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: 30 (1973)

Heft: 1

Rubrik: Forschung, Training, Wettkampf : sporttheoretische Beiträge und Mitteilungen = Recherche, entraînement, compétition : complément consacré à la théorie du sport

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: 12.07.2025

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

FORSCHUNG TRAINING WETTKAMPF
Sporttheoretische Beiträge und Mitteilungen
RECHERCHE ENTRAINEMENT COMPÉTITION
Complément consacré à la théorie du sport
REDAKTION: FORSCHUNGSINSTITUT DER ETS
RÉDACTION: INSTITUT DE RECHERCHES DE L'EFGS

Le moteur du marathonien

Enrico Arcelli (traduction: Noël Tamini)

«La plupart ignorent à peu près tout des rudiments de la mécanique humaine. On trouve naturel d'être versé dans les lettres, les sciences, les arts. On croit en savoir assez pour se passer du médecin. Quant à réfléchir sur soi-même, savoir de quoi notre corps est fait et comment il fonctionne, on ne s'en soucie guère. Pourtant, l'organisme humain ne fait pas partie, comme on pourrait le croire, d'un monde à part, réservé aux médecins. Les profanes eux-mêmes ont droit de regard sur ce mécanisme infiniment perfectionné qu'est le moteur humain...
»Puisque le corps humain représente un incomparable instrument de travail, le plus compliqué de tous, n'est-il pas naturel de chercher à le mieux connaître?»

Valléry-Lardot, *Notre corps*

«Mécanisme infiniment perfectionné... le plus compliqué de tous...» Il était bon, nous semble-t-il, qu'avant de passer à la lecture – quelque peu ardue – de l'excellent article du docteur Arcelli, l'on découvrît ces lignes explicites de Louis Pasteur Valléry-Lardot, médecin et écrivain, lui-même petit-fils de Louis Pasteur. N.T.

Il n'est guère de discipline athlétique où des connaissances fondamentales en matière de physiologie peuvent avoir autant d'utilité pratique qu'en marathon. En fait, l'entraîneur qui a une connaissance précise des problèmes physiologiques inhérents à cette discipline saura ordonner judicieusement l'entraînement, tout en préservant mieux ses athlètes de ces crises imputables à la déshydratation, à l'hyperthermie (température excessive du corps), à l'hypoglycémie (manque de sucre dans le sang), à l'épuisement des réserves de glycogène de la musculature, etc.

1. Les «frais» de l'épreuve

Par kilomètre parcouru à la cadence de compétition, le marathonien consomme environ 0,9 kcal/kg de poids corporel. Un marathonien qui court bien en consommera même une moindre quantité (par ex. 0,88 kcal/kg × km), alors que la consommation d'un athlète qui court mal atteindra parfois 0,95 kcal/kg × km, voire davantage. Quant à l'individu non habitué à courir, cette consommation est d'environ 1 kcal/kg × km. En marathon, mal courir peut donc provoquer une perte de quelques minutes.

2. La dépense totale d'énergie

Pour la distance totale du marathon (soit 42,195 km, arrondis à 42,2 km pour nos calculs) un athlète de 60 kg consommant 0,9 kcal/kg × km dépensera, théoriquement, quel que soit le temps total, environ 42,2 km × 60 kg × 0,9 kcal/kg × km = 227,8 kcal. Il va sans dire que l'on ne tient pas compte ici d'éventuelles différences de niveau du trajet, des conditions de vent, etc.

3. Chaleur métabolique et chaleur de radiation

Durant le travail musculaire, la plus grande partie de l'énergie est transformée en chaleur. Dans le cas du marathon, environ le 90 pour cent de la dépense énergétique totale (soit 2000 kcal en chiffre rond) est transformé en chaleur métabolique (M) que le corps doit céder. Si l'épreuve se déroule par un temps ensoleillé, le corps du coureur absorbe une certaine quantité de chaleur par radiation (R); il s'agira parfois de quelques dizaines de kcal, que le corps doit également évacuer. On sait que la couleur blanche (ici de vêtements de sport) réfléchit une plus grande partie des rayons du soleil que des couleurs sombres, et contribue donc à abaisser la quantité de chaleur absorbée par radiation.

4. L'évacuation de la chaleur

La somme de la chaleur métabolique et de la chaleur par radiation (M + R) est supérieure à 2000 kcal dans le cas du marathonien. Or, le corps doit évacuer ces kcal afin d'éviter une élévation excessive de la température du corps. Notons en effet qu'environ 50 kcal suffisent pour provoquer une augmentation de 1 degré environ. Le corps humain peut certes supporter brièvement une température atteignant 42° (mais dans le cas du marathon cela obligerait le coureur à abandonner). Il est donc nécessaire que la chaleur soit constamment évacuée durant la course. Cela se produit par échange de chaleur avec l'environnement (par évaporation et par convection notamment).

5. La chaleur cédée par convection

La température de la peau, qui varie d'un point du corps à un autre, est en général plus élevée que la température de l'air ambiant. L'air mis en contact immédiat avec la peau est réchauffé par celle-ci, enlevant ainsi une certaine quantité de la chaleur corporelle. Le brassage de l'air, dû aux mouvements du coureur, ou à l'action d'autres courants d'air, fait que les couches d'air en contact direct avec la peau sont continuellement renouvelées. Cette cession de chaleur par convection (C) augmente en quelque sorte avec la racine de la vitesse de course, et elle est d'autant plus élevée que la surface de la peau dénudée est plus grande. Inversement, lorsque la température ambiante est plus élevée que celle du corps, c'est celui-ci qui absorbe de la chaleur par convection.

6. La chaleur cédée par évaporation

En s'évaporant, chaque litre d'eau absorbe environ 600 kcal. Si donc l'on multiplie par 0,6 chaque gramme de transpiration qui sort du corps du coureur et s'évapore, on obtient la quantité (en cal.) de chaleur cédée par évaporation. Cependant, ce n'est pas la totalité de la transpiration produite par les glandes sudoripares qui s'évapore, mais une partie seulement, d'autant plus grande que l'air ambiant est plus sec.

