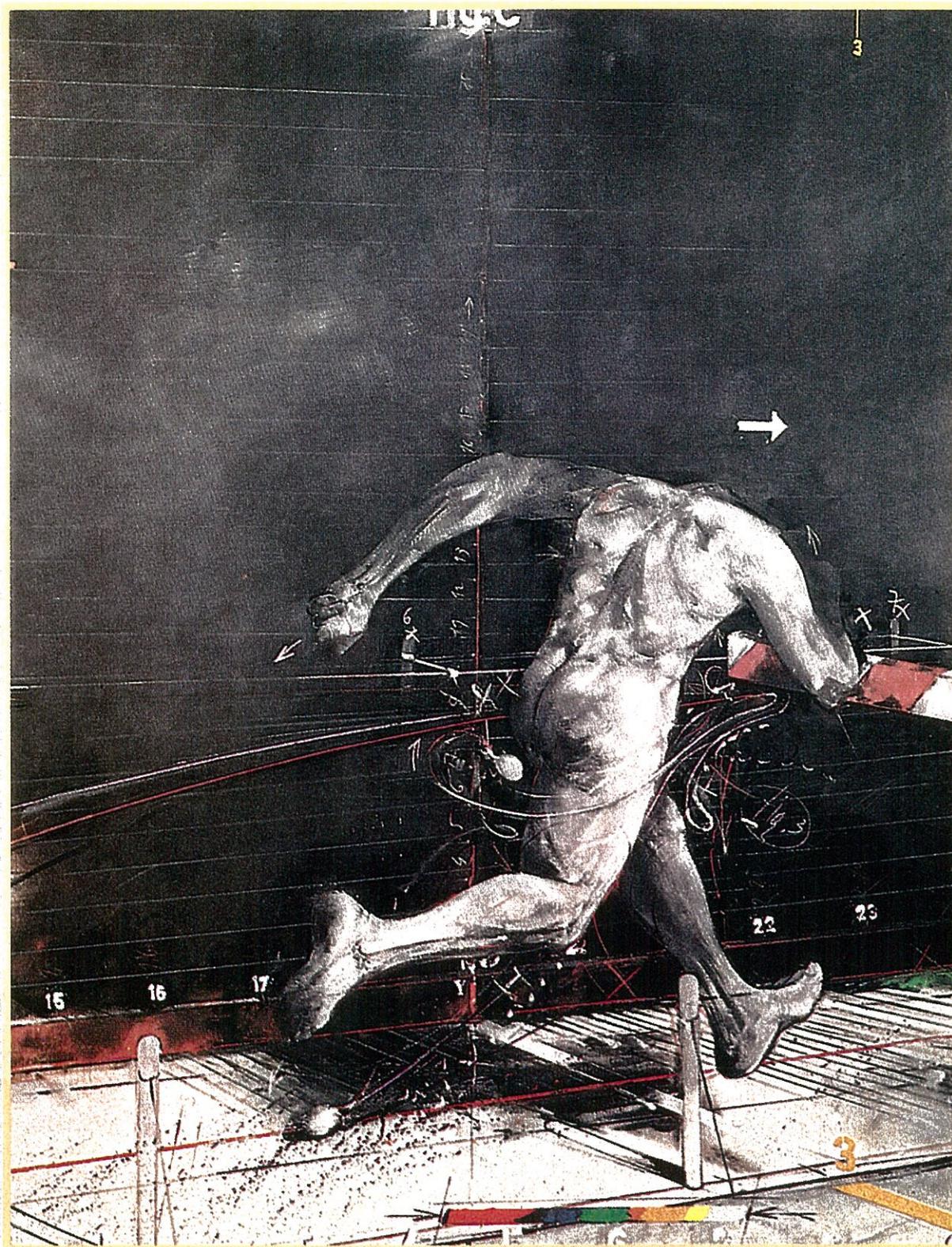


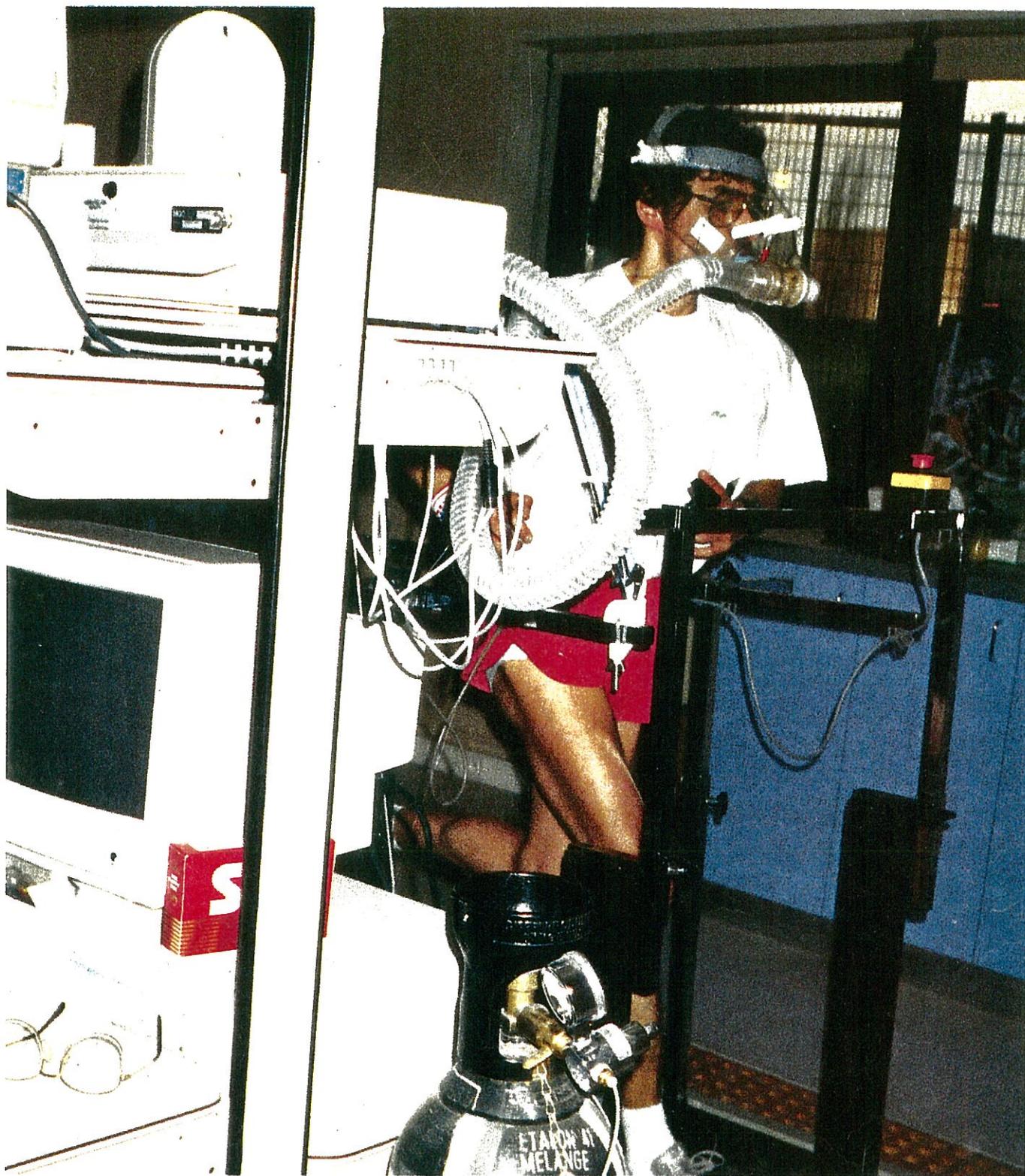
# CONNAIS-TOI TOI-MEME

LES TESTS D'EVALUATION PHYSIOLOGIQUE

PAR DENIS RICHE



Velickovic, homme qui court



**A** force d'entendre vanter l'intérêt de cette démarche, de plus en plus de sportifs se rendent dans les laboratoires de médecine sportive pour s'y prêter à des tests d'évaluation physiologique.

Ces tests s'avèrent effectivement très utiles pour planifier un entraînement, à condition toutefois de posséder les éléments de physiologie permettant d'en comprendre les résultats et d'en tirer les enseignements intéressants. Et c'est bien là le problème. La complexité de certains tests pratiqués les rend difficilement compréhensibles par le profane et ils se révè-

lent dès lors assez vains. Nous avons donc joué le cobaye afin (d'essayer) de vous guider dans ce labyrinthe.

