

Zeitschrift: Jeunesse et sport : revue d'éducation physique de l'École fédérale de gymnastique et de sport Macolin
Herausgeber: École fédérale de gymnastique et de sport Macolin
Band: 35 (1978)
Heft: 9

Rubrik: Recherche, entraînement, compétition

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

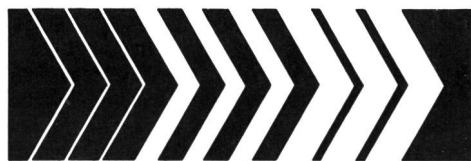
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 07.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Département de chimie clinique de l'Université d'Helsinki, Hôpital Meilahti, Helsinki, Finlande

Influence d'une boisson à haute teneur en hydrates de carbone sur la teneur en glycogène des muscles des joueurs de hockey sur glace

Seppo Rehunen et
Seppo Liitsola

Les études publiées jusqu'ici traitant de l'influence de la teneur en glycogène du muscle sur la performance sportive ont été effectuées surtout sur des étudiants en sport. Par contre, les conditions telles qu'elles se présentent chez un sportif de compétition ne sont encore que très peu connues. On désire beaucoup connaître la consommation de glycogène ainsi que son équivalent dans de véritables situations de compétition afin de pouvoir planifier l'entraînement et la préparation diététique à la compétition de la façon la plus efficace possible. La présente étude a pour but d'éclaircir l'utilisation réelle du glycogène dans la musculature du squelette des joueurs de hockey sur glace pendant un tournoi avec plusieurs jeux consécutifs. On examina ensuite, si les réserves en glycogène du muscle pouvaient être influencées par une boisson complémentaire avec une haute teneur en hydrates de carbone (TOP TEN[®] des établissements Galactina S.A., Belp, Suisse avec une concentration de 90 g d'hydrates de carbone de haute valeur sous forme de glucose, maltose et dextrines dans 150 ml de liquide).

Méthode

Matériel

On a choisi comme objet d'examen l'équipe nationale finlandaise juniors de hockey sur glace qui participa aux Championnats d'Europe, dans le but d'obtenir une situation de compétition aussi réelle que possible. Au total, 12 joueurs de l'équipe firent partie de notre groupe d'expérimentation, dont 5 arrières et 7 avants. Par suite de blessures et de maladie de 3 d'entre eux, l'examen ne put être effectué en définitive que

sur 9 joueurs, 3 défenseurs et 6 attaquants. Tous les sujets avaient 18 ans.

Prélèvement d'essai

Les échantillons musculaires (5 à 15 mg) furent prélevés dans le muscle vastus lateralis, de façon à détériorer le moins possible le tissu. Plutôt qu'une grosse aiguille Bergström², on utilisa pour cette biopsie une aiguille Tru-Cut[®] (Travenol Laboratoires, Inc., Illinois, E.-U.) d'un diamètre extérieur de 1,5 mm. Après une anesthésie cutanée locale avec de la Lidocaïne à 1 pour cent, sans adjonction d'adrénaline, l'aiguille fut introduite en biais jusqu'à 3 ou 4 cm de profondeur sur le côté extérieur de la cuisse, un peu en-dessous du milieu d'une ligne reliant le grand trochanter à la fissure de l'articulation du genou. L'échantillon ainsi prélevé fut gelé en moins d'une seconde dans de l'azote liquide et conservé à -70°C. Comme tous les sujets d'expérience participaient pour la première fois à un tel examen, on leur expliqua à l'avance le processus du prélèvement. En plus des échantillons musculaires, on préleva dans des tubes héparinisés du sang pris d'une veine au creux du coude. Le plasma séparé par centrifugation immédiate fut également conservé à -70°C jusqu'au moment de l'analyse.

Ordre des essais

Les joueurs furent séparés en groupes A et B selon des critères dus au hasard; au début, ces deux groupes étaient de 6 personnes chacun. Le programme complet des examens durant 12 jours (tableau 1) fut exécuté sur 5 joueurs du groupe A (3 avants, 2 arrières) et sur 4 joueurs du groupe B (3 avants, 1 arrière).

