SOPORTE NUTRICIONAL ADAPTADO AL TRATAMIENTO FISIOTERÁPICO DE LESIONES EN EL DEPORTE.

NUTRITIONAL SUPPORT ADAPTED TO THE PHYSIOTHERAPIC TREATMENT OF INJURIES IN THE SPORTS FIELD.

ALICIA SANCHO MORANTE

GRADUADA EN FISIOTERAPIA

ESCUELA UNIVERSITARIA GIMBERNAT-CANTABRIA

TUTOR: JUAN CARLOS LLAMAS GARCÍA

FECHA DE ENTREGA: 10/09/2014

ÍNDICE:

- Resumen……3
- Abstract……..4
- Introducción……..5
- Metodología…….10
- Resultados……..15
- Discusión…….24
- Bibliografía……..31
- Anexos…….40

RESUMEN:

INTRODUCCIÓN: En el abordaje de las lesiones, el tratamiento tanto médico como fisioterápico han sido ampliamente estudiados y conforman un elemento indispensable. Sin embargo, el soporte nutricional es un aspecto que, aunque recientemente se está demostrando que ofrece grandes beneficios, generalmente pasa a un segundo plano y no se le da la trascendencia que merece.

OBJETIVOS: Relacionar la importancia que ejerce el consumo de determinados nutrientes sobre la prevención y tratamiento de lesiones, enfocando éstas hacia el ámbito deportivo, con el fin de convertir la nutrición en una herramienta útil para la resolución de lesiones.

METODOLOGÍA: Búsqueda manual y sistemática con el fin de encontrar artículos originales. Los términos utilizados fueron: “inflamación”, “agentes antiinflamatorios”, “fatiga muscular”, “lesión deportiva”, “densidad ósea”, “lesión musculo-esquelética”, “suplementos dietéticos”; además, se buscaron los nutrientes “glucógeno”, “antioxidantes”, “creatina”, “ácido ascórbico”, “leucina”, “bromelina”, “Omega-3”, “proteína del suero de la leche”, “vitamina D”, “calcio”, “silicio” y “magnesio”.

DISCUSIÓN: Tras un análisis crítico, encontramos que nutrientes como la bromelina, los Omega-3, la leucina, la proteína del suero de la leche, el calcio, la vitamina D y el silicio generan determinados beneficios sobre el organismo. Mientras que otros, como los antioxidantes, aún no han mostrado un claro efecto y, por tanto, aún no existe consenso sobre su utilidad.

ABSTRACT:

INTRODUCTION: Medical and physiotherapy treatments have been deeply and extensively studied when approaching injuries. Both of them have become essential. Moreover, the nutritional support usually goes to second row and it doesn't gain the transcendence that it deserves. I highlight that even that it has been known and proved recently it offers huge benefits.

OBJECTIVES: To relate the importance of the consumption of certain nutrients within prevention and the treatment of injuries. Focusing these injuries towards the sports field, in order to transform nutrition in a useful tool for curing injuries.

METHODOLOGY: manual and systematic research in Medline database in order to find original articles. The terms used were: "inflammation", "anti-inflammatory agents", "muscle fatigue", "athletic injuries", "muscle, skeletal/ injuries", "bone density", "dietary supplements"; Additional nutrients "glycogen", "antioxidants", "bromelain", "Omega-3", "leucine" were sought. "Creatine", "whey protein", "vitamin D", "calcium", "silicon" and "magnesium".

DISCUSSION: After a critical analysis I noticed, that nutrients such as bromelain, omega-3, leucine, whey protein, calcium, vitamin D and silicon, generate specific benefits on the body. While others like antioxidants don't show a clear effect. In conclusion, there was no consensus reached on it's usefulness.

INTRODUCCIÓN:

En los últimos años, la población ha tomado conciencia acerca de los beneficios obtenidos sobre la salud, derivados de la práctica regular de actividad física. Este reconocimiento, se traduce en un aumento de la práctica de deporte y en consecuencia, un aumento del número de lesiones (1).

Un análisis exhaustivo, ha demostrado que determinados nutrientes, resultan eficaces para conseguir un adecuado estado fisiológico y favorecer un estado óptimo de salud.

El factor más relevante para la prevención de una lesión es evitar la aparición de fatiga u obtener un control sobre ella, ya que genera un déficit en el control neuromuscular y una disminución del rendimiento (2, 3 ,4). Las reservas de glucógeno y agua son los factores que más contribuyen al desarrollo de la misma (2,5).

El agua es un nutriente esencial para todas las formas de vida. Esta es la encargada de regular la temperatura corporal (manteniéndola alrededor de los 37º) mediante la evaporación del sudor y de disminuir la temperatura térmica. Además, una pérdida del 2% de líquido corporal, supone un riesgo de lesión para el deportista ya que, en un estado de deshidratación, la fuerza disminuye, somos incapaces de transportar el ácido láctico lejos del músculo y decrece la obtención de energía aeróbica (5).

Por ello, se produce una disminución acelerada en las reservas de glucógeno, comprometiendo el rendimiento del deportista (2).Resultando necesario un adecuado aporte hídrico antes, durante y después del ejercicio.

Los hidratos de carbono son una fuente primordial de energía encargada del mantenimiento de los niveles de glucemia y la reposición de las reservas de glucógeno (6). Estas reservas son limitadas y si presentan niveles bajos, el deportista será incapaz de obtener un aporte adecuado de energía y no podrá mantener la intensidad del ejercicio, su sistema músculo esquelético se fatigará y el riesgo de lesión se verá aumentado (2).De esta forma, un aumento en el volumen de carbohidratos en la dieta previo a la actividad deportiva supone un incremento de las reservas de glucógeno, asociado tanto a un mejor uso del mismo como a una mejora en el rendimiento (7).

Se ha visto que el ejercicio físico desencadena un aumento de la respuesta oxidativa y la inflamación con el fin de reparar los tejidos dañados, tanto mecánica como metabólicamente (8). Sin embargo, en ocasiones esta respuesta inflamatoria es desproporcionada y responsable de iniciar, ampliar y/o resolver una lesión, así como de empeorar o enlentecer la recuperación muscular (9).

Numerosos estudios han intentado demostrar la eficacia del uso de antioxidantes (Vitamina C, Vitamina E y N-Acetyl-cisteína) sobre la reparación tisular, pero los resultados no son concluyentes. Posiblemente debido a la población diana del estudio o a las dosis y medidas utilizadas (8,10,11,12,13).

Además, la respuesta oxidativa es adaptable. Por tanto, las personas que mantienen una dieta equilibrada no necesitan suplementación con antioxidantes, ya que un exceso puede producir el efecto antagónico (13).

La suplementación con vitamina C ha demostrado ser eficaz en el tratamiento

de los síndromes compartimentales tras un trauma, ejercicio o reperfusión post –isquemia (14,15).

La bromelina, enzima presente en el corazón de la piña, ha demostrado un efecto inmunomodulador. Su uso reduce la fatiga aguda generada por el ejercicio excéntrico y favorece la regeneración en fases muy tempranas de la lesión muscular. Además, reduce el dolor al interaccionar con el ácido araquidónico y el edema al disminuir la formación de fibrina (9,16).

Los ácidos grasos Omega-3 (DHA y EPA) son esenciales en la dieta humana, actúan como precursores de las prostaglandinas, hormonas encargadas de la regulación del flujo sanguíneo y la inflamación (1).

En respuesta al daño muscular producido por el ejercicio excéntrico nos permiten controlar la respuesta oxidativa e inflamatoria y disminuir el dolor muscular. Los mismos, presentan propiedades anabólicas y permiten un aumento de la masa muscular y una disminución de la fatiga (17).

En el caso de producirse un excesivo estrés oxidativo e inflamación incontrolada, el deportista podrá desarrollar una lesión por sobreuso, como las tendinopatías. Los Omega-3 han demostrado, producir una mejora en el proceso de curación (1). Sin embargo, su suplementación sólo es necesaria en personas desentrenadas o sometidas a intensidades elevadas de ejercicio (18).

Los aminoácidos ramificados (Valina, Leucina e Isoleucina) son esenciales para la síntesis proteica. Su oxidación tiene como función proporcionar energía metabólica a los músculos así como a otros órganos solicitantes de ella.

Durante la práctica deportiva, se produce un incremento del metabolismo

proteico, por tanto, es necesario un adecuado aporte energético para evitar un balance proteico negativo y una pérdida de masa muscular (19, 20, 21). Cuando el alimento ingerido es únicamente carbohidrato, se observa una disminución de la síntesis proteica y el balance proteico resulta negativo.

La administración combinada de Carbohidratos con Proteínas y Leucina en la práctica de ejercicio físico supone un incremento en la síntesis proteica, así como una disminución de su degradación. Además, la Leucina aumenta la respuesta insulínica, mejorando el proceso anabólico de recuperación y generando un balance proteico positivo (20).

Ante una lesión muscular, la Leucina actúa en el proceso de regeneración tisular, disminuye la fatiga, la proteólisis y aumenta el tamaño miofibrilar, mejorando así la función muscular (22).

Tras largos periodos de inmovilización es necesario el fortalecimiento muscular que, al ser suplementado con proteínas y carbohidratos, se traduce en una mayor hipertrofia y recuperación (23, 24).

