El ejercicio en la práctica diaria de la medicina, 3ª parte

Fernández Romero E.

RESUMEN

En el primer artículo sobre el ejercicio en la práctica diaria de la medicina: ¿Qué, cómo, cuanto y por qué?, publicado en la revista de la SEME nº 43, se habló del metabolismo muscular, los tipos de fibras, la forma de prescribir ejercicio y los parámetros de nuestro organismo cuando se practica deporte. Posteriormente, en un segundo artículo, publicado en la revista SEME nº 44, se habló sobre las lesiones más típicas en deporte, sobre fatiga y recuperación. Dando un paso más, y para terminar con el concepto de ejercicio en la práctica diaria de la medicina, en este artículo, planteamos: "¿Cómo afecta el ejercicio físico a la acción de distintos fármacos y cómo afectan los fármacos a la fisiología y el rendimiento de los practicantes de alguna actividad física con la toma de los mismos?".

También dentro de este mismo artículo científico, conscientes de que el deporte es cada vez más competitivo, incluso en el mundo aficionado, con el objetivo de mejorar marcas o lograr mayores metas, buscando el máximo rendimiento y retrasando la fatiga, se darán unos conceptos en suplementación deportiva con métodos permitidos, con sus dosis óptimas, sus efectos o ausencia de los mismos sobre el rendimiento y la salud, y sus efectos secundarios si los hubiere.

Finalizaremos enumerando las sustancias y métodos prohibidos, haciendo una somera descripción del mundo del dopaje.

PALABRAS CLAVE

Ejercicio físico, medicina estética, medicamentos y deporte, suplementación deportiva, dopaje.

ABSTRACT

In the first article about Exercise in the daily practice of medicine: what, how, how much, why?, published in number 43 of SEME magazine, it was spoken about the muscular metabolism, the types of fibres, the way of prescribing exercise and the parameters of our organism at the time of practicing sport. Later, in a second article published in number 44 of SEME magazine, it was spoken about the most typical injuries in sport and about fatigue and recovery. Going ahead and to finish with the concept of exercise in the daily practice of medicine, in this scientific article it will be outlined how physical exercise affects the action of different drugs and how these drugs affect the physiology and the performance of the practitioners of any physical activity when they take them.

Afterwards, in this scientific article, knowing that sport is getting more and more competitive, even in the amateur world, with the objective of improving records or getting higher aims, trying to get the highest performance and delaying the fatigue, it will be provided some concepts about sports supplementation with legal methods, with their right doses, their effects or the lack of them on the performance and the health, and their side effects if there were.

To finish, it will be spoken about forbidden substances and methods, speaking very loosely about the world of doping.

KEYWORDS

Physical exercise, aesthetic medicine, drugs and sport, sports supplementation, doping.

El ejercicio en una sociedad medicalizada. Impacto de los fármacos sobre la práctica de ejercicio físico.

Dr. Enrique Fernández Romero

Director de Centro Médico Integral, San Sebastián y Pasaia (Guipúzcoa)

enrique@doctor-enrique-medicina-estetica.es

INTRODUCCIÓN

La farmacología del ejercicio y la actividad física es una disciplina relativamente joven. La realidad sociocultural que nos envuelve habla de patrones sociales sobre los que la práctica regular de ejercicio físico forma parte de un sano estilo de vida para todos los grupos de edad. De forma general, solamente un 25% de la población mantiene hábitos regulares de actividad física, aunque esta cifra está aumentando progresivamente con la toma de conciencia y los consejos socio-sanitarios y culturales recibidos. Así por ejemplo, en el año 2004 la Organización Mundial de la Salud (OMS) inició el desarrollo del programa *"Move for health"* con el objetivo de promover la salud a través de la actividad física y la dieta. Sin embargo, una parte importante de la sociedad mantiene pautas de conducta nada saludables, donde prevalece el sedentarismo y los malos hábitos dietéticos. Y no es extraño, que un mismo sujeto alterne, en etapas diferentes de su vida, una u otra conducta. Junto a todo esto, la sociedad actual es una sociedad fuertemente medicalizada, una sociedad mórbida y envejecida, con múltiples síndromes crónicos, sobre el que la potente industria farmaceútica vuelca, año tras año, nuevos y más potentes fármacos.

La actividad física o la práctica de un deporte en general, constituyen un elemento relevante a ser tenido en cuenta, tanto para la instauración, como para el mantenimiento de la terapia farmacológica más adecuada. Además, por otro lado, la propia práctica deportiva, con las exigencias y las propias complicaciones que presenta, requieren de soluciones farmacológicas concretas y específicas.

De modo general, el tratamiento farmacológico global de un paciente, sobre todo el utilizado en enfermedades crónicas, debe de considerarse cuando se prescribe ejercicio físico. Raramente hay una contraindicación absoluta entre ejercicio físico y medicamentos administrados, aunque no se debe olvidar, que los fármacos pueden producir efectos adversos o no deseados durante la práctica del mismo. Así mismo, en determinadas patologías, puede ser necesaria la administración de dosis suplementarias de los fármacos o cambios en la posología de forma previa a la realización de actividad física.

Antes de profundizar en la materia, se deben tener en cuenta, unos simples matices en cuanto a farmacocinética o farmacodinamia

VÍAS DE ADMINISTRACIÓN Y ACTIVIDAD FÍSICA.

- Vía oral: el flujo sanguíneo en el lugar de absorción es esencial para una adecuada absorción de los fármacos administrados por vía oral. La actividad física disminuye el flujo sanguíneo de los plexos intestinales, reduce el tránsito intestinal y retrasa de forma general la absorción de los medicamentos.
- Vía parenteral (intravenosa, subcutánea e intramuscular): la actividad física aumenta notablemente el flujo de sangre en determinadas áreas musculares (correr por ejemplo en las extremidades inferiores). En estas condiciones, la realización de actividad física tras la administración de ciertos fármacos puede resultar contraproducente. (Tomemos como ejemplo la insulina en un diabético: si la actividad se realiza en glúteo o vasto externo, la inyección en la zona puede acarrear el consiguiente riesgo de hipoglucemia posterior).
- Vía inhalada: la actividad física provoca bronco dilatación, aumento de la frecuencia respiratoria e incremento del flujo sanguíneo pulmonar. En el caso hipotético de coincidir una terapia inhalada con la práctica de ejercicio físico, la absorción del fármaco se vería, sin duda, incrementada.
- Vía tópica cutánea: la actividad física puede provocar vasoconstricción y disminución del flujo sanguíneo periférico, reduciendo la absorción de los fármacos suministrados por esta vía. No obstante, en presencia de irritación o lesión, consecuencia de la propia actividad física, el proceso inflamatorio secundario provoca vasodilatación local y aumento de la permeabilidad capilar, lo que secundariamente puede provocar un incremento de la absorción tópica de cualquier fármaco.

LA DISTRIBUCIÓN CORPORAL DEL INDIVIDUO

Cambios bruscos en la composición de un individuo a través de grasa corporal por dieta y ejercicio intenso, deben ser tenidos en cuenta si en la enfermedad de base tienen como tratamiento, fármacos de estructura lipofílica (derivados sintéticos de vitaminas liposolubles, tretinoína en vitamina A, colecalciferol o ergocalciferol en vitamina D, fitomenadiona en vitamina K, vitamina E, o análogos de estrógenos entre otros).

MEDICAMENTOS, ENFERMEDADES Y EJERCICIO FÍSICO. *(1 Y 2)*

Cuando un paciente debe o desea realizar una actividad física, es necesario que el profesional de la salud conozca los efectos farmacológicos generales y específicos, que puedan afectar a la práctica del ejercicio físico en sus diferentes aspectos. No se debe olvidar que también los medicamentos, como tales, pueden condicionar la práctica de un determinado deporte.

A continuación, se dará una clasificación de los medicamentos más usuales y las patologías más comunes que se pueden ver en la práctica diaria de la medicina, clasificándolos por grupos terapéuticos en una patología y su relación con la práctica de ejercicio físico.