### **Calcul du taux de graisses corporelles**

Avant de commencer le processus d'évaluation proprement dit, il convient de procéder à la mesure du poids corporel. Cette mesure s'avère en effet nécessaire pour le calcul d'un certain nombre de paramètres permettant d'exprimer les aptitudes physiques et la composition corporelle

des sujets. En fait, le poids lui-même ne constitue pas une donnée vraiment utile. Cependant, du fait que  $VO_2$  Max et d'autres variables s'expriment relativement au poids ( $VO_2$  Max - par exemple - se donne en ml/kg.mn), on peut procéder à des comparaisons entre les athlètes de morphologies très différentes et établir ainsi une hiérarchisation de leurs potentialités (voir les encadrés 1 à 3).

Plus que le poids corporel, la composition de l'organisme représente une donnée vraiment utile. En effet, le corps humain se constitue de deux composantes: -la masse maigre (muscles, os, tissus,

organes, liquides organiques)  
-la masse grasse (les réserves adipeuses et les lipides de constitution).

Le pourcentage varie grandement selon les sujets (voir encadré 4). Par rapport à une femme "de référence", l'homme de référence présente une taille supérieure, pèse plus lourd (en moyenne, 10 kg), son squelette est plus massif, sa masse musculaire dépasse celle de la femme, mais par contre, il présente des réserves adipeuses moindres. Ces différences se

mie telle que celle de Mae West, on peut par exemple estimer la masse des glandes mammaires à 600g.

Lors d'un régime amaigrissant, la perte de lipides porte essentiellement, mais non exclusivement, sur la seconde classe des lipides, celle des dépôts adipeux. En clair, si vous perdez 10 kg de graisses superflues, la fonte concernera surtout vos "bourrelets" disgracieux et n'affectera que peu vos formes (mais pour beaucoup de personnes, "peu", c'est déjà trop!).

2. Il augmente la dépense énergétique d'une même activité: courir avec 4 kg de poids en trop équivaut à couvrir la distance avec une charge sur le dos de 2 kg.

3. Il s'ensuit une onde de choc (force de réaction) plus importante lors de la partie course à pied, ce qui élève les risques de blessures.

L'avantage éventuel que conférerait un excédent de poids lors de l'épreuve de la natation, à savoir le rôle isolant du tissu adipeux limitant la déperdition thermique dans l'eau (où elle se trouve 7 fois plus élevée que dans l'air), a disparu avec l'avènement des combinaisons isothermiques. Les nageurs de grand fond, naguère affectés d'embonpoint généreux, présentent aujourd'hui des silhouettes cadrant davantage avec l'idée que l'on se fait des sportifs de haut niveau.

Pour toutes ces raisons, on juge intéressant d'évaluer le taux d'adiposité des sportifs. Il existe pour cela plusieurs méthodes mais la plus employée est celle dite par "mesure des plis cutanés". En quoi consiste-t-elle? Environ 50% des graisses de l'organisme se trouvent localisées au niveau des tissus sous-cutanés. Leur abondance y apparaît proportionnelle à leur teneur globale dans le corps. Il semblerait donc tentant et logique d'estimer l'adiposité à partir des réserves localisées sous la peau. Dans ce but, des chercheurs ont mis au point, il y a plus d'un demi-siècle, une pince spéciale permettant d'estimer ce paramètre avec une précision relative, grâce à un relevé pratiqué en plusieurs endroits représentatifs du corps humain. On procède à cette mesure en 5 points distincts, ensuite, on utilise les chiffres trouvés de deux façons: soit on additionne les différentes valeurs et leur somme donne, d'après des tables, un indice relatif d'adiposité; soit on intègre ces valeurs dans une équation prédictive, d'où l'on tire ensuite, par le calcul, le pourcentage de tissu adipeux.