Por otra parte, la Creatina muestra efectos positivos sobre los procesos de atrofia y pérdida de fuerza muscular (25,26); Sin embargo, cuando éstos son muy marcados no se aprecian diferencias significativas en el aumento de la fuerza (27).

La proteína del suero de la leche permite aumentar las reservas de glucógeno tanto en el hígado como en el músculo esquelético, produciéndose una mejora de la fatiga muscular (28). En periodos de fortalecimiento asociados a la recuperación de la condición previa a una lesión, dicha proteína ha demostrado

una elevación en los niveles de fuerza, masa muscular y testosterona en sangre. Siendo esta última responsable de una mayor respuesta anabólica y produciendo un incremento en la síntesis proteica e hipertrofia (21).

En otro sentido, la vitamina D muestra una estrecha relación con los niveles de fatiga, dolor y función muscular. Su deficiencia es común entre los deportistas que realizan actividad física en lugares cerrados y con poca exposición solar, lo cual predispone a una menor capacidad aeróbica, fuerza muscular e incrementa el riesgo de lesión. De esta forma, su administración mejora el estado físico y previene una posible lesión (29,30).

Así, el consumo de vitamina D produce una mejora en la función muscular por un aumento de la regeneración celular y la producción de colágeno (31).

En relación al sistema óseo, el deporte mejora la resistencia de los huesos. Sin embargo, cuando existe un inadecuado aporte energético y un déficit en los niveles de Calcio y Vitamina D el riesgo de fractura aumenta ya que, al incrementarse las demandas musculares de Calcio, éste se extrae de los huesos. Pudiendo contribuir también al desarrollo de osteoporosis y un mayor aumento del riesgo de fractura (32). La suplementación con Vitamina D supone además una mejora en la formación del callo óseo tras una fractura (33).

Se añade que el Silicio es un nutriente relacionado con la salud ósea y la prevención de fracturas, existiendo una correlación entre la cantidad de Silicio presente en el cuerpo humano y la densidad mineral ósea en la cadera de personas jóvenes (34). Su déficit genera una mala metabolización del tejido óseo y conectivo, provocando anormalidades estructurales y malformaciones

(35). Su suplementación mejora la regeneración y aumenta la formación de colágeno en el hueso, lo cual le aporta calidad (36, 37). Por su relación con el colágeno también interviene en regeneración tisular (35).

Por último, el Magnesio presenta un papel importante en relación a la formación ósea, regulando la activación de la vitamina D. De esta manera, un déficit de Magnesio está asociado a un mayor riesgo de osteoporosis, siendo el riesgo de fractura mayor. Su suplementación disminuye la resorción ósea (38) y genera un aumento de la cantidad de mineralización ósea (39).

METODOLOGÍA:

BÚSQUEDA INICIAL:

En primer lugar, se realizó una búsqueda más abierta con el fin de encontrar un amplio volumen de archivos que nos dieran una idea aproximada sobre la bibliografía existente referente a nuestra revisión. La recopilación bibliográfica tuvo lugar durante el mes de Julio y mitad de Agosto de 2014.

De todos los artículos encontrados, se hizo una revisión y se escogieron los más apropiados por su pertinencia y adecuación al tema.

En este caso, no hubo restricciones en cuanto a edad y sexo, pero sí respecto a los estudios sobre animales, quedando éstos excluidos. Además, los artículos de opinión y los *case reports* fueron también excluidos.

En esta primera búsqueda no se estableció ningún límite de fecha para hacer una aproximación sobre la bibliografía existente en relación al tema.

La búsqueda fue limitada al título y resumen.

Los términos utilizados fueron: nutrición (*nutrition*), inflamación (*inflammation*), agentes antiinflamatorios (*anti-inflammatory agents*), fatiga muscular (*muscle fatigue*), lesiones deportivas (*athletic injuries*), lesión músculo-esquelética (*muscle, skeletal/ injuries*), densidad ósea (*bone density*), suplementos dietéticos (*dietary suplements*); además, se buscaron los nutrientes glucógeno (*glycogen*), antioxidantes (*antioxidants*) , ácido ascórbico (*ascorbic acid*), bromelina (*bromelian*), ácidos grasos Omega-3 (*fatty acids Omega-3*), aminoácidos ramificados (*BCAA*), leucina (*leucine*), creatina (*creatine*), proteína del suero de la leche (*whey protein*), vitamina D (*vitamin D*), calcio (*calcium*), silicio (*silicon*) y magnesio (*magnesium*).

BÚSQUEDA SISTEMÁTICA:

A continuación se explicará la metodología llevada a cabo en la búsqueda de artículos sobre la base de datos *medline*, a través de PubMed. Toda la bibliografía obtenida es en inglés.

- Palabras clave: se incluyen aquellas que se corresponden con los siquientes términos *Medical Subjects Heading* (MESH) : inflammation, anti-inflammatory agents, nutrition, muscle fatigue, athletic injuries, muscle,skeletal/injuries, bone density, dietary suplements, glycogen, antioxidants, ascorbic acid, bromelains, fatty acids Omega-3, creatine,

whey protein, leucine, vitamin D, calcium, silicon y magnesium.

- Tipo de intervención: se excluirán aquellos artículos cuyo abordaje no tenga relación con la nutrición.

- Tipo de estudio: sólo se incluyen los estudios controlados aleatorizados.

- Idioma: únicamente se tendrán en cuenta los artículos que sean en inglés o español.

- Especie, edad y sexo: quedan excluidos aquellos estudios que se lleven a cabo en animales.

- Búsqueda limitada: al título, resumen y palabras clave.

- Fechas: en vista de la poca bibliografía de utilidad relacionada con el tema del estudio, tuvimos que ampliar la cronología de los artículos y marcar como límite aquellos que fueran anteriores a 2001.

Concluida la búsqueda, obtuvimos un total de 6 artículos. Se descartaron aquellos artículos cuyo título y resumen no referenciaban información relevante para nuestra revisión. Además, se realizó un análisis profundo de cada artículo a fin de valorar su nivel de evidencia científica con la escala CASPe (Critical Appraisal Skills Programme). De este modo, sólo aquellos que obtenían una puntuación mayor a 8 sobre 11 fueron incluidos en nuestra revisión. Finalmente, fueron seleccionados 3 artículos:

– *“Supplementation with vitamin C and N-Acetyl-Cisteine increases oxidative stress in humans after an acute muscle injury induced by eccentric exercise”.*

– *“The Effect of Calcium and Vitamin D3 Supplementation on the Healing of the Proximal Humerus Fracture: A Randomized Placebo-Controlled Study”.*

– *“Choline-stabilized orthosilicic acid supplementation as an adjunct to Calcium/Vitamin D3 stimulates markers of bone formation in osteopenic females: a randomized, placebo-controlled trial”.*

BÚSQUEDA MANUAL:

Una vez realizada la búsqueda sistemática, se llevó a cabo una segunda búsqueda a través de las referencias presentes en los artículos anteriormente estudiados y también en las revisiones encontradas en la primera búsqueda, cuya bibliografía también resulta de utilidad.

Se recurrió también a Google y Google Académico, que sirvieron para acceder al texto completo de muchos artículos; Esta búsqueda manual nos permite ampliar el material de estudio para así poder aumentar el nivel de evidencia de la revisión.

Los criterios de inclusión y exclusión siguen siendo los mismos, aunque la búsqueda se hace más abierta en cuanto al tipo de estudio. Se incluyen de este modo todos aquellos artículos que muestren algún vínculo entre alguno de los nutrientes y la prevención y tratamiento de lesiones.

Tras esta búsqueda, y en base a nuestros criterios, encontramos un total de 10 artículos. Una vez realizamos un análisis de ellos, nos quedamos finalmente con 5 artículos.

- *“The effect of essential fatty acids and antioxidants combined with physiotherapy treatment in recreational athletes with chronic tendon disorders. A randomised, double-blind, placebo-controlled study”.*

- *“The effects of whey protein supplementation on performance and hormonal adaptations following resistance training in novice men”.*

- *“The effect of protein and carbohydrate supplementation on strength training outcome of rehabilitation in ACL patients”.*

- *“Combined ingestion of protein and free leucine with carbohydrate increases postexercise muscle protein synthesis in vivo in male subjects”.*

- *“Calcium and vitamin D supplementation decreases incidence of stress fractures in female navy recruits”.*

Por último, se realizó una búsqueda entre las publicaciones de la revista Femede (Federación Española de Medicina del Deporte). En este caso, la mayor parte de la bibliografía es en castellano. Muchos de los archivos encontrados son revisiones, que no son incluidas en este estudio pero nos resultan útiles para tomar alguna referencia de su bibliografía. Entre todos los archivos que analizamos, encontramos uno que nos resulta de provecho:

- *“Suplementación con bromelina en el daño muscular producido durante el ejercicio físico excéntrico. Estudio bromesport”.*

RESULTADOS:

1) Suplementación con bromelina en el daño muscular producido durante el ejercicio físico excéntrico. Estudio Bromesport.

Cuarenta y cinco hombres sanos, distribuidos en cuatro grupos: un grupo de trabajo excéntrico suplementado con bromelina (n=13) y un grupo placebo (n=11), y otro grupo de trabajo excéntrico en condiciones de oclusión suplementado con bromelina (n=9) y otro con oclusión y placebo (n=12). En el grupo con oclusión el objetivo era aumentar el daño muscular usando torniquetes neumáticos en la parte proximal de los muslos.