Fármacos utilizados para el dolor y la inflamación. ***(3,4 y 5)***

1.- Antiinflamatorios NO esteroideos (AINES): actúan inhibiendo la actividad de la ciclooxigenasa (Cox). Esta enzima convierte el ácido araquidónico que se encuentra en las membranas celulares en endoperóxidos cíclicos inestables,

los cuales se transforman en tromboxano-prostaglandina-leucotrieno. Es decir, inhiben la conversión del ácido araquidónico en estos tres elementos. Respecto a la Cox, tenemos dos tipos de enzimas: Cox 1 y Cox 2. La Cox 1 tiene características de enzima constitutiva y su actividad tiene que ver con la participación de las prostaglandinas y tromboxanos en el control de las funciones fisiológicas. Sin embargo, la Cox 2 tiene características de enzima inducible en determinadas células bajo situaciones patológicas de diversas citocinas y mediadores de la inflamación. Por ello, en la inflamación aumenta la expresión de la Cox 2 hasta 20 veces frente a la expresión de la Cox 1 que o no aumenta o lo hace en muy poca cantidad (sólo 2 ó 3 veces). Lo ideal sería poder tratar el dolor y la inflamación con un fármaco selectivo de Cox2, porque el inhibidor de la Cox1 presenta muchas más reacciones adversas (gastrointestinales, renales o de la coagulación). Dentro del arsenal terapéutico se exponen a continuación los AINES, en orden desde más selectivos de Cox1 hasta más selectivos de Cox2: *ácido acetil salicílico, piroxicam, indometacina, ibuprofeno, clonixinato de lisina, paracetamol, ketorolaco, diclofenaco, naproxeno, salicilato sódico, etodolaco, meloxicam* (es decir, el *ácido acetil salicílico* tendría mucha selectividad sobre Cox1 y casi ninguna sobre Cox2, frente al *meloxicam* que lo haría justo al revés). Respecto al ejercicio, son fármacos que el deportista utiliza como tratamiento y prevención del dolor así como prevención de la inflamación, al ingerirlos unas horas antes de la práctica deportiva. En principio, podría parecer que su uso está justificado dado que en la fatiga muscular se ven incrementados los marcadores de la inflamación. Aunque sea cierto, también lo es el enmascaramiento que pueden producir de una lesión posterior. Además no mejoran la reparación muscular ni la capacidad de contracción pudiendo incluso impedir las adaptaciones que realiza el organismo al ejercicio físico. Sí se ha sugerido que el *ácido acetil salicílico* disminuye el estrés oxidativo y los cambios en la permeabilidad de las membranas al potasio tras realizar ejercicio. Por este motivo podría ser útil para evitar la fatiga muscular aunque no está exento de efectos secundarios como, por ejemplo, la pérdida de hierro o pequeñas hemorragias a nivel gastrointestinal *(6)*.

2.- Antiinflamatorios esteroideos. Son los glucocorticoides, los cuales ejercen una poderosa acción antiinflamatoria sea cual sea la causa de la inflamación (infecciosa, física, química o inmunológica), pudiendo inhibir las manifestaciones inmediatas de la misma (rubor, dolor, etc.) como tardías (procesos de cicatrización, proliferación celular,…). Para actuar se unen al receptor citoplasmático y penetran en el núcleo de la célula realizando su función. A partir del esteroide natural *cortisol* se obtienen derivados sintéticos. Entre los más destacados, la mayor función antiinflamatoria con nada o casi nada de retención de sodio (acción mineralocorticoide) tienen la *Betametasona y dexametasona*. La *triamcinolona* tiene una acción antiinflamatoria media con poca retención de sodio, la *prednisona y prednisolona* tienen una acción antiinflamatoria media con algo de retención de sodio y la *aldosterona* tiene nula actividad antiinflamatoria siendo máxima su acción mineralocorticoide. No debemos olvidar entre otras la acción inmunosupresora con la toma prolongada de este grupo de fármacos (predisposición a infecciones bacterianas, víricas y micóticas), alteraciones en la función adrenal cuando su uso es mayor a 10-14 días y se interrumpen bruscamente, la osteoporosis con desmineralización ósea con la toma prolongada, el incremento de peso, junto a la reducción de la formación de colágeno, de suma importancia en el campo de la medicina estética y las miopatías con debilidad muscular que se producen con su toma que pueden ser un gran perjuicio para la práctica deportiva. Al producirse, con la toma prolongada de los mismos, pérdida de masa muscular, debemos prescribir ejercicio aeróbico de baja a media intensidad (frecuencias cardíacas máximas en torno al 60% de frecuencia cardíaca máxima, vistas en los dos artículos anteriores comenzando con calentamiento aeróbico de intensidad baja durante 5-10 minutos, para continuar con ejercicio aeróbico como caminar, bicicleta o natación, y si lo tolera terminar con carrera continua en llano a ese % de intensidad de frecuencia cardíaca) y suplementar con ergogénicos (se tratará más adelante en este artículo), evitando con ello este efecto de sarcopenia. Así mismo algunos deportistas, utilizan o pretenden utilizar este grupo de fármacos para mejorar el rendimiento. No olvidemos que nos introducimos en el mundo de métodos prohibidos o dopaje. Con ello intentan aumentar la producción de energía (gluconeogénesis), la movilización de aminoácidos y de ácidos grasos además de buscar una acción antiinflamatoria y broncodilatadora.

3.- Anestésicos locales: los anestésicos locales bloquean de manera reversible la conducción nerviosa, por bloquear los canales de sodio dependientes del voltaje, es decir, la despolarización. Su forma no ionizada actúa como vehículo transportador, siendo la forma ionizada la responsable de la interacción con el receptor. En la familia de los ésteres se incluye *procaína, cocaína y benzacaína*. En el grupo o familia amidas *lidocaína, mepivacaína , bupivacaína y prilocaína*. En algunas lesiones puede ser necesario realizar una infiltración con anestésicos locales y corticoides. Con este tratamiento se consigue un alivio rápido de las molestias, lo que permite una rápida incorporación deportiva. Se debe tener en cuenta, que esta rápida incorporación puede enmascarar un proceso degenerativo y enmascarar dolor crónico.

Fármacos utilizados en alteraciones cardiovasculares.

1.- Digitálicos: con la toma de digoxina mejora la tolerancia al ejercicio físico. Se recomienda al paciente que realice ejercicios aeróbicos de intensidad baja como caminar y bicicleta estática o dinámica en llano.

2.- Antagonistas del Calcio: los derivados de la hidropirina (nifedipino, nicardipino, amilodipino) pueden aumentar la frecuencia cardíaca con la práctica del ejercicio físico. Se debe tener en cuenta. Todo lo contrario presenta la familia de los bloqueantes selectivos del Calcio (diltiazem y

verapamilo). No obstante, con la práctica de ejercicio físico puede haber hipotensión al finalizar el mismo con la toma de estos fármacos.

3.- B-Bloqueantes: es un grupo de fármacos, cardioselectivos o no, que puede dar gran hipotensión al finalizar el ejercicio.

4.- Inhibidores o bloqueantes de la angiotensina (IECAS-ARA II): no afectan a la frecuencia cardíaca con la práctica del ejercicio aunque pueden también dar hipotensión una vez finalizado el mismo.

5.- Diuréticos: (furosemida, torasemida, hidroclorotiazida, espironolactona): no alteran la tensión arterial con la práctica de ejercicio físico, por lo que si son utilizados como complemento para el tratamiento de la hipertensión arterial se puede recomendar ejercicio físico aeróbico con movimiento de grandes grupos musculares y durante intervalos de tiempo muy prolongados (nadar, caminar, correr, bicicleta). Se debe tener en cuenta que si se utilizan fármacos diuréticos NO ahorradores de potasio, puede haber más pérdida de este elemento con la práctica de ejercicio, apareciendo arritmias cardíacas. Para evitar la deshidratación se recomienda el uso de bebidas con algo de contenido en sodio, para no verse alterada de esta forma la bomba Na-K.

6.- Anticoagulantes: (acenocumarol, warfarina). Se recomienda el ejercicio físico sin esfuerzo violento y de forma moderada (correr, natación, caminar, golf), en los cuales no haya impacto ni golpe.

En caso de hipertensión, no se recomienda la práctica de ejercicio físico si las cifras superan los 200 mm Hg de sistólica ó 115 de diastólica. Al comenzar con la práctica de ejercicio la presión sistólica aumenta entre 10 y 20 mm Hg por el descenso del volumen sistólico y la vasodilatación periférica. Ante un paciente hipertenso se debe recomendar la práctica de ejercicio físico que mueva grandes grupos musculares (caminar, nadar, correr, bicicleta) dando, en este caso, menos importancia al tratamiento farmacológico hipotensor de base.

Fármacos hipolipemiantes

1.- Estatinas: son inhibidores de la HMG-Coenzima A reductasa. Se metabolizan por el citocromo P 450. Pueden dar miopatías y tendinitis que aumentan considerablemente con la práctica del ejercicio físico. Se puede medir la afectación muscular con el análisis de creatin fosfo kinasa en sangre (CPK). Si su valor es mayor a cinco veces lo normal, se repetirá la analítica en una semana y si los valores siguen altos se debe suspender el tratamiento por el riesgo de rabdomiolisis. Así mismo, si el valor es alto sin superar los valores en cinco veces la normalidad, pero el deportista o el paciente tiene sintomatología clínica con afectación muscular o tendinosa sin causa aparente, también se debe suspender el tratamiento. Si al suspender el tratamiento la CPK disminuye, se probará con otra estatina a dosis más baja, bajo estricto control médico.