7. La déshydratation et le déficit en sel

Au cours d'un marathon couru par temps doux, un coureur perd en moyenne 2 à 3 litres de sueur. Par grande chaleur, certains coureurs perdront 5 litres ou davantage, et dans certains

cas limites jusqu'à 10 pour cent de leur poids. Une déshydratation de cet ordre peut amener le coureur à un grave état de crise (crise dite par déshydratation). Il est donc important que le coureur se présente au départ en bon état «hydrique» et que durant la course il restitue à son corps au moins une part de l'eau cédée sous forme de sueur. Par grande chaleur surtout, il est conseillé au coureur de boire durant la course au moins la quantité d'eau nécessaire à satisfaire sa soif. Notons à ce sujet que la sueur contient 0,2 à 0,5 pour cent de sel. Lorsque l'organisme se trouve dans un état de déficit en sel, la transpiration peut devenir difficile. Certains spécialistes sont d'avis que l'on devrait additionner d'un peu de sel de cuisine les boissons absorbées durant la course: non seulement on maintiendrait ainsi l'équilibre en sel, mais l'on diminuerait le temps durant lequel la boisson reste dans l'estomac. Pendant les jours qui précèdent un marathon, il est en tout cas recommandé d'absorber des aliments un peu plus salés que d'ordinaire. Il nous semble que cela devrait suffire à prévenir le déficit en sel durant l'épreuve.

8. Chaleur et vapeur d'eau évacuées par les poumons

De la chaleur est également évacuée par les poumons, lorsque l'air expiré est plus chaud que l'air inspiré et qu'il est davantage saturé de vapeur d'eau. On peut donc calculer que durant un marathon un athlète de 60 kg cède par ses poumons environ 0,25 kg d'eau sous la forme de vapeur d'eau; cela équivaut à quelque 150 kcal. Cette quantité de vapeur d'eau est bien entendu d'autant plus grande que la température ambiante est basse.

9. Le bilan calorique

Le bilan calorique B peut être considéré comme la somme algébrique de la chaleur métabolique M (toujours positive), de la chaleur par radiation R (en général positive), de la chaleur E (toujours négative) cédée par évaporation et de la chaleur C cédée par convection (positive ou négative selon que la température ambiante est plus élevée ou plus basse que la température de la peau).

$B = M + R - E \pm C$

On peut aussi écrire:

$B = 0{,}83\ (t_a \times pc_a) - (t_p \times pc_p)$

En l'occurrence, 0,83 se rapporte à la chaleur spécifique du corps humain, t_a indique la température du corps du coureur à l'arrivée, t_p la température du corps au départ, pc_a le poids du coureur à l'arrivée et pc_p son poids au départ. En général, à l'arrivée la température du corps est plus élevée qu'au départ. Et comme la variation du poids du corps joue toutefois un assez grand rôle dans le calcul, B est souvent négatif.

10. La régulation thermique par la circulation sanguine

L'une des fonctions de la circulation sanguine est de véhiculer la chaleur jusqu'à la peau. La température du corps s'élevant, la part de sang dirigé vers la peau augmente sensiblement (jusqu'à 20 pour cent de la quantité totale). C'est ainsi qu'une assez grande quantité de chaleur peut être évacuée. Par conconséquent, l'irrigation musculaire s'amenuise toutefois, et du même coup l'approvisionnement en oxygène de la musculature. En ce qui concerne la fonction de la circulation sanguine, certains auteurs croient que la perte de quelques litres de sueur se traduit par une diminution de la proportion de liquide du sang. Cependant, chez les marathoniens que nous avons examinés, nous n'avons jamais enregistré, avant ou après la course, des différences notables en matière d'«hématocrite» (= volume qu'occupent dans 100 g de sang les corpuscules rouges du sang[1]). Cela signifie que le volume du plasma sanguin ne varie pas durant le marathon. *(Par des méthodes plus modernes et plus sensicles nous avons pu prouver que le volume du plasma sanguin est diminué d'une moyenne de 10 à 12 pour cent; rédaction.)*

11. La provenance de l'énergie

Les muscles du coureur sollicités durant l'épreuve (tout particulièrement les muscles des jambes et des fesses, mais aussi certains groupes de muscles du tronc et des bras) ne peuvent fournir leur long et intensif travail, qu'à la condition de pouvoir disposer de ressources énergétiques appropriées. Cette énergie est de nature biochimique, et en dernier ressort elle est le fait de différents processus de combustion: dans des réactions entre l'oxygène qui parvient continuellement au muscle par le canal de la circulation sanguine, et un «carburant» fait de sucres et de graisses (glycogène et acides gras libres). En pratique, nous pouvons parler des réactions suivantes:

a) oxygène + glycogène = gaz carbonique + eau + énergie
b) oxygène + acides gras = gaz carbonique + eau + énergie

Considérons les produits de réaction de a) et de b): Le gaz carbonique (= dioxyde de carbone) est transporté par le sang jusqu'aux poumons, où il est éliminé (respiration).
En ce qui concerne l'eau, nous en parlons plus loin («eau d'oxydation»).
L'énergie sert à la «charge» de l'ATP (adénosine-triphosphate), donc de ces molécules d'où la fibre musculaire tire l'énergie nécessaire à la contraction.