Se realizan 10 minutos de calentamiento y, posteriormente, 12 series de 10 repeticiones al 60% de la FMI en la fase excéntrica de la sentadilla hasta los 90º de flexión de rodilla. Se obtienen muestras sanguíneas y se valoran los marcadores biológicos del daño muscular. El dolor muscular se valoró usando la Escala visual Analógica (EVA) y la fuerza muscular mediante el Squat Jump y el Counter Movement Jump. Se realizó también una bioimpedanciometría.

Los resultados concluyen que la suplementación disminuye antes la respuesta al dolor por DOMS y atenúa la pérdida de fuerza elástico explosivo. El edema segmental mejora significativamente en el grupo suplementado, y los marcadores de daño tisular, CPK, LDH y creatinina, muestran valores más bajos también en este grupo, aunque sólo llegan a ser significativos en aquellos con oclusión.

2) The effect of essential fatty acids and antioxidants combined with physiotherapy treatment in recreational athletes with chronic tendon disorders. A randomised, double-blind, placebo-controlled study.

El tamaño muestral del estudio es 40 deportistas diagnosticados de tendinopatía crónica, siendo sólo 31 los que lo concluyeron tras 32 días.

La muestra se divide en dos grupos; uno suplementado con dosis diaria de ácidos grasos esenciales (376mg EPA, 264mg DHA y 672mg de ácido linolénico) y antioxidantes (100 mg selenio, 15 mg zinc, 1 mg vitamina A, 2.2 mg vitamina B6, 90 mg vitamina C and 15 mg vitamina E)(n=17), y el otro grupo mediante placebo (ocho cápsulas con aceite de soja y un comprimido de placebo)(n=14). Se añade, que para facilitar la llegada de flujo sanguíneo a la zona lesionada, todos los sujetos recibieron 16 sesiones de ultrasonido.

Las variables evaluadas son el dolor subjetivo y la actividad deportiva. En el primer caso las mediciones fueron tomadas durante la actividad física y tras la realización de un isométrico en los días 8, 16, 24 y 32, y se cuantificó mediante EVA. Así, el dolor subjetivo reportado fue un 99% menor en el grupo suplementado respecto al grupo placebo ($p<0.001$). Además, disminuyó significativamente tras la realización de un isométrico en el 99% de casos en el grupo suplementado ($p<0.001$).

La segunda variable fue evaluada considerando el tiempo invertido y la tipología de actividad, mediante autorregistro diario. Obteniéndose que la actividad deportiva al inicio y en los días 16 y 32 de tratamiento fue

significativamente mayor en el grupo suplementado (53%) frente al grupo control (11%). No hubo reacciones adversas ni efectos secundarios.

3) Suplemmentation with vitamin C and N-Acetyl-Cisteine increases oxidative stress in humans after an acute muscle injury induced by eccentric exercise.

Cuarenta hombres sanos, no fumadores y desentrenados llevaron a cabo el estudio durante 7 días. El objetivo era determinar si la vitamina C (vit C) y la N-Acetyl-Cisteina (NAC) podrían actuar como pro-oxidantes en condiciones de inflamación. Un grupo suplementado con vit C y NAC y el otro, controlado con placebo, ingerían la solución post-ejercicio en una bebida energética (sin ningún otro suplemento y/o mineral) mediante doble-ciego.

La prueba constaba de 3 sets de 10 repeticiones al 80% de su resistencia máxima en fase excéntrica del brazo no dominante. Se tomaron pruebas de sangre en los días 0 (justo antes del ejercicio) ,2, 3, 4 y 7 siguientes.

Los análisis sanguíneos muestran que en el grupo suplementado con vitC+NAC, los niveles de hierro en suero fueron significativamente mayores ($p<0.05$). Por otro lado, los marcadores de perioxidación, lípido hidroperóxido (LOOH) y 8-iso-prostaglandina-F2a, mostraron una mayor respuesta en el grupo suplementado, siendo ésta significativa en el LOOH.

Además, la respuesta antioxidante incrementa significativamente respecto al grupo placebo. También aumentó la respuesta inflamatoria post-ejercicio, sin embargo, fue un 33% menor en el grupo suplementado.

En relación al daño muscular, a pesar de aumentar los marcadores CK , LDH y mioglobina, siendo de LDH significativamente mayor en el grupo suplementado frente al placebo (p=0.0326), no hubo grandes diferencias intergrupo en cuanto a rango de movilidad y dolor tras la suplementación.

4) The effect of protein and carbohydrate supplementation on strength training outcome of rehabilitation in ACL patients.

26 sujetos con lesión del Ligamento Cruzado Anterior (ACL) completaron el estudio. Fueron aleatoriamente repartidos en tres grupos: Proteína+ Carbohidrato (PC), Carbohidratos Isocalórica (IC), o placebo (PL).

Todos realizaron, durante 12 semanas, 36 sesiones de entrenamiento de fuerza, en las cuales llevaban a cabo tres ejercicios: press de pierna con el pie en posición baja, curl de pierna y press de pierna con el pie en posición alta. Además, a medida que los resultados mejoraban, se aumentaba la intensidad del ejercicio.

Con el fin de controlar el desarrollo de la hipertrofia, la semana anterior y la última se midió el área transversal muscular con resonancia magnética, observándose un aumento significativo de ésta en la zona media (20cm) y proximal (30cm) del muslo en todos los grupos; Sin embargo, en la zona distal (10cm) la diferencia fue significativa entre el PC y PL.

Por otro lado, para el cálculo de la fuerza muscular se usó un dinamómetro, constatando únicamente en el PC un aumento significativo del pico dinámico de fuerza del cuádriceps ($p<0.001$). Además, el ángulo peniforme de las fibras

musculares, determinado mediante ultrasonidos, aumentó significativamente en los grupos PC e IC ($p<0.001$ y $p<0,05$ respectivamente), lo cual muestra una mayor capacidad de fuerza.

5) Combined ingestion of protein and free leucine with carbohydrate increases postexercise muscle protein synthesis in vivo in male subjects.

Ocho sujetos no entrenados participaron en 3 ensayos, con 7 días entre cada uno. En cada ensayo los sujetos, divididos en tres grupos aleatoriamente, consumían a doble ciego una bebida post-ejercicio cuyo contenido era Carbohidratos (CHO), Carbohidratos+ Proteína (CHO+PRO) o Carbohidratos + Proteína + Leucina (CHO+PRO+Leu).

La dosis de CHO era 0,3g/kg, la de proteína 0,2g/kg/h, y de Leucina 0,1g/kg/h.

El ejercicio consistía en 8 sets de 8 repeticiones al 80% de la resistencia máxima en el press de pierna horizontal y en la extensión de pierna. Antes y después de cada ensayo extraen sangre y biopsias del vasto lateral.

Se mostraron niveles de insulina post-ejercicio significativamente mayores en el grupo CHO+PRO+Leu ($p<0.01$). Por otro lado, la leucina aumentó en plasma significativamente en los grupos CHO+PRO y CHO+PRO+Leu, mientras en el grupo CHO disminuyó ligeramente ($p<0.05$). Ambas sustancias mostraron una fuerte correlación en plasma ($r=0,773$, $p<0.001$).

Los grupos suplementados con CHO+PRO y CHO+PRO+Leu se vieron beneficiados por una disminución de la degradación proteica ($p<0.05$), junto con un aumento de la síntesis ($p<0.05$), de la Fractional Synthetic Rate (FRS) y

un balance proteico positivo en comparación con el grupo CHO. Además, se encontró una correlación significativa entre la FRS y la cantidad de Leucina ($r=0.471$, $p<0,05$), la Fenilalanina ($r=0.531$, $p<0.01$), la síntesis proteica corporal ($r=0.548$, $p<0.01$) y el balance proteico corporal ($r=0.507$, $p<0,02$).

6) The Effects of Whey Protein Supplementation on Performance and Hormonal Adaptations Following Resistance Training in Novice Men.

Cuarenta hombres entrenados en peso recreacionalmente se dividieron aleatoriamente en un grupo suplementado con proteína de suero de leche ($n=20$) y otro con placebo ($n=20$) durante 8 semanas a doble ciego.

Ambos grupos realizaron los mismos entrenamientos; un calentamiento al 40% de la 1-RM y después 3 series de 8 repeticiones al 80% en 6 ejercicios diferentes. La resistencia aumentó progresivamente.

La fuerza máxima se midió mediante 1-RM en el press de banca y squat, y la potencia muscular explosiva mediante el salto vertical. Al inicio y fin del estudio se obtuvieron análisis sanguíneos tras desarrollar el entrenamiento para valorar los niveles de testosterona y cortisol. Todos los resultados fueron considerados estadísticamente significativos cuando $p<0.05$.

La suplementación mostró los efectos deseados con incrementos estadísticamente significativos en ambos grupos en cuanto a fuerza máxima, potencia muscular explosiva, niveles de testosterona y peso corporal. Además, esta diferencia fue significativa también respecto al grupo placebo. Por otro lado, los niveles de cortisol disminuyeron respecto al grupo placebo.

