

**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:** 28 (1971)

**Heft:** 4

**Rubrik:** Entraînement, compétition, recherche : complément consacré au sport de 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:** 22.12.2025

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

### Le sport d'élite et son assistance médico-sportive

Exposé présenté au 5e Rapport annuel des entraîneurs nationaux, 5 et 6 novembre 1970

Josef Haas

#### L'athlète et le médecin sportif

Les expériences recueillies au cours de ces dernières années démontrent de façon toujours plus évidente à quel point une assistance médico-sportive optimale est indispensable dans le sport d'élite. Nul ne peut prétendre recueillir des lauriers sans l'aide d'une assistance médico-sportive bien comprise.

Qu'un athlète d'élite ait fréquemment besoin d'un contrôle médical complet, il ne saurait plus y avoir de doute à ce sujet. Il n'est que de faire une comparaison entre une automobile de course et une voiture ordinaire. Tandis que cette dernière n'est soumise qu'aux contrôles de service ordinaires, la voiture de course fait constamment l'objet de tests et de contrôles. Les tests et les résultats de contrôles permettent d'améliorer son rendement. Avant la course, il est procédé à une mise au point parfaite. Chaque vis et le moindre détail est contrôlé, car, dans la course, la moindre petite faute peut l'empêcher de se classer parmi les premières et même la contraindre à l'abandon.

Il en va de même d'un athlète d'élite. Il doit pouvoir suivre son entraînement et prendre part aux compétitions dans les meilleures conditions physiques et à cela, il ne peut parvenir qu'avec une assistance médico-sportive efficace. Celle-ci ne doit pas débiter seulement au moment où l'athlète s'apprête à prendre part à une compétition; elle doit être assurée tout au long de l'année. Cette assistance est fondée sur une science éprouvée, au cours de nombreuses années, par la collaboration de l'athlète, de l'entraîneur et du médecin sportif.

#### L'athlète et le médecin sportif durant la période de préparation

Ce qui intéresse le plus l'athlète sportif durant sa période de préparation, ce sont des conseils précis des médecins sportifs, en vue d'améliorer ses performances. Il désire qu'on lui soumette des plans d'entraînement fondés sur la science

et qui se rapportent à sa discipline sportive. Pour ce faire, il est nécessaire de procéder chez les athlètes d'élite à des contrôles continus, avec diverses méthodes d'entraînement. L'échange mondial des résultats et des expériences recueillies peut être mis à profit par l'athlète et par l'entraîneur, ce qui leur permettra d'éviter un surentraînement, de même que les conséquences d'un entraînement mal compris. D'une façon générale, l'athlète de force est insuffisamment familiarisé avec la façon de s'alimenter de manière appropriée. Un athlète avancé connaît bien, il va de soi, ses aliments préférés, ceux dont il attend un effet bénéfique dans la compétition, soit qu'il en ait éprouvé les effets sur lui-même, ou que des camarades lui en aient simplement conseillé l'usage. Les uns recommandent une alimentation presque non carnée, d'autres, par contre, préfèrent une alimentation la plus riche possible en viandes. La science de l'alimentation devrait se mettre davantage au service de l'athlète. En fait, l'alimentation joue un rôle presque aussi important que l'entraînement, la technique et la tactique. L'athlète devrait avoir un plan d'alimentation adapté à ses performances, dans lequel ni les minéraux naturels ni les vitamines indispensables aux prestations du corps, ne sauraient manquer. En ce qui concerne les produits reconstituants spécifiquement chimiques, ou les vitamines, le choix devrait être guidé par les conseils du médecin.

Lors de camps d'entraînement de longue durée, le médecin d'équipe responsable devrait être présent pendant un temps déterminé. Il doit apprendre à connaître les gens de son équipe et gagner leur pleine confiance. Durant ce temps, il pourrait instruire les athlètes, par des conférences et des discussions, sur des problèmes d'alimentation, d'amélioration de performances, de doping et de manière de vivre en général. Ce qui importe surtout, c'est que ces conférences soient données en un langage également bien accessible au profane.

Le contrôle médico-sportif régulier, scientifiquement fondé, est de nos jours, pour un athlète de haute performance, non seulement un devoir, mais d'une sérieuse nécessité. Les modifications corporelles provoquées par la continuité de l'effort doivent être contrôlées, une fois au moins, durant la période de préparation, durant la compétition comme aussi durant la période de récupération. Ces contrôles et ces tests médico-sportifs donnent à l'athlète des indications précieuses sur sa santé et sur l'état de son entraînement. Lors de maladies ou d'accidents, l'athlète devrait, après son rétablissement, avant de reprendre l'entraînement, se soumettre à un contrôle médico-sportif, car ici également «mieux vaut prévenir que guérir».

Lors d'accidents graves ou de maladies exigeant prévisiblement une longue interruption de l'entraînement et de la compétition, il convient, après avoir reçu les soins du médecin traitant, de consulter un spécialiste. Même après des blessures ou des maladies légères, l'athlète se doit de consulter un médecin spécialiste, afin d'assurer le maintien de ses capacités pour l'entraînement et la compétition.

#### Vaccinations en temps opportun

Le médecin sportif est tenu de renseigner à temps les athlètes sur les vaccinations à recommander, ou qui sont requises. Il ne doit pas arriver que des athlètes se présentent à des compétitions à l'étranger alors qu'ils subissent encore des réactions provoquées par des vaccinations pratiquées trop tard.

#### Quelles sont les exigences requises d'un médecin sportif?

Il devrait avoir des relations avec la catégorie sportive, s'intéresser aux succès de ses protégés et être familiarisé avec la science médico-sportive. S'il se trouve dans un même local avec les athlètes, il devrait s'abstenir de fumer. L'âge du médecin sportif ne joue pas grand

rôle, si la confiance de son équipe lui est acquise. Selon le professeur Schönholzer, le médecin sportif devrait être fait d'un mélange entre un bon praticien et guérisseur.