Une enquête nutritionnelle peut compléter idéalement ce test, notamment pour tous les athlètes qui, malgré un entraînement assidu, conservent un taux d'adiposité trop élevé (10-15%). La perte de 2 kg de graisses améliore les performances chronométriques de manière très tangible: on

## 1: valeurs indicatives de VO<sup>2</sup> Max (en ml/mn.kg):

SUJETS	Moyenne 60%	ont entre 20%	ont plus de
Hommes (<20 ans)	48	42-54	54
Femmes (<20 ans)	38	34-42	42
Hommes (20-29 ans)	46	41-51	51
Femmes (20-29 ans)	36	31-41	51
Hommes (30-39 ans)	44	36-50	50
Femmes (30-39 ans)	34	29-39	39
Hommes (40-49 ans)	40	34-46	46
Femmes (40-49 ans)	31	25-37	37
Hommes (50-59 ans)	34	28-40	40
Femmes (50-59 ans)	25	16-34	34
Hommes (60-69 ans)	30	25-35	35
Femmes (60-69 ans)	21	13-29	29
Hommes (>69 ans)	25	20-30	30
Femmes (>69 ans)	16	8-24	24

(D'après T. NOAKES: "The lore of running" (1989); Oxford University Press, CAPETOWN.)

retrouvent même lorsque l'on exprime les valeurs non pas en chiffres bruts mais en pourcentage de la masse totale. Les écarts les plus nets portent sur les taux de graisses: 14% chez les sujets masculins sédentaires contre 24% chez leurs homologues du "beau sexe". On distingue, selon leurs significations physiologiques, deux classes de lipides corporels:

- les lipides constitutifs
- les lipides de réserve.