12. La consommation maximale d'oxygène

Il est d'une grande importance pour le marathonien que ses muscles soient à chaque instant approvisionnés d'une grande quantité d'oxygène. L'intensité des réactions a) et b) dépend de la quantité d'oxygène par unité de temps, quantité disponible pour les réactions. Plus la quantité d'oxygène qui parvient aux muscles est grande, plus s'élèvera la quantité de glucose et d'acide gras consommée, et plus grande sera donc l'énergie produite pour charger l'ATP. Les muscles disposent d'une assez grande quantité d'ATP, et ils peuvent se contracter à une fréquence élevée. Nous appelons «consommation maximale d'oxygène» la quantité maximale d'oxygène qu'un organisme peut absorber par unité de temps. Grâce au caractère particulier de leur cœur et de leur circulation, la «consommation maximale d'oxygène» des meilleurs marathoniens est d'au moins 75 ml d'oxygène par kg et par minute. Bien que – comme nous le verrons plus loin – une grande «consommation maximale d'oxygène» soit une condition indispensable pour un bon marathonien, il va sans dire qu'elle seule ne suffit pas. Des athlètes d'autres disciplines (coureurs de 1500 m et de 5000 m, skieurs de fond, rameurs, cyclistes, etc.) ne pourraient en effet,

[1] Rapport des constituants solides aux constituants liquides du sang total

avec cette seule qualité, réaliser un bon temps sur la distance du marathon, même si leur «consommation d'oxygène maximale» est supérieure à 75 ml/kg × min.

13. Glycogène et acides gras

Ainsi qu'on l'a déjà dit, le glycogène et les acides gras sont les carburants d'où provient l'énergie nécessaire aux muscles. Le glycogène se trouve dans les muscles en particules très petites. Les acides gras en revanche, qui proviennent des réserves de graisses, parviennent aux muscles par le canal du sang. Chez un marathonien, la quantité totale du glycogène contenu dans les muscles atteint quelques centaines de g avant le départ. A l'arrivée, cette quantité aura fortement baissé. Les acides gras stockés dans les réserves de graisse atteignent 2–3 pour cent du poids du corps, et donc environ 1,5 kg pour un coureur de 60 kg. Chez un non-sportif de 20–30 ans, ces réserves de graisses atteignent ou dépassent facilement 10 pour cent du poids corporel.

14. Le quotient respiratoire

Par quotient respiratoire, on entend le rapport du gaz carbonique produit (éliminé avec l'air expiré) à la consommation d'oxygène pendant le même laps de temps:

$$\text{quotient respiratoire} = \frac{\text{gaz carbonique produit}}{\text{consommation d'oxygène}}$$

Le quotient respiratoire peut osciller entre 0,7 et 1,0. Il est de 0,7 lorsque l'organisme ne consomme que des acides gras; il est de 1,0 lorsqu'il ne consomme que des sucres. Durant une course accomplie à la cadence d'un marathon, le quotient respiratoire a toujours une valeur intermédiaire, située en général entre 0,8 et 0,9. Cela veut dire que les muscles du coureur «brûlent» tant du sucre que des acides gras, dont le pourcentage peut être déterminé exactement si l'on connaît avec précision le quotient respiratoire.

15. L'importance pour le marathonien d'une nourriture riche en glucides

En 1939 déjà, Christensen et Hansen avaient découvert qu'une activité physique d'intensité donnée pouvait être maintenue durant 4 heures en moyenne, si auparavant l'athlète s'était principalement nourri de glucides; 2 heures dans le cas d'une nourriture mixte, et moins de 90 minutes en cas de nourriture très riche en lipides. Tout récemment, d'autres savants scandinaves ont constaté qu'une alimentation riche en glucides élève les réserves de glycogène dans les muscles et que cette teneur élevée en glycogène permet de déployer plus longtemps une activité durable d'intensité donnée.

16. La teneur maximale des muscles en glycogène

Pour un athlète dont l'alimentation est mixte, la teneur des muscles en glycogène atteint environ 1,5 g par 100 g de poids de muscle. Après une longue charge à l'entraînement, ce taux baisse très fortement. Mais si l'athlète se nourrit surtout de mets à base de glucides, au bout de quelques repas déjà la teneur des muscles en glycogène excède le taux normal, et au bout du troisième jour elle atteint des valeurs supérieurs à 3 g. Si en revanche après un entraînement qui fait baisser la teneur en glycogène, l'athlète suit un régime essentiellement basé sur des protides et des lipides (sans le moindre glucide), il ne subsistera dans les muscles qu'une très minime quantité de glycogène. Pareille alimentation qui n'a aucune utilité immédiate, est toutefois importante en vue de déclencher dans les muscles un «appel de sucre». Lorsqu'ensuite, durant les trois jours suivants, l'athlète se nourrit exclusivement d'aliments riches en glucides, le taux de glycogène des muscles va atteindre environ 4 g par 100 g de poids de muscle (et même plus de 5 g dans certains cas). Pour le marathonien qui désire se présenter au départ avec des muscles à haute teneur de glycogène, il faudra donc, 6 jours avant l'épreuve, s'en tenir, après un long entraînement, à 3 jours de régime fait exclusivement de lipides et de protides, puis, passer à un régime tout aussi nettement axé sur des glucides (voir tableaux 1 et 2). Le Dr Jacoponi, lui-même marathonien, parle à ce sujet d'«alimentation préparatoire».

Tableau 1

Déjeuner (580 kcal):	1 œuf cuit, 100 g de jambon cuit, thé ou café sans sucre.
Dîner (1125 kcal):	1 tasse de bouillon avec 10 g de beurre, 200 g de Hamburger, 100 g d'emmenthal.
Goûter (420 kcal):	100 g d'emmenthal
Souper (870 kcal):	soupe aux nouilles avec œuf et 10 g de parmesan, 200 g d'escalope de porc, 300 g d'épinards cuits et 100 g d'huile de table.

Alimentation avec manque de glucose (régime protides + lipides). Régime pauvre en glucose appliqué par le Dr Jacoponi durant les 3 premiers jours.