#### **L'athlète et le médecin sportif dans les compétitions**

Dans toutes les compétitions internationales importantes, un médecin d'équipe devrait être présent. Dans les catégories de sport comportant des risques d'accident, ou lorsque les compétitions ont lieu dans des pays où l'assistance médicale n'est pas assurée, la présence d'un médecin d'équipe est nécessaire, muni, il va de soi, des moyens et des médicaments appropriés. Le sportif doit avoir le sentiment d'être en sécurité et de pouvoir ainsi se concentrer sur les compétitions. En cas de défaillance physique, il doit pouvoir compter sur des secours immédiats.

Comme les équipes n'ont le plus souvent aucun psychologue à leur disposition, l'assistance psychologique est dispensée en premier lieu par le médecin et l'entraîneur, en collaboration. Le sportif d'élite doit être particulièrement bien armé moralement, surtout lorsque, par suite d'accident ou de maladie, il est contraint d'abandonner le sport d'élite pour un temps assez long ou pour toujours. C'est en pareil cas qu'une assistance psychologique bien comprise de la part du médecin sportif prend toute sa valeur. C'est pourquoi il importe que le médecin connaisse bien l'athlète, et que ce soit à celui d'entre les médecins sportifs qui a assisté les membres de l'équipe durant la période de préparation, que soit confiée la tâche d'accompagner l'équipe.

L'assistant médico-sportif sur les lieux de la compétition a pour tâche de surveiller la nourriture des athlètes quant à sa préparation et à sa quantité, de surveiller et de contrôler le logement et les installations sanitaires, quant à leur état. La décision relative à l'aptitude de compétiteurs tombés malades ou blessés, est l'affaire du médecin. L'engagement d'un athlète à qui

l'on a administré une piqûre d'un produit calmant, n'est admissible que si cette piqûre ne peut entraîner aucune suite préjudiciable. Il devrait bien être compréhensible que la surveillance du masseur ou du soigneur soit assumée par le médecin sportif.

Le lieu de stationnement du médecin sportif, durant les compétitions, varie d'une catégorie de sport à l'autre. Ce lieu doit être désigné d'un commun accord par le médecin sportif et l'entraîneur et porté à la connaissance des compétiteurs. Lors de courses de fond à ski, l'entraîneur et le coureur aiment à voir, sur le parcours, le médecin aider au ravitaillement et renseigner sur les temps de parcours. C'est ainsi qu'il peut suivre la compétition et augmenter l'intérêt qu'il voue à la catégorie de sport et à sa propre tâche.

#### **L'entraîneur et le médecin**

Il est de nos jours indispensable que le médecin sportif et l'entraîneur collaborent ensemble. Un entraîneur de bonne formation organise ses méthodes d'entraînement selon les dernières découvertes de la recherche scientifico-sportive. Pour y arriver, il doit lui être donné la possibilité d'acquérir la formation requise. Ceci exige une formation de base qui lui permette de reconnaître clairement les effets et les réactions sur le corps humain, consécutifs à telle ou telle méthode d'entraînement. Le premier pas dans cette direction a été fait en Suisse par l'institution du premier cours de formation pour entraîneurs. Par la publication de bulletins réguliers, les entraîneurs devraient être tenus constamment au courant des dernières conquêtes de la recherche médico-sportive. Il est permis de dire qu'ici également, l'on a jeté les bases essentielles pour aller de l'avant, en créant l'Institut de recherches médico-sportives, placé sous la direction du prof. Schönholzer. Il est d'une importance capitale que le contact entre l'entraîneur et le médecin soit très bon et serré. Dans les camps d'entraînement ou dans les compéti-

tions, l'entraîneur devrait pouvoir en tout temps prendre conseil auprès du médecin.

Le programme d'entraînement est à discuter entre l'entraîneur et le médecin. Le médecin doit attirer l'attention sur les dangers physiques que pourrait comporter le programme d'entraînement. Lors de sélections d'athlètes légèrement blessés ou momentanément hors de forme, l'on devra tenir compte du résultat de l'examen du médecin. Avant les sélections pour les championnats du monde ou pour les Jeux olympiques, les athlètes devraient être soumis au contrôle de leurs prestations et de leur état de santé, et le médecin devra être consulté.

Quant à la date de la reprise de l'entraînement et de la compétition, celle-ci doit être discutée avec le médecin. C'est la seule façon d'éviter les dommages corporels qui pourraient facilement se produire à la suite d'efforts trop fortement dosés et qui mettraient l'athlète en danger. La plupart du temps, la direction de la délégation ne montre que fort peu de compréhension à cet égard. Elle n'a d'intérêt que pour le succès, et celui-ci tourne souvent plus tard au détriment de l'athlète. C'est ici que le médecin doit se montrer ferme, car c'est à lui qu'incombe la responsabilité de la santé de l'athlète.

L'appréciation de la capacité de prestation, par le moyen de tests médicaux, effectués à l'Institut de recherches de l'EFGS, est d'une précieuse aide pour les entraîneurs, car elle leur permet de juger du progrès de l'entraînement ou de l'état de santé de l'athlète. Que les résultats des tests puissent être communiqués à l'entraîneur, sans pour cela violer le secret médical, doit être considéré comme une chose allant de soi.

#### **L'assistance après l'abandon de la carrière sportive**

L'examen médico-sportif après l'abandon du sport de haute performance devrait encore être amélioré. Il est naturellement impossible d'éviter le risque des dommages que peut entraîner une charge corpo-

# Alimentation et compétition

Dr Per Olof Astrand, Stockholm

relle maximale. Pour un athlète d'élite, il pourrait être intéressant de savoir s'il a subi des dommages à la suite des compétitions qu'il a pratiquées, ou comment ses organes qui ont grossi durant les compétitions sportives, reviennent à leurs dimensions antérieures. Pour le savoir, il conviendrait de se soumettre à un contrôle médical régulier, effectué de préférence par un médecin ayant l'expérience de la médecine sportive.

