



CLUB DES
CARDIOLOGUES
DU SPORT

L'ULTRA-ENDURANCE

Avec la revue

CARDIO&SPORT

LA REVUE PRATIQUE DE LA CARDIOLOGIE DE L'EFFORT

N°34 - janvier 2013

COMPRENDRE

VO₂ en cardiologie

L'essentiel

VECU

Cycliste à 100 ans

Et un record mondial
de l'heure !

HISTOIRE



Mort de Philppidès

Hypothèses
diagnostiques

EVENEMENT

L'ultra-trail selon Julien Chorier

Un champion bien préparé



Avec près de 19 heures de course sur 156 kilomètres et 8 530 mètres de dénivelé, Julien Chorier a remporté la première place à l'ultra-trail du Mont Fuji 2012.

DOSSIER

L'ultra-endurance : quel impact sur le système cardiovasculaire ?

- Le cœur de l'ultra-endurant se détériore-t-il ?
- Les bâtons en trail : ça marche !
- Ce que doit savoir le cardiologue sur l'ultra-trail

L'ULTRA-ENDURANCE

QUE IMPACT SUR LE SYSTÈME CARDIOVASCULAIRE ?

Dossier coordonné par le Dr Jean-Michel Guy
(Centre de Médecine du Sport, CHPL, Saint-Etienne)

1 Le cœur de l'ultra-endurant se détériore-t-il ?

Dr Jean-Michel Guy (Saint-Priest-En-Jarez)

2 Les bâtons en trail : ça marche !

Guillaume Millet (Saint-Etienne)

3 Ce que doit savoir le cardiologue sur l'ultra-trail

Dr Stéphane Doutreleau (Service de Physiologie et d'Explorations Fonctionnelles, Strasbourg)

MOTS-CLÉS : *Ultra-endurance, Trail, Contraintes cardiovasculaires*



© Rémy Massaglia / Fotolia

INTRODUCTION

Le marathon, course mythique durant des décennies, continue à passionner des milliers de coureurs chaque année. Mais les participants aux épreuves de longue durée ne cessent d'augmenter, imposant aux organisateurs la nécessité d'une sélection à l'inscription.

Psychiatres, psychologues et sociologues se sont intéressés au phénomène de l'ultra-endurance ces quinze dernières années, apportant leurs théories pour tenter d'expliquer l'essor de ces épreuves. Les médecins, souvent surpris de ce niveau d'effort, ne cessent de se poser des questions concernant l'impact de ces nouvelles épreuves sur la santé des coureurs et se demandent si cela n'est pas déraisonnable. Même si la pratique des sports extrêmes a toujours existé, d'une façon assez confidentielle au début, elle a explosé depuis 10 ans, offrant à beaucoup de sportifs qui prennent le départ de ces courses de "nouvelles sensations". Au-delà de cette évolution vers le plus long, le plus de dénivelé, le plus difficile... le praticien se doit de connaître au mieux ce nouveau type d'épreuve et les contraintes du système cardiovasculaire dans des conditions extrêmes, afin de conseiller les pratiquants et détecter les sujets à risque.

Ce dossier est principalement orienté vers la pratique de l'ultra-endurance en course à pied, laissant de côté volontairement les courses longues en vélo sur route ou tout terrain, les épreuves d'*iron man* de triathlon ou les raids par étapes ou multisports.

Il n'y a pas de consensus sur la définition de l'ultra-endurance. Classiquement, on l'applique à des épreuves qui vont dépasser la durée de 6 heures (mais certains marathonien-

terminent en 6 heures !!) ou bien, et c'est sans doute plus parlant, à la longueur de la course. Les puristes estiment que cette discipline commence réellement au-delà de 100 km, tandis que d'autres placent la barre entre 50 et 70 km. Certaines épreuves se déroulent sur des routes souvent plates (100 km ou 24 heures) et d'autres en pleine nature (ultra-trails) où le cumul du dénivelé et les conditions environnementales (altitude, température, terrain) iront s'ajouter à la difficulté de la simple longue distance. Il existe en 2012 environ 30 courses françaises de plus de 100 km sur chemins (contre 5 en 2000) et certaines sont nées il y a maintenant plus de 50 ans ! Le fait nouveau tient principalement au nombre de participants au départ et à une médiatisation internationale pour certaines. Donc vous allez croiser, si ce n'est déjà fait, des sportifs lors d'une consultation qui vous interrogeront sur leur projet de course d'ultra-endurance, sur leur capacité à réaliser ce type d'épreuve, sur les risques cardiaques, les précautions à prendre, les façons de se préparer, et vos conseils seront très appréciés plutôt qu'un regard et des paroles évoquant la folie de cette "entreprise".

Avec l'interview de Julien Chorier (rubrique "Événement"), l'un des meilleurs "trailers" français actuels, vous aurez découvert le monde de l'ultra-performance. Nous aborderons dans le dossier la question des limites du système cardiovasculaire et de la fatigue myocardique au cours des épreuves de longue durée, puis l'apport (assez récent) de l'utilisation des bâtons sur l'économie de course en général et musculaire en particulier et, en conclusion, sur « ce que doit savoir le cardiologue de l'ultra endurance ? ».

1

Le cœur de l'ultra-endurant se détériore-t-il ?

Dr Stéphane Doutreleau*

La pratique de l'ultra-endurance est devenue, en quelques années, l'objectif de très nombreux sportifs. Elle peut intéresser différents sports mais se décline surtout sous forme d'ultra-trail, d'ultra-triathlon ou de longues courses de vélo, de V.T.T. et de ski nordique. Cet engouement est réel et, aux Etats-Unis par exemple, la participation à des épreuves de triathlon longue distance augmentait de 10 à 20 % par an jusque dans les années 2010 (<http://usatriathlon.org>) !

La connaissance des conséquences d'une telle pratique sur le système cardiovasculaire est donc légitime, d'autant que de nombreuses études ont rapporté des modifications aiguës de la performance globale myocardique, aussi bien du cœur gauche que du cœur droit (1-7). Ce phénomène transitoire, que l'on regroupe sous la terminologie de "fatigue myocardique" est connu depuis longtemps (8) et considéré comme n'ayant *a priori* pas de conséquence clinique immédiate.

Along terme, en revanche, la pratique régulière des sports d'endurance (et l'entraînement qui va avec) peut expliquer l'apparition de troubles du

rythme. Certains auteurs suggèrent qu'il pourrait exister un continuum entre des modifications aiguës répétées et le devenir à long terme.

