

Hidratació i carbohidrats en esports intermitents

Hidratación y carbohidratos en deportes intermitentes

Pablo López de Viñaspre

Llicenciat en Educació Física. M. Ed. en Fisiologia de l'Exercici

RESUM

L'efecte de la ingesta de carbohidrats sobre el rendiment en esports de caràcter continu ha estat estudiat de fa quasi 70 anys per fisiòlegs, i la majoria d'estudis estan d'acord que aquest substrat és un factor limitant per al rendiment en esports que requereixin una despesa energètica entre el 65-80% del VO_2 màx. durant més de 60-90 minuts.

Alguns investigadors han estudiat els efectes del subministrament de carbohidrats sobre la utilització del glucogen muscular i sobre el rendiment en exercicis de tipus intermitent i d'intensitat variable, però només uns quans han estudiat el paper que té la ingesta de carbohidrats en situacions reals d'esports intermitents com el futbol, el bàsquet, l'hoquei o el rugbi. El tipus d'interval utilitzats en la majoria d'estudis de laboratori no correspon amb el que passa realment en aquests esports, per la qual cosa és difícil utilitzar els resultats d'aquests estudis per esclarir l'efecte dels carbohidrats sobre el rendiment en esports intermitents.

La possibilitat que hi pugui haver un estalvi de glucogen muscular després de subministrar carbohidrats és una de les qüestions més debatudes. Malgrat la discrepància dels diferents estudis pel que fa a la utilització del glucogen muscular, la majoria d'ells mostren una millora en la capacitat de realitzar exercicis d'intensitat elevada en els moments finals del test.

El caràcter intermitent d'aquests esports i l'elevada intensitat d'algunes de les seves accions, genera una gran dependència sobre la utilització dels carbohidrats, i especialment sobre el glucogen muscular, com a principal font d'energia.

En conclusió, tot i que calen més estudis en aquesta àrea, les dades disponibles actualment donen suport a un possible efecte beneficiós de la utilització de carbohidrats en esports intermitents.

RESUMEN

El efecto de la ingesta de carbohidratos sobre el rendimiento en deportes de carácter continuo ha sido estudiado por fisiólogos desde hace casi 70 años, y la mayoría de estudios están de acuerdo en que este substrato es un factor limitante para el rendimiento en deportes que requieran un gasto energético entre el 65-80% del VO_2 máx. durante más de 60-90 minutos.

Algunos investigadores han estudiado los efectos del suministro de carbohidratos sobre la utilización del glucógeno muscular y sobre el rendimiento en ejercicios de tipo intermitente y de intensidad variable, pero sólo unos pocos han estudiado el rol que tiene la ingesta de carbohidratos en situaciones reales de deportes intermitentes como el fútbol, baloncesto, hockey o rugby. El tipo de intervalos utilizados en la mayoría de estudios de laboratorio no corresponde con lo que en realidad ocurre en estos deportes, por lo que es difícil utilizar los resultados de estos estudios para esclarecer el efecto de los carbohidratos sobre el rendimiento en deportes intermitentes.

La posibilidad de que pueda ocurrir un ahorro de glucógeno muscular tras suministrar carbohidratos, es una de las cuestiones más debatidas. A pesar de las discrepancias entre los diferentes estudios en lo referente a la utilización del glucógeno muscular, la mayoría de estudios muestran una mejora en la capacidad de realizar ejercicios de elevada intensidad en los momentos finales del test. El carácter intermitente de estos deportes y la elevada intensidad de algunas de sus acciones, genera una gran dependencia sobre la utilización de los carbohidratos, y especialmente sobre el glucógeno muscular, como principal fuente de energía.

En conclusión, aunque son necesarios más estudios en este área, los datos disponibles actualmente apoyan un posible efecto beneficioso de la utilización de carbohidratos en deportes intermitentes.

Introducció

El consum de begudes alimentoses que contenen diverses quantitats d'electròlits i altres nutrients com ara carbohidrats, amb el propòsit d'augmentar el rendiment esportiu, és molt difós en algunes especialitats esportives. Hom suposa que el consum d'aquestes begudes evita o disminueix algunes de les respostes que l'exercici produeix en l'organisme i que són, o poden ser, causa de fatiga.

Els canvis homeostàtics produïts per l'exercici que poden tenir un efecte negatiu sobre el rendiment esportiu inclouen: una disminució del volum plasmàtic, un augment de la temperatura corporal, un augment de l'osmolalitat plasmàtica i una disminució d'alguns dels nutrients necessaris per a la producció d'energia (Buskirk i Puhl, 1989).

La reducció en el volum plasmàtic pot ser deguda al moviment d'aigua fora dels compartiments vasculars i/o la pèrdua de líquids a través de la sudoració. El moviment total de l'aigua des del plasma cap a l'espai intersticial es pot observar ja durant el primer minut d'exercici intens i tendeix a establir-se aproximadament als 5 minuts de l'inici de l'exercici (Pivarnik et al., 1986). Una quantitat addicional de volum plasmàtic es perd com a conseqüència de la sudoració. Aquest mecanisme de dissipació de la calor corporal és realment important quan les condicions ambientals en què es realitza l'exercici són de temperatura i humitat elevades.

La reducció del volum plasmàtic pot tenir efectes negatius sobre el rendiment perquè el flux sanguini a la musculatura activa es pot veure compromès, al mateix temps que es redueix la capacitat de dissipar calor. La intensitat de l'exercici pot influir sobre l'efecte que un cert grau de deshidratació té en el rendiment esportiu.

D'aquesta manera durant exercicis de tipus submàxim en condicions d'hipohidratació, el volum cardíac es pot veure o no disminuït en comparació amb la condició normal d'hidratació (Buskirk i Puhl, 1989). Durant exercicis a intensitat màxima (12% VO_2 màx.), el rendiment es pot veure disminuït fins en un 20% en condicions d'hipohidratació en comparació amb la condició normal d'hidratació (Nielsen et al., 1986).

Les reserves de glucogen muscular es poden veure considerablement reduïdes després de 45 minuts d'exercici a intensitat moderada. El ritme de reducció d'aquests dipòsits és més elevat quan la intensitat de l'exercici augmenta (Buskirk i Puhl, 1989).

Tant la reducció en el volum plasmàtic com la disminució en les reserves de carbohidrats són factors importants en el desenvolupament de la condició de fatiga, cosa per la qual sembla apropiat suposar que la utilització de begudes alimentoses pugui ser beneficiosa per a la millora en el rendiment esportiu.