Le problème consiste à savoir de quelle manière il est possible de passer de l'activité d'un sportif d'élite à celle du sportif occasionnel, sans que le corps ne subisse de dommages. Ceux qui pratiquent des sports de haute performance devraient également être renseignés à ce sujet. Le contrôle de ce passage devrait être inclus dans le programme de la carrière sportive de l'athlète.

## L'assistance de l'avenir

Dans le «sport total» vers lequel on tend aujourd'hui, le sport d'internat, le médecin sportif exercera une influence sans cesse grandissante. L'Allemagne de l'Est nous en fournit un exemple. Dans ce pays, le futur athlète d'élite est déjà pris en charge dans son enfance. Les enfants sont scientifiquement et médicalement mesurés, pesés, testés et examinés afin de déceler leurs aptitudes pour telle catégorie de sport ou telle autre. Ceux qui présentent les mesures les plus favorables et les résultats de test les plus prometteurs, entrent à l'internat des sports. Ici, en plus de l'éducation, de l'instruction et de l'entraînement qu'on lui donne, l'élève est régulièrement examiné par les meilleurs médecins sportifs. Celui dont les nerfs ne sont pas suffisamment résistants, ou dont les mesures corporelles se développent d'une autre manière que celle qu'on avait envisagée, est éliminé. Ce n'est pas au moment de la compétition, à l'échelon de performance le plus élevé, qu'intervient le choix, mais déjà à l'âge scolaire. En arrivera-t-on aussi loin dans notre pays? Nous nous efforçons de plus en plus, chez nous, de transporter

(Le présent article a paru en allemand dans le No 3 de «Condition». Afin d'aider le lecteur à passer de la théorie à la pratique, nous y ajoutons un tableau de la composition de certains aliments. — N. T.)

## Besoin de protides

Les sportifs paraissent souvent accorder leur préférence à des repas riches en protides<sup>1)</sup>. Le fait que des protides participent à la formation des muscles pousse certains à en absorber des doses excessives, afin de stimuler la croissance des muscles et d'augmenter la force musculaire. Il y a au moins 2500 ans que ce raisonnement influe sur l'alimentation des sportifs. Pourtant, seule une alimentation bien équilibrée fournira les protides nécessaires à la réalisation des meilleures performances. Or, comme un sportif de haute compétition peut «consommer» 4000 à 5000 kcal par jour, la quantité de protides qu'il lui faut absorber équivaut forcément au double de celle suffisant à un non-sportif.

Pettenkofer et Voigt ont montré, il y a 10 ans exactement, qu'au cours d'un effort physique éprouvant, la combustion des protides n'est pas plus élevée qu'au repos. Depuis, leurs observations ont été maintes fois confirmées.

Même s'il y a une complète utilisation des réserves de glycogène, lorsque l'effort physique dure l'excrétion d'azote n'est pas très élevée. Certains sportifs n'en absorbent pas moins des protides supplémentaires, pour des raisons plus psychiques que physiologiques. De même,

<sup>1)</sup> Rappelons que protide est un terme général désignant toute substance d'un groupe comprenant les peptides, les protéines simples et les protéines conjuguées. De même, lipide est un nom générique donné aux corps gras (grais-ses, esters des acides gras et lipoides). Enfin, glucide est le nom générique des hydrates de carbone. — N. T.

le sport à l'école. La prise de position positive que le peuple suisse a manifestée à l'égard du sport, en acceptant l'article constitutionnel «Gymnastique et Sport», paraît en ouvrir la perspective.

la consommation de milliers de tablettes de protides est tout simplement le fait d'une habile propagande, et non pas tant celui d'une impérieuse nécessité.

## Lipides et glucides

Puisqu'on peut exclure les protides du problème des «carburants» des cellules musculaires, il nous reste à étudier les glucides<sup>1)</sup> et les acides gras libres. A la suite d'expériences faites avec certains muscles, on déclara un jour que les muscles n'utilisent que des glucides; le quotient respiratoire<sup>2)</sup> (QR) était alors de 1,0. Il convient toutefois de préciser que lors de ces expériences, l'apport d'oxygène était tout à fait insuffisant; les résultats ainsi obtenus n'étaient donc pas pleinement utilisables. N'empêche qu'on a longtemps pu lire que les glucides sont le seul carburant des muscles. Au début de ce siècle, **Zuntz** publia des résultats de recherches selon lesquelles l'alimentation influence la transformation qui se produit dans les muscles. Lors d'un travail de moyenne intensité accompli après l'absorption d'une ration alimentaire extrêmement riche en lipides, il a constaté pour le QR des valeurs témoignant d'une combustion presque exclusivement produite par les lipides. **Bock** et ses collaborateurs ont noté l'influence de l'intensité du travail sur la relation existante entre l'apport de lipides et de glucides et le métabolisme.

**Krogh** et **Lindhard** ont confirmé que les lipides jouent un rôle important lors de la production d'énergie par l'effort physique. Ils ont également observé que lors de la combustion des lipides le degré de rendement mécanique est de 10 pour cent inférieure à celui inhérent aux glucides. D'autre part, une transformation des lipides en glucides avant la combustion effective diminuerait d'environ 30 pour cent ce rendement.

D'autres recherches ont été soigneusement entreprises par des

<sup>2)</sup> Le quotient respiratoire est le rapport du volume de gaz carbonique expiré à celui de l'oxygène inhalé. — N. T.

élèves de **Krogh** et de **Lindhard**, et notamment par **Christensen** et **Hansen**. Ce faisant, ils ont estimé la transformation des protides d'après l'excrétion d'azote, et la proportion de lipides et de glucides selon les QR (sans apport de protides). Des études plus récentes menées à l'aide d'isotopes et au moyen d'instruments de mesure très précis ont donné en substance des résultats identiques.