Tableau 1: Programme des essais

Jour	Programme sportif	Prélèvement d'échantillon	Adjonction d'hydrates de carbone à la nourriture normale ¹	
			Groupe A	Groupe B
1	Compétition			
2	Léger entraînement		360 g	
3	Léger entraînement		360 g	
4	Compétition	avant (I)	360 g	
5	Compétition	après (II)	180 g	
6	Léger entraînement			
7	Léger entraînement			
8	Compétition	avant (III) après (IV)		
9	Repos			360 g
10	Léger entraînement			360 g
11	Compétition	avant (V)	360 g	
12	Compétition	après (VI)	180 g	

Seppo Rehunen est un jeune médecin de sport finlandais; S. Liitsola est l'entraîneur national de hockey sur glace en Finlande - n.d.l.r.

L'importance capitale du glycogène musculaire en tant que source d'énergie pour des efforts sportifs soutenus est en général reconnue^{3, 6, 7, 12}. Plus la teneur en glycogène de la musculature du squelette d'un sportif est élevée avant l'effort, plus longtemps il pourra maintenir un haut niveau de performance^{9, 3}. La façon la plus efficace d'agir sur les réserves de glycogène de la musculature est de les épuiser d'abord par un entraînement très poussé ou des épreuves forcées, puis de remplacer, soit immédiatement soit après quelques jours seulement, une nourriture sans hydrates de carbone par un régime très riche en hydrates de carbone¹.

¹ 1 bouteille d'origine TOP TEN = 90 g

Les prélèvements à faire avant une compétition ont été exécutés dans les locaux occupés par les équipes 1 à 2 heures avant le départ pour la patinoire. Une fois le jeu terminé, les prélèvements de sang ont été fait immédiatement dans les vestiaires du stade, alors que l'on a attendu le retour de l'équipe dans ses quartiers, c'est-à-dire 1 ou 2 heures après le match, pour passer aux biopsies musculaires.

Procédé d'analyse

La teneur en glycogène musculaire fut mesurée sur des échantillons de 1 à 2 mg extraits avec KOH à 30 pour cent, précipité dans de l'éthanol à 60 pour cent et hydrolysée avec HCL L M pendant 2 heures dans de l'eau bouillante.

Le sucre sanguin fut déterminé d'après le procédé de glycose-oxidase (auto-analyseur Il Glor^R Novum, AG Kabi. Stockholm / Suède). A chaque examen les sujets d'expérience furent pesés sur une balance ordinaire à un demi-kilo près. Pour l'interprétation statistique des résultats, on utilisa le test + - jumelé, ainsi que le test De-Jonges + -.

Résultats

Poids du corps

Le poids moyen des joueurs était de 77,4 kg après absorption de la boisson aux hydrates de carbone, soit exactement 1 kg de plus qu'avant les matches où ils n'avait pas pris cette boisson avant de jouer (76,4 kg).

Sucre sanguin

Dans le tableau 2, on a réuni les variations du taux de glycémie. La teneur en sucre sanguin était toujours plus élevée dans les échantillons prélevés après la compétition que dans ceux prélevés avant. Il n'y avait pas de différence notable entre les groupes A et B. Dans les deux groupes, les valeurs avant les 2 derniers jeux (échantillon V) étaient bien plus basses qu'avant la 3e compétition (échantillon III). Dans le groupe B, cette différence est significative (P<0,05).