EFFETS AIGUS DE L'ULTRA-ENDURANCE

L'intensité d'un exercice est d'autant plus faible que sa durée sera importante. En fonction du niveau du sportif concerné et du niveau d'entraînement, cette intensité en valeur absolue sera bien sûr variable. Mais, dans tous les cas, le travail myocardique sera important (et ce d'autant plus que l'intensité soutenue possible est importante, comme chez le sportif de bon niveau) et se fera dans un environnement différent (élévation de la température centrale, stimulation catécholergique, modification de pH...) (9) sans qu'il soit obligatoirement défavorable (10). Toutefois, à ce jour, il n'y a pas d'étude spécifiquement réalisée sur des épreuves de très longue durée. Qu'en est-il du statut métabolique ou de la température centrale d'un sujet ayant couru ou marché rapidement pendant 30h ou plus ? Néanmoins, on sait qu'au-delà de quelques heures d'exercice, la fréquence cardiaque diminue (11-13), principalement en raison d'une diminution de l'intensité de l'exercice que l'on peut maintenir (14).

L'exercice prolongé (déjà bien visible dès 4 à 5 h d'exercice continu) a des conséquences sur le myocarde

déTECTABLES en échographie. Il a ainsi été largement montré que l'on pouvait observer après des efforts longs et/ou intenses une altération de la fonction systolique (Fig. 1) et du remplissage ventriculaire gauche (Fig. 2) (1, 5, 15). Ces modifications restent quantitativement modestes et sans manifestation clinique. Elles semblent d'autant plus marquées que l'effort est long et que les sujets sont moins entraînés. Peu de données publiées dans la littérature concernent des efforts de plus de 10 à 11 h. Une étude réalisée après un ultra-marathon (160 km, 25 h de course en moyenne) ne montrait pas une fatigue myocardique quantitativement plus importante au niveau du ventricule gauche (2, 16). Le développement de nouvelles techniques d'échographie (en particulier le Doppler tissulaire et l'étude de la déformation tissulaire par *strain*) a permis de montrer que les modifications observées au niveau du ventricule gauche se retrouvaient aussi au niveau de l'oreillette gauche (17) et surtout des cavités droites (2, 18, 19). Ainsi, après un ultra-marathon de 161 km (30 h de course en moyenne), l'impact au niveau des cavités droites semble quantitativement plus important qu'au niveau des cavités gauches, avec dilatation (Fig. 3) et altération des fonctions systolique et diastolique (2) (Fig. 4) et, chez 2/16 sujets de cette série, l'apparition d'une rectitude septale témoignant d'une élévation pos-

* Service de Physiologie et d'Explorations Fonctionnelles, Strasbourg

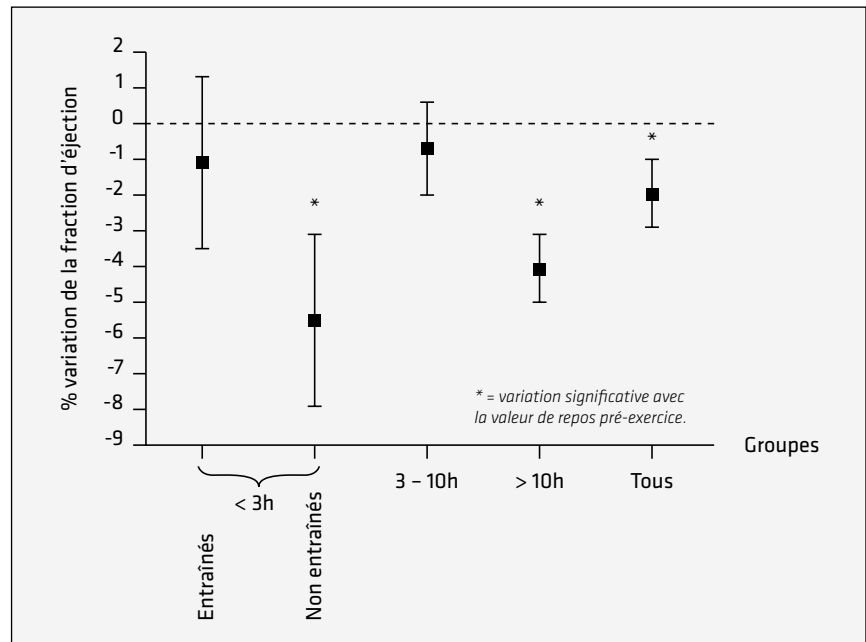
sible des pressions droites (PAP non mesurable).

Toutes ces anomalies observées à court terme sont, la plupart du temps, rapidement et complètement régressives avec normalisation des diamètres, des volumes et des fonctions systolique et diastolique. Un cas isolé de non récupération d'une fonction ventriculaire droite normale à un an a été rapporté sans autre étiologie évidente (20).

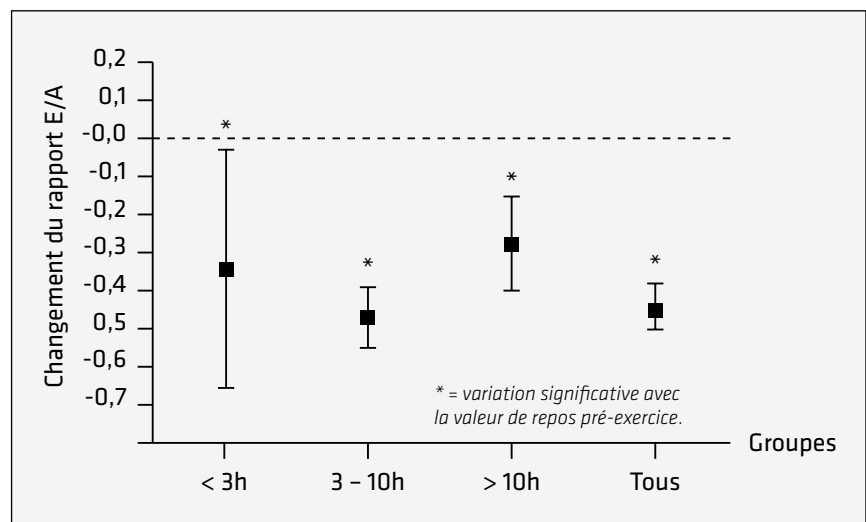
Si la récupération anatomique et fonctionnelle est clairement montrée, on ne sait pas s'il y a, chez l'homme, des dégâts myocardiques et quelle est leur évolution histologique, autrement dit, si le tissu myocardique cicatrise normalement.

CONSÉQUENCES À LONG TERME DE LA PRATIQUE DE L'ULTRA-ENDURANCE

Une littérature abondante décrit à la fois les modifications cavitaires spécifiquement liées à la pratique d'un haut volume d'entraînement en endurance (18) et les valeurs moyennes que l'on peut habituellement rencontrer (21, 22) en terme de dilatation cavitaire ou d'épaisseurs pariétales. Cette distinction est fondamentale et c'est un préalable nécessaire pour la distinction entre cœur d'athlète et cardiomyopathie. La publication en 2003 d'une large cohorte de 291 Japonais (21), coureurs de 100 km, avait laissé supposer que le cœur de l'ultra-endurant pourrait être encore plus dilaté (11 % avaient une dilatation VG > 70 mm) et plus épais (19 et 15 mm respectivement pour le septum interventriculaire et la paroi postérieure) que ce qui était décrit classiquement (23). Cette étude était toutefois très critiquable devant le peu de données fonctionnelles sur le ventricule gauche et parce qu'une véritable cardiomyopathie n'avait pas été éli-



>>> Figure 1 - Variation de la FEVG en fonction de la durée d'exercice. Modifié d'après Middleton (15).