Chez des sujets à alimentation normale, et soumis à une tension physique d'intensité telle que les processus énergétiques demeurent aérobies, **Christensen** et **Hansen** ont constaté que 50 à 60 pour cent de l'énergie dépensée provenait des lipides. Pour un travail standard de longue durée (jusqu'à 3 heures) on a observé une augmentation de la participation des lipides, d'où provenait 66 pour cent de l'énergie. On a trouvé d'autre part que lors d'un effort physiquement pénible, et d'ailleurs anaérobie, ce sont les glucides qui jouent le rôle principal. Ce calcul a été fait sur la base des mesures de l'absorption d'O<sub>2</sub> et de la cession de CO<sub>2</sub> durant l'effort et au repos.

On a constaté par contre une diminution des capacités physiques chez des sujets qui, pendant près d'une semaine, avaient suivi un régime où entraient une assez grande proportion de lipides, et où les glucides fournissaient moins de 5 pour cent des calories. Ces capacités étaient en effet déjà épuisées au bout d'une heure et demie environ, et cela sous l'effet d'une charge qui aurait dû être maintenue deux fois plus longtemps. Le QR demeura tout le temps bas, et 70 à 99 pour cent de l'énergie provenait de la combustion des lipides (fig. 1).

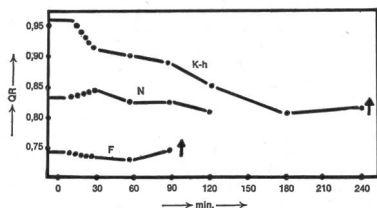


Fig. 1. Variation du quotient respiratoire (QR) durant un travail sur ergocycle (1,080 kg-m/min). La ligne K-h a été obtenue après un régime riche en glucides, la ligne

N après un régime mixte, et la ligne F après un régime à base de lipides. Les flèches indiquent le moment où le travail a dû être interrompu pour cause d'épuisement.

C'est ainsi que pour une absorption d'O<sub>2</sub> équivalant à 2,7 l/min., un sportif entraîné a travaillé durant 93 minutes avec un QR de 0,735 à 0,750. Quant au total des calories dépensées — environ 1200 kcal — seules 140 provenaient des glucides, le reste (1060) étant le fait des lipides. (Il faut bien considérer que les capacités physiques diminuent en cas d'alimentation excluant les glucides. La chose prend toute son importance lorsqu'il s'agit de conseiller à des patients souffrant d'obésité une combinaison d'activité physique et de régime alimentaire. Trop souvent, en effet, on conseille alors à ces patients d'éviter les glucides.)

Quant aux sujets bénéficiant d'une alimentation à base de glucides, lesquels fournissent 90 pour cent des calories, l'effort physique imposé a pu durer jusqu'à 4 heures. C'est au début seulement, et dans une proportion de 25 à 30 pour cent, que les lipides ont alors participé à la transformation en «carburant». Alors qu'en cas d'alimentation riche en lipides cette part est supérieure à 70 pour cent.

Peu à peu, la participation des lipides à la combustion s'est élevée, atteignant 60 pour cent à la fin de l'effort. Grâce à une ration alimentaire comprenant une forte proportion de glucides, la durée de travail possible fut 3 fois plus longue que dans le cas d'un régime axé sur les lipides. D'après **Christensen** et **Hansen**, environ 400 g de glycogène furent ainsi oxydés.

Au cours de ces expériences initiales, dans la plupart des cas l'activité physique a duré jusqu'à l'épuisement. Au point maximal de l'épuisement, on a noté des symptômes d'hypoglycémie, confirmés par les résultats de laboratoire. Il est remarquable que les muscles utilisent encore apparemment des glucides malgré que le taux de glycémie soit très faible. L'absorption de 200 g de glucose au moment du plein épuisement a fait prolonger

ger le travail d'une heure. Sitôt absorbée cette quantité de glucose, le taux de glycémie s'est élevé et les symptômes d'épuisement disparurent en l'espace de 10 à 15 minutes. Cependant, le QR n'en fut pas modifié; il est demeuré relativement faible. Il semble donc qu'en cas d'effort physique éprouvant, la baisse du taux de glycémie constitue un facteur limitatif et que les cellules nerveuses en sont plus affectées que les cellules musculaires.

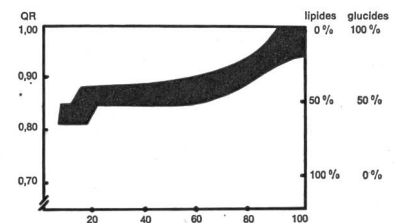


Fig. 2. Quotient respiratoire (sans apport protidique) au repos et pendant l'effort, par rapport à l'absorption effective d'O<sub>2</sub> en pour-cent de l'absorption maximale. A droite, la part en pour-cent de l'énergie tirée des lipides et des glucides. Effort prolongé et alimentation peuvent considérablement modifier le métabolisme.

De ces premiers essais, on peut tirer deux conclusions:

1. Le rapport intensité du travail / force aérobique maximale influe sur la participation des lipides et des glucides au métabolisme (fig. 2). Que l'activité physique soit faible ou que le corps soit au repos, ce rapport ne varie pratiquement pas. Plus l'effort augmente, plus s'accroît l'importance des glucides; à la dernière phase de cette évolution, le combustible provient presque exclusivement des glucides. L'utilisation des glucides dépend elle-même de l'apport d'oxygène aux muscles sollicités; plus cet apport est insuffisant, plus s'élève le besoin de glucides. **Christiansen** et **Hansen** démontrent qu'en cas de mouvement des bras et d'absorption d'une quantité donnée d'O<sub>2</sub>, le QR est plus élevé que pour un travail des jambes, et que, par conséquent, la capacité de travail des groupes de muscles sollicités joue en tout cas un rôle plus important que la capacité de travail totale. Ils notent en outre que pour une



charge donnée, le QR est plus élevé si l'état d'entraînement n'est pas satisfaisant que s'il s'agit d'un sujet bien entraîné.