Glycogène musculaire

L'influence de la boisson aux hydrates de carbone sur la teneur en glycogène du muscle est appréciable. Les résultats sont représentés sous forme d'un graphique dans l'illustration 1. Avant les deux premiers jeux, et par suite de l'administration d'hydrates de carbone, la réserve en glycogène du groupe A était en moyenne de 115 mmol/kg, soit presque le double de celle du groupe B avec 65 mmol/kg. Après deux jeux, le groupe A présentait une teneur en glycogène musculaire nettement plus basse que le groupe B

Tableau 2: Teneur en sucre sanguin, (mmol/l)

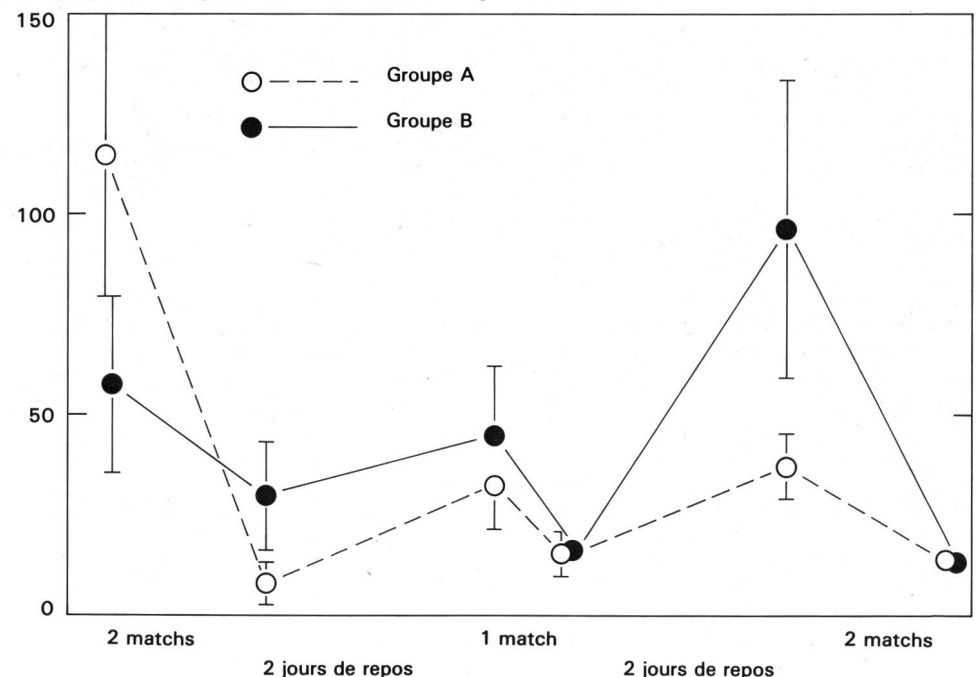
	1er et 2e jeu Groupe 17	Groupe B	3e jeu Groupe A	Groupe B	4e et 5e jeu Groupe A	Groupe B
<i>Avant</i>	(I)		(III)		(V)	
valeur moyenne	4.3	4.4	4.7	4.7	3.4	2.7
SD	1.2	0.3	1.1	1.0	0.5	0.3
<i>Après</i>	(II)		(IV)		(VI)	
valeur moyenne	5.4	5.6	6.2	5.7	5.4	5.9
SD	0.5	1.3	2.2	1.6	1.2	0.7
P avant / après	<0.20	<0.05	<0.10	<0.60	<1.01	<0.001

(A = 7 mmol/kg, B = 28 mmol/kg). Il n'y eut pas d'absorption complémentaire d'hydrates de carbone pendant les 2 jours de repos précédant le 3e match et par conséquent, les valeurs de glycogène musculaire avant et après ce jeu furent à peu près les mêmes dans les deux groupes. Par la suite, le groupe B reçut la boisson aux hydrates de carbone avant les deux derniers jeux et la teneur en glycogène de la musculature de ces joueurs s'éleva à des valeurs équivalent à plus du double de celle du groupe A (A = 36 mmol/kg, B = 95 mmol/kg). Au terme du dernier match, on mesura dans les deux groupes une très faible teneur en glycogène musculaire (A = 13 mmol/kg, B = 9 mmol/kg).