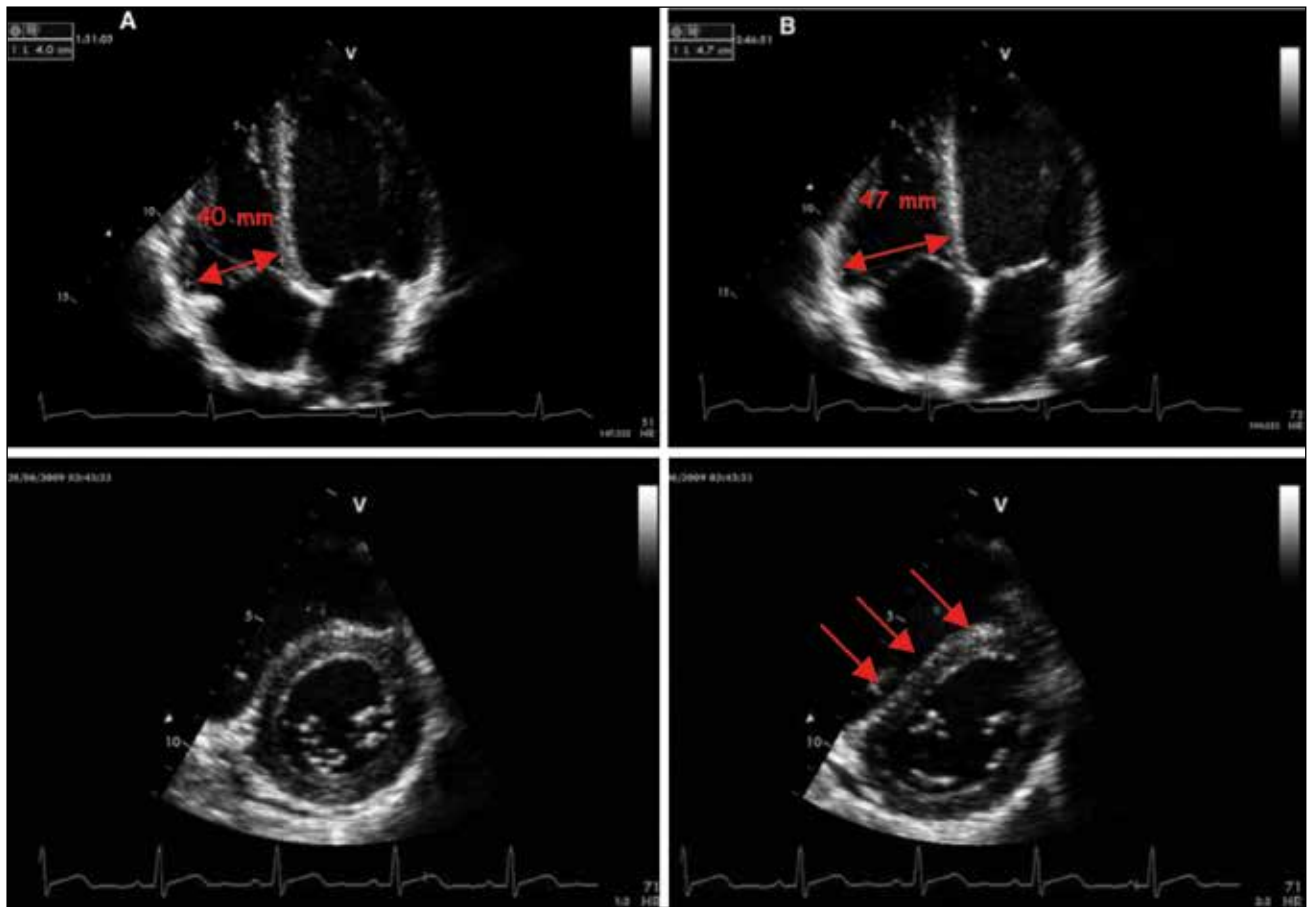


>>> Figure 2 - Diminution en valeur absolue du rapport E/A en fonction de la durée de l'exercice. Modifié d'après Middleton (15).

minée.

En 2011, une étude prospective complète nord-américaine sur des coureurs de 100 miles (22) confirmait toutefois que les dilatations cavitaires et les épaisseurs pariétales observées dans cette population spécifique étaient similaires à ce que l'on peut retrouver au maximum chez des athlètes de haut niveau.

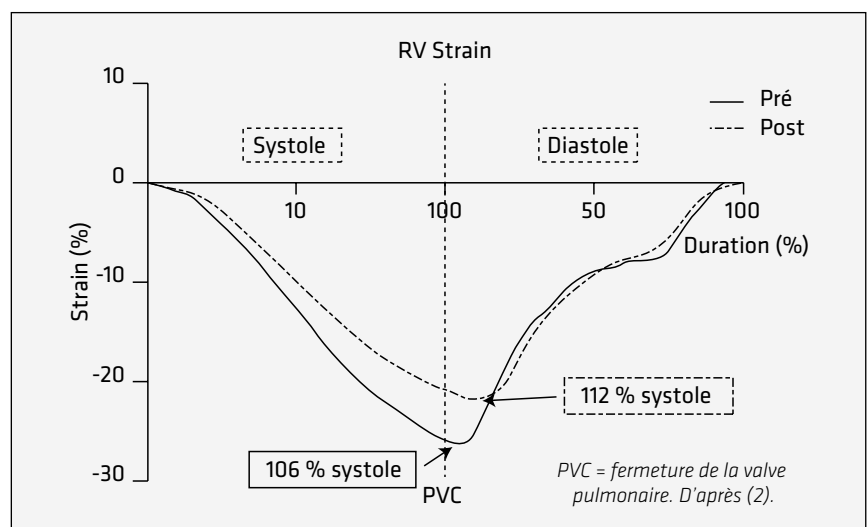
Malheureusement, dans ces deux études portant spécifiquement chez des ultra-endurants, aucune donnée sur les cavités droites n'est disponible. Pourtant, le remodelage anatomique du cœur de l'athlète endurant porte sur les 4 cavités mais surtout sur les cavités droites et l'oreillette gauche. Ceci s'explique par l'importante augmentation de



>>> Figure 3 - Echographie cardiaque chez un sujet sain avant (A, images de gauche) et après (B, images de droite) un ultra-marathon (160 km – 30 h de course en moyenne) ; élargissement du ventricule droit (de 40 à 47 mm en télédiastole) et rectitude septale (flèches). Modifié d'après la référence 2.

la charge des cavités droites à l'exercice, surtout chez l'athlète (24). Les cavités droites des athlètes d'endurance sont dilatées et il n'y a aucune raison de penser que le remodelage est différent (Fig. 5).