2. L'alimentation a une influence sur la participation des lipides et des glucides à la production de calories. L'absorption durant quelques jours d'une ration alimentaire riche en glucides accroît le QR et améliore également la capacité de produire durant une assez longue période un effort physiquement pénible.

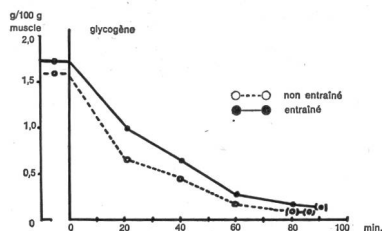


Fig. 3. Moyennes du taux de glycogène dans la partie latérale du quadriceps, avant et durant l'effort physique poursuivi jusqu'à l'épuisement, et pour un groupe de 10 personnes entraînées et de 10 personnes non entraînées. L'absorption d'O<sub>2</sub> a atteint en moyenne 77 pour cent de la capacité aérobie maximale, soit 3,4 l pour le 1er groupe et 2,8 l pour le 2e. Fréquence cardiaque: resp. 172 et 164.

Des recherches faites récemment par **Saltin** et **Hermansen** dans notre département, et par **Bergström** et **Hultman** à l'hôpital St-Erik de Stockholm, ont dans l'ensemble confirmé cette conclusion. Le travail fut interrompu au bout de 90 minutes pour cause d'épuisement. Le taux de glycogène était alors de 0,1 g/100 g de muscle. Chez le groupe des sujets non entraînés, le QR était plus élevé (0,95) que chez le groupe de sujets entraînés (0,90). Dans ce dernier groupe, la transformation des lipides a joué un rôle assez important, de telle sorte que la combustion effective de glycogène atteignit 2,8 g/min. dans les deux groupes. Quant au taux de glycémie, à la fin de l'exercice, il était inférieur à 86 mg/100 ml. Au cours de cette charge d'intensité élevée, contrairement aux résultats des expériences précédentes, le QR n'a guère diminué durant l'activité du sujet. Il semble

qu'une grande combustion de glycogène joue un rôle important lorsque l'effort est éprouvant (davantage que ne le montrent les résultats obtenus par Christensen et Hansen). Après épuisement des réserves de glycogène, il fallut interrompre le travail ou tout au moins le ralentir; dans ce cas, le QR diminua.

La fig. 4 montre la bonne relation qui existe entre l'utilisation de glucides, calculée d'après l'absorption d'O<sub>2</sub> et le QR, et la baisse du taux de glycogène dans le muscle. Les résultats renforcent l'hypothèse selon laquelle on peut utiliser le QR pour estimer la participation proportionnelle des lipides et des glucides par rapport au total de l'énergie produite. De par l'augmentation de la charge, de 29 à 78 pour cent de la capacité aérobie maximale, la combustion des lipides passe de 2,5 à 3,6 kcal/min., celle des glucides de 5,4 à 12,3 kcal/min. Dans le cas de charges d'intensité élevée, requérant 75 pour cent ou plus de la capacité aérobie maximale, il semble que les réserves de glycogène des muscles sollicités déterminent la durée maximale du travail.

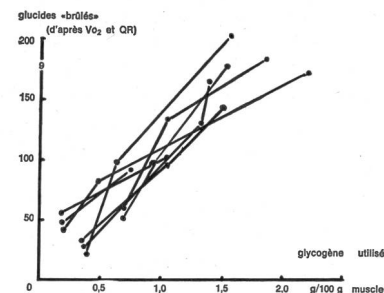


Fig. 4. Valeurs (par individu) de la quantité de glycogène utilisée durant une heure d'effort à différentes intensités, par rapport à la quantité des glucides «brûlés» (calculées d'après le QR et le volume d'O<sub>2</sub> absorbé). On a pu calculer la quantité de glycogène utilisée d'après le taux de glycogène du muscle déterminé avant et après l'effort.

Cette hypothèse est elle-même corroborée par le résultat d'expériences où l'on a fait varier les réserves de glycogène. Après une alimentation normale mixte et une teneur initiale en glycogène de

1,75 g/100 g de muscle, une charge de 75 pour cent a été supportée (par 9 personnes, voir fig. 5) durant 114 minutes, avec absorption maximale d'O<sub>2</sub>. Au bout de 3 jours d'un régime à base de lipides et de protéides, la concentration de glycogène a baissé jusqu'à 0,63 g/100 g de muscle, la charge n'étant plus alors tolérée que durant 57 minutes. Mais au bout de 3 jours d'un régime à base de glucides le taux de glycogène s'était nettement amélioré (3,51 g/100 g de muscle) et le temps de travail possible avait passé à 167 minutes.

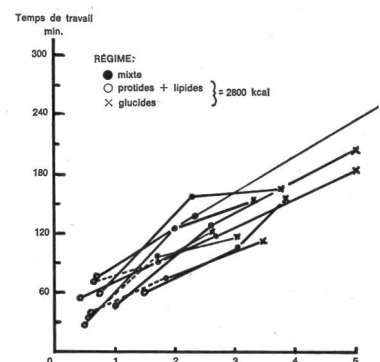


Fig. 5. Relation entre le taux de glycogène initial dans le quadriceps de sujets ayant suivi différents régimes, et une durée maximale d'un travail exigeant 75 pour cent de la capacité aérobie maximale. Les lignes pointillées représentent des sujets ayant suivi un régime à base de glucides avant de passer à une alimentation à base de protéides et de lipides.

C'est ainsi qu'on a remarqué que le meilleur effet était obtenu lorsque le taux de glycogène avait tout d'abord été quasiment épuisé par 3 jours d'activité physique prolongée, et que l'on avait suivi ensuite 3 jours de régime à base de glucides. Dans ce cas, le taux de glycogène excéda 4 g/100 g de muscle, et l'on put fournir longtemps, parfois même durant plus de 4 heures (voir fig. 5), un travail standard éprouvant. Dans ces conditions, la totalité du glycogène musculaire dépassait 700 g.