2.- Fibratos: la miopatía es menos frecuente pero esta aumenta con el ejercicio. Se debe tener en cuenta.

3.- Ezetimiba: el riesgo de miopatía también existe, menor que con la familia de las estatinas pero mayor que con la familia de los fibratos.

Fármacos utilizados para la osteoporosis posmenopáusica. ***(7)***

1.- Inhibidores selectivos de receptores estrogénicos (raloxifeno): actúan de forma agonista en hueso, previniendo la osteoporosis y disminuyendo el LDL colesterol, y de forma antagonista en útero y mama, con el consiguiente menor riesgo de patología tumoral en estas zonas. Producen sofocos por vasodilatación y riesgo de calambres y trombosis venosa. Para ello, con la toma de estos fármacos es necesaria la práctica de ejercicio físico para evitar trombosis, calentando previamente con ejercicios aeróbicos de intensidad baja durante cinco o diez minutos para evitar calambres, hasta poder realizar ejercicios de resistencia isométricos o de impacto fuerte, como step por ejemplo.

2.- Bifosfonatos: indicados para la prevención de fracturas óseas. Como efecto secundario con su toma, pueden aparecer dolores óseos, articulares y musculares que pueden verse incrementados con la práctica de ejercicio físico. Para ello, es recomendable un calentamiento con ejercicio de intensidad baja aeróbico durante cinco o diez minutos para evitar calambres y si se puede, seguidamente ejercicios de resistencia isométrica o de impacto fuerte.

Enfermedades tiroideas

En el tratamiento del hipotiroidismo y del hipertiroidismo, hasta que se normalice la función tiroidea no se debe prescribir ejercicio físico que pueda ser estresante. Una vez restablecida la misma, se puede iniciar una actividad física moderada. En la patología tiroidea se debe prestar atención a los cambios de peso. Si durante la actividad física se observa un cambio en el rendimiento, con mayor cansancio, mareos y calambres musculares, puedes ser indicio de una intoxicación por tiroxina. Para ello, es necesario que el paciente la conozca y ante cualquier duda, ponerlo en conocimiento del facultativo correspondiente.

Fármacos para la osteoartrosis. ***(8)***

Se debe recordar que las opciones NO farmacológicas son la base del tratamiento. En caso de utilización de farmacología se usan los siguientes, desde primera elección a última: paracetamol, Aines, tramadol, codeína, opiáceos, infiltraciones con corticoides. Se debe recomendar la práctica de ejercicio físico, en primer lugar potenciando las actividades diarias, como caminar, subir escaleras, evitando el sedentarismo y unas pautas dietéticas para evitar el sobrepeso y mejorar su estilo de vida. Además se puede diseñar un programa de ejercicio físico suave y adaptado al paciente. Recomendar calor en las articulaciones afectas antes del ejercicio y frío justo después de la práctica del mismo, evitando las maniobras forzadas o de sobre carga

articular. Un ejercicio muy recomendable es aquel que entra a formar parte de las actividades acuáticas.

Antibióticos

Se destacarán dos familias, por la incidencia sobre el ejercicio.

1.- Familia de macrólidos: actúan sobre el citocromo P450. Se debe tener especial cuidado con la prescripción de este grupo de antibióticos, cuando el paciente toma una estatina de base, porque el riesgo de miopatía se exacerba, aún más si cabe, con la práctica de ejercicio.

2.- Familia de quinolonas: Nunca se deben recomendar en edades pediátricas por la inhibición del cartílago de crecimiento. El uso de ellos aumenta el riesgo de tendinopatías e incluso rotura de tendón, sobre todo el tendón de Aquiles, más frecuentemente en pacientes mayores de 60 años de edad, en pacientes en tratamiento concomitante con corticoides y en pacientes trasplantados *(9,10)*. Por ello, si el paciente realiza ejercicio físico con la toma de quinolonas, se debe advertir que ante la aparición de dolor o inflamación en el tendón, se debe suspender el ejercicio inmovilizando el miembro afecto. Para ello, a modo preventivo se recomienda en el paciente muy deportista la práctica de ejercicio muy suave, sin impacto, como natación por ejemplo, mientras dure el tratamiento.

Inmunosupresores

Ciclosporina, tracolimus, sirolimus, micofenalato,… Recordar que el uso prolongado de estos fármacos aumenta el riesgo de infecciones, hipertensión arterial, diabetes e hiperlipemia. Todos producen debilidad muscular. La ciclosporina además fatiga con miopatía. El tracolimus artralgias y dolores musculares más acentuados en extremidades inferiores y espalda y el micofenalato artritis, dolor lumbar y espasmos musculares. Con la práctica de ejercicio físico se recomienda realizar calentamiento y ejercicio aeróbico de intensidad baja para evitar calambres y dolores musculares, a modo de caminar, natación y bicicleta, para ir progresando lentamente según tolerancia e intensidad, para, en la medida de lo posible, terminar con carrera continua en llano.

Ansiolíticos y antidepresivos *(11)*

La práctica de ejercicio físico en pacientes que toman este tipo de fármacos es necesaria. Está comprobado que las personas que no realizan ejercicio físico son más propensas a padecer depresiones. Si recomendamos ejercicio y éste no lo hace, también es más frecuente el abandono del tratamiento farmacológico (suelen coincidir ambas cosas). El paciente con ansiedad o depresión con brotes de ansiedad suele tener ataques de pánico, con palpitaciones, sudoración, tensión y dolores musculares, haciendo que de repente huyan del lugar. Se debe advertir de ello al paciente y explicar lo que es una crisis de este tipo con fenómenos de hiperventilación.

Antiepilépticos

Se recomienda la práctica de ejercicio por estar comprobado la mejora de la salud cardiovascular con disminución de la frecuencia de crisis y convulsiones. No obstante, no se debe aconsejar la práctica de ejercicio de alto riesgo, como escalada, submarinismo, hípica o deportes de aire, porque ante una crisis el desenlace de la misma pudiera incluir la fatalidad con riesgo de muerte.

Esclerosis múltiple y ejercicio *(12)*

La esclerosis múltiple es una enfermedad autoinmune, inflamatoria y degenerativa. El ejercicio a recomendar nunca debe realizarse en ambientes de calor, y con la práctica del mismo no debe haber aumento de temperatura corporal por poder desencadenarse una crisis o empeoramiento de los síntomas. Se debe controlar un plan programado de ejercicio para mantener el tono muscular y la movilidad articular, mejorando fatiga y ciclo de sueño, como caminar, bicicleta estática, actividades en piscina y prácticas como yoga o similares.

Neoplasias y ejercicio *(13)*

La práctica constante de ejercicio físico disminuye la neoplasia de próstata, mama, ovario y colon, entre otras. El ejercicio físico disminuye la fatiga, ayuda a mantener estable el peso y el tono muscular, aumentando el ánimo y el bienestar físico tan necesario en este tipo de patología. No es recomendable la práctica de ejercicio mientras dure el tratamiento quimioterápico.

En resumen la práctica regular de una actividad física previene la aparición de patologías y mejora el desarrollo de las mismas. No obstante, es necesario conocer y prestar atención a las interacciones que se producen entre la práctica de ejercicio físico, la patología y el tratamiento farmacológico de esta, para maximizar los beneficios del ejercicio y minimizar la eventual aparición de efectos adversos.

AYUDAS ERGOGÉNICAS. SUPLEMENTACIÓN EN LA PRÁCTICA DEPORTIVA

Introducción

Como se dijo al principio de este texto, el deporte es cada vez más competitivo. Los programas dirigidos a mejorar la resistencia, la fuerza y la velocidad son cada vez más sofisticados, y con ayudas tecnológicas y farmacológicas, resultan imprescindibles para lograr una buena condición física. Incluso en el campo aficionado, el deportista busca obtener un máximo rendimiento retrasando al máximo la aparición de la fatiga. Esto le hace llegar a pensar en una posible mejora de su rendimiento deportivo o en el potencial, mediante el uso de productos en forma de suplementos dietéticos o ergogénicos, que suponen al mismo tiempo la aparición de una industria muy lucrativa.

Hoy en día, y sobre todo en esta última década, se ha hecho muy popular el consumo de estas sustancias, entre personas que realizan habitualmente ejercicio físico, de forma aficionada y más, aun si cabe, en el campo profesional.

En esta parte de este artículo científico, se realizará una

introducción en el mundo de la suplementación con métodos permitidos y se darán, para terminar, unas pinceladas sobre sustancias y métodos prohibidos.