L'ultra-endurant est en fait un athlète d'endurance (dont le volume d'entraînement est peut-être supérieur) et qui pratique de temps en temps des épreuves très longues. La pratique de l'ultra-endurance ne s'accompagne donc pas logiquement de modifications morphologiques et fonctionnelles cardiaques spécifiques à long terme supérieures aux limites que l'on connaît chez l'endurant.



>>> Figure 4 - Strain global ventriculaire droit avant (trait plein) et après un ultra-marathon (pointillés). D'après la référence 2.

CONSÉQUENCES FONCTIONNELLES

En revanche, il est maintenant clairement démontré que la pratique régulière d'une activité sportive pendant des années (généralement plus de 10 à 15 ans) peut s'accompagner chez certains sportifs (ceux qui ont les remodelages cavitaires les plus importants) :

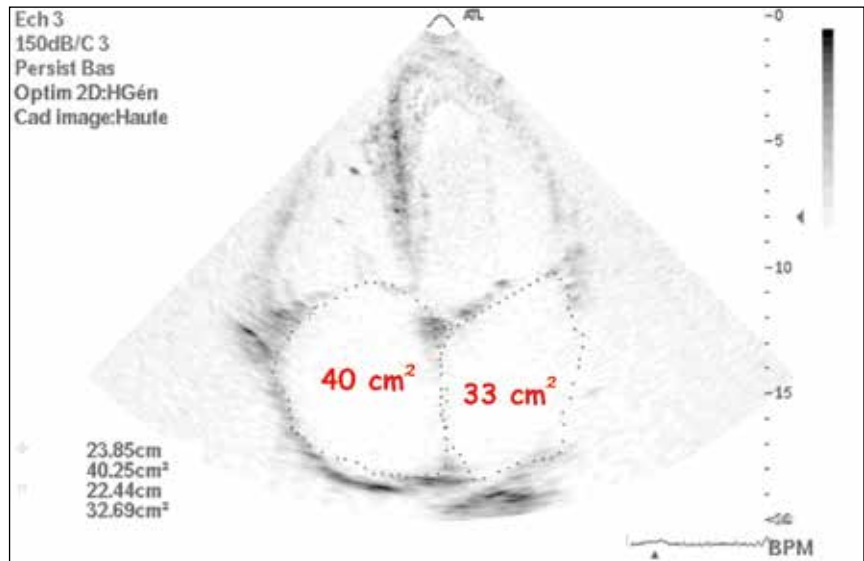
- de la persistance d'une bradycardie sinusale (25) et possiblement de troubles conductifs plus importants nécessitant d'être appareillés (26) ;
- d'une augmentation de l'incidence des troubles du rythme auriculaire (27-29) ;
- de troubles du rythme ventriculaire (30-32) provenant la plupart du temps du ventricule droit, à l'origine du concept de cardiomyopathie ventriculaire droite induite par l'exercice.

Toutes ces conséquences anormales peuvent s'intégrer dans le concept plus général de l'apparition possible de zones de fibrose au sein du myocarde (voir le chapitre sur les mécanismes). Si tel est le cas, il s'agit probablement de foyers très localisés qui peuvent expliquer la survenue de troubles du rythme. En revanche, il n'y a pas de dégradation des paramètres de remplissage à long terme chez le sportif endurant (33) ce qui va contre une dégénérescence fibreuse quantitativement et fonctionnellement importante.

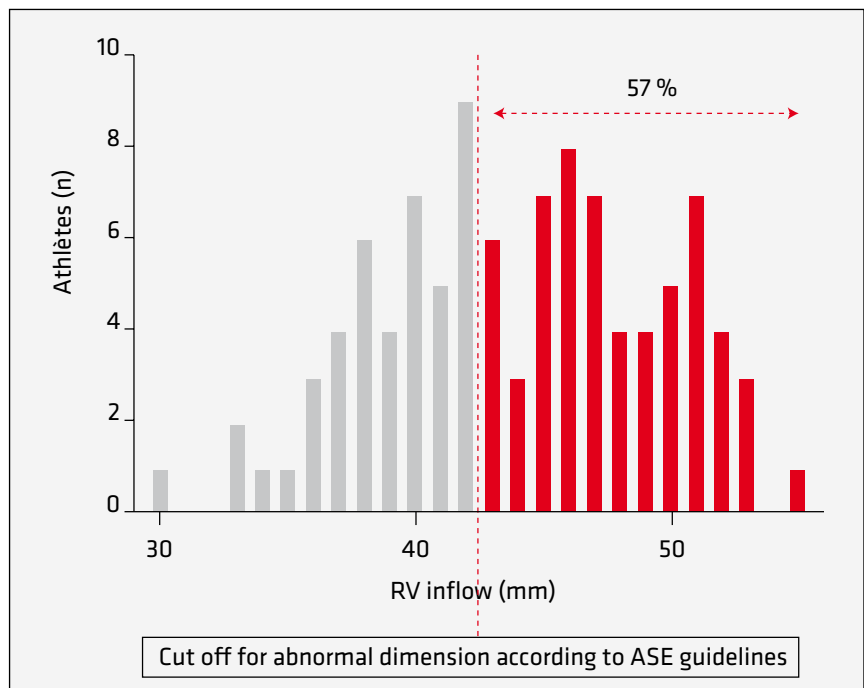
QUELS SONT LES MÉCANISMES IMPLIQUÉS ?

Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer la baisse de la performance myocardique chez l'homme immédiatement après un exercice :

- la stimulation adrénergique pourrait être à l'origine d'une *down-regulation* des β -récepteurs myocardiques (34-36), même si des données animales récentes (37) ne



>>> Figure 5 - Coupe 4 cavités chez un ancien cycliste de niveau national gardant une activité physique importante (8 à 10 000 km/an) et consultant pour des palpitations. Aspect de cœur d'athlète avec dilatation harmonieuse des 4 cavités.



>>> Figure 6 - Dimensions cavitaires droites chez 102 athlètes d'endurance. L'impact sur les cavités droites est plus fréquent et concerne plus de sujets que ce que l'on peut voir au niveau du ventricule gauche. D'après la référence 54.

semblent pas impliquer principalement ce phénomène ;

- une "souffrance" tissulaire myocardique supposée, compte tenu d'une

élévation transitoire des troponines I ou T, que l'on observe en moyenne chez au moins 50 % des sportifs (38, 39) après une épreuve ; le lien entre

l'élévation de ce marqueur plasmatique et la fatigue myocardique reste controversé (19) ;

- enfin, une altération directe des propriétés contractiles des cardiomyocytes reste une hypothèse possible expliquant l'allongement du délai électromécanique ventriculaire (40), des anomalies de la torsion/détorsion ventriculaire (41) et la baisse des vitesses tissulaires myocardiques en échographie (2, 16, 36, 42). Le lien avec une augmentation du stress oxydant intramyocardique est une hypothèse intéressante (37, 43) qui n'a pour le moment pas été explorée chez l'homme.

