases insulin sensitivity LPL activity in previously sedentary adults. Diabetes Care 2003; 26:557-562
- ^{xxiii} Saris, W.H. The role of exercise in the dietary treatment of obesity. Int J Obesity 1993; 17(suppl):S17—S21

REFERENCIAS ANEXAS

1. Saavedra,C. 2005. Señales intracelulares en el metabolismo de glucosa y lípidos del tejido muscular. www.biosportmed.cl. Guia de ejercicio físico para adultos.

-
2. Goodyear, L.J. 2000. AMPK a critical signaling intermediary for exercise-stimulated glucose transport. *Exercise Sport Sc. Review* 28, 113-116.
 3. Winder, W.W. 2001. Energy-sensing and signaling by AMPK in skeletal muscle. *J Appl. Physiol.* 91, 1017-1028.
 4. Hardie, D.G., Hawley, S.A. 2001. AMPK the energy charge hypothesis revisited. *Bioessays* 23, 1112-1114.
 5. Chen, Z.P., McConnell, G.K. 2000. AMPK signal in contracting human skeletal muscle: A CoA carboxylase and NO synthase phosphorylation. *Am J. Physiol.*, E1202-E1206.
 6. Musi, N., Fujii, N. 2001. AMPK is activated in muscle of subjects with type 2 diabetes during exercise. *Diabetes* 50, 921-927.
 7. Bergeron, R., Previs, S.F. 2001. Effects of AICAR infusion in vivo on glucose and lipid metabolism on lean and obese Zucker rats. *Diabetes* 50, 1076-1082.
 8. Wu, H., Williams, R.S. 2002. Regulation of mitochondrial biogenesis in skeletal muscle by CAMK. *Science* 296, 349-352.
 9. Baar, K. 2004. Involvement of PPAR and NRF in the adaptive response to endurance exercise. *Proc. Nutrition Soc.* 63, 269.
 10. Pedersen, B.K. 2001. Muscle derived interleukin-6: possible biological effects. *J of Physiology*, 536, 329.
 11. Ojuka, E.O. 2002. Regulation of GLUT4 biogenesis: evidence for involvement of AMPK and Ca. *American J of Physiology*, 282, E1008.
 12. Saavedra, C., Simoneau, J., Bouchard, C. Maximal Work output in leg extensor during growth. *J. Med and Sci. in Exerc. and Sport.* Sept. 1991.