
EXERCICE EN ALTITUDE — REMARQUES HISTORIQUES

Par Ernst Jokl, Professeur à l'*Université du Kentucky, Lexington, Ky.* — *E. U. A.*

Lavoisier, Priestley et Scheele furent les premiers à se rendre compte de que la vie animale dépend des disponibilités en oxygène. En 1774, Lavoisier démontra que l'air est constitué de deux composantes, une composante «saine» et une com-

posante «nuisible», que les bougies peuvent brûler et les souris peuvent vivre uniquement dans la première composante et que, au cours d'un exercice, des doses plus élevées d'oxygène — ce terme fut introduit par Lavoisier — sont nécessaires. Une com-

munication faite à l'*Académie des Sciences de France* concernant son travail affirma: «il faut noter que M. Lavoisier a vérifié ses résultats par mensuration, calculs et pesées, méthode rigoureuse qui, heureusement pour le progrès scientifique, commence à devenir indispensable».

Que l'air peut-être rendu respirable de nouveau en circuit fermé, pourvu que l'eau et le carbone dioxide de l'air expiré soient absorbés, est connu depuis 1962, quand Stephen Hales, originaire d'Angleterre, présenta son «unité de respiration continue»; Il montra que l'air expiré, après avoir passé sur du carbonate de potassium, pouvait être inspiré à nouveau.

John Hunter, le chirurgien britannique, proposa l'emploi de l'oxygène pour la réanimation. Au cours d'expériences faites avec des chiens, il excisa le sternum et des parties des côtes, afin de mettre à nu les poumons. Il montra qu'à la suite de l'introduction d'oxygène par sonde trachéale «la coloration du sang pulmonaire change rapidement».

Theodor Schwann (1810-1882), chercheur versatile, imagina un appareil portatif pour mesurer l'oxygène absorbé au cours d'un exercice et a décrit la structure histologique des nerfs et la présence de pepsine dans le suc gastrique. «L'appareil respiratoire en circuit fermé» de Schwann se composait de deux cylindres, dont l'un contenait de l'oxygène comprimé et l'autre une «chambre d'absorption» pour la purification de l'air expiré. L'appareil respiratoire avait été projeté à l'origine pour être utilisé dans les mines par des équipes de sauvetage. Schwann rapporta qu'un homme adulte inspire 25,141 litres d'oxygène et expire 22,593 litres de gaz carbonique par heure.

Au cours du dernier quart du dix-neuvième siècle, les recherches dans le domaine du métabolisme gazeux furent activées par l'intérêt croissant porté à l'aviation et à l'alpinisme. En 1875, deux Français, Crocé-Spinelli et Sivel, perdirent la vie au cours d'une ascension dans le ballon «Zenith». Cette aventure avait été préparée

en collaboration avec le physiologiste Paul Bert (1833-1886) qui s'intéressait aux effets de la pression atmosphérique abaissée sur les «fonctions vitales des animaux». En 1876, Paul-Bert construisit la première chambre à basse pression aux fins d'expérience sur l'homme. Des sacs à oxygène furent placés à bord du «Zenith» et connectés à un «dispositif à bulles d'oxygène» pour respirer ce gaz. Pourtant, au cours de cette fatale ascension en ballon le volume d'oxygène contenu dans les sacs s'avéra insuffisant et le dispositif à bulles d'oxygène ne fonctionna pas. Les recherches préparatoires faites dans le laboratoire de Paul-Bert n'ont pas révélé la nature insidieuse de l'attaque des symptômes d'anoxie. De plus, Paul-Bert surestima la toxicité de l'oxygène, car il avait été indûment impressionné par des rapports scientifiques affirmant que l'inspiration prolongée d'oxygène pur sous haute pression — une situation nettement antiphysiologique — exerçait une action délétaire sur les animaux. Il en conclut que respirer de l'oxygène à une pression atmosphérique normale, même pour de courtes périodes, serait nuisible; il perpétua ainsi l'erreur due à une déclaration faite 50 ans auparavant par Alexandre de Humboldt, qui croyait que l'inhalation d'oxygène provoquait invariablement des dommages aux poumons et aux muscles.

En 1890, Zuntz (1867-1927) introduisit le principe de la valve à double effet pour séparer l'air inspiré, progrès important en méthodologie qui facilitait les mensurations de ventilation et de consommation d'oxygène, pendant le repos et les exercices. Zuntz et Geppert construisirent le premier appareil moderne «*Stoffwechselapparat*» qui fut utilisé dans son laboratoire de la «*Landwirtschaftliche Hochschule*» de Berlin lors de multiples travaux préliminaires de recherche sur le métabolisme gazeux. Zuntz collabora avec des physiologistes habiles tels que Loewy, Schumburg, Magnus-Levy et Rubner. Le modèle original du spiromètre de Kestner et Knipping, d'où évolua la science moderne de l'ergométrie, a été une modifica-

tion du «Stoffwechselapparat» de Zuntz et de Geppert. Zuntz inventa aussi la première «piste roulante» pour des analyses métaboliques pendant le travail de chevaux. Avec Loewy, Müller et Caspari, Zuntz entreprit plusieurs expéditions en haute montagne dont les résultats scientifiques ont été résumés en 1906, en une magnifique volume «Höhenwanderungen und Bergklima».