Tableau 2

Déjeuner (520 kcal):	150 g de lait écrémé, café contenant 10 g de sucre, 100 g de pain avec 50 g de confiture.
Dîner (1265 kcal):	150 g de riz avec purée de tomates sans graisse, 100 g de foie grillé, 100 g de pommes de terre cuites assaisonnées de citron, 100 g de pain avec 60 g de confiture.
Goûter (285 kcal):	50 g de pain avec 50 g de miel, 100 g de lait écrémé avec 10 g de sucre.
Souper (935 kcal):	100 g de riz, 100 g de poisson (cabillaud) grillé, 50 g de pommes de terre avec citron, 100 g de pain, 100 g de lait avec 10 g de sucre, 1 banane.

Alimentation avec excédent de glucose. «Nourriture préparatoire» appliquée par le Dr Jacoponi les 3 derniers jours avant le marathon. Comme on le voit, ce régime comprend aussi des aliments contenant des protéines (foie et viande); on peut toutefois, lors du repas précédant l'épreuve, les remplacer par d'autres aliments contenant en prédominance du glucose. Notons encore, parmi les aliments ne figurant pas dans le tableau, les biscuits, les douceurs (sans crème), les fruits frais ou cuits, etc.

17. L'entraînement durant la semaine qui précède la compétition

Admettons que le marathon se déroule le dimanche après-midi et que l'«alimentation préparatoire» débute au soir du lundi précédent; le dernier entraînement long (environ 30 km), destiné à abaisser à un minimum la teneur des muscles en glycogène, aura lieu le lundi après-midi. Jusqu'au dîner du jeudi, l'athlète suivra un régime à base de lipides et de protides; son entraînement sera alors très limité (10–15 km au maximum), d'autant plus que le manque de glycogène rend l'entraînement très éprouvant. Le vendredi et le samedi, il n'y aura pas d'entraînement, afin de favoriser l'augmentation du taux de glycogène. On peut toutefois, pour des raisons psychologiques, conseiller un bref entraînement de 5 à 10 km. Le dimanche matin, une heure avant le dîner, je conseille un «prééchauffement» de 3–5 km. Le laps de temps entre le dîner et l'épreuve dépend des habitudes individuelles de l'athlète. Si ce temps est très long, je conseille de consommer, aussitôt après l'échauffement pour la compétition, quelques morceaux de sucre, ou mieux: quelques dizaines de grammes de sucre de raisin.

18. La consommation de glucides et de lipides au cours du marathon

Pour parcourir la distance complète du marathon, un athlète de 60 kg (voir chapitre 2) consomme quelque 2280 kcal. Si son quotient respiratoire est de 0,85, la moitié de cette énergie (1140 kcal) vient du glucose, et l'autre moitié des graisses. Comme la combustion de 1 g de sucre produit 4,1 kcal d'énergie et celle de 1 g de graisse 9,3 kcal, le coureur a besoin de 278 g de sucre (glucose) et de 122 g de graisses. Mais dans le cas d'un quotient respiratoire de 0,80, les deux tiers de l'énergie proviennent des graisses (1530 kcal = 164 g) et un tiers seulement du sucre (750 kcal = 183 g). Par contre, pour un quotient respiratoire de 0,90, les deux tiers de l'énergie sont tirés du sucre (1530 kcal = 372 g) et un tiers des graisses (750 kcal = 81 g).

19. Sucre absorbé durant la compétition

Se présenter au départ avec des muscles bien pourvus de glycogène constitue sans nul doute pour le marathonien un avantage considérable. Il faut à cet effet – ainsi que nous l'avons vu – adopter un mode d'alimentation un peu compliqué. Surtout par exemple s'il faut un long voyage jusqu'au lieu de la compétition. Mais ne peut-on pas obtenir le même avantage si l'on prend du sucre durant l'épreuve? La réponse est un non catégorique. Outre les difficultés d'absorber durant la course les mêmes quantités de sucre que celles contenues dans les mets de la «nourriture préparatoire», plusieurs facteurs physiologiques s'y opposent formellement. Normalement, le sucre absorbé (et tous les glucides) se transforme, au cours du processus de digestion, en monosaccharides; et comme tels, absorbés par les muqueuses de l'intestin, ils parviennent dans la circulation sanguine. A partir du sang, ces monosaccharides peuvent, grâce à l'hormone insuline, arriver aux cellules (aux cellules des fibres musculaires également). Durant l'effort physique requis d'un marathon, le taux d'insuline baisse, si bien que les monosaccharides n'arrivent plus à parvenir aux muscles. Cependant, l'absorption de sucre durant la course est utile, moins pour combler la baisse du taux de glycogène des muscles que pour maintenir à un certain niveau le taux du sucre sanguin.

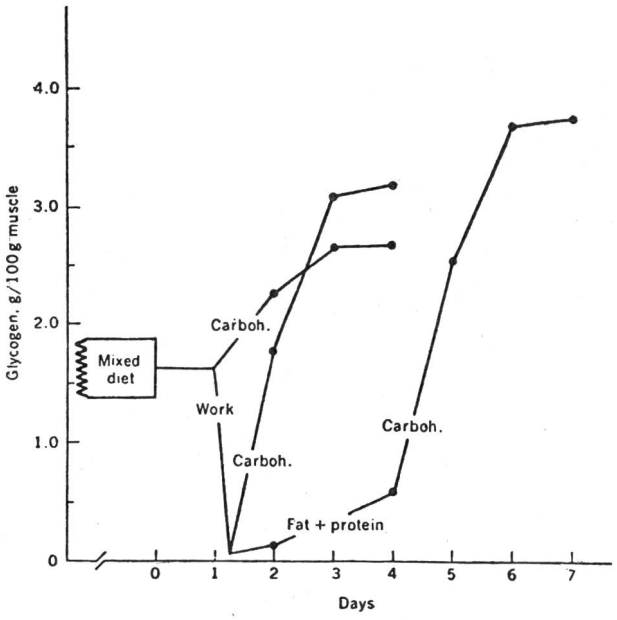


Illustration 1. Le taux de glycogène des muscles peut varier au cours des jours, selon l'entraînement et la nourriture. Comme on le voit, dans le cas d'une nourriture mixte, il s'élève à 1,3–1,8 g par 100 g de poids de muscle. Avec l'entraînement, il revient presque à zéro; mais, à la suite d'une alimentation riche en glucides (Carboh.), il montera en peu de jours à plus de 3 g. Si par contre on fait suivre l'entraînement de 3 jours d'un régime lipides-protides (Fat + protein), le taux de glycogène demeure très bas, atteignant toutefois plus de 3,5 g les jours suivants lorsqu'on aura passé à une nourriture riche en glucides. Ce graphique montre que l'«épuisement» initial des réserves de glycogène favorise l'«approvisionnement» qui va suivre. On voit que le fait de se nourrir aussitôt de glucides, sans entraînement préalable (= sans épuisement des réserves) donne pour le taux de glycogène des valeurs nettement plus faibles que dans le cas où il y a eu entraînement préalable (selon Saltin et Hermansen, 1967).