Introducción

El consumo de bebidas alimenticias conteniendo diversas cantidades de electrolitos y otros nutrientes como carbohidratos, con el propósito de aumentar el rendimiento deportivo, está muy difundido en algunas especialidades deportivas. Se supone que el consumo de estas bebidas evita o disminuye algunas de las respuestas que el ejercicio produce en el organismo y que son, o pueden ser, causa de fatiga. Los cambios a nivel homeostático producidos por el ejercicio que pueden tener un efecto negativo sobre el rendimiento deportivo incluyen: una disminución del volumen plasmático, un aumento de la temperatura corporal, un aumento de la osmolaridad plasmática y una disminución de algunos de los nutrientes necesarios para la producción de energía (Buskirk & Puhl, 1989).

La reducción en el volumen plasmático puede deberse al movimiento de agua fuera de los compartimentos vasculares y/o a la pérdida de líquidos mediante la sudoración. El movimiento total de agua desde el plasma hacia el espacio intersticial se puede observar ya durante el primer minuto de ejercicio intenso, y tiende a estabilizarse aproximadamente a los 5 minutos del inicio del ejercicio (Pivarnik et al., 1986). Una cantidad adicional de volumen plasmático se pierde como consecuencia de la sudoración. Este mecanismo de disipación del calor corporal es realmente importante cuando las condiciones ambientales en las que se realiza el ejercicio son de elevada temperatura y humedad.

La reducción del volumen plasmático puede tener efectos negativos sobre el rendimiento porque el flujo sanguíneo a la musculatura activa puede verse comprometido, al mismo tiempo que se reduce la capacidad de disipar calor. La intensidad del ejercicio puede influir sobre el efecto que un cierto grado de deshidratación tiene en el rendimiento deportivo. De este modo, durante ejercicios de tipo submáximo en condiciones de hipohidratación, el volumen cardíaco puede verse o no disminuido en comparación con la condición normal de hidratación (Buskirk & Puhl, 1989). Durante ejercicios a intensidad máxima (120% VO_2 máx.), el rendimiento puede verse disminuido hasta en un 20% en condiciones de hipohidratación en comparación con la condición normal de hidratación (Nielsen et al., 1986).

Las reservas de glucógeno muscular pueden verse considerablemente reducidas después de 45 minutos de ejercicio a intensidad moderada. El ritmo de reducción de estos depósitos es más elevado cuando la intensidad del ejercicio aumenta (Buskirk & Puhl, 1989). Tanto la reducción en el volumen plasmático como la disminución en las reservas de carbohidratos son factores importantes en el desarrollo de la condición de fatiga, por lo que parece apropiado suponer que la utilización de bebidas alimenticias pueda ser beneficioso para la mejora en el rendimiento deportivo.

Carbohidrats i esports intermitents

Els efectes que produeix el consum de carbohidrats durant exercicis continus de llarga durada han estat estudiats per fisiòlegs de tot el món de fa quasi 70 anys. Els carbohidrats suposen un important nutrient perquè són l'únic substrat que pot proporcionar energia per a activitats intenses durant períodes prolongats, y le seves reserves en l'organisme són relativament petites. La majoria d'estudis confirmen que aquest substrat pot ser un factor limitant en el rendiment en exercicis d'intensitat entre el 65-80% VO_2 màx. i de durada superior a 60-90 minuts (Sherman i Lamb, 1988).

Alguns investigadors han estudiat els efectes de subministrar carbohidrats sobre l'utilització del glucogen i sobre el rendiment en entrenament de tipus intermitent i d'intensitat variada en cicloergòmetre (Hargreaves et al., 1984; Vøllestad i Blom, 1985; Fielding et al., 1985; Davis et al., 1986; Mitchell et al., 1988; Murray et al., 1987; Murray et al., 1991 o corrents-caminant (Cade et al., 1972) però només pocs han estudiat l'efecte del consum de carbohidrats durant esports de tipus intermitent com futbol, hoquei sobre gel, rugbi o bàsquet (Muckle, 1973; Foster et al., 1986; Simard et al., 1988; Bangsbo et al., 1989).

El tipus d'interval i la pauta d'ingesta de carbohidrats utilitzats en els estudis en cicloergòmetre difereixen en gran mesura de la situació en què es desenvolupen la majoria d'esports de caràcter intermitent. Per aquest motiu, és molt difícil utilitzar els resultats d'aquests estudis per aclarir l'efecte que té el consum de carbohidrats sobre el rendiment en aquests esports.

La possibilitat que en augmentar l'aportació de carbohidrats per via externa pugui produir una disminució en el consum del glucogen muscular, és una de les qüestions més debatudes. El primer estudi que demostrà, en humans, una menor utilització de glucogen en consumir carbohidrats per via oral durant exercicis intermitents fou realitzat per Hargreaves et al. el 1984. A partir d'aquest estudi, alguns investigadors han trobat també reduccions en la utilització del glucogen muscular després d'ingerir carbohidrats, però la majoria d'estudis indiquen que aquest estalvi no es produeix.

És difícil aplicar aquesta informació als esports intermitents perquè la majoria d'estudis que no han trobat un estalvi en el glucogen muscular han utilitzat quantitats molt baixes de carbohidrats i/o exercici continu d'intensitat elevada. En una revisió recent sobre el consum de carbohidrats durant l'exercici, Coggan i Coyle (1990) conclouen que, tot i que sembla improbable que hi pugui haver un estalvi de glucogen durant activitats de caràcter continu a intensitat moderada, no es pot rebutjar la possibilitat que aquest estalvi sí que es produeixi durant la realització d'exercici de baixa intensitat o de caràcter intermitent.

Carbohidratos y deportes intermitentes

Los efectos que produce el consumo de carbohidratos durante ejercicios continuos de larga duración han sido estudiados por fisiólogos de todo el mundo desde hace casi 70 años. Los carbohidratos suponen un importante nutriente porque son el único substrato que puede proporcionar energía para actividades intensas durante períodos prolongados, y sus reservas en el organismo son relativamente pequeñas. La mayoría de estudios confirman que este substrato puede ser un factor limitante en el rendimiento en ejercicios de intensidad entre el 65-80% VO_2 máx. y de duración superior a 60-90 minutos (Sherman & Lamb, 1988).

Algunos investigadores han estudiado los efectos que tiene el suministrar carbohidratos sobre la utilización del glucógeno y sobre el rendimiento en entrenamiento de tipo intermitente y de intensidad variada en cicloergómetro (Hargreaves et al., 1984; Vøllestad & Blom, 1985; Fielding et al., 1985; Davis et al., 1986; Mitchell et al., 1988; Murray et al., 1987; Murray et al., 1991) o corriendo-caminando (Cade et al., 1972), pero solamente unos pocos han estudiado el efecto del consumo de carbohidratos durante deportes de tipo intermitente como fútbol, hockey sobre hielo, rugby o baloncesto (Muckle, 1973; Foster et al., 1986; Simard et al., 1988; Bangsbo et al., 1989).