Es hora de escribir y enumerar este tipo de suplementos, comenzando por quizá el más utilizado y así mismo el que cuenta con mayor evidencia científica referente a la acción sobre rendimiento deportivo y su beneficio en diferente patologías: la "creatina".

CREATINA. ***(14-40)***

Uno de los suplementos dietéticos orales más utilizados es la creatina. Muchos deportistas recreacionales, deportistas amateurs, personas mayores e incluso jóvenes, de ambos sexos, ingieren creatina con la esperanza de la mejora en su rendimiento físico. *Así, por ejemplo, más del 75% de los jugadores de fútbol americano de "San Francisco 49" de Denver Broncos la consumen habitualmente, e incluso esta cifra aumenta hasta llegar casi al 90% de las personas que practican habitualmente halterofilia o culturismo. Deportistas de la categoría de Linford Christie, ganador de la medalla de oro de 100 metros lisos en los Juegos Olímpicos de Barcelona 92, o el nadador Mark Andrew Foster han declarado públicamente el consumo de creatina.*

Es un aminoácido nitrogenado, que se sintetiza endógenamente a través de glicina, arginina y metionina, en cantidad de 1 ó 2 gramos día principalmente en hígado. En una dieta mixta, la mitad se obtendrá endógenamente y la otra mitad (otro gramo aproximadamente) de la ingesta sobre todo de pescado y carne. Suplementos de creatina exógena no hacen que la síntesis endógena disminuya. Entre sus funciones a destacar la resíntesis de ATP, menor en ancianos que en adultos jóvenes, el tamponamiento del PH, amortiguando intracelularmente la acidosis que se da en el ejercicio, la regulación del metabolismo de la glucosa y el glucógeno muscular en el ejercicio y por último la estabilización de membrana por unirse a los fosfolípidos de la misma, evitando que se pierdan productos del citoplasma celular.

Los efectos en cuanto al rendimiento deportivo son los siguientes: aumento de la fuerza isotónica o dinámica con aumento de la potencia en salto y sprint. Así mismo, aumento de la potencia anaeróbica con disminución de la fatiga. Producirá un aumento de la potencia aeróbica solamente si se combina con B-alanina. Para terminar, el deportista conseguirá un aumento de las fibras tipo I (con B-alanina) en un 11 % aproximadamente y un incremento de las fibras musculares II a y II b en un 35-37% *(se hace referencia al primer artículo sobre deporte que aparece en el número 43 de la revista de la SEME, en las páginas 25 y 26 sobre tipos y función de fibras musculares).*

En cuanto a su forma de administración y dosis, monohidrato de creatina es la forma más ampliamente estudiada y clínicamente más eficaz en cuanto a suplementación, en términos de absorción muscular y capacidad de rendimiento en ejercicios de alta intensidad. En cuanto a la dosis, deberemos de realizar carga de tres días con dosis de 0,3 gramos por kilogramo de peso al día, y a partir del cuarto día una dosis de 3-5 gramos por día durante otros 25 días como dosis de mantenimiento, para mantener elevados los depósitos. A partir del día 28 (tres días de carga y 25 de mantenimiento) comenzaríamos con un segundo ciclo que se repetiría de la misma forma, hasta poder realizar tres ciclos seguidos sin descanso. No se deben obviar los pequeños efectos secundarios, o mejor dicho, los efectos colaterales que se producen con su toma. Entre ellos el aumento de peso en uno o dos kilogramos a través de la masa libre de grasa, junto a un aumento de los calambres musculares (prevenirlos con hidratación con agua y electrolitos), en algunos individuos trastornos digestivos como diarrea, vómitos y molestias gástricas. Se ha hablado de aumento de transaminasas, aunque en la práctica no es real, y sí se debe controlar el aclaramiento de creatina y la función renal si realizas dos o más ciclos seguidos de creatina. El aumento de CPK descrito en alguna bibliografía, se debe más al aumento de las cargas de trabajo que el deportista realiza con la toma de creatina.

Los alfa-1 agonistas así como los beta antagonistas producen una reducción en su absorción que puede llegar al 30%. La ingesta de cafeína y los déficit de vitamina E también dificultan su absorción disminuyéndola notablemente. Se ha hablado mucho sobre el papel neuroprotector de la creatina y su papel antioxidante por la neutralización con la toma de creatina de los radicales libres con la consecuente reducción de los marcadores de estrés oxidativo. Está demostrado el papel de la creatina en la mejora de la capacidad cognitiva del anciano con tomas de 5 gramos cada seis horas durante dos semanas. Tratamientos con creatina de mínimo dos ciclos explicados anteriormente, contribuyen a mejorar enormemente la sarcopenia en el anciano, siempre que se combinen con el entrenamiento de pesas.

OTRAS AYUDAS ERGOGENICAS ***(41-59)***

CAFEÍNA

Desde un punto de vista ético es una sustancia totalmente legal. Es una "trimetixantina" con una estructura muy similar a la adenosina, con lo que uniéndose a los receptores de membrana de adenosina, bloquea su acción. Estos receptores se encuentran en infinidad de tejidos, destacando los del músculo liso y estriado, riñón y cerebro entre otros. No debe caer en el olvido además el efecto que produce sobre la secreción de adrenalina, la cual es estimulada con la toma de cafeína. Se cataboliza en el hígado, interviniendo el citocromo P450 y obteniéndose paraxantina, teobramina y teofilina, las cuales son de nuevo catabolizadas, con propiedades así mismo antagonistas de los receptores de adenosina. Desde hace unos años se ha observado que la teofilina tiene las mismas acciones farmacodinámicas que la cafeína incrementando de la misma forma que la cafeína, la capacidad de resistencia en el ejercicio como se verá a continuación.

Para su efecto ergogénico se debe administrar como complemento único oral, y no en bebidas como café, té o similares, porque algunos investigadores han observado que cuando se administra en bebidas no se obtienen mejoras en el rendimiento, por lo que podría ser que otros compuestos en las bebidas interfieran y antagonicen la ayuda que se produce cuando la cafeína se ingiere de forma solitaria. Se debe suministrar en reposo y una hora antes del ejercicio o competición, porque su pico de concentración es máximo transcurrido los sesenta minutos. La dosis recomendada oscila entre 3 a 9 miligramos por kilogramo de peso. Está demostrada su acción en cuanto a la mejora de la resistencia en ejercicios aeróbicos de larga duración (sobre todo por reducir la fatiga producida a partir de los 30 y 60 minutos), parece ser que también mejora el rendimiento en ejercicios anaeróbicos de muy corta duración (ejercicios de menor duración a los 60 minutos). Así mismo tiene efectos beneficiosos sobre la fuerza (la incrementa en un 3,5 %), la reducción de la fatiga muscular (hasta en un 25 %) y la fatiga mental, con reducción del dolor muscular en ejercicios excéntricos y retraso de la lesión muscular. Por último, reduce el flujo hiperémico miocárdico en normoxia y más en altitud. No se debe administrar si el deportista está realizando ciclos de suplementación con creatina, porque la cafeína interfiere en el mecanismo de acción de la creatina.

Como efectos secundarios se destaca con su toma el aumento del potasio en plasma mientras dure el ejercicio, el aumento de la diuresis, con la consiguiente pérdida de líquidos y electrolitos, aunque tarda horas en producirse, y la tolerancia y adicción posible, con aumento de la ansiedad en algunos individuos. Por ello, aunque disminuya la fatiga mental, no es recomendable su uso en aquellas prácticas deportivas que requieran gran rendimiento cognitivo. Se debe tener en cuenta que la ingestión de cafeína por encima de 6 miligramos por kilogramo de peso corporal puede originar niveles tóxicos en sangre (en torno a 200 milimoles/mililitro), perjudicar la estabilidad y control de miembros superiores, produciendo insomnio, irritabilidad, ansiedad, náuseas y molestias gastrointestinales.*(60)*.

EFEDRA

Tanto la cafeína como la efedrina han sido recientemente eliminadas por el **Comité Olímpico Internacional** del listado de sustancias prohibidas, de ahí el frecuente uso de esta sustancia en el mundo de la medicina deportiva. En la actualidad se permite una concentración urinaria de efedrina máxima de 10 microgramos por mililitros-1. La efedrina es un simpaticomimético de acción mixta (estimula la noradrenalina y activa directamente los receptores adrenérgicos alfa y beta), aumentando la fuerza y la potencia aeróbica máxima, además de disminuir la percepción subjetiva del esfuerzo. Dosis inferiores a 70 miligramos parecen no tener efecto sobre la mejora deportiva. La dosis estándar es de 120 miligramos 2 horas antes de la práctica deportiva o competición (nunca sobrepasando la dosis máxima que es de 180 miligramos). Debemos de tener en cuenta los efectos secundarios como el aumento de la frecuencia cardíaca, hipertensión arterial, taquicardia, incluso infarto agudo de miocardio y accidente cerebro vascular, sin dejar de lado la sintomatología psiquiátrica con el uso repetitivo de la sustancia.