Un appareil d'enregistrement des mouvements respiratoires (pneumographe) fut perfectionné par le physiologiste italien Angelo Mosso (1846-1910) qui, avant la fin du dix-neuvième siècle, construisit le premier laboratoire de recherches en haute altitude, au sommet du *Mont-Rose*, la «Capana Regina Margherita». Il écrivit deux monographies classiques concernant l'exercice en altitude, qui comprenaient des comptes rendus sur sa conception de l'«acapnie».

En 1860, Etienne Jules Marey, de *Paris*, (1830-1904), perfectionna son «tambour à pression» et son sphygmographe, appareils servant à la transmission mécanique et à l'enregistrement du pouls artériel. Le sphygmographe de Marey fut utilisé sur une grande échelle pour étudier les effets des exercices et de l'entraînement sur la force et le rythme cardiaques avant l'introduction de l'électrocardiographie moderne qui n'a, en effet, pas complètement remplacé le sphygmographe, du fait qu'elle ne donne pas d'informations sur les caractéristiques mécaniques du travail cardiaque. En 1911, Yandell Henderson, de l'*Université de Yale*, attira l'attention sur cette insuffisance, lorsqu'il décrivit les résultats obtenus au cours d'une expédition scientifique à la *Pointe Pike*, (12,110 au dessus du niveau de la mer) dans le *Colorado*. Henderson, qui fut rejoint à cette occasion par C. G. Douglas, E. C. Schneider et J. S. Haldane, obtint des «courbes différées» enregistrées à l'aide d'un récepteur servant à transmettre les vibrations du corps provoquées par la systole cardiaque. L'expression «ballistocardiographie», employée aujourd'hui pour les phénomènes physiologi-

ques dont il est question, fut introduite 30 ans plus tard par Isaac Starr, qui avait collaboré avec Yandell Henderson au début des années vingt.

Le premier clinicien qui s'est rendu compte de l'importance thérapeutique de l'exercice au niveau de la mer et en altitude moyenne fut M. J. Oertel, un médecin hydrologue, à *Bozen* et *Meran*. Au cours des vingt dernières années du siècle passé, Oertel introduisit un système d'entraînement intitulé «cure sur le terrain» pour le traitement de la «faiblesse du muscle cardiaque, de la circulation pulmonaire insuffisante et de l'obésité». Il fournit à ses patients des plans de *Méran* et de ses environs, ainsi que des instructions individuelles pour les promenades quotidiennes et les escalades en montagne. Il prescrivit également des exercices isométriques et isotoniques et introduisit le «step test», utilisant un appareil spécial comprenant une plateforme qui s'abaissait et s'élevait alternativement pendant que le patient s'y exerçait. La fréquence cardiaque et respiratoire, la pression sanguine et la température corporelle étaient enregistrées au repos et après l'exercice.

Au début des années trente, alors que je travaillais à *Davos* avec A. Loewy, j'introduisis trois nouveaux critères d'évaluation des effets produits par l'exercice au niveau de la mer et en altitude, à savoir les critères hématologique, immunologique et neurologique. Quant au dernier, j'ai étudié l'effet de la pression atmosphérique basse sur les réflexes, un aspect de la physiologie de l'exercice qui a pris depuis lors une certaine importance en endocrinologie clinique ainsi qu'en médecine spatiale.

Une ère nouvelle s'ouvre à l'ergométrie et donc aux aspects importants de la physiologie de l'altitude, grâce à la standardisation et à l'automatisation des instruments de mensuration.

Les calculateurs électroniques modernes permettent le calcul et l'enregistrement graphique instantané d'une multitude de paramètres respiratoires, cardiovasculaires et autres.

REFERENCES — RÉFÉRENCES — REFERENCIAS

- Bert, P. (1943): *Barometric Pressure*. English translation of Paris edition (1877). Columbus Ohio.
- French, S. J. (1941): *Torch and Crucible, The Life and Death of Antoine Lavoisier*. Princeton University Press.
- Haldane, J. S. and Priestley, J. G. (1935): *Respiration*. Oxford University Press, London.
- Henderson, Y. (1938): *Adventures in Respiration*. London.
- Jokl, E. (1931): *Serologische Untersuchungen an Sportsleuten*. *Z. ges. exp. Med.*, 77, 5.
- Jokl, E. (1933): *Blutbild und Sauerstoffmangel unter besonderer Berücksichtigung des Sports*. *Dtsch. med. Wschr.*, 26, 1001.
- Jokl, E. (1964): *The effect of altitude on athletic performance*. In: *International Research in Sport and Physical Education*, pp. 361-371. Thomas.
- Jokl, E. (1964): *Indisposition after running*. In: *International Research in Sport and Physical Education*, pp. 682-688. Thomas.
- Loewy, A. and Jokl, E. (1933): *Abschwächung von Reflexen in Höhenklima*. *Z. Neur.*, 145, 733.
- Marey, J. E. (1878-79): *Travaux du laboratoire de Marey*, 4, 221.
- Mosso, A. (1892):: *Die Ermüdung*. Hirzel, Leipzig.
- Mosso, A. (1899): *Der Mensch auf den Hochalpen*. Veit & Co., Leipzig.
- Oertel, M. J. (1886): *Über Terrain-Curorte*. Vogen, Leipzig.
- Waterman, R. (1960): *Theodor Schwann*. Schwann Verlag. Düsseldorf.
- Zuntz, N., Loewy, A., Müller, F. and Caspari, W. (1906): *Höhenklima und Bergwanderungen*. Deutsches Verlagshaus Bind & Co.
-