El tipo de intervalos y la pauta de ingesta de carbohidratos utilizados en los estudios en cicloergómetro, difieren en gran medida de la situación en la que se desarrollan la mayoría de deportes de carácter intermitente. Por este motivo, es muy difícil utilizar los resultados de estos estudios para aclarar el efecto que tiene el consumo de carbohidratos sobre el rendimiento en estos deportes.

La posibilidad de que al aumentar el aporte de carbohidratos por vía externa pueda darse una disminución en el consumo del glucógeno muscular, es una de las cuestiones más debatidas. El primer estudio que demostró, en humanos, una menor utilización de glucógeno al consumir carbohidratos por vía oral durante ejercicio intermitente fue realizado por Hargreaves et al., en 1984. A partir de este estudio, algunos investigadores han encontrado también reducciones en la utilización del glucógeno muscular tras ingerir carbohidratos, pero la mayoría de estudios indican que tal ahorro no ocurre.

Es difícil aplicar esta información a los deportes intermitentes porque la mayoría de estudios que no han encontrado un ahorro en el glucógeno muscular, han utilizado cantidades muy bajas de carbohidratos y/o ejercicio continuo de elevada intensidad. En una reciente revisión sobre el consumo de carbohidratos durante el ejercicio, Coggan i Coyle (1990) concluyeron que aunque parece improbable que pueda existir un ahorro de glucógeno durante actividades de carácter continuo a intensidad moderada, no se puede rechazar la posibilidad de que este aho-

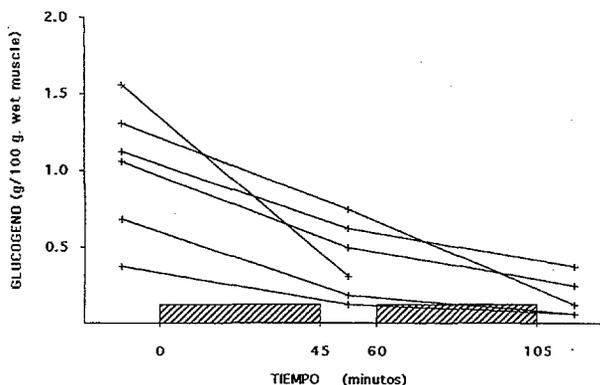


Figura 1. Contingut de glucogen en el quàdriceps a l'inici, a la mitja part i al final d'un partit de futbol (Karlsson, 1969, citat a Ekblom 1990).

Figura 1. Contenido de glucógeno en el cuádriceps al inicio, en la media parte y al final de un partido de fútbol (Karlsson, 1969, citado en Ekblom, 1990).

Simard et al. (1988) portaren a terme un estudi amb jugadors d'hoquei durant situació real de partit i trobaren una reducció del 10.3% en la utilització del glucogen muscular després del consum de carbohidrats. No queda clar en aquest moment si aquest estalvi és producte d'una major dependència de la glucosa sanguínia (augmentada en consumir carbohidrats) o si és degut a la resíntesi de glucogen en algunes fibres musculars durant els períodes de repòs o baixa intensitat.

Malgrat les discrepàncies quant a l'estalvi de glucogen durant l'exercici intermitent, pràcticament tots els estudis estan d'acord que hi ha una millora en el rendiment després de consumir carbohidrats. Aquesta millora es mostra principalment en una major capacitat de realitzar exercicis d'intensitat elevada (per exemple, sprints) en els últims moments de l'entrenament o del partit. Aquest descobriment és d'una importància vital per als esports d'equip ja que les situacions més importants del joc (quan el jugador es troba prop de la pilota) acostumen a desenvolupar-se a una intensitat elevada.

El consum de carbohidrats tindria un efecte beneficiós solament en aquells esports en què aquest substrat fos un factor limitant per al rendiment. El caràcter intermitent de la majoria d'esports d'equip, juntament amb l'elevada intensitat de joc, exigeix una gran dependència sobre els carbohidrats i, particularment, sobre el glucogen muscular com a principal font d'energia (Green, 1987). Diversos estudis amb jugadors de futbol (Bangsbo et al., 1989; Jacobs et al., 1982) han demostrat que els nivells de glucogen muscular estan reduïts considerablement cap a la mitja part del partit, i es buiden quasi per complet en acabar l'encontre (Figura 1). La reducció

ro si succeeix durant la realització de exercici de baixa intensitat o de caràcter intermitent.

Simard et al. (1988) van portar a terme un estudi amb jugadors de hockey durant situació real de partit i van trobar una reducció del 10,3% en la utilització del glucógeno muscular després del consum de carbohidrats. No està clar en aquest moment si aquest estalvi és producte d'una major dependència de la glucosa sanguínia (augmentada al consumir carbohidrats) o si se'n deriva la resíntesi de glucógeno en algunes fibres musculars durant els períodes de repòs o baixa intensitat.

A pesar de les discrepàncies en quant a l'ahorro de glucógeno durant exercici intermitent, pràcticament tots els estudis estan d'acord en que existeix una millora en el rendiment després del consum de carbohidrats. Aquesta millora es mostra principalment en una major capacitat de realitzar exercicis de elevada intensitat (eje.: esprints) en els últims moments del entrenament o del partit. Aquest descobriment és de vital importància per als esports d'equip ja que les situacions més importants del joc (quan el jugador està pròxim al balón) solen desenvolupar-se a elevada intensitat.

El consum de carbohidrats tendria un efecte beneficiós únicament en aquells esports en els que aquest substrat fos un factor limitant per al rendiment. El caràcter intermitent de la majoria de esports d'equip, unit a l'elevada intensitat de joc, exigeix una gran dependència sobre els carbohidrats, i en particular sobre el glucógeno muscular com a principal font d'energia (Green, 1987). Varios estudis con jugadores de fútbol (Bangsbo et al., 1989; Jacobs et al., 1982) han demostrado que los niveles de glucógeno muscular están reducidos considerablemente hacia la media parte del partido, y se vacían casi por completo al finalizar el encuentro (Figura 1). La reducció progressiva del glucógeno muscular limita la contribució de la glucólisis en la producció d'energia. Incluso en ejercicios de moderada intensidad, en los que el metabolismo es principalmente aeróbico, la disponibilidad de glucógeno parece esencial para el mantenimiento del ejercicio (Bergstrom et al., 1971). Se ha demostrado que a baja-moderada intensidad, las fibras de tipo I son las primeras en quedarse sin glucógeno, seguidas por las fibras de tipo IIA y IIB cuando el ejercicio se prolonga por más tiempo. Durante ejercicios a intensidades elevadas, la mayoría de fibras se ven solicitadas, por lo que todas ellas pueden mostrar una importante reducción en los niveles de glucógeno (Gollnick et al., 1974; Vøllestad & Blom, 1985; Green, 1987). Cuando durante un partido no se suministran carbohidrats, los niveles de glucógeno en fibras de tipo II pueden verse disminuidos, por lo que el jugador sería incapaz de generar la suficiente energía para mantener un trabajo de elevada intensidad (Hargreaves et al., 1984).