20. Le taux de glucose du sang

Normalement, 100 g de sang renferment environ 1 g de glucose, soit 1 pour mille. Lorsque ce taux vient à s'abaisser à 0,8–0,7 pour mille, on parle de manque de glucose (hypoglycémie). Le manque de glucose provoque de graves troubles, et lorsque ce taux descend au-dessous de 0,5 pour mille, il peut même y avoir syncope. Un marathonien dont le manque de glucose est si grand est forcément contraint à l'abandon.

D'ordinaire, la teneur en glucose du sang est maintenue à des valeurs normales grâce au glucose contenu dans le foie sous forme de glycogène (amidon animal). Lorsque, chez un marathonien qui se rend au départ, les réserves de glycogène du foie sont insuffisantes, le coureur risque de souffrir durant l'épreuve d'une crise par manque de sucre dans le sang (hypoglycémie); dans ce cas, il lui faudra absorber du sucre au cours du marathon.

21. L'augmentation de poids consécutive à l'«alimentation préparatoire»

L'athlète qui s'astreint à une alimentation préparatoire arrive au départ avec quelques centaines de g de plus que celui qui a préféré une alimentation mixte. Si cette augmentation atteint 1 kg, le premier devra durant la première fraction du parcours dépenser 1,66 pour cent d'énergie de plus que le second. Son poids diminuera toutefois plus rapidement que s'il avait adopté une nourriture mixte pendant la semaine précédant l'épreuve; d'autre part, la nécessité de boire sera moins grande. L'augmentation de poids est moins due à un pur stockage de glycogène qu'au fait que ce stockage se produit sous forme hydrogénée. En fait, chaque gramme de glucose correspond à quelque 2,7 g d'eau d'hydratation.

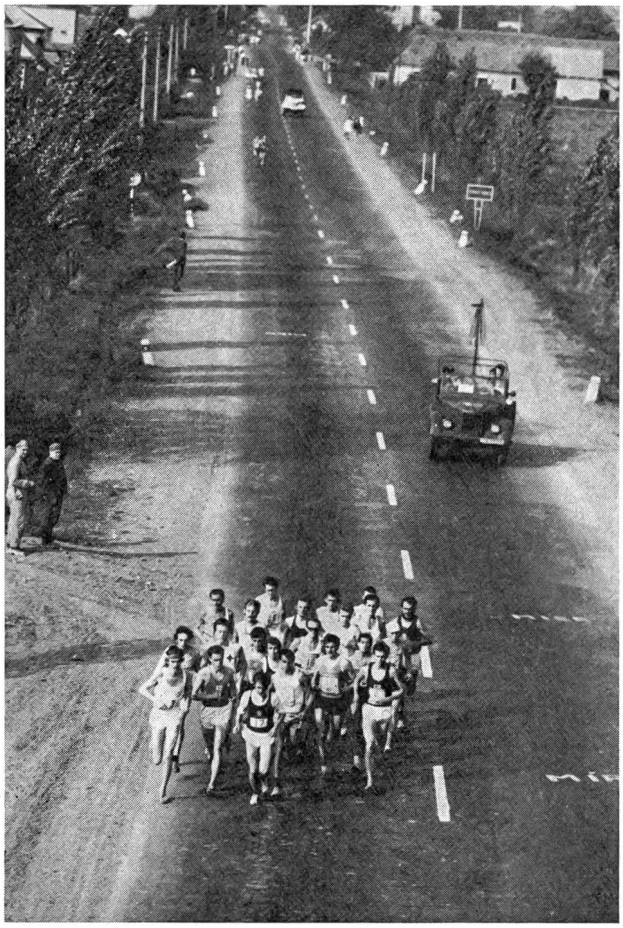
22. Eau d'hydratation et «eau d'oxydation»

Durant la course, la «combustion» de chaque gramme de glycogène s'accomplit avec une libération de 2,7 g d'eau liée au glycogène comme «eau d'hydratation». Un coureur ayant suivi une «alimentation préparatoire» brûle durant un marathon environ 375 g de glycogène; environ 100 g d'eau se trouvent ainsi libérés. Après une alimentation mixte, la consommation de glycogène s'élève à 200 g environ, liée à la libération de 750 g d'eau d'hydratation. Après une alimentation riche en lipides, la consommation de glycogène se montera finalement à environ 180 g = 500 g d'eau d'hydratation.
En outre, avec la combustion de glycogène et d'acides gras, il y a libération d'environ 300 g d'«eau d'oxydation» (voir chapitre 11). Dans l'ensemble, il peut y avoir évacuation de 800 à 1300 g d'eau d'hydratation et d'«eau d'oxydation» sous forme de sueur, sans que le sang ou d'autres tissus doivent le céder. C'est précisément là l'une des raisons pour lesquelles, même si au cours de l'épreuve il vient à perdre en sueur plus de 8 pour cent de son poids, un marathonien ne montre aucun des symptômes de déshydratation analogues à ceux d'un individu qui aurait perdu une aussi grande quantité de sueur sans travail musculaire, mais seulement en séjournant dans un milieu très chaud.