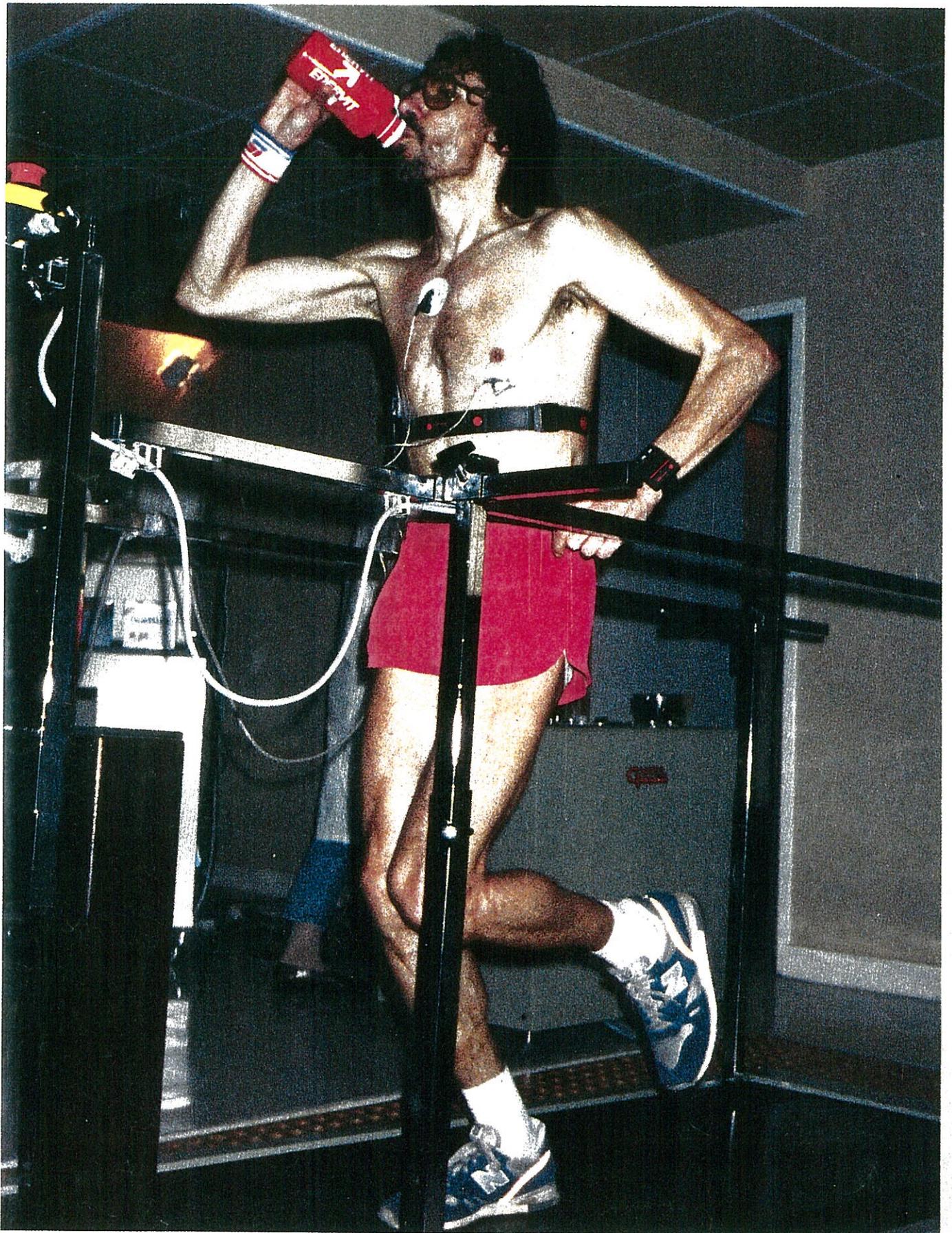
## IL FAUT PORTER SON POIDS ET TOUT EXCÉDENT SE PAIE AU PRIX FORT

Les premiers se retrouvent dans la moëlle osseuse, le coeur, les poumons, le système nerveux, le foie, la rate... où leur présence est indispensable au fonctionnement cellulaire. Chez la femme, il en existe une autre localisation caractéristique, au niveau des organes sexuels et des seins. On estime cependant que la masse de ces derniers ne représente pas plus de 4% du contenu adipeux total des femmes, contenu correspondant à 14-35% du poids corporel. Pour une physiono-

Un kilogramme de graisses de réserve apporte 8000 calories, soit plus qu'il ne faut pour accomplir un triathlon C. Or, malgré le rôle énergétique d'appoint joué par ces nutriments, on conçoit que la recherche d'une adiposité minimale et compatible avec un bon état de santé, constitue l'un des objectifs des compétiteurs. Prenons en effet le cas d'un triathlon C: les 8/9 de l'épreuve (vélo et course à pied), se déroulent contre la gravité, c'est-à-dire qu'il faut porter son poids et que tout excédent se paie au prix fort. Cet excédent exerce un triple effet négatif: 1. Il demande d'avantage d'oxygène (O<sup>2</sup>), le coût de chaque exercice se trouvant accru par le port d'une charge supplémentaire. Cet oxygène ne profite donc pas aux réactions chimiques des muscles; lesquels, par conséquent, atteignent plus vite leur plafond.

## 2. VO<sup>2</sup> Max de quelques athlètes de haut niveau:

NOM	VO <sup>2</sup> Max (ml/mn.kg)	performance sur marathon
Alberto SALAZAR	76,0	2:08:13
Grete WAITZ (F)	73,0	2:25:29
Carlos LOPES	80,4	2:07:11
Ingrid KRISTIAENSEN	71,2	2:21:06
Saïd AOUITA	82,1	13:00 40/100 au 5000



estime le progrès envisageable, en course à pied, à 10 secondes au km... soit 7 mm sur marathon, au minimum! Cela vaut donc la peine de connaître le pourcentage de graisses de son corps, et éventuellement de savoir combien en perdre pour s'améliorer, indépendamment de toute considération sur l'entraînement.

### **L'évaluation de la VO<sub>2</sub> Max**

L'exercice physique accélère les processus d'échanges se déroulant de façon ininterrompue dans l'organisme. La dégradation de nos réserves énergétiques, accomplie lors de la respiration, consomme de l'oxygène

(O<sub>2</sub>) et relâche du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), ou "gaz carbonique". Le sang apporte le premier aux tissus et prend en charge, à leur niveau, le CO<sub>2</sub> qu'ils ont produit. Or, l'O<sub>2</sub> utilisé par chaque cellule correspond à celui capté par voie pulmonaire. De même, le CO<sub>2</sub> issu des processus énergétiques de la cellule se trouve finalement évacué au

niveau des poumons. Ceci explique que la mesure des échanges gazeux en cours d'effort permette de définir certains paramètres indicateurs des effets de l'exercice sur la cellule. En pratique, cette évaluation s'effectue au moyen d'une procédure assez

travail maximal que l'on peut produire, grâce à nos muscles, pendant cette durée. En l'occurrence, dans le cas de la course à pied ou du vélo, VO<sup>2</sup> Max indique la vitesse maximale que l'on peut soutenir durant au moins deux minutes. Pour cette raison, la connais-