progressiva del glucogen muscular limita la contribució de la glucòlisi en la producció d'energia. Fins i tot en exercicis d'intensitat moderada, en els quals el metabolisme és principalment aeròbic, la disponibilitat de glucogen sembla que és essencial per al manteniment de l'exercici (Bergstrom et al., 1971). S'ha demostrat que a intensitat baixa-moderada, les fibres de tipus I són les primeres a quedar-se sense glucogen, seguides per les fibres de tipu IIA i IIB quan l'exercici es prolonga per més temps. Durant exercicis a intensitats elevades, la majoria de fibres es veuen sol·licitades, cosa per la qual totes elles poden mostrar una important reducció en els nivells de glucogen (Gollnick et al., 1974; Vøllestad i Blom, 1985; Green, 1987). Quan durant un partit no se subministren carbohidrats, els nivells de glucogen en fibres de tipus II es poden veure disminuïts, per la qual cosa el jugador seria incapaç de generar energia suficient per mantenir un treball d'intensitat elevada (Hargreaves et al., 1984).

En conclusió, tot i que són necessàries més investigacions en aquesta àrea, la literatura existent sembla que dóna suport a la teoria que la ingesta de carbohidrats durant esports de caràcter intermitent pot tenir un efecte positiu sobre el rendiment.

Consideracions dietètiques i begudes nutritives

Supercompensació de glucogen

Fins ara s'han usat bàsicament dues estratègies o procediments dietètics per optimitzar les reserves de glucogen prèviament a una competició important. Aquestes estratègies han estat utilitzades en esportistes de competicions de llarga durada com ara maratonians o ciclistes, i s'ha demostrat que tenen un efecte beneficiós per al rendiment en aquests esports. L'efecte d'aquestes estratègies en esports intermitents no ha estat estudiat tan profundament, però s'ha suggerit que la supercompensació de glucogen muscular pot millorar el rendiment fins i tot en exercicis a intensitats elevades i de pocs minuts de durada. Això sembla raonable ja que el glucogen muscular es pot esgotar en tan solament 15-30 minuts d'exercici intervàlic a intensitats entre 90-130% VO₂ màx. (Keizer et al., 1986).

El primer mètode per aconseguir supercompensació (mètode Astrand) dura aproximadament una setmana i s'inicia amb un entrenament exhaustiu i una dieta baixa en carbohidrats (0-10% de l'aportació calòrica) durant els dies 7è al 4t abans de la competició. Durant els tres dies que segueixen, es consumeix una dieta molt rica en carbohidrats (80-90% de l'aportació calòrica) i es redueix considerablement o fins i tot s'elimina l'entrenament. Tot i que aquest mètode sembla que augmenta els nivells de glucogen fins el 20-40% per sobre dels

En conclusió, aunque son necesarias más investigaciones en este área, la literatura existente parece apoyar la teoría de que la ingesta de carbohidratos durante deportes de carácter intermitente puede tener un efecto positivo sobre el rendimiento.

Consideraciones dietéticas y bebidas nutritivas

Supercompensación de glucógeno

Hasta el momento se han usado básicamente dos estrategias o procedimientos dietéticos para optimizar las reservas de glucógeno previamente a una competición importante. Estas estrategias han sido usadas en deportistas de competiciones de larga duración como maratonianos o ciclistas, y se ha demostrado que tienen un efecto beneficioso para el rendimiento en estos deportes. El efecto de estas estrategias en deportes intermitentes no se ha estudiado tan profundamente, pero se ha sugerido que la supercompensación de glucógeno muscular puede mejorar el rendimiento incluso en ejercicios a intensidades elevadas y de pocos minutos de duración. Esto parece razonable ya que el glucógeno muscular se puede agotar en tan sólo 15-30 minutos de ejercicio interválico a intensidades entre 90-130% VO₂ máx. (Keizer et al., 1986).

El primer método para conseguir supercompensación (método Astrand) dura aproximadamente una semana y se inicia con un entrenamiento exhaustivo y una dieta baja en carbohidratos (0-10% del aporte calórico) durante los días 7º al 4º antes de la competición. Durante los siguientes 3 días, se consume una dieta muy rica en carbohidratos (80-90% del aporte calórico) y se reduce considerablemente o incluso se elimina el entrenamiento. Aunque este método parece aumentar los niveles de glucógeno hasta 20-40% por encima de los niveles normales, puede no ser bien tolerado por algunos deportistas.

Ingestión pre-ejercicio

La ingestión de carbohidratos previa al ejercicio produce diversos efectos. Primero, aumenta la resíntesis de glucógeno muscular cuando estos depósitos no han sido todavía aumentados por sobrecompensación. Segundo, aumenta las reservas de glucógeno en el hígado y aumenta la cantidad de glucosa almacenada en otras partes del organismo. Tercero, aumenta la utilización de carbohidratos durante el ejercicio y disminuye la oxidación de ácidos grasos (Coyle, 1991).

El efecto beneficioso que la ingesta de carbohidratos tiene sobre el rendimiento depende en gran medida del momento previo al ejercicio en el que la

nivells normals, pot ser que alguns esportistes no el tolerin bé.

Ingestió pre-exercici

La ingestió de carbohidrats prèvia a l'exercici produeix diversos efectes. En primer lloc, augmenta la resíntesi del glucogen muscular quan aquests dipòsits no han estat encara augmentats per sobrecompensació. En segon lloc, augmenta les reserves de glucogen en el fetge i augmenta la quantitat de glucosa emmagatzemada en altres parts de l'organisme. En tercer lloc, augmenta la utilització de carbohidrats durant l'exercici i disminueix l'oxidació d'àcids grassos (Coyle, 1991).

L'efecte beneficiós que la ingesta de carbohidrats té sobre el rendiment depèn en gran mesura del moment prèvia a l'exercici en què la beguda o el menjar és ingerida. Ingerir carbohidrats una hora abans de l'exercici pot tenir un efecte negatiu com a conseqüència del descens de la glucosa sanguínia la l'inici de l'exercici (Foster et al., 1979). Tanmateix, resultats de diferents estudis que han mesurat el rendiment en proves de resistència després de la ingestió de carbohidrats no recolzen la idea que aquesta estratègia tingui un efecte perjudicial sobre el rendiment, tot i que la majoria d'estudis tampoc no van trobar cap efecte positiu (Devlin et al., 1986; Hargreaves et al., 1987).