23. Les avantages de l'«alimentation préparatoire»

- Celui qui a bénéficié d'une «alimentation préparatoire» ne court pas le risque d'une crise par insuffisance de glycogène dans la musculature; en effet, dans les derniers kilomètres de l'épreuve également, il continuera à disposer dans ses muscles d'une quantité suffisante de glycogène;
- celui qui a adopté une «alimentation préparatoire», et qui a donc stocké dans les muscles une assez grande quantité d'eau d'hydratation, risquera moins une crise par déshydratation ou hyperthermie;
- grâce à l'«alimentation préparatoire», la provision de glycogène du foie augmente elle aussi; et comme c'est précisément le foie qui règle le taux de glycogène du sang, on peut donc ainsi facilement éviter une crise par hypoglycémie (par manque de sucre sanguin). D'autre part, durant la course le coureur aura besoin d'une moindre quantité de sucre.

Dans une série d'expériences pratiques que nous avons réalisées avec l'«alimentation préparatoire», il s'est avéré que beaucoup de coureurs ainsi préparés, arrivent au but en bien meilleur état de fraîcheur que les autres coureurs, attestant eux-mêmes qu'ils ont moins souffert que lors de marathons accomplis sans cette préparation. L'utilité de l'«alimentation préparatoire» ne fait donc aucun doute même indépendamment de l'avantage-temps qui en résulte également.



Marathon de Kosice 1971 (à 10 km du départ).

24. La consommation d'oxygène lors d'un marathon

Le meilleur temps accompli jusqu'ici sur la distance du marathon le fut le 30 mai 1969 à Anvers en 2:08'33''6, par Derek Clayton. Il correspond à une moyenne horaire de 19,692 km. Si les «frais» de sa course s'élèvent à 0,9 kcal/kg × min, on peut parler d'une dépense de 17,72 kcal/kg × h. Admettons pour Clayton un quotient respiratoire de 0,85 (4,86 kcal par litre d'oxygène), on peut calculer qu'il a consommée la quantité d'oxygène suivante:

$$\frac{17{,}72\ \text{kcal/kg} \times \text{h}}{4{,}86\ \text{kcal/l}} = 3{,}463\ \text{l d'oxygène/kg} \times \text{h}$$

$$= 60{,}7\ \text{ml/kg} \times \text{min.}$$

Il est très vraisemblable toutefois que la consommation maximale d'oxygène de Clayton (chapitre 12) est proche de 80 ml/kg × min, sinon supérieure. Dans ce cas, il aurait utilisé environ 75 pour cent de sa consommation maximale d'oxygène. Costill a trouvé des valeurs analogues chez des marathoniens de niveau national ou international; elles concordent avec les valeurs que nous avons enregistrées pour quelques marathoniens italiens de niveau national. Chez des coureurs de niveau inférieur, les valeurs d'utilisation de la consommation maximale d'oxygène étaient inférieures. Outre l'augmentation de la consommation maximale d'oxygène, l'entraînement du marathonien doit donc tendre vers une meilleure utilisation de cette consommation.

25. Facteurs limitant la performance

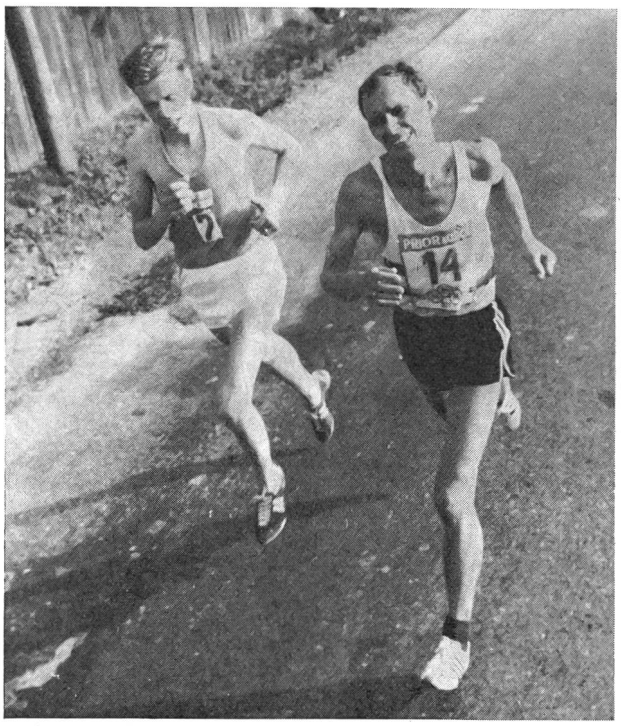
Durant le marathon, certains facteurs, souvent aussi influencés encore par les conditions ambiantes, peuvent limiter fortement les capacités du coureur. Quelques-uns d'entre eux ont déjà été examinés en détail: l'épuisement des réserves de glycogène dans les muscles, la déshydratation, le manque de sucre sanguin (hypoglycémie) et le suréchauffement (hyperthermie). Ces facteurs, qui interviennent fréquemment en combinaison simultanée avec plusieurs autres, provoquent des troubles de diverses natures, qui aboutissent finalement à la «crise». Que l'on se souvienne de ce qui a été dit au chapitre 7 au sujet de l'équilibre en sel. En marathon, et contrairement aux distances rapides du demi-fond, la concentration de l'acide lactique dans le sang ne paraît pas constituer pour la performance un facteur limitatif. En fait, après la course on note chez les marathoniens une très faible concentration d'acide lactique, à moins qu'ils aient terminé l'épreuve par un véritable sprint. Selon le prof. *Astrand*, d'autres facteurs limitatifs peuvent intervenir, par exemple des troubles dans le bilan électrolytique au niveau des membranes cellulaires de la fibre musculaire et des modifications des systèmes enzymatiques.
En ce qui concerne l'aptitude individuelle à un long effort intensif, tel le marathon, *Astrand* dit en substance:
«Lorsqu'un travail donné nécessite une consommation d'oxygène de 2 l par minute, un individu disposant d'une consommation maximale d'oxygène de 4 l par minute possède une marge de sécurité suffisante, alors qu'un individu dont cette consommation maximale n'est que de 2,5 l par minute sera pour le même degré d'effort tellement près de son maximum que son équilibre interne sera bien plus facilement compromis. Dans le cas d'une charge de longue durée, la motivation, l'état d'entraînement, le bilan hydrique et les réserves énergétiques disponibles constituent les grandeurs les plus importantes pour la capacité de performance.»