A la fig. 6, on démontre comment deux sujets ont actionné en même temps — l'un de la jambe droite, l'autre de la jambe gauche — le

même ergocycle. Au bout de quelques heures, le taux de glycogène de la jambe sollicitée était épuisé, alors que celui de la jambe au repos n'avait pas changé. L'absorption durant les 3 jours suivants d'une alimentation à base de glucides n'a pas grandement influencé le taux de glycogène de la jambe au repos. Pour l'autre jambe par contre, ce taux a atteint tout simplement le double de celui de l'autre jambe.

Nous pouvons affirmer par conséquent qu'il est évident que différents régimes peuvent influencer d'une manière déterminante sur les réserves de glycogène des muscles. La capacité de mener à chef un travail physique éprouvant et de longue haleine est donc liée à ceci: la capacité d'effort est d'autant plus grande que le taux de glycogène est élevé.

Il faut donc très bien équilibrer le régime et tenir compte du degré d'activité déployée le jour précédant cet effort.

Si l'effort requis est relativement faible, un homme à jeun peut fort bien l'accomplir longtemps, presque exclusivement grâce à ses réserves de lipides. Voici à ce sujet un exemple pratique tiré de mon expérience personnelle en la matière: j'ai participé à une excursion à skis en montagne, parcourant quelque 65 km en 3 jours. Les besoins caloriques atteignaient au total quelques 18 000 kcal, mais seules 1000 kcal furent tirées presque exclusivement de glucides. Selon toute probabilité, 14 000 à 15 000 kcal provenaient de lipides (tissus adipeux). D'autre part, peu à peu le QR déterminé au repos diminua sensiblement. Le peu de calories absorbées sous forme de sucre pris à différents intervalles — et compte tenu du fait que cet effort ne fut jamais à proprement parler intense — permit de fournir durant 7 jours un effort physique éprouvant.

Lorsque les réserves de glycogène sont épuisées, il paraît impossible de continuer à travailler sans que diminue le rythme de ce travail. En outre, en cas d'activité physique éprouvante et prolongée, le sang peut se charger d'une faible con-

centration d'acide lactique. On l'a observé chez des coureurs de fond, et cela après des courses de 10 à 85 km. Je ne puis dire si la faible formation d'acide lactique est fonction du taux de glycogène ou imputable à une diminution graduelle de la capacité des cellules musculaires.

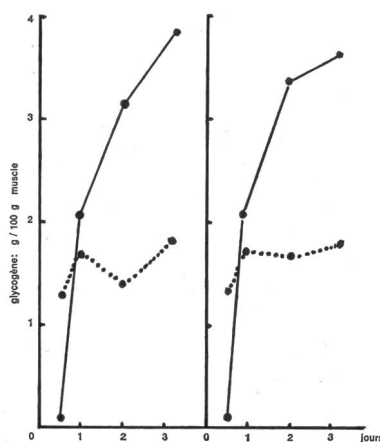


Fig. 6. Deux sujets ont travaillé en même temps au même ergocycle, l'un de la jambe droite, l'autre de la jambe gauche (trait pointillé: l'autre jambe, au repos). Après effort poussé jusqu'à épuisement, on a analysé le taux de glycogène dans la partie latérale du quadriceps. On a ensuite fait suivre un régime à base de glucides.

### Alimentation des sportifs

Quelques mots maintenant de l'alimentation des sportifs avant et pendant la compétition. Les expériences que j'ai faites concernent principalement des skieurs de fond, réputé pour leur aptitude à supporter longtemps des charges physiques éprouvantes. En Suède, par exemple, les meilleurs skieurs ont une capacité aérobie maximale de 6 l/min. ou de 80 ml/kg par min. Nous référant à des observations s'étendant sur 12 ans et 4 Jeux olympiques, nous sommes en mesure de dire qu'un champion peut absorber 4,5 l d'O<sub>2</sub> par minute durant une heure et plus. La consommation calorique atteint dans ce cas quelque 1350 kcal/h. Et si, au début, ce sont les glucides qui servent de carburant, les possibilités d'épuiser les réserves de glycogène sont considérables. Des réserves de glycogène atteignant 450 g livreraient environ 1800 kcal. Des symptômes analogues à ceux d'une hypoglycémie se manifestent couramment chez les skieurs de fond au bout de 20 à 25 km de compétition, soit après 1 h. 30 environ. On peut déduire de tout ce qui précède qu'à ce moment-là les réserves de glycogène sont quasi épuisées.

### Composition de quelques aliments (teneur par 100 g de substance comestible)

	eau g	protides g	lipides g	glucides g	calories kcal
banane (fraîche) . . . . .	73,5	1,3	0,4	24,0	94
datte (séchée) . . . . .	20,0	2,2	0,6	75,0	284
orange (fraîche) . . . . .	87,1	0,9	0,2	11,3	45
orange (jus frais) . . . . .	86,0	0,6	0,1	12,9	49
pomme (fraîche) . . . . .	84,0	0,3	0,4	15,0	58
1 pomme (Ø 6 cm) . . . . .	11,0	0,4	0,5	20,0	77
raisin (frais) . . . . .	81,6	0,8	0,4	16,7	68
raisin (sec) . . . . .	24,0	2,3	0,5	71,2	268
raisin (jus) . . . . .	81,0	0,4	0	18,0	67
carotte (fraîche) . . . . .	88,6	1,1	0,2	9,1	40
chou (frais) . . . . .	91,8	1,6	0,1	5,7	25
épinard (frais) . . . . .	92,1	2,2	0,3	3,9	22
haricot vert (frais) . . . . .	89,1	2,4	0,2	7,6	35
oignon (frais) . . . . .	88,8	1,4	0,2	9,0	40
pomme de terre (fraîche) . . . . .	77,8	2,0	0,1	19,1	85
salade pommée . . . . .	94,8	1,3	0,2	2,8	15
tomate (fraîche) . . . . .	94,1	1,0	0,3	4,0	23
petits pois (frais) . . . . .	75,0	6,7	0,4	17,0	90