Per evitar el declivi en el nivell de glucosa sanguínia com a conseqüència de la hiperinsulinèmia, es recomana realitzar un àpat ric en carbohidrats 3-4 hores abans de l'exercici. Aquesta mesura sembla que augmenta el rendiment en mantenir la capacitat d'oxidar carbohidrats a un ritme elevat en les últimes fases de l'exercici. Una recomanació específica seria menjar 200-300 gr de carbohidrats 4 hores abans de l'exercici. Una altra recomanació és ingerir solucions amb carbohidrats durant els 5 minuts previs a l'exercici (Segak et al., 1985). En ingerir aquestes solucions, podria augmentar també el volum plasmàtic, cosa per la qual seria més fàcil mantenir l'esportista en un estat correcte d'hidratació durant tot l'encontre (Buskirk i Puhl, 1989).

Ingestió durant l'exercici

És difícil evaluar l'efectivitat que té sobre la millora del rendiment la ingesta de begudes nutritives durant l'exercici, a causa de la gran diversitat metodològica entre les diferents investigacions en aquesta àrea. Aquestes diferències fan referència a les següents variables: durada i intensitat de l'exercici realitzat, volum de beguda ingerit, freqüència en la ingestió i condicions ambientals.

La ingestió de begudes que contenen carbohidrats durant els partits (temps morts) i durant la mitja part, sembla que fa augmentar les reserves de glucogen muscular i la capacitat de fer sprints en els períodes finals del partit (Figures 3 i 4) (Hargreaves et al., 1984; Fielding et al., 1985; Foster et al., 1986; Simard et al., 1988).

bebida o comida es ingerida. Ingerir carbohidrats una hora antes del ejercicio puede tener un efecto negativo como consecuencia del descenso de la glucosa sanguínea al inicio del ejercicio (Foster et al., 1979). Sin embargo, resultados de diferentes estudios que han medido el rendimiento en pruebas de resistencia después de la ingestión de carbohidrats, no apoyan la idea de que esta estrategia tenga un efecto perjudicial sobre el rendimiento, aunque la mayoría de estudios tampoco encontraron ningún efecto positivo (Devlin et al., 1986; Hargreaves et al., 1987).

Para evitar el declive en el nivel de glucosa sanguínea como consecuencia de la hiperinsulinemia, se recomienda realizar una comida rica en carbohidrats 3-4 horas antes del ejercicio. Esta medida parece aumentar el rendimiento al mantener la capacidad de oxidar carbohidrats a un ritmo elevado en las últimas fases del ejercicio. Una recomendación específica sería el comer 200-300 gr de carbohidrats 4 horas antes del ejercicio. Otra recomendación es el ingerir soluciones con carbohidrats durante los 5 minutos previos al ejercicio (Segal et al., 1985). Al ingerir estas soluciones, podría aumentar también el volumen plasmático, por lo que sería más fácil mantener al deportista en un estado correcto de hidratación durante todo el encuentro (Buskirk & Puhl, 1989).

Ingestión durante el ejercicio

Resulta difícil evaluar la efectividad que tiene sobre la mejora del rendimiento la ingesta de bebidas nutritivas durante el ejercicio debido a la gran diversidad metodológica entre las diferentes investigaciones en este área. Estas diferencias hacen referencia a las siguientes variables: duración e intensidad del ejercicio realizado, volumen de bebidas ingeridas, frecuencia en la ingestión, y condiciones ambientales.

La ingestión de bebidas conteniendo carbohidrats durante los partidos (tiempos muertos) y durante la media parte parece aumentar las reservas de glucógeno muscular y la capacidad de esprintar en los periodos finales del partido (Figuras 3 y 4) (Hargreaves et al., 1984; Fielding et al., 1985; Foster et al., 1986; Simard et al., 1988). La mayoría de estudios recomiendan suministrar carbohidrats en cantidades de 30-60 g/h desde el inicio del ejercicio (Coyle, 1991).

Debido a que la ingestión de bebidas no está permitida durante el juego en muchos deportes, los jugadores deberían beber en los tiempos muertos y en los descansos. Para conseguir la cantidad de carbohidrats aconsejada (30-60 g/h) bebiendo únicamente en los pocos momentos en los que se permite, las soluciones deberían contener un porcentaje de 6-8% en carbohidrats. Esto significa que cada jugador debería beber entre 600 y 1.000 ml a lo largo de un partido, dependiendo de la ne-

cesidad de carbohidratos y también de la necesidad de rehidratación (Tabla 1).

Todas estas sugerencias se basan en recomendaciones generales, pero para ser más precisos en las necesidades de cada jugador, se deberían realizar estudios específicos en condiciones reales de juego. El grado de deshidratación también debería controlarse midiendo las alteraciones en el peso corporal.

Ingestión post-ejercicio

Un jugador que pretenda recuperarse después de un partido o de un entrenamiento debería ingerir cantidades suficientes de carbohidratos tan pronto como sea posible una vez finalizado el ejercicio (Coyle, 1991). Esta estrategia proporciona un mayor tiempo total para la resíntesis de glucógeno, al mismo tiempo que aprovecha el aumento que ocurre en el ritmo de resíntesis principalmente durante las 2 horas consecutivas a la finalización del ejercicio (Figura 5) (Ivy et al., 1988). Parece ser que para

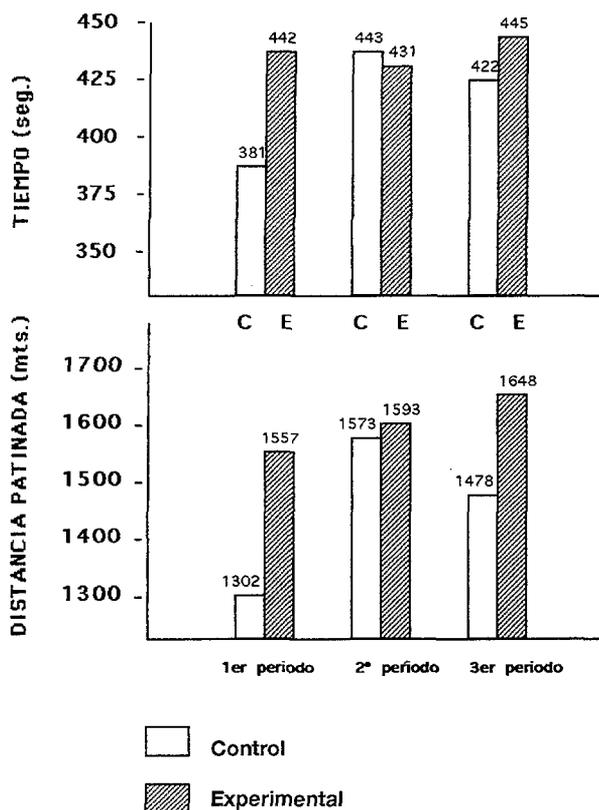


Figura 3. Temps de joc i distància recorreguda en cada període durant un partit d'hoquei gel (Simard et al., 1988).