7) Calcium and Vitamin D Supplementation Decreases Incidence of Stress Fracture in Female Navy Recruits.

El objetivo es determinar el efecto de la suplementación con calcio y vitamina D sobre el riesgo de fracturas por estrés durante el entrenamiento.

5201 mujeres reclutas sanas intervinieron en el estudio durante 24 meses (Mayo 2001- Marzo 2006), de las cuales sólo 3700 concluyeron el estudio tras 8 semanas.

Inicialmente, completaron un cuestionario sobre los factores de riesgo de fracturas y un registro relativo a los periodos de menstruación para determinar la presencia de amenorrea o uso de anticonceptivos. Se calculó también su índice de masa corporal y, durante la primera semana, se valoró su estado físico mediante el cálculo del tiempo invertido en correr 1,5 millas.

Un estadístico dividió aleatoriamente a los sujetos en un grupo suplementado con 2000mg de calcio y 800 IU de vitamina D por día, y un grupo control con placebo. La suplementación fue a doble ciego y ambos realizaron el mismo entrenamiento.

Trescientos nueve sujetos sufrieron fractura por estrés, con una incidencia de 5,9 % en 8 semanas. Mediante un análisis con Intention-To-Treat (ITT), contando con todos los sujetos que había al inicio, se calculó un 20% menos de fracturas en el grupo suplementado (5,3% frente a 6,6% en el grupo control, p=0.026). En otro análisis per protocol, incluyendo sólo a aquellos que concluyeron el estudio, hubo un 21% menos de fracturas que en el grupo control (6,8% frente a 8,6%, respectivamente. P=0.020).

Como factores predictores del riesgo de fractura se determinaron los siguientes: edad, amenorrea durante el entrenamiento, tiempo en correr 1,5 millas, ejercicio regular y uso de Depo (anticonceptivos).

La suplementación supuso efectos positivos en algunos de estos predictores: la amenorrea disminuyó de un 91% de riesgo en relación a aquellas que si tuvieron la menstruación a un 83% ($p<0.0001$), el riesgo al tomar Depo pasó de un 48% a un 45% tras recibir tratamiento y, por último, en las mujeres que realizaban alto ejercicio físico (factor protector) el riesgo disminuyó de un 34% a un 30%.

8) The Effect of Calcium and VitaminD3 Supplementation on the Healing of the Proximal Humerus Fracture: A Randomized Placebo-Controlled Study.

Estudio prospectivo, aleatorio y de doble ciego. Los participantes son 30 mujeres de entre 58 y 88 años de edad, diagnosticadas de osteopenia u osteoporosis y fractura proximal de húmero no desplazada.

Además, cada sujeto rellenó un cuestionario en relación a la actividad física realizada y el tiempo de exposición solar. Los participantes se asignaron en dos grupos: el primero suplementado con 800 IU de vitamina D3 y 1 gr de Calcio, y el segundo controlado con placebo durante un periodo de doce semanas.

La fractura fue valorada a las semanas 0, 2, 6 y 12 mediante técnicas de imagen de rayos-X, tomadas en posición antero-posterior y lateral, midiendo la distancia existente entre ángulo y los fragmentos en milímetros, excluyéndose

al sujeto del estudio si la fractura se consideraba desplazada. Mediante escáner DEXA se valoraba la densidad mineral ósea (BMD).

El grupo activo se benefició con un aumento de la BMD sobre todo en la sexta semana (0.623g/cm^2 frente a 0.570 g/cm^2 en el grupo placebo)($p<0.006$). La diferencia final entre el grupo activo y el control, usando un modelo multivariado, fue estadísticamente significativa (0.048g/m^3)($P=0.02$).

A nivel bioquímico, los análisis de sangre mostraron un gran aumento en el grupo activo del calcio en suero a la sexta semana ($p<0.001$) y también del 25 OHD_3 entre las semanas 0 y 12 ($p<0.001$).

9) Choline-stabilized orthosilicic acid supplementation as an adjunct to Calcium/Vitamin D3 stimulates markers of bone formation in osteopenic females: a randomized, placebo-controlled trial.

Estudio aleatorio, doble ciego, controlado con placebo. El objetivo es valorar el efecto del silicio (ac. ortosilícico estabilizado con colina) en la formación ósea.

187 mujeres diagnosticadas de osteopenia fueron seleccionadas, sin embargo, sólo 136 lo concluyeron a los doce meses, ya que el resto abandonaron por causas no vinculadas al estudio. De los cuatro grupos diferentes, tres tomaban diferentes dosis de silicio (3, 6 y 12 mg, respectivamente) y el otro era controlado con placebo. Asimismo, todos recibieron 1000mg de calcio y 20µg de colecalciferol (vit D3).

Se tomaron muestras de sangre y orina, y se valoró la BMD mediante DEXA, al comienzo y final del estudio. Además, se midieron los marcadores de formación ósea al comienzo, 6 y 12 meses.

Tras doce meses, se aprecia un aumento de los niveles en suero de la 25-OH vit D3 y algún cambio en los marcadores sanguíneos en todos los grupos, aunque éstos atribuidos al calcio y vit D o la colina.

Los niveles del colágeno tipo I N-terminal propéptido (PINP) son mayores con dosis de 6 y 12mg/día respecto al grupo placebo ($p<0.05$) tras 12 meses de suplementación. Del mismo modo, la fosfatasa alcalina específica del hueso (BAP) también incrementa tras 6 meses de suplementación ($p<0.05$) con 3 y 12mg/día. Sin embargo, la BMD en la columna lumbar y fémur no experimentaron este cambio.

DISCUSIÓN:

Una buena alimentación es esencial para mantener un buen estado de salud. Existen numerosos nutrientes cuyo efecto beneficioso sobre las lesiones ha sido claramente reconocido, sin embargo, otros aún no muestran resultados concluyentes o no se han conseguido controlar las dosis concretas para obtener el efecto deseado.

La bromelina, enzima presente en el corazón de la piña, ha sido estudiada en los últimos años por su carácter antiinflamatorio e inmunoregulador, mostrando

ser beneficioso en numerosas enfermedades. Sus efectos sobre el daño muscular han sido estudiados por Blasco Redondo, R. et al.

En este estudio, el efecto más claro se presenta sobre el edema intramuscular agudo que aparece post-lesión, que es controlado reduciendo la formación de fibrina. También interviene el mecanismo del dolor por DOMS, ya que se cree que éste aparece por la inflamación aguda (regulando la liberación de prostaglandinas y plasmacininas e interaccionando sobre la cascada de ácido araquidónico). Además, es capaz de controlar la pérdida de fuerza elástico-explosiva reduciendo la fatiga aguda post-ejercicio. Por todo esto, la bromelina ayuda a la regeneración tisular en las fases más tempranas post-lesión, siendo útil sobre todo en los síndromes edematosos (9).

El uso de antioxidantes para reducir la respuesta oxidativa durante los procesos inflamatorios es un tema muy poco consensuado hoy en día. Algunos estudios muestran poco o ningún resultado sobre el daño muscular en deportistas, mientras que otros demuestran su carácter pro-oxidativo (10), probablemente a causa del uso de diferentes dosis, poblaciones y situaciones distintas.

En un estudio de A. Childs et al, la combinación de vitamina C (12,5mg/kg) + N-acetal-cisteína (10mg/kg) ingerido posteriormente al daño muscular inducido por el ejercicio excéntrico durante siete días supuso un aumento significativo del proceso oxidativo en el grupo suplementado. Se cree que este efecto se produce por la interacción de moléculas de hierro libre en sangre, que es capaz de activar el proceso de perioxidación y elevar el daño celular.

Aún no se sabe si esto produce consecuencias fisiológicas a corto plazo, ya que el edema, dolor y el rango de movilidad no muestran grandes diferencias tras la suplementación. Además, su uso prolongado en patologías caracterizadas por niveles altos de hierro e inflamación puede ser perjudicial para la salud, es por esto que se necesitan estudios que muestren resultados concluyentes (10).

Otro nutriente que resulta esencial en los procesos inflamatorios son los ácidos grasos Omega-3, precursores de los eicosanoides.

S.Mavrogenesis et al, en un estudio sobre el tratamiento de la tendinopatía crónica, combinaron Omega-3 y antioxidantes (necesarios para la conversión en eicosanoides) con el tratamiento fisioterápico con ultrasonidos, ya que se ha visto que en las lesiones agudas prima la inflamación, mientras que cuando el proceso se vuelve crónico ya no hay inflamación aparente y se aprecia una degradación del colágeno y un aumento de los productos vasculares y celulares. De este modo, con el uso de los ultrasonidos conseguían recrear de nuevo la respuesta inflamatoria para así reactivar el proceso de regeneración y controlarlo mediante la suplementación, obteniéndose resultados muy favorables (1).

Si llevamos a cabo una dieta equilibrada, con un bajo consumo de ácidos grasos Omega-6 y un aumento de los Omega-3 conseguiríamos reducir el dolor y la inflamación. Esto nos permitiría reducir el consumo de fármacos (1).

La suplementación proteica también resulta útil en el abordaje de las lesiones, ya que se ha visto que la actividad física intensa genera también rotura o daño

de las fibras musculares, por tanto, un mayor consumo de proteínas nos ayuda a reparar esas fibras (20, 21, 24).