	eau g	protides g	lipides g	glucides g	calories kcal
chanterelle . . . . .	91,0	2,3	0,35	3,4	22
cacahuète (grillée) . . . . .	5,2	30,6	46,1	18,2	560
noix . . . . .	3,3	15,0	64,4	15,6	654
avoine (flocons) . . . . .	10,0	13,0	7,5	67,8	385
avoine (flocons cuits) . . . . .	85,0	2,8	0,5	11,5	62
germes de blé . . . . .	11,0	25,2	10,0	49,5	389
maïs (corn-flakes) . . . . .	4,0	7,9	0,7	80,3	359
pain complet . . . . .	37,0	9,5	3,5	48,0	262
pâtes aux œufs . . . . .	9,1	14,3	5,0	70,6	385
riz (poli) . . . . .	11,8	8,2	0,5	79,3	363
chocolat (au lait) . . . . .	1,0	6,0	33,5	54,0	542
miel d'abeilles . . . . .	20,0	0,3	0	79,5	294
sucré non raffiné . . . . .	3,0	0	0	96,0	384
beurre fin . . . . .	15,5	0,6	81,0	0,4	716
fromage (Emmental) . . . . .	34,0	28,6	31,3	2,0	404
lait de vache (frais) . . . . .	87,3	3,3	4,0	4,94	65
œuf (1 j. d'œuf moyen, 17 g)	8,5	2,8	5,4	0,05	61
bœuf (viande cuite)					
beefsteak . . . . .	57,0	16,9	25,0	0	297
viande séchée . . . . .	47,7	34,3	6,3	0	199
porc (côtelette) . . . . .	53,0	14,6	32,0	0	350
foie . . . . .	72,0	19,6	4,8	2	135
veau, cervelle . . . . .	81,0	10,0	8,3	0	117
veau, foie . . . . .	71,0	19,0	4,9	4	141
poulet, foie . . . . .	70,0	22,1	4,0	3	141
poulet, grillé . . . . .	66,0	20,2	12,6	0	199
salami . . . . .	31,0	23,9	36,8	0	427
truite . . . . .	78,0	19,2	2,1	0	96
levure de bière (sèche) . . . . .	0,7	46,1	1,6	37,4	348
bière . . . . .	90,0	0,6	—	4,0	50
vin (moyenne) . . . . .	—	—	—	0,1	53

La préparation idéale d'une compétition de 30 à 60 minutes consisterait à faire travailler jusqu'à l'épuisement, une semaine auparavant, les muscles sollicités ensuite. Puis à suivre pendant trois jours un régime composé presque exclusivement de lipides et de protides, le taux de glycogène des muscles sollicités demeurant alors faible. Il conviendrait de passer enfin, jusqu'à la compétition, à un régime à base de glucides. Cette préparation s'applique également à tous les sports d'endurance analogues.

Environ 2 h. 30 avant l'épreuve, absorber un léger repas composé de pain, de beurre, de lait, de café, d'œufs ou de soupe à la crème d'avoine. Il faut bien préciser encore qu'il n'est pas bon de consommer des quantités exagérées de sucre durant les heures qui précèdent l'épreuve. Cela parce que, selon Hansen, la capacité maximale de performance en souffrirait. Cer-

tains skieurs absorbent, peu avant l'échauffement, des quantités de sucre modérées. Ensuite, et tout particulièrement pendant une course de 50 km, le coureur doit boire du sucre sous la forme d'une solution de glucose à l'arôme de citron, cela tous les 5 à 6 km (intervalles de 25 minutes) aux différents postes de contrôle (une solution à 40 pour cent est excessive: elle chargerait l'estomac). On avale ordinairement la solution de sucre avec de l'eau, ce qui permet, du même coup, de compenser la perte de liquide.

#### En résumé

1. Qu'il s'agisse d'un jour d'activité physique intense ou non, l'excrétion d'azote (et elle est fournie par les protides) ne varie guère.
2. Plus l'effort physique est grand par rapport à la capacité de tra-

tail des muscles sollicités, plus est grande la quantité d'énergie tirée des glucides; le QR de transformation est alors voisin de 1,00 pendant l'effort physique maximal.

3. Le régime alimentaire peut nettement influencer le rapport lipides/glucides. Après des jours d'une alimentation presque exclusivement faite de lipides, lors de la combustion l'énergie proviendra surtout des lipides, cela même durant un effort physique maximal. Mais dans ce cas la capacité de travail maximale diminuera. Inversement, s'il y a eu régime à base de glucides, lors de la transformation l'énergie produite proviendra en grande partie des glucides, tandis que s'élèvera la capacité d'accomplir durant une assez longue période un effort physique éprouvant.
4. Les jours qui précèdent une compétition ou des efforts particuliers sont déterminants. La préparation idéale en vue d'une compétition ou d'un effort excédant 30 à 60 minutes consisterait à faire travailler jusqu'à l'épuisement, une semaine auparavant, les muscles ensuite sollicités. Puis, à suivre durant 3 jours un régime presque exclusivement fait de lipides et de protides, le taux de glycogène des muscles à solliciter demeurant alors faible. Enfin, le reste de la semaine, passer à un régime à base de glucides. Plus la durée de l'effort est longue, plus importante est cette préparation.

Cependant, un régime idéal ne saurait faire fi des principes physiologiques. De même, il faut que ce régime soit tolérable pour le sportif. Tel sportif a certaines marottes quant à sa nourriture, tel autre ne jure que par telle préparation-miracle; cela peut fort bien mener l'un et l'autre à la victoire, à la condition toutefois que tout cela leur soit inoffensif, et que par ailleurs leur alimentation soit tout à fait suffisante.