AMINOÁCIDOS: Arginina, Lisina, Ornitina

Aquellas personas que realizan algún deporte tienen mayor necesidad de proteínas que aquellas personas sedentarias, principalmente por las propias demandas del ejercicio.

La acción de la **arginina** es la síntesis de urea, la excreción de nitrógeno (de esta manera el amoníaco durante el ejercicio no permanece en sangre). Además este aminoácido es precursor de la síntesis de creatina y aumenta la producción de óxido nítrico. En suplementación aguda, la dosis ante una determinada competición será de 20 gramos de sal de L Arginina Glutamato antes de la competición. En suplementación crónica, esta se administrará durante 8 semanas, produciéndose con ello un aumento de fuerza en el deportista, y un aumento de la capacidad aeróbica y anaeróbica.

En cuanto a la **lisina**, aminoácido esencial que debe ingerirse con la dieta, siempre se usa en combinación con arginina y HMB (B hidroximetil butirato). Este *cocktail* es muy beneficioso para el adulto y el paciente senil, porque su objetivo es la prevención de la sarcopenia por aumentar la masa libre de grasa, la fuerza y la síntesis de proteínas si además añadimos un entrenamiento de fuerza en ciclos de 12 semanas de duración.

La **ornitina** promueve la liberación de la hormona de crecimiento mediante la estimulación de la glándula pituitaria. Además, la L-Ornitina es una parte fundamental del ciclo de la urea, permitiendo la liberación del exceso de nitrógeno, impidiendo el aumento del amoníaco en sangre causados por la fatiga física. Es esta su principal indicación, en dos dosis diarias de 500 miligramos cuando el rendimiento del deportista disminuya por la fatiga física.

B-HIDROXI-METIL-BUTIRATO (HMB)

Es uno de los agentes ergogénicos más ampliamente utilizados. Es un metabolito intermediario del aminoácido Leucina. El principal efecto que produce es la reducción del daño muscular (disminución de las enzimas CPK y LDH) y reducción del catabolismo proteico, lo que resulta, al combinarlo con el ejercicio, en un incremento de la masa muscular y de la fuerza. La dosis más ampliamente utilizada es de 3 gramos al día. Se utiliza en ciclos de máximo 8 semanas de duración, sin encontrarse hasta la fecha ningún efecto secundario. Para la sarcopenia, como se acaba de comentar se utiliza junto a lisina y arginina realizando al mismo tiempo entreno de fuerza. Como recuperador ante un evento próximo de competición, se debe de tomar 2 semanas antes del evento como mínimo y justo antes de la actividad o entrenamiento. *(61)* También se utiliza en

cocktail con creatina, para aumento de masa libre de grasa y de fuerza combinada con ejercicio, a dosis de 3 gramos de HMB junto con la creatina, en ciclos como quedó explicado anteriormente cuando se habló de creatina.

En España, es más frecuente el uso de la **leucina** junto a otros dos **aminoácidos ramificados (isoleucina y valina)**. Resultan de utilidad en la recuperación muscular ya que disminuyen la percepción del dolor muscular post-esfuerzo, en toma después de la competición, y disminuyen los parámetros bioquímicos de destrucción muscular. Su dosis es de 50-200 miligramos por kilogramo de peso en proporción de 50% leucina, 25% isoleucina y 25% valina, o lo que es lo mismo 2-3/1/1, porque es el aminoácido leucina el que tiene mayor poder anabólico, pero repito en recuperación *(62)*, pero NO obtenemos ventajas en el aumento de la fuerza y de la masa muscular.

BICARBONATO Y CITRATO SÓDICO

Un gran número de deportes implican la glucólisis anaeróbica como forma de regeneración de ATP. Esta glucólisis está asociada con la producción de lactato causando por tanto, disminución de pH y consecuentemente acidosis metabólica. Teóricamente, previniendo los cambios de pH durante el ejercicio, podríamos retrasar la fatiga y ampliar el rendimiento.

La administración de bicarbonato sódico o de citrato sódico puede ayudar a incrementar el efecto del sistema tampón, disminuyendo las alteraciones del equilibrio ácido base, previniendo la fatiga pero solamente en ejercicios anaeróbicos de alta intensidad de duración inferior a dos minutos de tiempo, y tomándolo entre 30 y 180 minutos antes de realizar el ejercicio en cuestión. No se ha obtenido ningún beneficio con suplementaciones crónicas .Se debe tener en cuenta en su administración los efectos secundarios gastrointestinales que producen, sobre todo dolor abdominal y diarrea resultando incómodos para el deportista.

GINSENG

El Panax ginseng es una planta medicinal usada en la medicina tradicional oriental, atribuyéndole un efecto protector frente al estrés, diversas enfermedades, además de actividad antitumoral y antienvejecimiento. En medicina deportiva es un retardador de la fatiga (disminuye la CPK muscular) aumentando la potencia aeróbica máxima. Teóricamente, su administración podría incrementar el rendimiento y producir una mejora en la función cardiorrespiratoria y disminuir además los niveles de lactato. La dosis es de 200 miligramos día (7% estandarizado, contenido que suelen presentar los comprimidos que estás a la venta). Es más recomendable la utilización de Panax Ginseng procedente de China, que de otros países. No hay que obviar los posibles efectos secundarios, como irritabilidad, insomnio, euforia, agitación, edemas, incremento de la presión arterial y disnea. Por ello se contraindica en deportistas con hipertensión arterial o con procesos psiquiátricos.

CARNITINA

La L-Carnitina, descubierta por científicos rusos, recibe el nombre de la palabra latina *"carnis"* (carne). Es utilizada para mejorar el metabolismo de las grasas, reducir la masa grasa y aumentar la masa muscular. Podríamos decir, que es un producto "quema grasa" si se utiliza en deportistas que tienen un ligero sobrepeso siempre y cuando con su toma realicen ejercicio aeróbico constante. La carnitina optimiza la oxidación mitocondrial de ácidos grasos. Como agente ergogénico, en ejercicios de resistencia, la toma de carnitina aumenta la oxidación de grasas durante la ejecución del ejercicio, preservando así el glucógeno muscular para la parte final de la competición. La dosis por vía intravenosa es de 2 gramos día durante 5 días, y por vía oral de 5 gramos día durante 28 días.

VITAMINAS

Las vitaminas catalizan numerosas reacciones bioquímicas. No son fuentes directas de energía, pero pueden facilitar el metabolismo energético. Se clasifican según su solubilidad en el agua en hidrosolubles (vitamina C y vitaminas del grupo B) y liposolubles (vitaminas A, D, E y K). Muchos y variados han sido los estudios que podrían recomendar la toma de una determinada vitamina o de un grupo variado de las mismas para la mejora del rendimiento en el deportista. Al final, se ha llegado a la conclusión que salvo en los deportes en los que se incluyan categorías de peso (judo, kárate, boxeo,..) los cuales pueden tener un déficit de B1 (tiamina), o en la mejora de la respuesta inmune con la toma de vitamina C en dosis de 500 miligramos por día, la toma de suplementos vitamínicos no van a influenciar en la mejora de ninguna práctica deportiva.

ANTIOXIDANTES, INMUNOMODULADORES Y ANTIINFLAMATORIOS *(63,64)*

Los antioxidantes evitan el estrés oxidativo. Hay controversia entre su recomendación o contraindicación, a la hora de prescribirlos ante la práctica deportiva. En la actualidad, numerosos estudios de investigación sugieren no tomar antioxidantes cuando el deportista está en pleno período de competición, porque de esta forma se inhiben los mecanismos de compensación que genera el propio organismo ante el estrés oxidativo.

Los inmunomoduladores están indicados para disminuir los efectos perjudiciales del daño muscular y la inflamación producidos por el ejercicio que se acompaña de un estado de fatiga. Destaca entre ellos el glicofosfopeptical por acelerar la recuperación. Con su uso se puede aumentar la carga de entrenamiento. La dosis habitual en adultos es de 3 gramos días durante 30 días.

Los antiinflamatorios no esteroideos (AINES) son medicamentos muy en uso por los deportistas. En principio, parece podrían estar justificados porque durante la práctica de ejercicio aumentan los marcadores de la inflamación, disminuyendo también la sensación de dolor, pero se debe tener en cuenta que pueden llevar a un enmascaramiento

de determinados síntomas que pueden llevar a una lesión posterior. Además, pueden impedir las adaptaciones que realiza el organismo a la práctica de ejercicio físico.