Discussion

Si l'on veut examiner des sportifs en pleine compétition, la condition principale sera toujours que la recherche scientifique ne dérange en rien la compétition. Pour atteindre ce but, il y a lieu de poser des conditions très sévères, spécialement en ce qui concerne la technique du prélèvement musculaire; il faut éviter à tout prix l'apparition d'effets secondaires. Dans le présent travail, la biopsie musculaire est effectuée comparativement aux techniques d'autres auteurs ^{1, 6, 9} au moyen d'une aiguille plus fine, occasionnant moins de traumatisme. Pas un seul des hockeyeurs examinés ne déclara que

Illustration 1: Glycogène musculaire (mmol × kg⁻¹ Poids humide)



son action dans le jeu ait souffert d'une façon quelconque de ces 6 biopsies. Les entraîneurs, eux aussi, n'ont remarqué aucune diminution du rendement de leurs joueurs.

D'autres auteurs ont donné comme valeur normale de teneur en glycogène musculaire des hommes environ 14 g par kg de poids à l'état mouillé⁸. Transformé en mmol, cela correspond à 75 à 80 mmol/kg. Pour les hommes (N=32), nous avons trouvé dans nos laboratoires une réserve en glycogène au repos de 60 mmol/kg en moyenne. Dans cet examen, les valeurs mesurées après l'absorption d'une nourriture normale correspondent donc bien aux valeurs normales déterminées antérieurement. Par contre, les réserves en glycogène du muscle doit être supérieures aux valeurs moyennes habituelles chez les sportifs qui avaient absorbé des hydrates de carbone complémentaires sous forme liquide. Si dans le sens d'une soi-disant supercompensation, la teneur en glycogène du muscle doit être portée de valeurs très basses à des valeurs supérieures à l'état normal, cela nécessite, en général, 2 à 4 jours, selon les résultats d'autres auteurs⁴. Dans toutes les expériences publiées jusqu'ici, on a cherché à accroître les réserves de glycogène par l'augmentation de la part d'hydrates de carbone dans l'alimentation, alors que dans ce travail, on a tenté d'atteindre ce but par l'absorption d'un surplus d'hydrates de carbone à l'état liquide en complément d'une alimentation normale. Il est important pour les sportifs que leurs besoins quotidiens en protéines et vitamines soient couverts, ce qui n'est pas garanti par un régime de carbone.

Karlsson et Saltin ont démontré de façon très convainquante, par leurs recherches sur des étudiants en sport, qu'une teneur élevée en glycogène dans les muscles prolonge la durée pendant laquelle un grand effort peut être soutenu⁹. Il est vrai que dans notre présente recherche, les performances des différents hockeyeurs ne purent être mesurées quantitativement, faut d'unité de mesure objective; pourtant, la plupart des joueurs admirent qu'après la préparation systématique des épreuves par l'apport d'hydrates de carbone, ils eurent l'impression d'avoir joué plus efficacement, surtout dans le troisième tiers-temps.

En comparaison à d'autres recherches effectuées également sur des joueurs de hockey sur glace^{5, 10}, on remarque que dans ce travail les réserves de glycogène des muscles sont nettement plus basses pendant les différents matchs. Comme certains savants suédois le supposent, le rythme de jeu, des rencontres internationales, est certainement bien plus élevé que celui des matches habituels de championnat, pendant lesquels les recherches antérieures furent

effectuées. Dans les rencontres internationales, les joueurs sont obligés de fournir un effort maximum et de consommer ainsi complètement leur réserve de glycogène. On pourrait aussi concevoir que les juniors se dépensent plus que les joueurs adultes routiniers examinés dans ces précédents travaux.