(traduit par Noël Tamini)



# Pantin articulé montrant les centres de gravité

par Elisabeth Hörler, diplômée en physique à l'EPF, section éducation physique

Direction: Prof. J. Wartenweiler, EPF, Zurich

Traduction: DL

A l'aide de ce pantin, on décrit le centre de gravité de l'homme conditionné par la position des membres.

Le fonctionnement est basé sur le principe suivant: le centre de gravité divise la distance entre deux points de masses différentes en proportion inverse à ces deux masses.

Le pantin est composé de quatre morceaux de carton dur représentant les parties suivantes du corps:

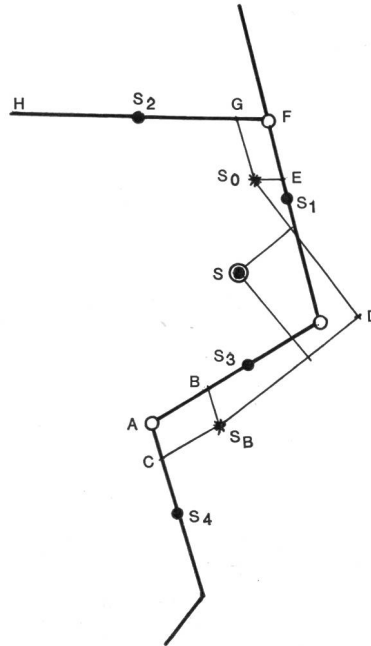
- 1: Tête et torse (50 pour cent)
- 2: Bras (12,5 pour cent)
- 3: Cuisses (23,5 pour cent)
- 4: Jambes et pieds (14 pour cent)

Ces pourcentages, tirés du livre «Bio-mécanique» de A. Gavaerts édité par les Presses Universitaires de Bruxelles, indiquent la grandeur des masses. Les centres de gravité de ces parties du corps ont été estimés.

On démontre facilement dans la figure 1 que le point S représente le centre de gravité indépendamment de la position des membres.

La ligne  $S_3A$  resp.  $AS_4$  est divisée par le point B resp. C en proportion à la masse de la jambe et celle de la cuisse. Les distances  $BS_B$  resp.  $CS_B$  et AC resp. AB sont égales. Par conséquent,  $CS_B$  resp.  $BS_B$  est parallèle à AB. On peut conclure que les triangles  $S_3BS_B$  et  $S_3AS_4$  sont simi-

Fig. 1



- Parties du corps renforcées derrière par des bandes métalliques
- Bandes métalliques reliées par des articulations (système de levier)
- Articulations du corps
- Centres de gravité des parties du corps ( $S_1, S_2, S_3, S_4$ )
- \* Centres de gravité de la jambe et du torse ( $S_B, S_0$ )
- ⊙ Centre de gravité du corps (S)

laire. Le point  $S_B$  est donc situé sur la ligne  $S_3S_4$  et la partage en proportion à la masse de la jambe et celle de la cuisse.  $S_B$  est par conséquent le centre de gravité de la jambe. Ceci est valable indépendamment de l'angle que peut former le genou. Avec le même raisonnement logique, on peut démontrer que  $S_0$  est le centre de gravité du torse.

La ligne  $S_B D$  et  $DS_0$  sont égales et la somme de leur longueur est plus grande que la distance entre  $S_B$  et  $S_0$  lorsque le corps et les bras sont tendus. Si ce n'était pas le cas, les mouvements du pantin seraient restreints. Comme on a démontré que  $S_B$  est le centre de gravité de la jambe, on peut également prouver que S est le centre de gravité des points  $S_B$  et  $S_0$ , donc du corps entier. Dans ce cas, les lignes  $S_3A$  et  $AS_4$  deviennent  $S_0 D$  et  $DS_B$ .

Afin de ne pas entraver les mouvements des bras et des genoux par des vis, on a plié les bandes métalliques  $CS_B, BS_B, GS_0$  et  $FH$  de façon à ce que les bras, le système de levier et les autres parties du corps se trouvent sur des plans différents.

On peut construire des pantins avec plus de trois articulations en appliquant le même principe. Les figures 2, 3 et 4 montrent le pantin dans diverses positions.

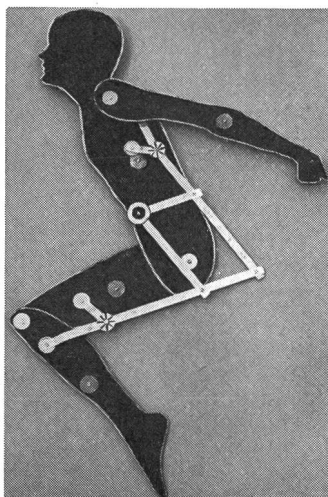


Fig. 2

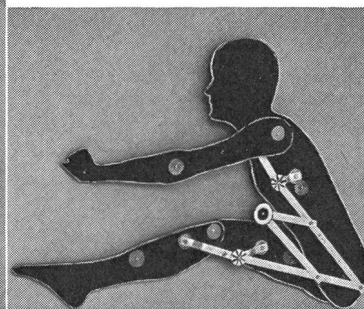


Fig. 3

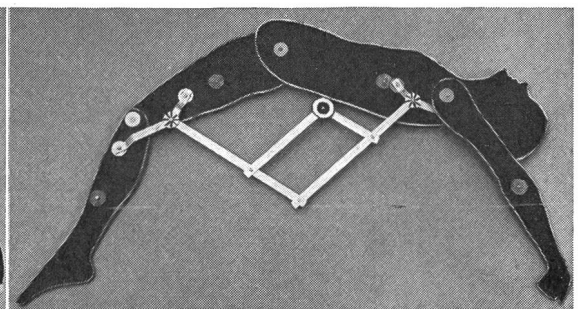


Fig. 4