Además, dentro de un programa de rehabilitación, el reentrenamiento de la fuerza muscular para eliminar la atrofia es necesario. Está demostrado que durante el ejercicio se produce un aumento del metabolismo proteico, por tanto, para que ese programa sea efectivo, y conseguir ganar fuerza muscular e hipertrofia, es necesario aportar al músculo una cantidad adecuada de proteínas para así dar lugar a un balance proteico positivo (21, 24).

En un estudio sobre los efectos de la suplementación combinada de proteínas y carbohidratos en la rehabilitación de la atrofia tras lesión del ACL se ha visto que los efectos inhibitorios de la insulina sobre la degradación proteica y la estimulación de la síntesis proteica mediada por los aminoácidos mejora la adaptación al entrenamiento y genera un incremento de la masa muscular y la hipertrofia (24).

La leucina es un aminoácido ramificado cuya suplementación produce un aumento de la síntesis proteica mediada por la activación de la fosforilación proteica. También disminuye la degradación proteica y aumenta la respuesta insulínica.

La suplementación combinada de la leucina con carbohidratos y proteínas frente a sólo estos dos últimos supone una mayor FRS y un mayor balance proteico, y ha demostrado reducir la oxidación de los aminoácidos. Además, los niveles de insulina aumentan en gran proporción. Por todo esto, el uso combinado de leucina, proteínas y carbohidratos puede ser muy eficaz para

conseguir un aumento de la masa muscular y una mejor recuperación post-ejercicio (20).

La proteína del suero de la leche atenúa el daño muscular mediante la reducción de los niveles de cortisol. Además, incrementa los niveles de testosterona, la cual favorece el anabolismo proteico. Su suplementación nos permite aumentar la síntesis proteica muscular mediante un balance proteico positivo y así permitir una mejor recuperación y menor degradación muscular post-ejercicio. Este nutriente ha demostrado aparecer muy rápido en sangre y generar una mayor ganancia de fuerza que otras proteínas.

Se sabe que su consumo a corto plazo y a dosis de 1,8 gr/kg/día no genera riesgos sobre la salud y permite optimizar el rendimiento, pero aún se desconocen sus efectos a largo plazo, ya que se ha visto que una dieta hiperproteica puede dar lugar a numerosas enfermedades y patologías, por tanto, se requieren más estudios (21).

Por otro lado, en relación a la prevención y tratamiento de fracturas algunos nutrientes han resultado ser potencialmente eficaces. Muchos de los estudios se han realizado en personas diagnosticadas de osteopenia u osteoporosis, (33, 37), cuya fragilidad es aún mayor al realizar deporte (32).

Generalmente, las fracturas de estrés se producen a consecuencia del excesivo ejercicio en cortos periodos de tiempo sin un rango suficiente para la recuperación. Este tipo de lesiones es más frecuente en mujeres, y aún más si presentan osteoporosis.

En uno de los estudios anteriormente analizados se confirma la relevancia de su suplementación para prevenir las fracturas por estrés. Tras 24 meses de suplementación se confirma que con 2000mg de calcio y 800 UI de vitamina D el número total de fracturas disminuye, actuando sobre los factores que muestran ser de mayor riesgo (edad mayor a 25, poca actividad física, amenorrea, uso de anticonceptivos, tabaco y tiempo de carrera).

Sin embargo, en la mayoría de sujetos la ingesta diaria de calcio era inferior a la recomendada (300mg sobre1000mg), por tanto, los resultados obtenidos no son de extrañar (32).

Como terapia para la consolidación ósea tras fractura también muestra efectos significativos. A. M. Doetch et al. evidenciaron en su estudio en personas con baja BMD y fractura proximal de húmero que la suplementación con calcio y vitamina D3 durante 12 semanas generaba un aumento de la BMD, siendo significativo en la sexta semana y coincidiendo con la consolidación del callo óseo, ayudando así al proceso de regeneración ósea. La baja muestra del estudio puede interferir sobre los resultados, además, las mujeres también presentaban déficit de vitamina D y el 80% osteoporosis u osteopenia (33).

En base a estos resultados, el calcio y la vitamina D han demostrado ser un método seguro, barato y fácil que permitiría reducir la morbilidad y costes económicos sin afectar en negativo al rendimiento y metas del deportista (32).

Otro nutriente muy importante es el Silicio. La suplementación combinada con calcio + vitamina D3 (respecto a sólo calcio + vitamina D3) durante un periodo de 12 meses a dosis de 6 y 12 mg ha mostrado ser útil para la regeneración del

colágeno óseo, ya que no sólo aumenta significativamente el PINP, sino que también hay una tendencia al aumento del CTX-1; sin embargo, la relación dosis-efecto aún no es clara.

Este efecto sobre el metabolismo del colágeno le adquiere al hueso un incremento en calidad, aportándole mayor elasticidad y estructuración a los tejidos conectivos, ya que la cantidad ósea (BMD) no muestra cambios significativos al valorar su efecto sobre las lumbares (0.98% aumento). Este cambio únicamente se aprecia significativamente sobre el cuello femoral con 6mg de dosis (2% aumento).

Un 26% de participantes abandonaron el estudio, lo cual reduce la eficacia del estudio. Además, las dosis utilizadas (3, 6 y 12 mg) son inferiores a las recomendadas en personas post-menopaúsicas (18,3 mg). Esta puede ser la causa de tan bajos resultados sobre la BMD, por tanto, se requieren más estudios (37).

BIBLIOGRAFÍA:

1. Søren Mavrogenisa, Egil Johannessenb, Pa°l Jensenb, Christian Sindberg. The effect of essential fatty acids and antioxidants combined with physiotherapy treatment in recreational athletes with chronic tendon disorders. A randomised, double-blind, placebo-controlled study. Physical Therapy in Sport 5 (2004) 194–199.

2. Paul Comfort and Earle Abrahamson. Sports Rehabilitation and Injury Prevention. John Wiley & Sons, Ltd. UK..Wiley-Blackwell (2010). Pags 245-267.

3. ELEFTHERIOS KELLIS, CRISTINA LIASSOU. The Effect of Selective Muscle Fatigue on Sagittal Lower Limb Kinematics and Muscle Activity During Level Running. (2009)| .journal of orthopaedic & sports physical therapy volume 39 .number 3 . PAGS 210-220.

4. Jonathan D. Chapell, MD Daniel C. Herman, Bradford S. Knight, MD Donald T. Kirkendall, PhD. William E. Garrett, MD, Phd, and Bing Yu, PhD. Effect of Fatigue on Knee Kinetics and Kinematics in Stop-Jump Tasks. The American Journal of Sports Medicine. (2005). Vol 33. No 7.

5. Nieves Palacios Gil-Antuñan, Luis Franco Bonafonte, Pedro Manonelles Marqueta, Begoña Manuz González, José A. Villegas García. CONSENSO SOBRE BEBIDAS PARA EL DEPORTISTA. COMPOSICIÓN Y PAUTAS DE REPOSICIÓN DE LÍQUIDOS.DOCUMENTO DE CONSENSO DE LA FEDERACIÓN

ESPAÑOLA DE MEDICINA DEL DEPORTE. ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE. (2008). VOLUMEN XXV - N.º 126 Págs. 245-258.

6. Nieves Palacios Gil de Antuñano, Pedro Manonelles Marqueta, Raquel Blasco Redondo, Luis Franco Bonafonte, Teresa Gaztañaga Aurrekoetxea, Begoña Manuz González, José Antonio Villegas García. AYUDAS ERGOGÉNICAS NUTRICIONALES PARA LAS PERSONAS QUE REALIZAN EJERCICIO FÍSICO. DOCUMENTO DE CONSENSO DE LA FEDERACION ESPAÑOLA DE MEDICINA DEL DEPORTE. ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE (2012). Volumen XXIX (Suplemento 1).

7. Laurie H.G. Rauch, Ian Rodger, Gary R. Wilson, Judy D. Belonje, Steven C. Dennis, Timothy D. Noakes, and John A. Hawley. The Effects of Carbohydrate Loading on Muscle Glycogen Content and Cycling Performance. International Journal of Sport Nutrition,(1995) , 5, 25-36

8. Bailey, D. M., Williams, C., Betts, J., Thompson, D. and Hurst, T. Oxidative stress, inflammation and recovery of muscle function after damaging exercise: Effect of 6-weeks mixed antioxidant supplementation. European Journal of Applied Physiology, (2011) 111 (6). pp. 925-936.

9. Raquel Blasco Redondo, Jacobo A. Rubio Arias, Anna Anguera Vilá, Arantxa Ayllón Sánchez, Domingo J. Ramos Campo, José F. Jiménez Díaz. SUPLEMENTACIÓN CON BROMELINA EN EL DAÑO MUSCULAR PRODUCIDO DURANTE EL EJERCICIO FÍSICO

EXCÉNTRICO. ESTUDIO BROMESPORT. Archivos de medicina del deporte (2012). Volumen XXIX. Número 150. Págs. 769-783.

10. CHILDS, C. JACOBS, T. KAMINSKI, B. HALLIWELL, and C. LEEUWENBURGH. SUPPLEMENTATION WITH VITAMIN C AND N-ACETYL-CYSTEINE INCREASES OXIDATIVE STRESS IN HUMANS AFTER AN ACUTE MUSCLE INJURY INDUCED BY ECCENTRIC EXERCISE.(2001) Free Radical Biology & Medicine, Vol. 31, No. 6, pp. 745–753.