sa est étroitement liée, particulièrement au cours de l'exercice. En fait, l'acidité dépend directement de la quantité de gaz carbonique présent dans le sang et les cellules. Or, au cours de l'exercice, le CO<sup>2</sup> tend à s'accumuler. L'acidité s'accroît donc et avec elle, le taux d'acide lactique, un composé qui n'exerce aucune influence par lui-même, contrairement à une opinion communément admise. Il constitue par contre un très bon indicateur de l'état d'acidité de l'organisme. C'est pour cela que l'on procède régulièrement à sa mesure. Tant que l'acidité n'atteint pas un certain stade, dit "seuil critique", la poursuite de l'activité est possible. Pour des puissances supérieures, par contre, on a remarqué une élévation très rapide de l'acidité, attestée par l'accroissement de la lactatémie (teneur sanguine en acide lactique), bloquant les processus métaboliques et interdisant toute poursuite de l'exercice au-delà d'une durée d'autant plus brève que l'on se trouve plus près de VO<sup>2</sup> Max. Le niveau d'intensité pour lequel ce taux s'élève très vite se nomme "seuil anaérobie". Il correspond aux puissances évoquées ci-dessus et proches de 70-80, voire 90% chez certains champions ou athlètes très endurants. Pourquoi emploie-t-on le terme d'anaérobie? Le niveau maximum d'acidité compatible avec la poursuite d'un exercice à une intensité constante correspond à la puissance au-dessus de laquelle l'énergie nécessaire ne peut plus provenir exclusivement des réactions aérobie, c'est-à-dire se déroulant en équilibre d'oxygène. Empiriquement, on a constaté que chez la plupart des athlètes, ce seuil anaérobie correspondait à un taux sanguin d'acide lactique de 4 mMol (la Mol représente une unité chimique mesurant le nombre de particules d'une substance donnée dans un litre de liquide).

La connaissance de ce seuil s'avère donc très précieuse. Pratiquement, elle nécessite la mesure répétitive du taux sanguin d'acide lactique en cours d'exercice. Une technique de micro-prélèvement effectué au niveau de

### 3. VO<sup>2</sup> Max et performance théorique:

VO <sup>2</sup> Max (ml/mn.kg)	performance VO <sup>2</sup> Max	performance
75,5	15' au 5000 64,5	18' au 5000-2h46' au M
72	16' au 5000-2h30' au M	6119' (5000)-2h56' (M)
68	17' (5000)-2h38' (M)	5022' (5000)-3h32' (M)

(M): performance sur marathon.

inconfortable, consistant à recueillir en circuit fermé les gaz expirés par le coureur avançant sur un tapis roulant ou bicyclette ergométrique (qui mesure le travail effectué) et à lui faire respirer un mélange gazeux de composition identique à celle de l'air, au moyen d'un appareillage nommé "sac de Douglas". Le procédé occasionne une réelle gêne, en raison d'une part de l'embout en plastique introduit dans la bouche, et d'autre part de la pince bouchant l'orifice nasal de façon à éviter toute inhalation de l'air extérieur. Quand on court ou que l'on pédale à une cadence soutenue, et que l'on produit donc de la chaleur,

la sance de ce maximum ne suffit pas à prévoir le niveau de performance d'un athlète donné. Ce qui importe surtout, c'est de savoir à quel pourcentage de ce maximum l'athlète peut tenir une, deux ou trois heures d'affilée. Par exemple, la plupart des coureurs de marathon utilisent 70 à 80% de leur VO<sup>2</sup> Max pendant la compétition mais des athlètes tels que F. Shorter ou D. Clayton, grâce à leurs aptitudes innées et aux acquisitions de leur entraînement, arrivent à les couvrir à des vitesses avoisinant 85 à 90% de leur maximum. La plupart des triathlètes et des coureurs ne peuvent avancer à une telle cadence que sur des distances plus courtes (10 à 15 km). L'aptitude à utiliser un pourcentage variable de sa VO<sup>2</sup> Max, pour une vitesse de course donnée, explique que de "petites cylindrées" parviennent à rivaliser, sur des distances supérieures à 20 km, avec des coureurs dotés de possibilités maximales plus étendues, mais incapables de les solliciter à plus de 70% au-delà de quelques minutes. A quoi ces différences sont-elles dues, et pourquoi ne peut-on pas évoluer indéfiniment à VO<sup>2</sup> Max?