Dans tous les cas, la fatigue myocardique est un phénomène transitoire supposant donc qu'il y a restitution *ad integrum* du myocarde et de sa fonction. Mais est-ce vraiment le cas ? En effet, on sait qu'avec le temps et la répétition, sur de nombreuses années, d'une activité d'endurance régulière et intense, des modifications surviennent, à la fois sur les plans histologique et anatomique (remodelage) mais également sur le plan fonctionnel.

Sur le plan histologique, des études animales ont pu montrer que la pratique régulière d'un entraînement en endurance provoquait l'apparition de lésions de fibrose (44). Curieusement, dans ce modèle de cœur d'athlète, les lésions ne sont retrouvées que dans les deux oreillettes et

le ventricule droit mais pas dans le ventricule gauche. Chez l'homme, de telles lésions de fibrose ont été rapportées dans des cas cliniques isolés ou sur des petites séries au niveau du ventricule gauche (45-47) ou au niveau du ventricule droit (19, 48) chez des sportifs ayant fait une mort subite ou développant des troubles du rythme ventriculaires.

Dans une série plus importante de marathoniens, âgés de 50 à 70 ans, asymptomatiques, explorés par IRM, une proportion importante (12 %) de réhaussement tardif, en faveur de foyers de fibrose, était détectée. Mais, de façon intéressante, et ces données doivent être confirmées sur de plus larges cohortes, les événements cardiovasculaires étaient moins fréquents dans ce groupe sur un suivi de 21 mois (49).

L'activité physique et le sport ont un effet indiscutable sur la morbi-mortalité cardiovasculaire. Le rapport bénéfice-risque n'est toutefois pas proportionnel et il est actuellement légitime de se poser la question du risque potentiel à long terme des hauts niveaux de pratique (50). Dans la population des sportifs d'endurance, le bénéfice persiste largement (51, 52). Les données épidémiologiques sont toutefois restreintes à de petites populations et les accidents, y compris les morts subites, peuvent être sous-estimés (car non recensés). Quoi qu'il en soit, il ne semble

pas non plus y avoir d'épidémie et il est difficile d'imaginer une surmortalité chez les sportifs endurants.

CONCLUSION

Après un effort prolongé, le muscle cardiaque se fatigue tout comme le diaphragme (53), lui aussi réputé infatigable. Cliniquement silencieuse, cette "fatigue" est détectable par échographie par exemple, chez la plupart des sportifs, et rapidement réversible, comme au niveau du diaphragme. Le mécanisme n'est pas entièrement élucidé mais il s'agit d'un phénomène réversible. Contrairement au diaphragme dont la fatigue déclenche une vasoconstriction réflexe des territoires vasculaires des muscles en activité, une telle relation n'a jamais été montrée avec la fatigue cardiaque.

« Dans quelle mesure cette fatigue pourrait-elle être le marqueur d'une "souffrance myocardique" réversible mais responsable à long terme du développement de zones de fibrose » est une question à laquelle on ne peut pas répondre. L'hypothèse d'un continuum entre des lésions aiguës minimales du myocarde et les remaniements anatomique et fonctionnel de l'endurant vétérinaire, reste à vérifier. Dans tous les cas, le sport d'endurance reste le garant d'une longévité accrue alors ne nous en privons pas, mais restons vigilants...

BIBLIOGRAPHIE

1. Oxborough D, Birch K, Shave R et al. «Exercise-induced cardiac fatigue»--a review of the echocardiographic literature. *Echocardiography* 2010 ; 27 : 1130-40.
2. Oxborough D, Shave R, Warburton D et al. Dilatation and dysfunction of the right ventricle immediately after ultraendurance exercise: exploratory insights from conventional two-dimensional and speckle tracking echocardiography. *Circ Cardiovasc Imaging* 2012 ; 4 : 253-63.
3. Shave R, Dawson E, Whyte G et al. Altered cardiac function and minimal cardiac damage during prolonged exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2004 ; 36 : 1098-103.
4. Shave R, Dawson E, Whyte G et al. The impact of prolonged exercise in a cold environment upon cardiac function. *Med Sci Sports Exerc* 2004 ; 36 : 1522-7.
5. Shave R, George K, Whyte G et al. Postexercise changes in left ventricular function: the evidence so far. *Med Sci Sports Exerc* 2008 ; 40 : 1393-9.
6. Shave R, Oxborough D. Exercise-induced cardiac injury: evidence from novel imaging techniques and highly sensitive cardiac troponin assays. *Prog Cardiovasc Dis* 2012 ; 54 : 407-15.
7. Shave R, Whyte G, George K. Myocardial stress after competitive exercise in professional road cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 2004 ; 36 : 738 ; author reply 739.
8. Douglas PS, O'Toole ML, Hiller WD et al. Cardiac fatigue after prolonged exercise. *Circulation* 1987 ; 76 : 1206-13.
9. Dawson E, George K, Shave R et al. Does the human heart fatigue subsequent to prolonged exercise? *Sports Med* 2003 ; 33 : 365-80.
10. Stohr EJ, Gonzalez-Alonso J, Pearson J et al. Dehydration reduces left ventricular filling at rest and during exercise independent of twist mechanics. *J Appl Physiol* 2011 ; 111 : 891-7.
11. Cottin F, Slawinski J, Lopes P et al. Effect of a 24-h continuous walking race on cardiac autonomic control. *Eur J Appl Physiol* 2007 ; 99 : 245-50.
12. Neumayr G, Pfister R, Mitterbauer G et al. Effect of ultramarathon cycling on the heart rate in elite cyclists. *Br J Sports Med* 2004 ; 38 : 55-9.
13. Mattsson CM, Stahlberg M, Larsen FJ et al. Late cardiovascular drift observable during ultraendurance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2011 ; 43 : 1162-8.
14. Martin V, Kerherve H, Messonnier LA et al. Central and peripheral contributions to neuromuscular fatigue induced by a 24-h treadmill run. *J Appl Physiol* 2010 ; 108 : 1224-33.
15. Middleton N, Shave R, George K et al. Left ventricular function immediately following prolonged exercise: A meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 2006 ; 38 : 681-7.
16. Scott JM, Esch BT, Shave R et al. Cardiovascular consequences of completing a 160-km ultramarathon. *Med Sci Sports Exerc* 2009 ; 41 : 26-34.
17. Oxborough D, Whyte G, Wilson M et al. A depression in left ventricular diastolic filling following prolonged strenuous exercise is associated with changes in left atrial mechanics. *J Am Soc Echocardiogr* 2010 ; 23 : 968-76.
18. George K, Whyte GP, Green DJ et al. The endurance athletes heart: acute stress and chronic adaptation. *Br J Sports Med* 2012 ; 46 Suppl 1 : i29-i36.
19. La Gerche A, Burns AT, Mooney DJ et al. Exercise-induced right ventricular dysfunction and structural remodeling in endurance athletes. *Eur Heart J* 2012 ; 33 : 998-1006.
20. La Gerche A, Connelly KA, Mooney DJ et al. Biochemical and functional abnormalities of left and right ventricular function after ultra-endurance exercise. *Heart* 2008 ; 94 : 860-6.
21. Nagashima J, Musha H, Takada H et al. New upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in Japanese participants in the 100-km ultramarathon. *J Am Coll Cardiol* 2003 ; 42 : 1617-23.
22. George KP, Warburton DE, Oxborough D et al. Upper limits of physiological cardiac adaptation in ultramarathon runners. *J Am Coll Cardiol* 2011 ; 57 : 754-5.
23. Pelliccia A, Culasso F, Di Paolo FM et al. Physiologic left ventricular cavity dilatation in elite athletes. *Ann Intern Med* 1999 ; 130 : 23-31.
24. La Gerche A, Heidbuchel H, Burns AT et al. Disproportionate Exercise Load and Remodeling of the Athlete's Right Ventricle. *Med Sci Sports Exerc* 2011 ; 43 : 974-81.
25. Serra-Grima R, Puig T, Donate M et al. Long-term follow-up of bradycardia in elite athletes. *Int J Sports Med* 2008 ; 29 : 934-7.
26. Doutreleau S, Pistea C, Lonsdorfer E et al. Exercise-induced second-degree atrioventricular block in endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2013.
27. Heidbuchel H, Anne W, Willems R et al. Endurance sports is a risk factor for atrial fibrillation after ablation for atrial flutter. *Int J Cardiol* 2006 ; 107 : 67-72.
28. Grimsmo J, Grundvold I, Maehlum S et al. High prevalence of atrial fibrillation in long-term endurance cross-country skiers: echocardiographic findings and possible predictors--a 28-30 years follow-up study. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2010 ; 17 : 100-5.
29. Mont L, Elosua R, Brugada J. Endurance sport practice as a risk factor for atrial fibrillation and atrial flutter. *Europace* 2009 ; 11 : 11-7.
30. Baldesberger S, Bauersfeld U, Candinas R et al. Sinus node disease and arrhythmias in the long-term follow-up of former professional cyclists. *Eur Heart J* 2008 ; 29 : 71-8.
31. Palatini P, Maraglino G, Sperti G et al. Prevalence and possible mechanisms of ventricular arrhythmias in athletes. *Am Heart J* 1985 ; 110 : 560-7.
32. Heidbuchel H, Hoogsteen J, Fagard R et al. High prevalence of right ventricular involvement in endurance athletes with ventricular arrhythmias. Role of an electrophysiologic study in risk stratification. *Eur Heart J* 2003 ; 24 : 1473-480.
33. Teske AJ, Prakken NH, De Boeck BW et al. Effect of long term and intensive endurance training in athletes on the age related decline in left and right ventricular diastolic function as assessed by Doppler echocardiography. *Am J Cardiol* 2009 ; 104 : 1145-51.