Figura 3. Tiempo de juego y distancia recorrida en cada período durante un partido de hockey hielo (Simard et al., 1988).

ves et al., 1984; Fielding et al., 1985; Foster et al., 1986; Simard et al., 1988). La majoria d'estudis recomanen subministrar carbohidrats en quantitats de 30-60 g/h des de l'inici de l'exercici (Coyle, 1991).

Comque en molts esports la ingestió de begudes no està permesa durant el joc, els jugadors haurien de beure en els temps morts i en els descansos. Per aconseguir la quantitat de carbohidrats aconsellada (30-60 g/h) bevint únicament en els pocs moments en què és permet, les solucions haurien de contenir un percentatge de 6-8% en carbohidrats. Això vol dir que cada jugador hauria de beure entre 600 i 1.000 ml al llarg d'un partit, segons la necessitat de carbohidrats i també la necessitat de rehidratació (Taula 1).

Tot aquests suggeriments es basen en recomanacions generals, però per ser més precisos en les necessitats de cada jugador caldria realitzar estudis específics en condicions reals de joc. El grau de

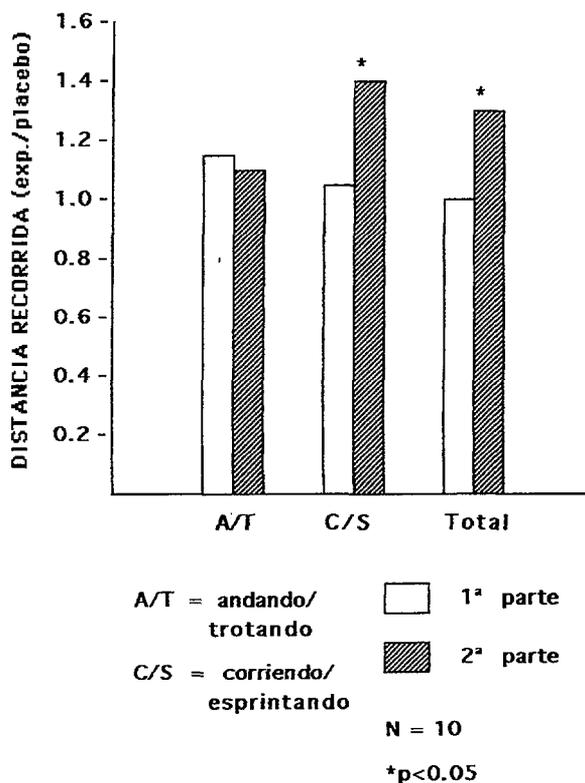


Figura 4. Ratio (grup experimental/grup placebo) de la distància recorreguda a diferents intensitats durant un partit de futbol (Kirkendall et al., 1988).

Figura 4. Ratio (grupo experimental/grupo placebo) de la distancia recorrida a diferentes intensidades durante un partido de fútbol (Kirkendall et al., 1988).

deshidratació també s'hauria de controlar mesurant les alteracions en el pes corporal.

Ingestió postexercici

Un jugador que pretengui recuperar-se després d'un partit o d'un entrenament, hauria d'ingerir quantitats suficients de carbohidrats tan aviat com sigui possible un cop finalitzat l'exercici (Coyle, 1991). Aquesta estratègia proporciona més temps total per a la resíntesi de glucogen, al mateix temps que aprofita l'augment que s'esdevé en el ritme de resíntesi principalment durant les 2 hores consecutives a la finalització de l'exercici (Figura 5) (Ivy et al., 1988). Sembla que per aconseguir la màxima resíntesi de glucogen durant les 8 hores posteriors a l'exercici, cal proporcionar entre 0.7-1 gr glucosa/Kg pes corporal, cada 2 hores (Blom et al., 1987).

És més recomanable ingerir fluids que no sòlids durant les primeres hores, ja que així es millora també l'estat d'hidratació de l'esportista. Quan comença a sentir gana, és recomanable ingerir aliments sòlids, de manera que es proporcionin 600 gr aproximadament de carbohidrats (per a una persona de 70 Kg) en un període de 24 hores.

Aquestes recomanacions són importants no solament per facilitar la recuperació després d'una competició, sinó també després de sessions d'entrenament intenses. També és important deixar prou temps de recuperació entre sessions d'entre-

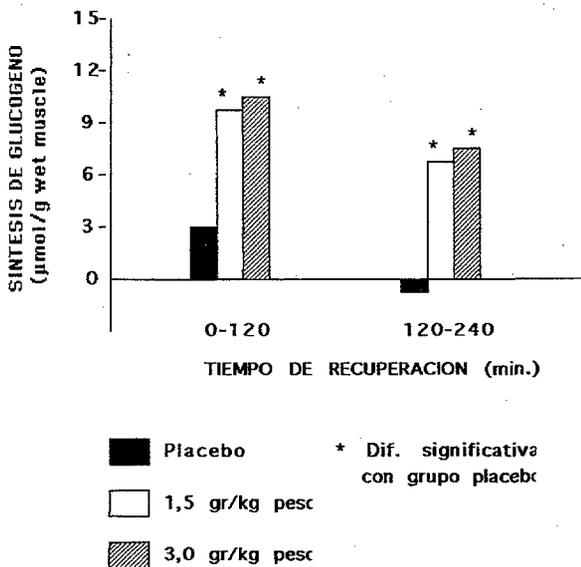


Figura 5. Síntesi de glucogen durant les 4 hores posteriors a la finalització de l'exercici amb diferents tractaments.

Figura 5. Síntesis de glucógeno durante las 4 horas posteriores a la finalización del ejercicio con diferentes tratamientos.

	30 g/hr	40 g/hr	50 g/hr	60 g/hr	
2%	1500 ml	2000 ml	2500 ml	3000 ml	Volumen de líquido excesivo >1.250 ml/hr
4%	750	1000	1250	1500	
6%	500	667	833	1000	Volumen de líquido adecuado 600-1.250 ml/hr
8%	375	500	625	750	
10%	300	400	500	600	
15%	200	267	333	400	
20%	150	200	250	300	Volumen de líquido escaso < 600 ml/hr
25%	120	160	200	240	
50%	60	80	100	120	

Taula 1. Volum de fluid que cal ingerir per obtenir les quantitats de carbohidrats especificades (g/hr) (Coyle, E. i Montain, S., 1992).

Tabla 1. Volumen de fluido que se necesita ingerir para obtener las cantidades de carbohidatos especificadas (g/hr) (Coyle, E. y Montain, S., 1992).

conseguir la màxima resíntesi de glucógeno durant les 6 hores posteriors al exercici, es necessari proporcionar entre 0,7-1 gr glucosa/Kg pes corporal, cada 2 hores (Blom et al., 1987)

Es més recomanable ingerir fluids que sòlids durant les primeres hores ja que així se millora també l'estat de hidratació del deportista. Cuando éste comienza a sentir hambre, es recomendable ingerir alimentos sòlids de forma que se proporcionen 600 gr aproximadament de carbohidrats (para una persona de 70 Kg) en un període de 24 hores.