26. Quelques conseils pratiques

Voici, en relation avec ce que nous avons dit, quelques autres conseils à l'intention des marathoniens:

Il n'est pas seulement important de parcourir de nombreux kilomètres par semaine, mais il faut qu'à chaque entraînement une longue distance soit parcourue sans interruption; outre des raisons psychologiques, il le faut à cause de certains problèmes (manque de glucose, déshydratation, hyperthermie, etc.) qui ne se manifestent qu'à la suite d'un effort d'une assez longue durée.

Si on laisse entre le dernier repas et la compétition une assez longue période, il est important d'absorber, une demi-heure à un quart d'heure avant le départ, du sucre sous forme solide ou liquide.
Un tricot tel qu'en porte un Ron Hill (blanc, perforé et ample) est l'idéal, par temps chaud et ensoleillé.
Lorsqu'un marathonien ne parvient pas à appliquer tout à fait l'«alimentation préparatoire» requise, il faudrait malgré tout qu'il le fasse au moins partiellement; cela quand bien même l'avantage de cette préparation partielle (ainsi que le montre l'illustration 1) est lui aussi partiel. Il est surtout important que les 4–6 derniers repas soient exclusivement constitués de glucides, et que l'on ait fait débuter ce mode de nourriture après une longue séance d'entraînement. D'autre part, il convient de ne s'entraîner que très peu durant cette période d'alimentation.



Marathon de Kosice 1971 (phase décisive, à droite le vainqueur Toth, Hongrie).

Physiologische Probleme des Marathonlaufs (Zusammenfassung)

Im Marathonlauf kommen wie in kaum einer andern leichtathletischen Disziplin eine ganze Reihe von physiologischen Problemen zur Geltung:

- Wärmehaushalt mit der Gefahr der Hitzestauung,
- Wasserhaushalt mit der Möglichkeit der «Austrocknung»,
- Energiebereitstellung für die arbeitende Muskulatur mit dem Risiko der Erschöpfung der Glykogenvorräte in Muskulatur und Leber und einem daraus resultierenden kritischen Abfall des Blutzuckergehaltes.

Im vorliegenden Artikel wird auf die verschiedenen Probleme ausführlich eingegangen. Von speziellem Interesse dürfte eine «Vorwettkampfnahrung» sein, durch welche die Glykogenvorräte in der Muskulatur auf ein Maximum gebracht werden können. Das Prinzip besteht in einem harten Training zur Erschöpfung des Muskelglykogens 1 Woche vor dem Wettkampf, gefolgt von einer kohlenhydratarmen Fett-Eiweiss-Diät während 3 Tagen und einer sehr kohlenhydratreichen Diät in den letzten 3 Tagen vor dem Marathon. Das Vorgehen ist durch wissenschaftliche Untersuchungen mit der Muskelbiopsiemethode gesichert und kann zur Wettkampfvorbereitung in Sportarten mit Dauerleistungscharakter empfohlen werden.

Bibliographie

Arcelli, E.: Nozioni utili al maratoneta – *Atletica leggera,* 137 : 43, Januar 1971.

Arcelli, E.: Note introduttivealla corsa del mezzofondista e del fondista – *Atletica leggera,* 140 : 38–41, April 1971.

Astrand, P.-O., K. Rodhal: «Texbook of Work Physiology», McGraw-Hill Book Company, New York, 1970.

Christensen, E.H., O. Hansen: Arbeitsfähigkeit und Ernährung – *Skand. Arch. Physiol.* 81 : 160, 1939.

Costill, D.L.: «What research tells the coach about distance running», American Association for Health, Physical Education and Recreation, Washington 68.

Costill, D.L.: Metabolic response during distance running – *J. Appl. Physiol.* 28 : 251–255, 1970.

Costill, D.L., E. Fox: Enerdetics of marathon running – *Medicine and scienze in sport,* 1 : 81–86, 1969.

Costill, D.L., E. Winrow: A comparison of two middle-aged ultramarathon runners – *Research Quaterly,* 41 : 135–139, 1970.

Edwards, H.T., R. Margaria, D.B. Dill: Metabolic rate, blood sugar and utilisation of carbohydrate – *Am. J. Physiol.,* 108 : 203–209, 1934.

Jacoponi, R.: Preparazione alimentare del maratoneta – *Atletica leggera,* 141 : 36–38, Mai 1971.

Margaria, R., E. Arcelli, P. Aghemo, G. Sassi: In Vorbereitung.

Margaria, R., P. Cerretelli, P. Aghemo, G. Sassi: Energy cost of running – *J. Appl. Physiol.* 18 : 367–370, 1963.

Muir, A.L., I. W. Percy-Robb, I.A. Davidson, E.G. Walsh, R. Passmore: Physiological aspects of the Edinburg Commonwealth Games – *Lancet,* 28 : 1125–1128, 1970.

Pellegrini, A., G. Riva, R. Margaria: La termoregolazione nel lavoro muscolare – *Arch. Fisiol.* 46 (33) : 111–132, 1946.

Pugh, L.G.C.E., J.L. Corbett, R.H. Johnson: Rectal temperatures, weight loses and sweat rates in marathon running – *J. App. Physiol.* 23 : 347–352, 1967.