34. Scott JM, Esch BT, Haykowsky MJ et al. Sex differences in left ventricular function and beta-receptor responsiveness following prolonged strenuous exercise. *J Appl Physiol* 2007 ; 102 : 681-7.
35. Scott JM, Warburton DE. Mechanisms underpinning exercise-induced changes in left ventricular function. *Med Sci Sports Exerc* 2008 ; 40 : 1400-7.
36. Banks L, Sasson Z, Busato M et al. Impaired left and right ventricular function following prolonged exercise in young athletes: influence of exercise intensity and responses to dobutamine stress. *J Appl Physiol* 2010 ; 108 : 112-9.
37. Vitiello D, Boissiere J, Doucende G et al. Beta-Adrenergic receptors desensitization is not involved in exercise-induced cardiac fatigue: NADPH oxidase-induced oxidative stress as a new trigger. *J Appl Physiol* 2011 ; 111 : 1242-8.
38. Shave R, George KP, Atkinson G et al. Exercise-induced cardiac troponin T release: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 2007 ; 39 : 2099-106.
39. Middleton N, George K, Whyte G et al. Cardiac troponin T release is stimulated by endurance exercise in healthy humans. *J Am Coll Cardiol* 2008 ; 52 : 1813-4.
40. Chan-Dewar F, Oxborough D, Shave R et al. Evidence of increased electro-mechanical delay in the left and right ventricle after prolonged exercise. *Eur J Appl Physiol* 2010 ; 108 : 581-7.
41. Nottin S, Menetrier A, Rupp T et al. Role of left ventricular untwisting in diastolic dysfunction after long duration exercise. *Eur J Appl Physiol* 2012 ; 112 : 525-33.
42. Chan-Dewar F, Oxborough D, Shave R et al. Left ventricular myocardial strain and strain rates in sub-endocardial and sub-epicardial layers before and after a marathon. *Eur J Appl Physiol* 2010 ; 109 : 1191-6.
43. Kumar CT, Reddy VK, Prasad M et al. Dietary supplementation of vitamin E protects heart tissue from exercise-induced oxidant stress. *Mol Cell Biochem* 1992 ; 111 : 109-15.
44. Benito B, Gay-Jordi G, Serrano-Mollar A et al. Cardiac arrhythmogenic remodeling in a rat model of long-term intensive exercise training. *Circulation* 2011 ; 123 : 13-22.
45. Wilson M, O'Hanlon R, Prasad S et al. Myocardial fibrosis in a veteran endurance athlete. *BMJ Case Rep* 2009.
46. Whyte G, Sheppard M, George K et al. Post-mortem evidence of idiopathic left ventricular hypertrophy and idiopathic interstitial myocardial fibrosis: is exercise the cause ? *Br J Sports Med* 2008 ; 42 : 304-5.
47. Biffi A, Maron BJ, Culasso F et al. Patterns of ventricular tachyarrhythmias associated with training, deconditioning and retraining in elite athletes without cardiovascular abnormalities. *Am J Cardiol* 2011 ; 107 : 697-703.
48. Harper RW, Mottram PM. Exercise-induced right ventricular dysplasia/cardiomyopathy--an emerging condition distinct from arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy. *Heart Lung Circ* 2009 ; 18 : 233-5.
49. Breuckmann F, Mohlenkamp S, Nassenstein K et al. Myocardial late gadolinium enhancement: prevalence, pattern, and prognostic relevance in marathon runners. *Radiology* 2009 ; 251 : 50-7.
50. La Gerche A, Prior DL, Heidbuchel H. Strenuous endurance exercise: is more better for everyone? Our genes won't tell us. *Br J Sports Med* 2011 ; 45 : 162-4.
51. Teramoto M, Bungum TJ. Mortality and longevity of elite athletes. *J Sci Med Sport* 2010 ; 13 : 410-6.
52. Grimsmo J, Maehlum S, Moelstad P et al. Mortality and cardiovascular morbidity among long-term endurance male cross country skiers followed for 28-30 years. *Scand J Med Sci Sports* 2011 ; 21 : e351-8.
53. Dempsey JA, Romer L, Rodman J et al. Consequences of exercise-induced respiratory muscle work. *Respir Physiol Neurobiol* 2006 ; 151 : 242-50.
54. Oxborough D, Sharma S, Shave R et al. The Right Ventricle of the Endurance Athlete: The Relationship between Morphology and Deformation. *J Am Soc Echocardiogr* 2012 ; 25 : 263-71.