MÉTODOS PROHIBIDOS Y SUSTANCIAS DOPANTES EN EL EJERCICIO *(65-72)*

Desde tiempos remotos, deportistas con poca "ética" han intentado conseguir ventajas en la competición deportiva, de forma ilegal, con el uso de sustancias dopantes. La lista de sustancias dopantes y de métodos prohibidos se publica anualmente en *WADA (World Anti_Doping Agency*-Agencia mundial Antidopaje) y se halla sometida a constante revisión y actualización, debido al desarrollo imparable de la industria farmacéutica.

El mundo el dopaje se ha convertido en un problema por varios motivos, entre ellos, el engaño que supone ganar una competición de forma ilícita, el impacto que tiene sobre la sociedad (en especial sobre los niños y adolescentes, que reciben ejemplos falsos de ética a seguir), el perjuicio derivado al perdedor (pues se le hurta de forma fraudulenta el premio que merece), los efectos perjudiciales para la salud del deportista y por la repercusión negativa que tiene sobre el colectivo deportista tanto profesional como aficionado.

Para que una sustancia o método sea incluida en la lista debe cumplir al menos dos de los siguientes tres criterios:

- Proporcionar mejora en el rendimiento deportivo.
- Representar un riesgo para la salud del deportista.
- Violar el espíritu del código deportivo.

La agencia mundial antidopaje (AMA) se fundó en 1999 para fomentar, coordinar y supervisar a escala internacional la lucha contra el dopaje en todas sus formas. El Movimiento Deportivo y los Gobiernos del mundo componen y financian la AMA en partes iguales.

La lista de prohibiciones se actualiza anualmente y la edición más actualizada se publica en el espacio Web de la AMA: www.wada-ama.org. (74) Esta lista se publica en la página de Internet el primero de Octubre de cada año y entra en vigor el primero de Enero del año siguiente.

Entre las **SUSTANCIAS PROHIBIDAS** encontraríamos:

- S1: Esteroides anabolizantes andrógenos (son la familia de los 17 –alquil derivados, en posición alfa si se administran oralmente y beta si se administran de forma inyectable).
- S2: Las hormonas y sustancias afines (gonadotrofinas y somatropina o GH).
- S3: Agonistas Beta-2.
- S4: Antagonistas y moduladores de hormonas.
- S5: Diuréticos y otros agentes enmascarantes.
- S6: Estimulantes (no específicos como la anfetamina, cocaína, etc. y específicos como la efedrina en dosis superior a 10 microgramos por mililitro en orina, la catina en dosis superiores a 5 microgramos por mililitro, etc.). Su uso reduce la fatiga, incrementa el estado de alerta y activa el sistema cardiovascular. Destacar también los agentes estimulantes de la eritropoyesis, como la famosa eritropoyetina (EPO).
- S7: Analgésicos narcóticos: causan sueño estupor, inhibiendo las señales asociadas al dolor. Los más utilizados son los opioides y la morfina, con la doble finalidad: soportar mejor el dolor y por su efecto euforizante.
- S8: Cannabinoides: positivo en orina por encima de 15 miligramos por litro. Tener en cuenta que un fumador ocasional puede dar positivo incluso 3 ó 4 días después, y un gran fumador hasta incluso 10 días después de la última toma.
- S9: Glucocorticoesteroides: muy "populares" entre deportistas por su efecto reductor del cansancio. Tienen importantes efectos secundarios.

Entre los **MÉTODOS PROHIBIDOS** encontraríamos:

- M1: aumento de la transferencia de oxígeno: en ellos está totalmente prohibido el dopaje sanguíneo (incluido el uso de sangre autóloga, homóloga o heteróloga o de productos de hematíes de cualquier origen) y la mejora artificial de la captación, el transporte o la transferencia de oxígeno, que incluye a productos químicos perfluorados, efaproxiral y los productos de hemoglobina modificada.
- M2: manipulación química y física: se prohíbe la manipulación o el intento de la misma, con el fin de alterar la integridad y validez de las muestras tomadas durante los controles antidopaje. También se prohíbe las infusiones intravenosas, excepto en el contexto de tratamientos médicos legítimos (procedimientos quirúrgicos, urgencias médicas o exámenes clínicos).
- M3: dopaje genético: se prohíbe la trasferencia de células o elementos genéticos o el uso de células, elementos genéticos o agentes farmacológicos moduladores de la expresión de genes endógenos o capaces de mejorar el rendimiento deportivo. Así mismo, están prohibidos los agonistas del receptor activado por proliferadores de peroxisomas y los agonistas del eje PPAR-proteína kinasa activada por la AMP.
- P1: alcohol: valores superiores a 0,10 gramos por litro se considera dopaje, estando prohibido en deportes como aeronáutica, automovilismo, bolos, kárate, motociclismo, motonáutica, pentatlón moderno en disciplinas con tiro y en tiro con arco.
- P2: Beta-bloqueantes: al menos que se especifique lo contrario, están prohibidos durante la competición de los siguientes deportes: aeronáutica, automovi-

lismo, billar, bobsleigh, bolos, bridge, curling, esquí y snowboard, gimnasia, golf, lucha, motociclismo, motonáutica, pentatlón moderno, bolos, tiro, tiro con arco y vela sólo para los timoneles.

Se recuerda, que para cada una de las sustancias y métodos citados, es muy importante tener en cuenta sus posibles efectos secundarios derivados del consumo, así como la problemática legal que puede suponer en la práctica deportiva y en la competición.

CONCLUSIONES

Si se habla de ayudas o suplementos ergogénicos el monohidrato de creatina es la ayuda ergogénica más eficaz disponible en la actualidad para el deportista en términos de mejora para ejercicios de alta intensidad y probablemente de aumento de la masa magra corporal. Su administración no solamente es segura, sino beneficiosa en lo que respecta a prevención de lesiones. Si se suplementa con hidratos de carbono o proteínas al mismo tiempo, parece aumentar su concentración en el músculo pero no está claro el aumento en este caso de mayor rendimiento. Además, no existen pruebas científicas de que el uso de monohidrato de creatina a corto o largo plazo tenga un efecto perjudicial en personas sanas, contribuyendo esto mismo a trabajar en el campo de seguridad como médicos para poder ser recomendado a nuestros pacientes.

En cuanto a la cafeína, parece que con su toma en reposo y una hora antes de la competición, podría mejorar el rendimiento físico, pero su uso puede presentar tolerancia y adicción. Se debe tener en cuenta, a la hora de recomendarla, como profesionales de la salud. Hay quien la utiliza junto a la efedrina (esta 2 horas antes de la competición, y aquella una hora antes de la misma) para mejorar el rendimiento aeróbico y anaeróbico. No debemos dejar en el olvido los posibles efectos secundarios antes descritos.

Los suplementos con aminoácidos son muy corrientes entre los deportistas, concretamente en aquellos deportes de fuerza o resistencia y también en los deportes prolongados en duración de tiempo. Parece ser que la suplementación crónica con L-arginina puede mejorar la capacidad de ejercicio en pacientes con alteraciones cardiovasculares. El HMB es uno de los agentes ergogénicos más ampliamente utilizados. Su principal beneficio es la reducción en el daño muscular y reducción del catabolismo proteico, lo que resulta en un incremento del tamaño muscular y de fuerza al combinarlo con ejercicio. La dosis recomendada es de 3 gramos al día, por un período máximo de 8 semanas.

La administración de bicarbonato sódico o de citrato sódico, solamente estaría indicada en ejercicios anaeróbicos de duración inferior a dos minutos, ingiriéndolos antes de la competición, advirtiendo al deportista de los efectos gastrointestinales molestos que pueden aparecer.

El Panax Ginseng, parece ser que tiene un efecto protector frente a las fibras musculares tras ejercicios excéntricos. Aun siendo su administración bastante segura con la dosis de 200 miligramos día (dosis estándar), deberemos de tener cuidado si se prescribe a deportistas con HTA ó con trastornos psiquiátricos.

La carnitina podría ser una ayuda ergogénica en los deportes de resistencia por aumento de la oxidación celular de ácidos grasos y triglicéridos durante el ejercicio, lo que reduciría la utilización de glucógeno muscular retrasando con ello la fatiga.

Respecto a las vitaminas, la suplementación con las mismas no mejora el rendimiento. No obstante, si como profesionales de la salud, observamos algún déficit de una o algunas, estos deben ser compensados.

Parece ser que el uso de antioxidantes no está recomendado en la práctica de ejercicio físico por producir inhibición de los mecanismos antioxidantes que el propio organismo desarrolla con el deporte. Así mismo, tampoco el uso de antiinflamatorios, por poder enmascarar la sintomatología que pudiera dar una lesión posterior. Como inmunomodulador, el glicofosfopeptical podría estar indicado para acelerar la recuperación de la fatiga muscular, en dosis de 3 gramos día durante 30 días, por contrarrestar el daño muscular y la inflamación producida con la práctica de ejercicio.