Saltin, B., L. Hermansen: Glycogen stores and prolonged severe exercise – in: *G. Blix* (ed.): «Nutrition and Physical Activity», Seite 32, Almquist and Wiksell, Upsala 1967.

Trifari, E.: Ron Hill latte e miele – *Atletica leggera,* 124 : 5, November 1969.

Sportwissenschaftliche Veranstaltungen
Congrès scientifiques relatifs au sport

Datum Date	Ort Lieu	Thema Sujet	Organisator/Patronat Organisateur/patronage	Auskunft/Anmeldung Renseignement/inscription
7.–9 Janvier 73	Davos/Schweiz	I. öffentliche Informationstagung der Stiftung «Forum», Davos: «Skifahren und Sicherheit»	Wissenschaftliches Studienzentrum Forum, Davos	Dr. F. H. Schwarzenbach Generalsekretär der Stiftung Forum Davos Giacomettistrasse 96 CH-7000 Chur/Schweiz
13.–27. Januar 73	Madona di Campiglio/ Italien	Fortbildungslehrgang des Deutschen Sportärztebundes XLIII.Lehrgang	Deutscher Sportärztebund	Deutsche Reisebüro GmbH Direktion D-6 Frankfurt a. M. Eschersheimer Landstrasse 25–27 Abteilung Ärztl. Kongressreisen
29. Januar– 3. Februar 73	Bernried, Oberbayern/ BRD	Seminar über Präventiv-Kardiologie	Deutscher Sportärztebund	Bayerischer Sportärztebund E. V. D-8 München 19 Nymphenburger Strasse 81/IV
3.–17. März	San Martino di Castrozza/Italien	Fortbildungslehrgang des Deutschen Sportärztebundes XLIV. Lehrgang	Deutscher Sportärztebund	Deutsche Reisebüro GmbH Direktion D-6 Frankfurt a. M. Eschersheimer Landstrasse 25–27 Abteilung Ärztl. Kongressreisen
31. März–1. April 73	Nürnberg/BRD	«Schwimmen und Retten in Theorie und Praxis»	DLRG und Bayerischer Sportärzteverband	Geschäftsstelle des Bayerischen Sportärzteverbandes E. V. D-8 München 19 Nymphenburger Strasse 81/IV
5.–7. April 73	Brüssel/Belgien	I. Internationaler Kongress «Die Freizeitgestaltung in der industriellen Gesellschaft»	Van-Clé-Stiftung	Van-Clé-Stiftung Grote Markt 9 B-2000 Antwerpen/Belgien
7.–12. April 73	Köln/BRD	Internationale Fachausstellung für Pferdesport «Pferd 73»		Messe- und Ausstellungs-GmbH D-5 Köln 21 Postfach 210760
29. April–1. Mai 73	Varna/Bulgarien	«Problèmes psychologiques de l'éducation physique scolaire et du sport pour les enfants et les adolescents»	FEPSAC (Fédération Euro péenne de Psychologie des Sports et des Activités Corporelles)	Conseil Central de l'Union bulgare de culture physique et de sport, Bd. Tolboukhine 18 Dépt «Science» Sofia/Bulgarie
24.–26. Mai 73	Magglingen/Schweiz	Sportmedizinische Aspekte der Fitness	Schweizerische Gesellschaft für Sportmedizin	Dr. med. A. Bolliger Sekretär der SGSM Seftigenstrasse 23 CH-3000 Bern/Schweiz
1.–3. Juni 73	Portoroz/Jugoslawien	III. Kongress der Sportmedizin YU.A.I.		Udruzenje Lekara Sportske Medicine Jugoslavije 61000 Ljubljana Dravska 7 / Jugoslawien
22.–23. Juni 73	Bayreuth	Symposium: «Sportmedizin – Turnphilologie»	Bayerischer Sportärzteverband	Dr. E. A. Struck D-858 Bayreuth Amfortasweg 11
25.–29. Juni 73	Madrid/Spanien	III World Congress of the International Society of Sports Psychology	ISSP, zusammen mit Instituto Nacional de Educacion Fisica y Deportes de Madrid	Instituto Nacional de Educacion Fisica y Deportes III Congreso Mundial de la Sociedad International de Psicologia del Deporte – 1973 Avda. Juan de Herrera s/n Madrid 3 Espana
2.–6. Juli 73	Monte Carlo/Monaco	International Scientific Meeting on Determinants and Origins of Aggressive Behavior		Dr. J. Brémond, Centre d'Etudes et de Recherches Psychologiques «AIR» Base Aérienne 272 F-78210 Saint-Cyr-L'Ecole
6.–10. August 73	Dresden/DDR	X international Conference on Medical and Biological Engineering		Dip.-Ing. J. Matauschek Secretary of the X Internat. Conference on Medical and Biological Engineering DDR-8030 Dresden Postschliessfach 29
27. August– 1. September 73	Bukarest/Rumänien	4th International Symposium on the Sociology of Sport		Sicora Scoala Sportiva 2 Bucuresti / Rumänien
3.–7. September 73	Pennsylvania/USA	4th International Seminar on Biomechanics «Biomechanics for the Improvement of Human Movement»	Working Group on Biomechanics of the International Council of Sports and Physical Education (UNESCO)	Fourth International Seminar on Biomechanics, The Pennsylvania State University, 410 J. Orvis Keller Building University Park Pennsylvania 16802 / USA
17.–21. September 73	Magglingen/Schweiz	14. Magglinger Symposium: Biochemistry of Exercise «Metabolic Adaptation to Prolonged Physical Exercise»	International Council of Sport and Physical Education (UNESCO)	Dr. H. Howald Secretary General Research Institute Federal School of Physical Education CH-2532 Magglingen
Herbst 73 (7 Tage)	Bukarest/Rumänien	Cours de perfectionnement de médecine sportive	Sous-commission scientifique FIMS	Subcomisa stiintifica F.I.M.S. Inst. de Educatie Fizica si Sport Bucuresti V. / Roumanie Str. Maior Ene 12