11. Serge Hercberg, MD, PhD; Pilar Galan, MD, PhD; Paul Preziosi, MD; Sandrine Bertrais, PhD; Louise Mennen, PhD; Denis Malvy, MD, PhD; Anne-Marie Roussel, PhD; Alain Favier, PhD; Serge Briançon, MD. A Randomized, Placebo-Controlled Trial of the Health Effects of Antioxidant Vitamins and Minerals. ARCH INTERN MED (2004) VOL 164, NOV 22, 2335-2342.

12. Graeme L. Close, Tony Ashton, Tim Cable, Dominic Doran, Chris Holloway, Frank McArdle and Don P. M. MacLaren. Ascorbic acid supplementation does not attenuate post-exercise muscle soreness following muscle-damaging exercise but may delay the recovery process. British Journal of Nutrition (2006), 95, 976–981.

13. Richard J Bloomer, Michael J Falvo, Brian K Schilling and Webb A Smith. Prior exercise and antioxidant supplementation: effect on oxidative stress and muscle injury. Journal of the International Society of Sports Nutrition 2007, 4:9.

14. S. R. Kearns, A. F. Daly, K. Sheehan, P. Murray, C. Kelly, D. Bouchier-Hayes. Oral vitamin C reduces the injury to skeletal muscle caused by compartment syndrome. J Bone Joint Surg [Br] (2004);86-B:906-11.

15. S. R. Kearns, D. Moneley, P. Murray, C. Kelly, A. F. Daly. Oral vitamin C attenuates acute ischaemia-reperfusion injury in skeletal muscle. J Bone Joint Surg [Br] (2001);83-B:1202-6.

16. Silke Müller, Reinhard März, Manfred Schmolz, Bernd Drewelow, Klaus Eschmann and Peter Meiser. Placebo-controlled Randomized Clinical Trial on the Immunomodulating Activities of Low- and High-Dose Bromelain after Oral Administration – New Evidence on the Antiinflammatory Mode of Action of Bromelain. Phytother. Res. (2013) 27: 199–204.

17. Kelly B. Jouris , Jennifer L. McDaniel and Edward P. Weis. The effect of omega-3 fatty acid supplementation on the inflammatory response to eccentric strength exercise. Journal of Sports Science and Medicine (2011) 10, 432-438.

18. Richard J Bloomer, Douglas E Larson, Kelsey H Fisher-Wellman, Andrew J Galpin and Brian K Schilling. Effect of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid on resting and exercise-induced inflammatory and oxidative stress biomarkers: a randomized, placebo controlled, cross-over study. Lipids in Health and Disease (2009), 8:36.

19. Yoshiharu Shimomura,Yuko Yamamoto, Gustavo Bajotto, Juichi Sato,yTaro Murakami, Noriko Shimomura,z Hisamine Kobayashi,yy and

Kazunori Mawatariyy. Nutraceutical Effects of Branched-Chain Amino Acids on Skeletal Muscle. J. Nutr. (2006) 136: 529S–532S.

20. Rene´ Koopman, Anton J. M. Wagenmakers, Ralph J. F. Manders, Antoine H. G. Zorenc, Joan M. G. Senden, Marchel Gorselink, Hans A. Keizer, and Luc J. C. van Loon. Combined ingestion of protein and free leucine with carbohydrate increases postexercise muscle protein synthesis in vivo in male subjects. Am J Physiol Endocrinol Metab (2005)288: E645–E653.

21. Hamid Arazi, Mehdi Hakimi, Kako Hoseini. The Effects of Whey Protein Supplementation on Performance and Hormonal Adaptations Following Resistance Training in Novice Men. BALTIC JOURNAL OF HEALTH AND PHYSICAL ACTIVITY (2011) Volume 3, No 2, 87-95.

22. Marcelo G. Pereira, Igor L. Baptista, Eduardo O. C. Carlassara, Anselmo S. Moriscot, Marcelo S. Aoki, Elen H. Miyabara. Leucine Supplementation Improves Skeletal Muscle Regeneration after Cryolesion in Rats. PLoS ONE (2014) 9(1): e85283.

23. Elisa I. Glover, Stuart M. Phillips, Bryan R. Oates, Jason E. Tang, Mark A. Tarnopolsky, Anna Selby, Kenneth Smith and Michael J. Rennie. Immobilization induces anabolic resistance in human myofibrillar protein. synthesis with low and high dose amino acid infusion. J Physiol (2008) 586.24. pp 6049–6061.

24. L. Holm, B. Esmarck, M. Mizuno, H. Hansen, C. Suetta, P.Hölmich, M. Krogsgaard, M. Kjaer. The Effect of Protein and Carbohidrate

Supplementation on strength Training Outcome of Rehabilitation in ACL Patients.J Orthop Res (2006) .24: 2114-212

25. Peter Hespel, Bert Op‘t Eijnde, Marc Van Leemputte, Birgitte Ursø, Paul L. Greenhaff , Valery Labarque, Steven Dymarkowski, Paul Van Hecke and Erik A. Richter. Oral creatine supplementation facilitates the rehabilitation of disuse atrophy and alters the expression of muscle myogenic factors in humans. Journal of Physiology (2001), 536.2, pp.625–633.

26. Adam P.W Johnston, Darren G. Burke, Lauren G. MacNeil, and Darren G. Candow. Effect of Creatine Supplementation During Cast-Induced Inmovilization on the Preservation of muscle Mass, Strength, and Endurance.Journal of Strength and Conditioning Research (2009). 23(1)/116-120.

27. Timothy F. Tyler, Stephen J. Nicholas, Elliot B. Hershman, Beth W. Glace, Michael J. Mullaney, and Malachy P. McHugh. The effect of Creatine Supplementation on Strength Recovery After Anterior Cruciate Ligament (ACL) Reconstruction. The American Journal of Sports Medicine (2004). Vol 32. No 2. Pp 383-388.

28. Masashi Morifuji, Kensuke Sakai, Chiaki Sanbongi, and Katsumi Sugiura. Dietary whey protein increases liver and skeletal muscle glycogen levels in exercise-trained rats.British Journal of Nutrition (2005), 93, 439–445.

29. Matthew A. Wyon, Yiannis Koutedakis, Roger Wolman, Alan M. Nevill, Nick Allen. The influence of winter vitamin D supplementation on muscle

function and injury occurrence in elite ballet dancers: A controlled study. Journal of Science and Medicine in Sport (2014).17.pp 8– 12.

30. Akash Sinha, Kieren G. Hollingsworth, Steve Ball, and Tim Cheetham. Improving the Vitamin D Status of Vitamin D Deficient Adults Is Associated With Improved Mitochondrial Oxidative Function in Skeletal Muscle. J Clin Endocrinol Metab,(2013), 98(3):E509–E513.

31. Ioannis Stratos, Zhengdong Li, Philipp Herlyn, Robert Rotter, Ann-Kathrin Behrendt, Thomas Mittlmeier,y and Brigitte Vollmar. Vitamin D Increases Cellular Turnover and Functionally Restores the Skeletal Muscle after Crush Injury in Rats. The American Journal of Pathology, (2013)Vol. 182, No. 3.pp 895-904.

32. Joan Lappe, Diane Cullen, Gleb Haynatzki, Robert Recker, Renee Ahlf, and Kerry Thompson. Calcium and Vitamin D Supplementation Decreases Incidence of Stress Fractures in Female Navy Recruits. JOURNAL OF BONE AND MINERAL RESEARCH (2008) Volume 23, Number 5, pp 741-749.

33. M. Doetsch, J. Faber, N. Lynnerup, I. Watjen, H. Bliddal, B. Danneskiold–Samsøe. The Effect of Calcium and Vitamin D3 Supplementation on the Healing of the Proximal Humerus Fracture: A Randomized Placebo-Controlled Study. Calcif Tissue Int (2004) 75:183–188.

34. Ravin Jugdaohsingh, Katherine L Tucker, Ning Qiao, L Adrienne Cupples, Douglas P Kiel, and Jonathan J Powell. Dietary Silicon Intake Is

Positively Associated With Bone Mineral Density in Men and Premenopausal Women of the Framingham Offspring Cohort. J Bone Miner Res(2004);19:297–307.

35. D. SEABORN AND F. H. NIELSEN. Silicon Deprivation Decreases Collagen Formation in Wounds and Bone, and Ornithine Transaminase Enzyme Activity in Liver. Biological Trace Element Research (2002)Vol. 89, pp 251-261.

36. Mi-Hyun Kim & Yun-Jung Bae & Mi-Kyeong Choi & Yoon-Sok Chung. Silicon Supplementation Improves the Bone Mineral Density of Calcium-Deficient Ovariectomized Rats by Reducing Bone Resorption. Biol Trace Elem Res (2009) 128:239–247.

37. Tim D Spector1, Mario R Calomme, Simon H Anderson, Gail Clement, Liisa Bevan, Nathalie Demeester, Rami Swaminathan, Ravin Jugdaohsingh, Dirk A Vanden Berghe, and Jonathan J Powell. Choline-stabilized orthosilicic acid supplementation as an adjunct to Calcium/Vitamin D3 stimulates markers of bone formation in osteopenic females: a randomized, placebo-controlled trial. BMC Musculoskeletal Disorders 2008, 9:85.