La clef de ce problème réside au niveau des limites des échanges gazeux de l'organisme. On a en effet remarqué que trois facteurs, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, et PH (qui mesure l'acidité), sont

## IL IMPORTE DE SAVOIR QUELLE EST LA "CYLINDRÉE" DE L'ATHLETE POUR L'UTILISER AU MIEUX

cet appareil dessèche rapidement la gorge. Comme il empêche évidemment de se réhydrater, le test devient très vite désagréable. L'analyse des gaz s'effectue automatiquement au moyen d'un microprocesseur qui enregistre également d'autres données telles que le rythme cardiaque, transmis aux électrodes gluantes collées contre la peau du thorax et des bras... et nécessitant de réduire l'amplitude des mouvements de ceux-ci si l'on ne veut pas tout arracher.

La mesure des échanges gazeux permet de mesurer VO<sup>2</sup>. Ce terme correspond à la quantité d'oxygène qu'un individu consomme en une min, pour produire de l'énergie. Sa valeur maximale, VO<sup>2</sup> Max, permet de situer la "cylindrée" de l'athlète. Elle correspond à la quantité maximale d'oxygène que l'on peut capter en une minute, et par conséquent indique le

### 4. Caractéristiques de coureurs et triathlètes de haut niveau

VARIABLE PHYSIOLOGIQUE	HOMMES	FEMMES
Poids (kg)	52	52
(Comparaison de sujets de même poids)		
Pourcentage de graisses	5%	10%
Poids de graisses	2,6 kg	5,2 kg
Masse maigre	49,4 kg	46,8 kg
Masse musculaire	18,0 kg	15,4kg
VO <sub>2</sub> Max (ml/mn.kg)	75,0	64,0

l'oreille, puis un dosage automatisé très rapide permettent de connaître cette valeur en même temps que VO<sup>2</sup> et que la fréquence cardiaque. De la sorte, lors de l'analyse des données, on pourra indiquer pour la valeur de ce seuil;

a) La puissance d'exercice correspondante (on va voir les intérêts pratiques que cela présente), à savoir s'il survient à 70, 80 ou 90% de VO<sup>2</sup> Max.

b) La fréquence cardiaque correspondante, permettant à l'athlète de connaître le rythme qu'il doit privilégier. En effet, les physiologistes ont constaté, de façon pragmatique, qu'un entraînement sera efficace (élèvera le seuil "anaérobie"), s'il se situe dans une zone de fréquence cardiaque correspondant à un taux d'acide lactique compris entre 2 et 4 mMol. On

## POUR QUE LES PETITES CYLINDRÉES RIVALISENT AVEC LES GROS CUBES

désigne cette plage de fréquence couvrant de 10 à 20 pulsations (voir encadré 5), par exemple de 160 à 170- par "zone de transition". La puissance amenant la lactatémie à 2 mMol, a reçu le nom de "seuil aérobie". Enfin, on détermine sur la courbe une troisième vitesse très instructive: celle élevant le taux à 3mMol. On considère qu'il s'agit de la vitesse soutenue lors d'un marathon, ce que confirment les résultats obtenus en compétition.

En résumé, ce test apporte la

connaissance de VO<sup>2</sup> Max, du seuil aérobie, du seuil anaérobie, de la zone critique (à privilégier au cours de l'entraînement, et la prédiction de la vitesse sur le marathon. Mais comment cela se déroule-t-il en pratique?

### Le tapis roulant constitue l'outil de base

Mon test d'évaluation s'est effectué selon le processus suivant. L'épreuve s'accomplit sur un tapis à inclinaison constante de 3%. L'exercice s'effectue à des paliers successifs d'intensité croissante, commençant à une vitesse de footing ou d'échauffement, déterminée à partir des informations que nous fournissons, et de nos performances chronométriques. On m'a fait démarrer à 12 km/h, mais pour certains cracks, la vitesse retenue se situe à 14-15 km/h. Le premier palier de 5 à 10 minutes permet de s'habituer à la procédure. Il faut bien avouer qu'avec l'influence du tapis (au début, on tend à s'écraser, à courir ramassé), le nez bouché, l'embout qui entre dans la bouche et les électrodes, ce délai d'accoutumance ne s'avère pas superflu! On atteint l'état d'équilibre lorsque la fréquence cardiaque se stabilise et que l'on a pris l'habitude du tapis, ce dont je prends conscience en remarquant que je traîne bien moins "les galoches" qu'au début. Les choses sérieuses commencent alors. On augmente la vitesse de 2 km/h à chaque palier de 4 minutes. Cette durée assure l'acquisition d'un état stable, tant au niveau de la fréquence cardiaque que de la consommation d'O<sub>2</sub>, ce qui facilite le tracé de courbes où l'on reporte l'évolution de