Para terminar, el dopaje está pasando de representar un problema individual a constituir un verdadero problema de salud pública con enormes beneficios económicos. Es un problema muy serio e incluso la Organización Médica Colegial ha propuesto múltiples medidas como la modificación del propio Código Deontológico Médico.

Es importante identificar como profesionales de la salud, sustancias específicas que sean particularmente susceptibles de entrañar una violación no intencionada de los reglamentos antidopaje. No obstante, se debe valorar y demostrar si el consumo de esa sustancia por parte del deportista fue o no con la intención de aumentar su rendimiento deportivo. Si el deportista, y nosotros como profesionales de la salud no fuéramos capaces de buscar un tratamiento alternativo, deberemos tramitar una solicitud para la autorización de uso terapéutico (AUT) de esa sustancia prohibida en la práctica deportiva.

Mientras tanto, es nuestro deber como profesionales de la salud, aplicar métodos y alternativas al dopaje, como tener una óptima condición física, aprender y utilizar una correcta programación del entrenamiento, aplicar un programa nutricional adecuados a las cargas físicas, trabajar todo lo equivalente a recuperación, optar por asesorar con las ayudas ergogénicas legales y demostradas, y finalmente disponer del mejor soporte y equipo técnico, con el médico con conocimientos deportivos suficientes como eslabón en la carrera del aficionado al deporte o del deportista profesional.

Todos estos eslabones, han sido expuestos y escritos con esfuerzo y con mucha ilusión en esta trilogía.

BIBLIOGRAFÍA

(1). Alonso JM 2006 "métodos para aumentar la disponibilidad de oxígeno en los tejidos". MD. Revista científica de medicina del deporte ISSN, Nº 5, p.19-34. (71)

(2). American College of Rheumatology Subcommitee on Osteoarthritis Guidelines. Recommendations for the medical management of osteoarthritis of the hip and knee. 2000 up date. Arthritis Rheum.2000. 43, p.1905-15. (10)

(3). Andrews R., Greenhaff P., Curtis S.,y cols. 1998, "The effect of dietary creatine supplementation on skeletal muscle metabolism in congestive heart failure", European heart Journal, vol. 19, Nº 4, p. 617-22. (14)

(4). Astorino TA, Terzi MN, Roberson DW, y cols. 2010 "Effect of two dosis of caffeine on muscular function during isokinetic exercice". Med Sci Sports Exerc. 42, p.2205-10. (60)

(5). Avois L, et al. 2006 "central nervous system stimulants and sport practice". Br J Sports Med. 40, Supp l: p.16-40. (66)

(6). Bell D.G., McLellam T.M. 2002, "exercice endurance 1,3 and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers", Journal Of Applied Physiology, vol.93, p.1227-34. (41)

(7). Braegger C.P., Shalattner U., Wallimann T.; y cols. 2003. "effects of creatine supplementation in cystic fibrosis. Journal of Cystic fibrosis, vol.2, Nº 4, p.177-82. (15)

(8). Brose A., Parise G., Tarnopolsky M.A. 2003, "Creatine Supplementation Enhances Isometric Strength and Body Composition Improvements Folowing Strength Training in Older Adults", Journals of Gerontology Series A, Biological Sciences And Medical Sciens, vol.58, Nº 1, p.B11-B19. (16)

(9). Bruce C.R., Anderson M.E., Fraser S.F. and cols. 2000 "Enhancement of 2000-m rowing performance after caffeine ingestion, Medicine and Science in Sport and Exercice, vol.32, Nº11, p.1958-63. (42)

(10). Candow D.G., Chilibeck P.D. 2007 "Effect of creatine supplementation during resistence training on muscle accretion in the elderly". The Journal of Nutrition Health and Aging, Vol.11 Nº 2, pág.223-29. (17)

(11). Corrao G, Zambon A., Bertu L., y cols. 2006 "Evidence of tendinitis provoked by fluorquinolone trealment: case-control study. Drug Saf, 29, p.889-96. (8)

(12). Deutekom M., Beltman J. G.M., de Ruiter C.J.,y cols. 2000, "No acute effects of short-term creatine supplementation on muscle properties and sprint performance", European Journal of Applied Physiology,vol.82, Nªº 3, p.223-29. (18)

(13). Docherty JR., 2008 "Pharmacology of stimulants prohibited by the World Anti-Doping Agency (WADA), British journal of Pharmacology 154, p.606-22. (65)

(14). Doherty M., Smith P.M., 2005 "Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: a meta-analysis", Scandinavian Journal of Medicine Science in Sports, vol.15, Nº 2, p.69-78. (43)

(15). Elliot S. 2008 "Erythropoiesis-stimulating agents and other methods to enhance oxygen transport". British Journal of Pharmacology 154, p.529-41. (69)

(16). Evans N. 2004 "Current Concepts in Anabolic-Androgenic Steroides". Am. J. Sports Med. 32, p.534. (72)

(17). Finn J.P., Ebert T.R., Witers R.T. y cols. "Effect of creatine supplementation on metabolism and performance in humans during intermittent sprint cycling", European Journal of Applied Physiology, vol. 84, Nº 3, p.238-43. (19)

(18). Flórez J. 2008 Farmacología humana. Barcelona. 5ª Edición. (4)

(19). Flórez J. 2003, Farmacología Humana 4ª edición. Ed. Masson Barcelona .(67)

(20). Forbes S., Paganini A., Slade J., y cols. 2009, "Phosphocreatine recovery kinetics following low-and high intensity exercise in human tríceps surae and rat posterior hindlimb muscles", AJP Regulatory, Integrative and Comparative Physiology" Vol. 296 Nº1, p. R161-R170. (20)

(21). Fragoso Y.D., Santana D.L., Pinto R.C., 2008 "The positive effects of a physical activityprogram for multiple sclerosis patients with fatige". Neuro-Rehabilitation 23 (2), p.153-57. (12)

(22). Fuld J.P., Kilduff L.P:, Neder J.A. y cols., 2005 "Creatine supplementation during pulmonary rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease" Thorax, Vol.60, Nº 7, p.531-37. (21)

(23). Gómez-Zoritas S., Urdampilleta A., 2013 "Influencia de la dieta y la actividad física deportiva sobre el efecto de los fármacos". Archivos de Medicina del Deporte 30 (1), p.34-42. (6)

(24). Gordon A., Hultman E., kaijser L., y cols., 1995 "Creatine supplementation in chronic heart failure increases skeletal muscle creatine phosphate and muscle performance" Cardiovascular Research, vol. 30, Nº 3, p.413-18. (22)

(25). Green J., Mc Lester J., Smith J., y cols. 2001 " The effects of creatine supplementation on repeated upper-and lower-body wingate performance", Journal of strength and conditioning research, vol.15, Nº 1, p. 36-41. (23)