Estas recomendaciones son importantes no sólo para facilitar la recuperación tras una competición, sino también después de sesiones de entrenamiento intensas. También es importante dejar suficiente tiempo de recuperación entre sesiones de entrenamiento realizadas a intensidades cercanas a la de competición para facilitar una resíntesis óptima del glucógeno muscular.

Una modificació de este método surgió para intentar paliar los inconvenientes de la fase de depleción de carbohidatos. Aunque los dos métodos son muy similares, en éste sólo se reduce el consumo de carbohidatos a 50% del aporte calórico total durante los 4 primeros días. Durante los 3 días previos a la competición, se va reduciendo la carga del entrenamiento y se consume una dieta muy rica en carbohidatos.

Otro método que puede ser incluso más apropiado para deportes intermitentes consiste en mantener el cuerpo saturado con carbohidatos para maximizar los niveles de glucógeno en los tejidos. Para conseguir esto, los deportistas deberían consumir dietas muy ricas en carbohidatos (por lo menos 70% del aporte calórico total) durante toda la semana previa a la competición. Esto debe com-

nament realitzades a intensitats properes a la de competició per facilitar una síntesi òptima del glucogen muscular.

Va sorgir una modificació d'aquest mètode per intentar paliar els inconvenients de la fase de deplecció de carbohidrats. Tot i que els dos mètodes són molt semblants, en aquest mètode al·ludit només es redueix el consum de carbohidrats a un 50% de l'aportació calòrica total durant els primers quatre dies. Durant el tres dies previs a la competició es va reduint la càrrega de l'entrenament i es consumeix una dieta molt rica en carbohidrats.

Un altre mètode que pot ser fins i tot més apropiat per a esports intermitents consisteix a mantenir el cos saturat amb carbohidrats per maximitzar els nivells de glucogen en els teixits. Per aconseguir-ho, els esportistes haurien de consumir dietes molt riques en carbohidrats (almenys el 70% de l'aportació calòrica total) durant tota la setmana prèvia a la competició. Això s'ha de combinar amb un descens del nivell d'activitat durant els tres dies previs a la competició, de manera que l'últim dia sigui de descans en el que es refereix a la càrrega física. Aquest mètode aconsegueix uns nivells de glucogen pràcticament idèntics als aconseguits en els dos mètodes anteriors, i evita el problema de possibles intoleràncies produïdes per la fase de baix consum de carbohidrats del primer mètode (Bucci, 1989; Sherman et al., 1981).

Aquestes dietes de supercompensació han estat utilitzades molt rarament en esports intermitents d'equip, perquè la fase de competició és molt llarga i hi ha molts partits importants. Tot i que seria possible utilitzar el segon mètode durant la setmana prèvia a alguna competició molt important (play-offs o alguna final), sembla que el tercer mètode és el més convenient en aquest tipus d'esports. Aquests esportistes haurien de mantenir una dieta rica en carbohidrats (70-80% de l'aportació calòrica) durant tota la temporada per facilitar la recuperació de les reserves de glucogen després dels entrenaments i competicions (Figura 2). La càrrega de l'entrenament s'hauria de distribuir també de manera correcta al llarg de la setmana. Això vol dir que la càrrega hauria de disminuir progressivament durant els 2-3 dies previs a la competició. Aquest mètode hauria d'optimitzar les reserves de glucogen muscular.

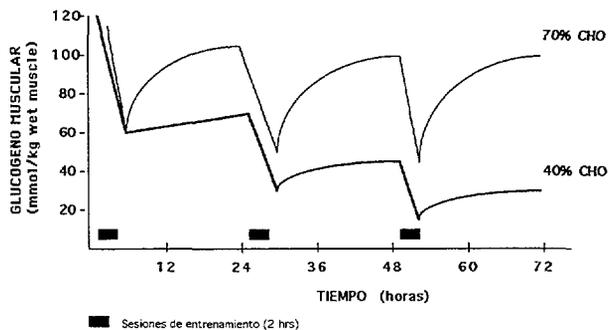


Figura 2. Contingut de glucogen en l'àrea muscular en tres dies consecutius d'entrenament intens amb dietes de 40% i 70% CHO de l'aportació calòrica total (Costill, D i Miller, J. 1980).

Figura 2. Contenido de glucógeno a nivel muscular en tres días consecutivos de entrenamiento intenso con dietas de 40% y 70% CHO del aporte calóricco total (Costill, D. y Miller, J. 1980).

binarse con un descenso del nivel de actividad durante los tres días previos a la competición, de forma que el último día sea de descanso en lo referente a la carga física. Este método consigue unos niveles de glucógeno prácticamente idénticos a los conseguidos en los dos métodos anteriores, y evita el problema de posibles intolerancias producidas por la fase de bajo consumo de carbohidratos del primer método (Bucci, 1989; Sherman et al., 1981).

Estas dietas de supercompensación se han usado en muy raras ocasiones en deportes intermitentes de equipo debido a que la fase de competición es muy larga y hay muchos partidos de gran importancia. Aunque sería posible utilizar el segundo método durante la semana previa a alguna competición muy importante (play-offs o alguna final), parece que el tercer método es el más conveniente en este tipo de deportes. Estos deportistas deberían mantener una dieta rica en carbohidratos (70-80% del aporte calórico) durante toda la temporada para facilitar la recuperación de las reservas de glucógeno después de los entrenamientos y competiciones (Figura 2). La carga del entrenamiento debería distribuirse también de forma correcta a lo largo de la semana. Esto significa que la carga debería disminuir progresivamente durante los 2-3 días previos a la competición. Este método debería optimizar las reservas de glucógeno muscular.