38. S.-I. Katsumata, H. Matsuzaki, M. Uehara, K. Suzuki. Effect of dietary magnesium supplementation on bone loss in rats fed a high phosphorus diet. Magnesium Research 2005; 18 (2): 91-6.

39. Thomas O. Carpenter, Maria C. DeLucia, Jane Hongyuan Zhang, Gina Bejnerowicz, Lisa Tartamella, James Dziura, Kitt Falk Petersen, Douglas

Befroy, and Dorothy Cohen. A Randomized Controlled Study of Effects of Dietary Magnesium Oxide Supplementation on Bone Mineral Content in Healthy Girls. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism (2006). 91(12):4866–4872.

ANEXO 1: Escala CASPe.

PUNTUACIÓN EVIDENCIA CIENTÍFICA SEGÚN LA ESCALA CASPe:											
Artículo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Suplementación con bromelina en el daño muscular producido durante el ejercicio físico excéntrico. Estudio Bromesport.	+	+	+	+	+	+	Mejor recuperación post-lesión.	P<0.05	+	+	+
The effect of essential fatty acids and antioxidants combined with physiotherapy treatment in recreational athletes with chronic tendon disorders. A randomised, double-blind, placebo-controlled study.	+	+	-	+	+	+	Mejora el dolor y se recupera la actividad física.	P<0.001	+	+	+
Suplemmentation with vitamin C and N-Acetyl-Cisteine increases oxidative stress in humans after an acute muscle injury induced by eccentric exercise:	+	-	+	+	+	+	Aumenta la respuesta oxidativa post-ejercicio.	P<0.05	+	+	+
The effect of protein and carbohydrate supplementation on strength training outcome of rehabilitation in ACL patients.	+	+	-	+	+	+	Mejor recuperación de la masa y fuerza muscular.	P<0.05	+	+	+

Combined ingestion of protein and free leucine with carbohydrate increases postexercise muscle protein synthesis in vivo in male subjects	+	+	+	+	+	+	Destacada respuesta proteica para la recuperacion muscular.	P<0.05	+	+	+
The Effects of Whey Protein Supplementation on Performance and Hormonal Adaptations Following Resistance Training in Novice Men.	+	+	+	+	+	+	Desarrollo hipertrofia y mayor anabolismo proteico y menor degradación muscular.	P<0.05	+	+	+
Calcium and Vitamin D Supplementation Decreases Incidence of Stress Fracture in Female Navy Recruits.	+	+	-	+	+	+	Disminuye el riesgo de fractura pos estrés.	P<0.05	+	+	+
The Effect of Calcium and Vitamin D3 Supplementation on the Healing of the Proximal Humerus Fracture: A Randomized Placebo-Controlled Study.	+	+	-	+	+	+	Aumenta la mineralizacion ósea.	P<0.05	+	+	+
Choline-stabilized orthosilicic acid supplementation as an adjunct to Calcium/Vitamin D3 stimulates markers of bone formation in osteopenic females: a randomized, placebo-controlled trial.	+	+	+	+	+	+	Favorece el metabolismo del colágeno.	P<0.05	+	+	+

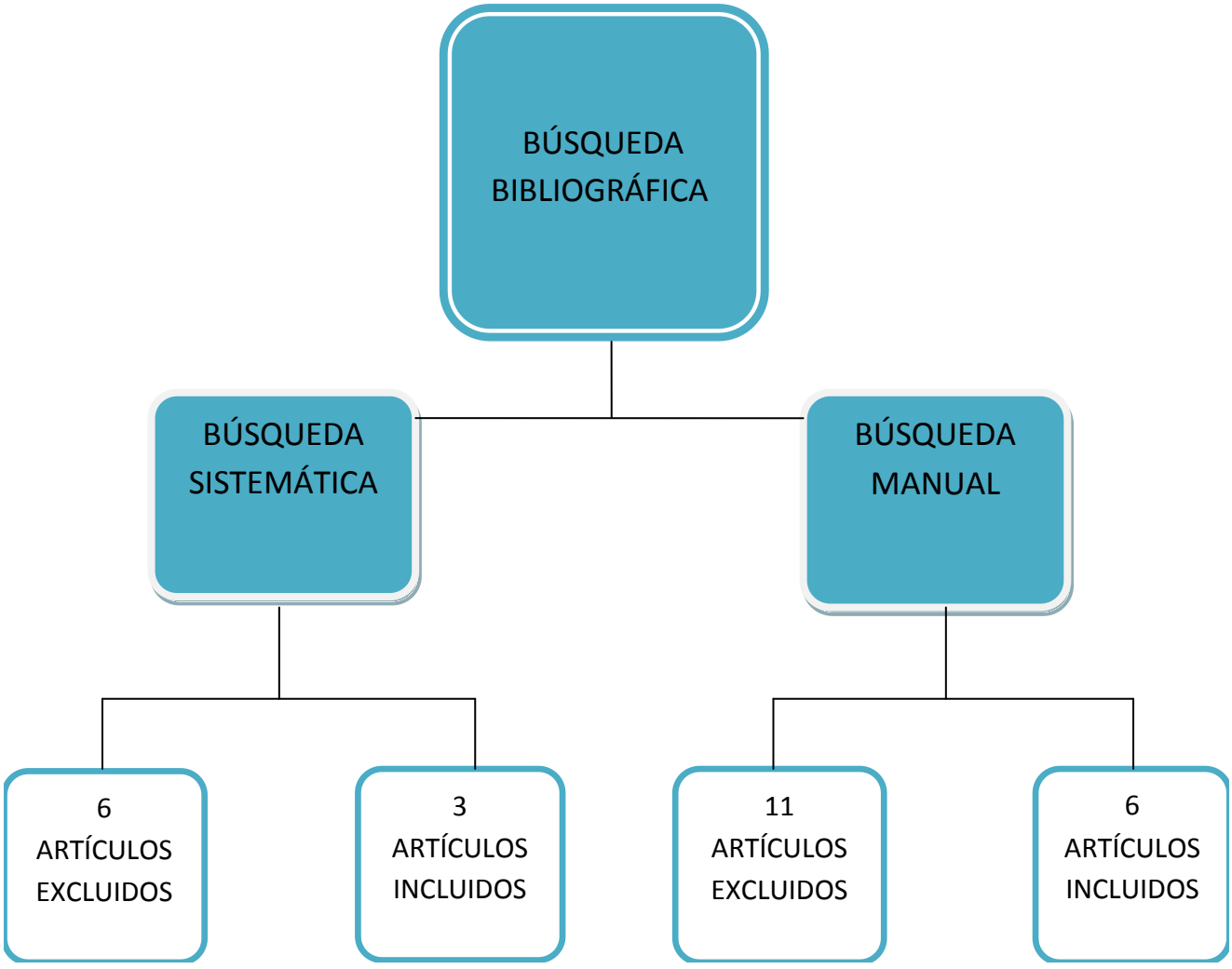
ANEXO 2: Tabla de resultados de búsqueda.

REFERENCIA	INCLUSIÓN	MOTIVO DE EXCLUSIÓN
Timothy F. Tyler, Stephen J. Nicholas, Elliot B. Hershman, Beth W. Glace, Michael J. Mullaney, and Malachy P. McHugh. The effect of Creatine Supplementation on Strength Recovery After Anterior Cruciate Ligament (ACL) Reconstruction. The American Journal of Sports Medicine (2004). Vol 32. No 2. Pp 383-388.	No	No existe ningún beneficio claro tras la suplementación.
Tim D Spector1, Mario R Calomme, Simon H Anderson, Gail Clement, Liisa Bevan, Nathalie Demeester, Rami Swaminathan, Ravin Jugdaohsingh, Dirk A Vanden Berghe, and Jonathan J Powell. Choline-stabilized orthosilicic acid supplementation as an adjunct to Calcium/Vitamin D3 stimulates markers of bone formation in osteopenic females: a randomized, placebo-controlled trial. BMC Musculoskeletal Disorders 2008, 9:85.	Sí	
Silke Müller, Reinhard März, Manfred Schmolz, Bernd Drewelow, Klaus Eschmann and Peter Meiser. Placebo-controlled Randomized Clinical Trial on the Immunomodulating Activities of Low- and High-Dose Bromelain after Oral Administration – New Evidence on the Antiinflammatory Mode of Action of Bromelain. Phytother. Res. (2013) 27: 199–204 .	No	Los resultados no van acordes al tema de nuestra revisión
Thomas O. Carpenter, Maria C. DeLucia, Jane Hongyuan Zhang, Gina Bejnerowicz, Lisa Tartamella, James Dziura, Kitt Falk Petersen, Douglas Befroy, and Dorothy Cohen. A Randomized Controlled Study of Effects of Dietary Magnesium Oxide Supplementation on Bone Mineral Content in Healthy Girls. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism (2006). 91(12):4866–4872.	No	El estudio se realiza en niñas adolescentes sanas que no presentan ningún déficit ni patología.
M. Doetsch, J. Faber, N. Lynnerup, I. Watjen, H. Bliddal, B. Danneskiold–Samsøe. The Effect of Calcium and Vitamin D3 Supplementation on the Healing of the Proximal Humerus Fracture: A Randomized Placebo-Controlled Study. Calcif Tissue Int (2004) 75:183–188.	Sí	
CHILDS, C. JACOBS, T. KAMINSKI, B. HALLIWELL, and C. LEEUWENBURGH. SUPPLEMENTATION WITH VITAMIN C AND N-	Sí	