ces deux facteurs selon la vitesse de course. A la fin de chaque palier, on m'octroie 40" de pause, le temps que je m'essuie et qu'on me pique à l'oreille pour effectuer le prélèvement destiné à mesurer le taux d'acide lactique. Je repars alors pour un tour, de plus en plus rapidement. A mesure que la vitesse s'élève, bien sûr, je perçois pleinement la difficulté croissante de la tâche. Le dernier palier atteint - censé conduire à mon épuisement - doit durer au moins deux minutes, de façon à ce que les valeurs mesurées soient significatives. Les techniciens présents ne se montrent heureusement pas avares d'encouragements, pour m'aider à terminer.

Certains critères leur prouvent bien l'atteinte effective de mes limites et les empêchent de me classer dans la catégorie des "tire-au-flanc":

- ma fréquence cardiaque approche le maximum théorique, estimé à partir de la formule: FC Max = 220 - AGE.

- Je finis à 186, soit 5 battements en dessous du maximum prévu.

- le quotient respiratoire (QR), calculé en effectuant le rapport CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>, dépasse 1,1 ce qui indique que je rejette davantage de gaz carbonique que j'inhale d'oxygène, et traduit bien une situation d'acidité de mon organisme.

- mon taux sanguin d'acidité lactique se situe à 8 mMol.

Au terme de ce test, les données reportées sur les courbes d'évolution ont permis de dégager des conseils d'entraînement, les miens s'avérant bien distincts de ceux adressés à un autre cobaye, JCL, présent ce jour-là (voir encadré 5). Grâce à ces tests, nous disposons désormais d'un canevas personnalisé d'entraînement, intégrant nos aptitudes actuelles, notre marge de progression et indiquant les moyens de l'exprimer. Ils constituent un outil de base dans le suivi des triathlètes, au même titre que la nutrition ou les bilans sanguins, dont nous expliquerons dans un prochain numéro comment les interpréter, .

T

### 5. Comment les tests permettent de dégager les grands axes d'une préparation.

PARAMETRES	SUJET DR	SUJET JCL
Age	29	40
% Tissu adipeux	6,3%	7,5%
VO <sup>2</sup> Max	64 ml/mn.kg	65,5 ml/mn.kg
Vitesse au seuil aérobie	14,6 km/h (83,4% de VO <sup>2</sup> Max)	15,8 km/h (81%)
FC* au seuil aérobie	164 bt/mn	178 bt/mn
Vitesse au seuil anaérobie	16 km/h (91,4%)	17,1 km/h (87%)
FC au seuil anaérobie	174 bt/mn	187 bt/mn
Vitesse de la zone 1 transitionnelle	4,6 à 16 km/h	15,8 à 17,1 km/h
Fréquences	ZT 165 à 175	178 à 187
FC Maximale	186 bt/mn	208 bt/mn
Vitesse à VO <sup>2</sup>	Max 17,5 km/h	19,5 km/h
Vitesse sur marathon (3 mMol)	15,7 km/h	16,5 km/h
Temps sur 42,195 km	2h46'	2h33'

\*FC: Fréquence cardiaque

#### Remarques:

La seule amélioration du sujet DR peut provenir d'une élévation de VO<sup>2</sup> Max. En effet, la vitesse au seuil anaérobie approche 92% de la vitesse maximale, ce qui ne peut plus guère laisser espérer d'amélioration de ce côté. Si VO<sup>2</sup> Max augmente, une seconde étape consistera à ramener la vitesse au seuil anaérobie à 92% de la nouvelle valeur maximale.

A l'inverse, JCL court le marathon à 84% de VO<sup>2</sup> Max. Il peut donc espérer améliorer à la fois sa vitesse sur marathon et sa vitesse maximale.

Notre travail d'entraînement ne répondra donc pas aux mêmes objectifs, et ne s'effectuera pas aux mêmes vitesses ce que, a priori, nous n'aurions pas pu savoir sans subir ces tests.