2

Les bâtons en trail

ça marche !

Guillaume Millet*

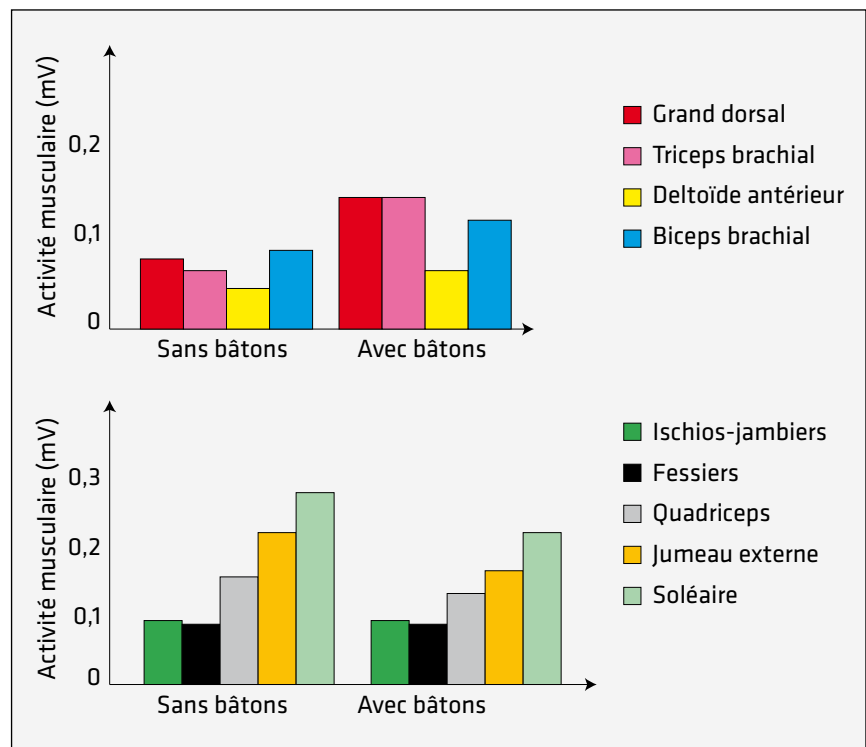
Les bâtons de marche sont de plus en plus utilisés en randonnée mais également en ultra-trail, essentiellement en montée et parfois aussi dans les descentes un peu techniques. Leurs bénéfices dans les descentes pentues ont été largement montrés (1, 2) : ils réduisent les contraintes articulaires au niveau des genoux et les forces exercées par les muscles des cuisses d'environ 20 %. Pour contrôler sa vitesse en descente, le coureur sollicite ses quadriceps très fortement en contraction excentrique¹. Ceci génère des micro-lésions des fibres musculaires qui induisent une réponse inflammatoire, des douleurs et des courbatures. Marcher avec des bâtons permet ainsi de diminuer les risques de dommages musculo-tendineux et ostéo-articulaires lors des efforts prolongés en marche et en course à pied. En outre, leur utilisation pertinente permet d'améliorer la stabilité et apporte des appuis plus sûrs, particulièrement dans des descentes techniques.

DES ÉTUDES ONT ÉTÉ MISES EN PLACE

Néanmoins, lors de la marche sur le plat ou en montée, même si les bâtons sont très souvent utilisés,

* Auteur d'« Ultra-trail. Plaisir, performance et santé ». Outdoor Editions, 2012.

1. Contraction excentrique : travail d'un muscle accompagné de son allongement au lieu du raccourcissement normal.



>>> Figure 1 - Effets de l'utilisation des bâtons sur la sollicitation de différents muscles des bras (en haut) et de jambes (en bas). L'économie musculaire sur le quadriceps et surtout les mollets (jumeau et soléaire) est évidente. Adapté de (7) (2008).

des résultats controversés quant à leur intérêt physiologique sont rapportés dans la littérature, liés à des conditions de pente, de vitesse et de poids différentes (3-6). Dans une étude de notre laboratoire (7), 12 sujets ont marché sur un tapis roulant en montée avec deux bâtons, à 3 km/h, avec une pente de 20 %. Ils utilisaient une technique de marche alternée, c'est-à-dire le planté d'un seul bâton à la fois simultanément à

la pose du pied opposé au sol. La consommation d'oxygène permettait de déterminer la dépense énergétique et l'enregistrement de l'activité électromyographique permettait de connaître le degré de sollicitation des muscles étudiés. Ceux-ci étaient au nombre de 9 (Fig. 1) :

- 5 pour les jambes : soléaire, jumeau externe (~ mollets), vaste externe (~ quadriceps), biceps fémoral (~ ischio-jambiers), grand

fessier ;

- 4 pour les bras : grand dorsal, biceps brachial, triceps brachial et deltoïde antérieur.

LES RÉSULTATS SONT SATISFAISANTS

Les résultats montrent qu'utiliser les bâtons multiplie en moyenne par deux l'activité des muscles des bras, tout en soulageant l'activité des muscles des jambes d'environ 15 %, et plus particulièrement celle des quadriceps et des mollets. Au global, cela ne cause pas de modification de la dépense énergétique globale (ce qui n'était toutefois pas le cas dans toutes les études). Ceci s'explique par le fait que les muscles des jambes prennent une part largement plus importante dans la dépense énergétique. Les bâtons permettent donc de réduire la fatigue des jambes, qui est un des principaux facteurs limitant la performance lors des efforts d'ultra-endurance. Cette étude apporte donc une preuve chiffrée que marcher avec des bâtons en technique alternée permet de redistribuer efficacement le travail musculaire des jambes vers les bras lors de montées raides. Et encore, les valeurs rapportées ici doivent être vues comme un minimum car, même si l'embout en caoutchouc placé sur les pointes des bâtons autorisait une bonne accroche sur le tapis roulant, celle-ci n'était sans doute pas aussi bonne qu'avec une vraie pointe sur un terrain souple. Plus important, les sujets testés dans cette étude n'avaient pas, dans l'ensemble, une technique optimale de marche. Or, s'il est bien une chose essentielle avant de décider si l'utilisation des bâtons est bonne pour vous ou non, c'est d'apprendre à s'en servir. En particulier, il faut prendre soin de quelques éléments :



>>> Figure 2 - Il est intéressant de s'habituer à varier la technique entre marche alternée (sur pente modérée, photo de gauche) et poussée simultanée (sur pente forte, photo de droite).