Si l'on tient compte du fait que les joueurs – temps d'échauffement inclus – soutiennent un effort continu pendant 3 heures en moyenne, l'augmentation de sucre sanguin observée au terme des jeux, diverge de ce que d'autres auteurs ont remarqué lors de performance d'endurance^{4, 6}. L'explication pourrait être que la quantité des boissons absorbées par les joueurs pendant la compétition, boissons contenant des hydrates de carbone, ne fut absolument pas limitée. Il semble donc qu'une solution diluée d'hydrates de carbone, absorbée pendant les échanges et pendant les pauses entre les tiers-temps, soit en mesure de maintenir un taux de

glycémie élevé, et cela même lorsque la teneur en glycogène du muscle est fortement diminuée. D'autres auteurs ont écrit sur l'augmentation du sucre sanguin en rapport avec les matches de hockey sur glace; mais ils sont d'accord que seules les présentes recherches ont montrées des modifications aussi nettes de la teneur en glycogène du muscle^{5, 10}. L'explication pour des valeurs si basses du sucre sanguin avant les deux derniers matchs pourrait résider dans le fait que les joueurs étaient si fatigués psychiquement à la fin du tournoi qu'ils ne se préparèrent plus avec le même enthousiasme qu'au début.

En se basant sur les présentes recherches, on peut déduire que, par l'apport systématique d'un concentré approprié d'hydrates de carbone pendant une période de repos de deux jours seulement, la teneur en glycogène du muscle sera le double de celle obtenue par une alimentation normale. Cela peut avoir une grande importance dans le sport de compétition, surtout lorsque les matches se suivent à courts intervalles. L'influence favorable d'une si grande réserve de glycogène sur la capacité d'endurance a été démontrée à plusieurs reprises et de façon incontestable.

Bibliographie

- ¹ Ahlberg, B., Bergström, J., Brohult, J., Ekelund, L.-G., Hultmann, E., Maschio, G.: Human Muscle Glycogen Content and Capacity for Prolonged Exercise after Different Diets. *Särtryck ur Försvarsmedicin* 3, 85 – 100 (1967).
- ² Bergström, J.: Muscle Electrolytes in Man, *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 14, Suppl. 68 (1962).
- ³ Bergström, J., Hermansen, L., Hultman, E., Saltin, B.: Diet, Muscle Glycogen and Physical Performance, *Acta Physiol. Scand.* 71., 140–150 (1967).
- ⁴ Fellig, P., Wahren, J.: Fuel Homeostasis in Exercise, *The New England Journal of Medicine*, Nov. 20, 1078–1084 (1975).
- ⁵ Forsberg, A., Hultén, B., Wilson, G., Karlsson, J.: *Idrottsfysiologi rapport nr. 14. Ishockey*. Trygg-Hansa. Stockholm (1957).
- ⁶ Gollnick, P., Armstrong, R., Saubert IV C, Sembrowick, W., Saltin, B.: Glycogen Depletion Patterns in Human Skeletal Muscle Fibers during Prolonged Work. *Pflügers Arch.* 344, 1–12 (1973).
- ⁷ Howald, H.: Die Bedeutung der Kohlenhydratnahrung im Sport. *Jugend + Sport*, 32, 401–406 (1975).
- ⁸ Hultman, E.: Muscle Glycogen in Man Determined in Needle Biopsy Specimens: Method and Normal Values, *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 19, 209–217 (1967).
- ⁹ Karlsson, J., Saltin, B.: Diet, Muscle Glycogen and Endurance Performance. *J. Appl. Physiol.* 31 (2), 203–206 (1971).
- ¹⁰ Liitsola, S.: Ice Hockey and the Energy of Muscles. *Proceedings in International Coaches-Symposium*. Toronto/Canada (1976).
- ¹¹ Lowry, O., Passonneau, J., Hasselberger, F., Schultz, D.: Effect of Ischemia on Known Substrates and Cofactors of the Glycolytic Pathway in Brain. *J. Biol. Chem.* 239, 18 (1964).
- ¹² Oberholzer, F., Claassen, H., Moesch, H., Howald, H.: Ultrastrukturelle, biochemische und energetische Analyse einer extremen Dauerleistung (100-km-Lauf). *Schweiz. Z. Sportmed.* 24, 71–98 (1976).
- ¹³ Saltin, B., Karlsson, J.: Die Ernährung des Sportlers. In: W. Hollmann, *Zentrale Themen der Sportmedizin*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, (1972).