ACETYL-CYSTEINE INCREASES OXIDATIVE STRESS IN HUMANS AFTER AN ACUTE MUSCLE INJURY INDUCED BY ECCENTRIC EXERCISE.(2001) Free Radical Biology & Medicine, Vol. 31, No. 6, pp. 745–753.		
Richard J Bloomer, Douglas E Larson, Kelsey H Fisher-Wellman, Andrew J Galpin and Brian K Schilling. Effect of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid on resting and exercise-induced inflammatory and oxidative stress biomarkers: a randomized, placebo controlled, cross-over study. Lipids in Health and Disease (2009), 8:36.	No	Los resultados no son de gran alcance.
Adam P.W Johnston, Darren G. Burke, Lauren G. MacNeil, and Darren G. Candow. Effect of Creatine Supplementation During Cast-Induced Inmovilization on the Preservation of muscle Mass, Strength, and Endurance.Journal of Strength and Conditioning Research (2009). 23(1)/116-120.	No	El estudio se realiza a simple ciego y en personas no lesionadas.
Jonathan D. Chapell, MD Daniel C. Herman, Bradford S. Knight, MD Donald T. Kirkendall, PhD. William E. Garrett, MD, Phd, and Bing Yu, PhD. Effect of Fatigue on Knee Kinetics and Kinematics in Stop-Jump Tasks. The American Journal of Sports Medicine. (2005). Vol 33. No 7.	No	No hace referencia al abordaje nutricional.
Kelly B. Jouris , Jennifer L. McDaniel and Edward P. Weis. The effect of omega-3 fatty acid supplementation on the inflammatory response to eccentric strength exercise. Journal of Sports Science and Medicine (2011) 10, 432-438.	No	La población de estudio es muy reducida y, variables como el sexo o edad, difieren mucho. Además, los resultados no son significativos.
Raquel Blasco Redondo, Jacobo A. Rubio Arias, Anna Anguera Vilá, Arantxa Ayllón Sánchez, Domingo J. Ramos Campo, José F. Jiménez Díaz. SUPLEMENTACIÓN CON BROMELINA EN EL DAÑO MUSCULAR PRODUCIDO DURANTE EL EJERCICIO FÍSICO EXCÉNTRICO. ESTUDIO BROMESPORT. Archivos de medicina del deporte (2012). Volumen XXIX. Número 150. Págs. 769-783.	Sí	
Søren Mavrogenisa, Egil Johannessenb, Pa°l Jensenb, Christian Sindberg. The effect of essential fatty acids and antioxidants combined with physiotherapy treatment in recreational athletes with chronic tendon disorders. A randomised, double-blind, placebo-controlled study. Physical Therapy in Sport 5 (2004) 194–199.	Sí	

Rene´ Koopman, Anton J. M. Wagenmakers, Ralph J. F. Manders, Antoine H. G. Zorenc, Joan M. G. Senden, Marchel Gorselink, Hans A. Keizer, and Luc J. C. van Loon. Combined ingestion of protein and free leucine with carbohydrate increases postexercise muscle protein synthesis in vivo in male subjects. Am J Physiol Endocrinol Metab (2005)288: E645–E653.	Sí	
Hamid Arazi, Mehdi Hakimi, Kako Hoseini. The Effects of Whey Protein Supplementation on Performance and Hormonal Adaptations Following Resistance Training in Novice Men. BALTIC JOURNAL OF HEALTH AND PHYSICAL ACTIVITY (2011) Volume 3, No 2, 87-95.	Sí	
L. Holm, B. Esmarck, M. Mizuno, H. Hansen, C. Suetta, P.Hölmich, M. Krogsgaard, M. Kjaer. The Effect of Protein and Carbohidrate Supplementation on strength Training Outcome of Rehabilitation in ACL Patients.J Orthop Res (2006) .24: 2114-212	Sí	
Joan Lappe, Diane Cullen, Gleb Haynatzki, Robert Recker, Renee Ahlf, and Kerry Thompson. Calcium and Vitamin D Supplementation Decreases Incidence of Stress Fractures in Female Navy Recruits. JOURNAL OF BONE AND MINERAL RESEARCH (2008) Volume 23, Number 5, pp 741-749.	Sí	
Akash Sinha, Kieren G. Hollingsworth, Steve Ball, and Tim Cheetham. Improving the Vitamin D Status of Vitamin D Deficient Adults Is Associated With Improved Mitochondrial Oxidative Function in Skeletal Muscle. J Clin Endocrinol Metab,(2013), 98(3):E509–E513.	No	Estudio con número bajo de muestra, sin grupo controlado con placebo y no ciego. Por tanto, los resultados son pobres y poco fiables.

ANEXO 3: Flujograma.



ANEXO 4: Tabla resultados artículos seleccionados.

Referencia	Tipo de estudio	Pacientes	Tipo de intervención	Resultados
Blasco Redondo, R. et al (9)	Estudio piloto, diseño cuasi-experimental multicéntrico, aleatorio, a doble ciego, paralelo y controlado con placebo.	45 varones sanos divididos en cuatro grupos.	Se valora los efectos de la Bromelina sobre el daño muscular post.ejercicio entre los grupos con oclusión y sin ella.	Disminuye el dolor por DOMS, neutraliza el edema intramuscular y disminuye la pérdida de fuerza elástico-explosiva. Mejora la regeneración tisular.
S. Mavrogenis et al (1)	Estudio aleatorio, doble ciego, controlado con placebo.	40 deportistas recreacionales con tendinopatía crónica dispuestos en dos grupos.	Se combina el tratamiento de ácidos grasos Omega-3 con antioxidantes y ultrasonidos para valorar su efecto sobre esta disfunción.	Se reduce significativamente el dolor y también permite aumentar el tiempo dedicado a la actividad física y su intensidad.
A.Childs et al (10)	Estudio doble ciego, controlado con placebo.	40 hombres sanos, no fumadores y desentrenados, repartidos en dos grupos.	Se suplementa a un grupo con vitamina C y NAC y al otro con placebo tras la práctica deportiva.	La suplementación ejerce un efecto pro-oxidativo y un incremento en el daño tisular.
L. Holm et al (24)	Estudio aleatorio, doble ciego, controlado con placebo.	26 sujetos con lesión de Ligamento cruzado anterior distribuidos en tres grupos.	Se estudian las diferencias tras 36 sesiones de entrenamiento de fuerza entre una dieta con CHO y proteinas, otra isocalórica de CHO y otra con placebo.	El grupo suplementado con CHO y proteínas demostró un mayor desarrollo de fuerza e hipertrofia.

René Koopman et al (20)	Estudio aleatorio, doble ciego, controlado con placebo.	8 sujetos no entrenados fueron divididos en tres grupos.	Se comparan los efectos de la suplementación con CHO+ proteínas, con o sin Leucina respecto a sólo CHO.	En el grupo suplementado con CHO+ proteínas+ Leucina disminuye la síntesis proteica es mucho mayor y el balance proteico también.
H. Arazi et al (21)	Estudio aleatorio, a doble ciego, controlado con placebo.	40 hombres entrenados recreacionalmente en peso dispuestos en dos grupos.	Se valora la respuesta que genera la proteína del suero de la leche a nivel hormonal y sobre el rendimiento en un programa de entrenamiento de peso.	Incrementa la masa muscular y la fuerza significativamente. Además, aumenta la testosterona y disminuye el cortisol.
Joan Lappe et al	Estudio aleatorio, a doble ciego, suplementado con placebo.	5201 mujeres reclutas de la marina con déficit de calcio fueron divididas en dos grupos. Sólo 3700 lo concluyeron.	Se compara el resultado de la suplementación con calcio y vitamina D frente a un grupo placebo en relación al riesgo de fracturas por estrés.	La suplementación disminuye la incidencia de fracturas por estrés.
A. M. Doetsch et al (33)	Estudio aleatorio, doble ciego, controlado con placebo.	30 mujeres entre 58-88 años de edad, con fractura proximal de húmero y diagnosticadas de osteopenia u osteoporosis fueron asignadas aleatoriamente en dos grupos.	Se examinan durante 12 semanas la repercusión de la suplementación con calcio y vitamina D sobre la regeneración ósea.	Se produce un incremento significativo de la BMD a la sexta semana, coincidiendo con la consolidación final del callo óseo.

Tim D Spector et al (37)	Estudio aleatorio, doble ciego, controlado con placebo.	184 mujeres diagnosticadas de osteopenia intervinieron en el estudio, de las cuales solo 136 lo finalizaron. Los participantes se dividieron en cuatro grupos.	Se valoran los efectos del Silicio a diferentes dosis junto con el Calcio y la Vitamina D en el proceso de formación ósea.	La suplementación con Silicio demuestra ser beneficiosa para la formación del colágeno óseo y el aumento de su metabolismo.