(26). Greer F., Friars D., Graham T.E:, 2000 "Comparison of caffeine and theofylline ingestion: exercise metabolism and endurance", Journal of Applied Physiology, vol. 89,Nº5, p.1837-44. (44)
(27). Greer F., Mclean C., Graham T.E., 1998 "Caffeine performance and metabolism during repeated Wingate exercise test" Journal of Applied Physiology, vol.85, Nº 4, p.1502-08. (45)
(28). Guyton A., Hall J., 2006 "Fisiología Médica" España 11ª edición. (3)
(29). Jacobs I.R. A., Pasternak H.A., Bell D.G. 2003 "Effects of Ephedrine, caffeine and Their Combination on Muscular Endurance" medicine and Science in Sports and Exercice,vol.35 Nº 6, p.987-94. (46)
(30). Jones A.M., Carter H., Pringle J.S.M. and cols. 2002 "Effect of creatine supplementation on oxygen uptake kinetics during submaximal cycle exercise", Journal of Applied Physiology vol. 92, Nº 6, p.2571-77. (24)
(31). Jowko E., Ostaszewski P., Jank M. and cols. 2001, "Creatine y HMB additively increase lean body mass and muscle strength during a weight-training program" Nutrition, Vol 17. Nº 7-8, p.558-66. (47)
(32). Juhn M., O´kane J., Vinci D. 1999,"Oral Creatine Supplementation in Mate Collegiate Athletes: A Survey of Dosing habits and Side Effects", Journal of the American Dietetic Association, vol. 99, Nº5, p.593-95. (25)
(33). Keen R. 2007. "Osteoporosis: strategies for prevention and management". Beat pract clin Rheumatol. 21, p.109-22. (9)
(34). Kim S. H., Park K.S., Chang M.J. and cols. 2005 "Effects of Panax Ginseng extract on exercise-induced oxidative stress", Vol. 45 Nº 2; p.178. (48)
(35). Knitter a.E.,Panton L., Rathmacher J.A. and cols. 2000, "Effects HMB on muscle damage after a prolonged run" Journal of Applied, vol. 89, Nº 4,p.1340-44. (49)
(36). Kocak S, karli U., 2003 "Effects of high dose oral creatine supplementation on anaerobic capacity of elite wrestlers" Journal of sports medicine and Physical Fitness, vol. 43, Nº 4, p. 488. (26)
(37). Magkos F., kavouras S.A., 2005, "Caffeine Use in Sports Pharmacokinetics in Man, and Cellular Mechanisms of Action" Critical Reviews in Food Science and Nutrition, vol.45, Nº7, p.535-62. (50)
(38). McMorris T., Mielcarz G., Harris R.C. and cols., 2007, "Creatine Supplementation and Cognitive Performance in Elderly Indiciduals" Aging Neuropsychology and Cognition vol.14 Nº 5, p.517-528. (27)
(39). McNauhton L., Backx K., Palmer G., and cols. 1999, "Effects of chronic bicarbonate ingestion on the performance of high-intensity work" Eur J Appl Physiol Occup Physiol vol.4, p.333-36. (51)
(40). Mcnaughton L., Egan G., Caelli G., 1988 "A comparison of Chinese and Russian ginseng as ergogenic aids to improve various facets of physical fitness" Int Clin Nut Rev, vol. 19, Nº 1, p.32-35. (52)
(41). Melhlhorn A.J., Browr D.A., 2007, "Safety concerns with fluoroquinolones" Ann Pharmacother 41 (11) p.1859-66. (7)
(42). Moreiro Antunes HK., García Stelles S., Ferreira Santos R., and cols. 2005, "Depression, Anxiety and quality of life scores in seniors after an endurance exercise program" Scores Bras Psiquiatr. 27 (4), p.266-71. (11).
(43). Namdar M., Koepfli P., Grathwolh R., and cols. 2006 "Caffeine Decreases Exercise-induced Myocardial Flow Reserve" Journal of the American college of Cardiology vol.47, Nº 2, p. 405-10. (53)
(44). Naughton L.M., Thompson D., 2001 "Acute versus chronic sodium bicarbonate ingestion and anaerobic work and power output" Journal of sports Medicine and Physical Fitness vol.41, Nº4, p.456. (54)
(45). Newsholme P., Krause M., Newsholme E.A. y cols. 2011 "At o Z nutritional supplements: Br Sports Med. 45, p.230-32.(63)
(46). Newton R.V., Galvao D.A. 2008 "Exercise in prevention and management of cancer" Curr treat option Oncol. 912. p.135-46. (13)
(47). O´Connor D., Crowe M. 2007 "Effects of six weeks of a HMB and HMB/creatine supplementation on strength, power, and anthropometry of highly trained athletes" Journal of Strength and Conditioning Research , vol.21, Nº 2, p.419. (55)
(48). Ostojic S.M., Ahmetovic Z., 2008 "Gastrointestinal Distress After Creatine Supplementation in Athletes, Are side Effects Dose Dependent" Research in Sports Medicine, vol. 16, Nº 1, p.15-22. (28).
(49). Panton L., Rathmacher J.A., Baier S., y cols., 2000 "Nutritional supplementation of the leucine metabolite HMB during exercise training", Nutrition vol.16, p.734-39. (56)
(50). Persky A. M., Brazeau G.A., Hochhaus G., 2003 "Pharmacokinetics of the dietary supplement creatine" Clin Pharmacokinetic, vol. 42, Nº 6, p.557-74. (29)
(51). Pieralisi G., Ripari P., Vecchiet L., 1991 "Effects of a standardized ginseng extract combined with dimethylaminoethanol bitartate, vitamins, minerals, and trace elements on physical performance during exercise" Clin Ther, vol. 13, Nº 3, p.373-82. (57)
(52). Preen D., Dawson B., Goodman C., y cols. 2002 "Pre-exercise oral creatine ingestion does not improve prolonged intermittent sprint exercise in humans" Journal of Sports Medicine and Physical Fitness vol.42, Nº 3, p.320. (30)

(53). Rico-Sanz J.E., Marco M.T., 2000 "Creatine enhances oxygen and performance during alternating intensity exercise" Medicine and Science in Sports and Exercise vol.32, Nº 2, p. 379. (31)
(54). Rockwell J.A., Walberg Rankin J.A., Toderico, B.E. 2001 "Creatine supplementation affects muscle creatine during energy restriction" Medicine and Science in Sports and Exercise, vol. 33, Nº 1, p.61-68. (32)
(55). Rodríguez N.R., Di Maron M., Langley S., 2009 "American college of sports" Medicine position and nutrition and athletic performance med. Sci sport exerc. 41, p.709-31. (62)
(56). Saugy M. 2006 "Cannabis and sport" Br J Sports Med. 40 suppl. p.I13-I15. (68)
(57). Scott J. Phillips G.C. 2005 "Eritropoietin in Sports: a new look at and old problem" Current Sports Medicine Reports 4, p.224-26. (70)
(58). Shekelle P.G., Hardy M.L., Morton S.C. and cols. 2003 "Efficacy and Safety of Ephedra and Ephedrine for Weight Loss and Athletic Performance: A Meta-analysis" The Journal of the American Medical Association, vol. 289 Nº 12, p.1537-45. (58)
(59). Steenge G.R., Simpson E.J., Greenhaff P.L., 2000, "Protein and carbohydrate induced argumentation of whole body creatine retention in humans" Journal of Applied Physiology, vol. 89, Nº 3, p.1165-71. (33)
(60). Tortora G., Reynolds S., 2002 "Principios de Anatomía y Fisiología", México 9ª edición. (5)
(61). Urdampilleta A., Armentia I., Gómez-Zorita S., y cols., 2015, "La fatiga muscular en los deportistas: metabl. Físicos, nutricionales y farmacológicos para combatirla" Archivos medicina del deporte 32, p.36-43. (64)
(62). Van Loon L., Murphy R., Oosterlaar A., y cols. 2004 "Creatine supplementation increases glycogen storage but not GLUT-4 expression in human skeletal muscle" Clinical Science vol. 106, Nº 1, p.99-106. (34)
(63). Van Loon L., Oosterlaar A. M., Hartgens F., y cols. 2003 "Effects of creatine loading and prolonged creatine supplementation on body composition, fuel selection, sprint and endurance performance in humans" Clinical science vol. 104, Nº 2, p.153-62. (35)
(64). Vogel R., Webster M, Erdmann L. 2000 "Creatine supplementation: effect on supramaximal exercise performance at two levels of acute hyponhydration" J Strenght Con Res vol. 14, Nº 2, p.214-19. (36)
(65). Volek J.S., Duncan N.D., Mazzetti S.A: y cols. 1999 "Performance and muscle fiber adaptations to creatine supplementation and heavy resistance training" medicine and Science in Sports and Exercise vol. 31, Nº 8, p.1147-56. (37)
(66). Vukovich M.D., Stubbs N.B:, Bohlken R.M. 2001 "Body Composition in 70-Year-Old Adults Responds to Dietary HMB Similary to That of Young Adults" Journal of Nutrition vol. 131, Nº 7, p.2049-52. (59)
(67). Wilson J.M., Fitschem PB., Campbell B., y cols. 2013 "International Society of Sports nutrition: Position Stand: HMB" J. Inters., Sports Nutric. Nº 10, p.1-14. (61)
(68). Wiroth 2001 "Effects of oral creatine supplementation on maximal pedalling performance in older adults" European Journal of Applied Physiology, vol. 84, p.533-39. (38)
(69). Ziegenfuss T.N., Rogers M., Lowery L., y cols., 2002 "Effect of creatine loading on anaerobic performance and skeletal muscle volume in NCAA division I athletes" Nutrition vol. 18, Nº 5, p.397-402. (39)
(70). Zoeller R.F., Stout J.R., Ogcökroy J.A:, y cols. 2007 "Effects of 28 days of beta-alanine and creatine monohydrate supplementation on aerobic power, ventilator and lactate thresholds and time to exhaustion" Aminoacids vol. 33, p.505-10. (40)

Página web, sitio web

- Agencia española de medicamentos y productos sanitarios (www.agemed.es) (1).
- U.S. food and drug Administration (www.fda.gov) (2).
- Comité olímpico español (www.coe.es) (73).
- AMA (www.wada.ama.org) (74).

Cursos

- Farmacología y suplementación en el deporte: Módulo 2 y Módulo 3. Universidad de Barcelona. Escuela de Medicina del Deporte (edición 2009-2010)