Bibliografía

- BANGSBO, J.; NØRREGAARD, L.; THORSØE, F.: Carbohydrate diet and intermittent exercise performance in soccer players. *First IOC Worl Congress of Sport Science*. Colorado. 51, 1989.
- BERGSTROM, J.; HERMANSON, L.; HULTMAN, E.; SALTIN, B.: Diet muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiol. Scand.* 71: 140-150, 1971.
- BLOM, P.; HØSTMARK, A.; VAAGE, O.; KARDEK, K.; MAEHLUM, S.: Effect of different post-exercise sugar diets on the rate of muscle glycogen synthesis. *Med. Sci. Sport Exerc.* 19: 491-496, 1987.
- BUCCI, L.R.: Nutritional ergogenic aids. In HICKSON, J.; WOLINSKY, I.: *Nutrition in exercise and sport*. Florida: CRC Press, 1989.
- BUSKIRK, E.; PUHL, S.: Nutritional beverages: exercise and sport. In HICKSON, J.; WOLINSKY, I.: *Nutrition in exercise and sport*. Florida: CRC Press, 1989.
- CADE, R.; SPOONER, G.; SCHLEIN, E.; PICKERING, M.; DEAN, R.: Effect of fluid, electrolyte, and glucose replacement during exercise on performance, body temperature, rate of sweat loss, and compositional changes of extracellular fluid. *J. Sports Med. & Physical Fitness.* 12: 150-156, 1972.
- COGGAN, A.R.; COYLE, E.F.: Carbohydrate ingestion during prolonged exercise: effects on metabolism and performance. *Exerc. and Sports Science Reviews.* 18: 1-39, 1990.
- COSTILL, D.L.; MILLER, J.M.: Nutrition for endurance sport: Carbohydrate and fluid balance. *Int. J. Sports Med.* 1: 2-14, 1980.
- COYLE, E.F.: Timing and method of increased carbohydrate intake to cope with heavy training, competition and recovery. *J. of Sports Sciences.* 9: 29-52, 1991.
- COYLE, E.F.; MONTAIN, S.J.: Benefits of fluid replacement with carbohydrate during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24: 324-330, 1992.
- DAVIS, J.M.; LAMB, D.R.; PATE, R.R.; SLENTZ, C.A.; BURGESS, W.A.; BARTOLI, W.P.: Effects of carbohydrate/electrolyte drinks on endurance exercise in a warm environment. Abstract. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18: S12, 1986.
- DEVLIN, J.; CALLES-ESCANON, J.; HORTON, E.: Effects of pre-exercise snack feeding on endurance cycle exercise. *J. Appl. Physiol.* 60: 980-985, 1986.
- EKBLOM, B.: Applied physiology of soccer. *Nutrition and Sports Performance*. International Scientific Conference. Rome, 1990.
- FIELDING, R.A.; COSTILL, D.L.; FINK, W.J.; KING, D.S.; HARGREAVES, M.; KOVALESKI, J.E.: Effect of carbohydrate feeding frequencies and dosage on muscle glycogen use during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17: 472-476, 1985.
- FOSTER, C.; COSTILL, D.; FINK, W.: Effects of pre-exercise feedings on endurance performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 11: 1-5, 1979.
- FOSTER, C.; THOMPSON, N.M.; DEAN, J.; KIRKENDALL, D.T.: Carbohydrate supplementation and performance in soccer players. Abstract. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18: S12, 1986.
- GOLLNICK, P.D.; PIEHL, K.; SALTIN, B.: Selective glycogen depletion pattern in human muscle fibers after exercise of varying intensity and at varying pedalling rates. *J. Physiol.* 241: 45-97, 1974.
- GREEN, H.J.: Bioenergetics of ice hockey: considerations for fatigue. *J. Sports Sciences.* 5: 305-317, 1987.
- HARGREAVES, M.; COSTILL, D.L.; COGGAN, A.; FINK, W.J.; NISHIBATA, I.: Effect of carbohydrate feedings on muscle glycogen utilization and exercise performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 16: 219-222, 1984.
- HARGREAVES, M.; COSTILL, D.; FINK, W.; KING, D.; FIELDING, R.: Effect of pre-exercise carbohydrate feedings on endurance cycling performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 19: 33-36, 1987.
- IVY, J.L.; KATZ, A.L.; CUTTER, C.L.; SHERMAN, W.M.; COYLE, E.F.: Muscle glycogen synthesis after exercise: effect of time of carbohydrate ingestion. *J. of Appl. Physiol.* 65: 1.480-1.485, 1988.
- JACOBS, I.; WESTLIN, N.; RASMUSSEN, M.; HOUGHTON, B.: Muscle glycogen and diet in elite soccer players. *Eur. J. Appl. Physiol.* 48: 297-302, 1982.
- KEIZER, H.; KUIPERS, A.H.; VAN KRANENBURG, G.; GEURTEN, P.: Influence of liquid and solid meals on muscle glycogen resynthesis, plasma fuel, hormone response and maximal physical working capacity. *Int. J. of Sports Med.* 8: 99-104, 1986.
- KIRKENDALL, D.T.; FOSTER, C.; DEAN, J.A.; GROGAN, J.; THOMPSON, N.N.: Effect of glucose polymer supplementation on performance of soccer players. In REILLY, T.; LEES, A.; DAVIDS, K.; MURPHY, W.J. *Science and Football*. E. & F.N. SPON: New York, 1988.
- MITCHELL, J.B.; COSTILL, D.L.; HOUMARD, J.A.; FLYNN, M.G.; FINK, W.J.; BELTZ, J.D.: Effects of carbohydrate ingestion on gastric emptying and exercise performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 20: 110-115, 1988.
- MURRAY, R.; EDDY, D.E.; MURRAY, T.W.; SEIFERT, J.G.; PAUL, G.L.; HALABY, G.A.: The effect of fluid and carbohydrate feedings during intermittent cycling exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 19: 597-604, 1987.
- MURRAY, R.; PAUL, G.L.; SEIFERT, J.G.; EDDY, D.E.: Responses to varying rates of carbohydrate ingestion during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23: 713-718, 1991.
- NIELSEN, B.; SJOGUARD, G.; UGELVIG, J.; KNUDSEN, B.; DOHLMANN, B.: Fluid balance in exercise dehydration and rehydration with different glucose-electrolyte drinks. *Eur. J. Appl. Physiol.* 55: 318, 1986.
- PIVARNIK, J.M.; GOETTING, M.P.; SENAY, L.C.: The effects of body position and exercise on plasma volume dynamics. *Eur. J. Appl. Physiol.* 55: 450, 1986.
- SEGAL, K.; NYMAN, A.; KRAL, J.G.; BJORNTORP, P.; KOTLER, D.P.; PI-SUNYER, F.X.: Effects of glucose ingestion on submaximal intermittent exercise. (Abstract). *Med. Sci. Sports Exerc.* 17: 205, 1985.
- SHERMAN, W.N.; COSTILL, D.; FINK, W.; MILLER, J.: Effect of exercise-diet manipulation on muscle glycogen and its subsequent utilization during performance. *J. Sports Med.* 2: 114-118, 1981.
- SHERMAN, W.M.; LAMB, D.R.: Nutrition and prolonged exercise. *Perspectives in Exerc. Sci. and Sports Med.* 1: 213-280, 1988.
- SIMARD, C.; TREMBLAY, A.; JOBIN, M.: Effects of carbohydrate intake before and during an ice hockey game on blood and muscle energy substrates. *Research Quarterly.* 59: 144-147, 1988.
- VØLLESTAD, N.K.; BLOM, P.C.: Effect of varying exercise intensity on glycogen depletion in human muscle fibres. *Acta Physiol. Scand.* 125: 395-405, 1985.