© Guillaume Millet

- **garder ses dragonnes** pour éviter de se crisper en maintenant le bâton dans la main (à condition de les enfile correctement, les dragonnes offrent un appui mécanique qui permet de presque complètement relâcher la main et les muscles de l'avant-bras pendant la poussée mais aussi au retour du bras vers l'avant, les dragonnes doivent être bien réglées c'est-à-dire ni trop lâches, ni trop serrées) ;
- **éviter les poignées qui enveloppent** toute la main car on enfile et on ôte les dragonnes un grand nombre de fois sur un ultra-trail ;
- **régler la hauteur** de telle sorte que votre coude soit environ à 90° ou un peu moins quand le bâton est vertical devant vous ;
- **s'entraîner** à marcher avec les bâtons que l'on utilisera en course pour que l'utilisation devienne automatique et les forces bien orientées mécaniquement ;
- **s'habituer à varier la technique** entre marche alternée (sur pente

modérée) et poussée simultanée (sur pente forte), comme illustré dans la **figure 2**.

(Ndlr : les vidéos explicatives sont disponibles dans le DVD qui accompagne l'ouvrage de l'auteur publié cette année et cité en fin d'article).

DISCUSSION

Globalement, l'utilisation des bâtons sera d'autant plus importante que votre gabarit est massif, que vous êtes loin dans les classements, que le terrain est peu technique et que la course est longue. Il est vrai que les 5 derniers vainqueurs (en fait seulement deux personnes : Kilian Jornet et Marco Olmo) de l'UTMB® version complète n'en n'utilisaient pas alors qu'ils sont tous les deux skieurs donc savent parfaitement s'en servir. Idem chez les dames avec Lizzy Hawker. Mais, comme pour la foulée, appliquer ce que fait l'élite sans y réfléchir à deux fois est suicidaire. Notons en outre

que beaucoup d'autres excellents traileurs (Julien Chorier, Dawa Sherpa..., souvent parmi les athlètes plus musculeux) en sont adeptes dès lors qu'ils participent à un ultra-trail. Le but est évident : s'économiser sur le plan musculaire au niveau des jambes tant il s'agit d'un déterminant essentiel de l'endurance en ultra-trail. Et tant pis si porter ces engins doit vous coûter quelques calories et quelques pulsations cardiaques en plus. La vie est une histoire de compromis, n'est-il pas ?

De façon amusante, on constate que si l'élite de l'ultra-trail a tendance à s'en passer, parfois, on a le phénomène inverse sur les trails plus

courts. Ainsi, Thierry Breuil et Eric Legat, deux ex-coureurs sur route de haut niveau désormais performants sur des trails plus courts (40-70 km) adoptent occasionnellement les bâtons en compétition. Pas tant dans le but de s'économiser sur le plan musculaire que de gagner de la puissance en ajoutant deux moteurs d'appoint. Au risque de me répéter, une chose est certaine : les bâtons ne peuvent être un atout qu'à condition de savoir s'en servir. Il faut du temps pour que leur utilisation devienne automatique et efficace et pour entraîner les muscles des bras et le muscle grand dorsal. Par ailleurs, les muscles des membres inférieurs et du dos ne fonctionnent pas

tout à fait de la même manière avec et sans bâtons et l'attitude générale est différente. Souvent, leurs détracteurs ne les utilisent pas correctement et, en particulier, ne savent ni se relâcher, ni orienter les forces. En acheter une paire la veille d'une course est contre-productif et n'a pour conséquence que d'alimenter le rang des détracteurs. Mais après tout, tant pis pour eux !

Guillaume Millet : "Ultra-trail. Plaisir, performance et santé". Outdoor éditions 2012.

POUR EN SAVOIR PLUS

1. Bohne M, Abendroth-Smith J. Effects of hiking downhill using trekking poles while carrying external loads. *Med Sci Sports Exerc* 2007 ; 39 : 177-83.
2. Schwameder H, Roithner R, Muller E et al. Knee joint forces during downhill walking with hiking poles. *J Sports Sci* 1999 ; 17 : 969-78.
3. Jacobson BH, Wright T, Dugan B. Load carriage energy expenditure with and without hiking poles during inclined walking. *Int J Sports Med* 2000 ; 21 : 356-9.
4. Knight CA, Caldwell GE. Muscular and metabolic costs of uphill backpacking: are hiking poles beneficial? *Med Sci Sports Exerc*

2000 ; 32 : 2093-101.

5. Porcari JP, Hendrickson TL, Walter Pr et al. The physiological responses to walking with and without Power Poles on treadmill exercise. *Res Q Exerc Sport* 1997 ; 68 : 161-6.
6. Rodgers CD, VanHeest JL, Schachter CL. Energy expenditure during submaximal walking with Exerstriders. *Med Sci Sports Exerc* 1995 ; 27 : 607-11.
7. Foissac MJ, Berthollet R, Seux J et al. Effects of hiking pole inertia on energy and muscular costs during uphill walking. *Med Sci Sports Exerc* 2008 ; 40 : 1117-25.

3 Ce que doit savoir le cardiologue sur l'ultra-endurance

Dr Jean-Michel Guy*

1. LEXIQUE DES COURSES

« Bonjour docteur, je vais faire, fin août, l'UTMB » (ultra-trail du Mont-Blanc, avec 166 km de course et 9 500 m de dénivelé), la *diagonale des fous* (Grand Raid de la Réunion avec 162 km de course et 9 500 m de dénivelé), la *fortiche*, la *montagn'hard*, la 6 666 occitane...

2. DISTANCE ET DÉNIVELÉ

Classiquement, on assimile 1000 m de dénivelé positif à 10 km en terrain plat, donc une course de 120 km avec 3 000 m de dénivelé vaut 150 km si elle était courue à plat... et c'est sans compter le dénivelé négatif fortement consommateur de fibres musculaires et de temps parfois (1) !

3. RÉSULTATS, TEST D'ÉVALUATION ET PERFORMANCE EN ULTRA-TRAIL

« Docteur, avec le VO_2 que vous m'avez trouvée, ça va bien se passer sur la course de 110 km ce week-end ? ». Le déterminant principal de la performance en ultra-trail reste le niveau du VO_2 mais, pour la plupart des arrivants, l'épreuve se transforme rapidement en une ultra-randonnée plutôt qu'en une véritable course. La diminution de la vitesse se traduit par une baisse de la fréquence cardiaque et d'une intensité d'effort faible expliquant que le niveau de VO_2 ait moins d'importance (2) ! Savez-vous que la vitesse moyenne de 60 % des *finishers* de l'UTMB est de 4 km/h alors que, pour le Marathon de Paris, on est proche des 10 km/h. Et pourtant, le taux d'abandon au marathon est souvent à moins de 2 % contre 30 à 55 % parfois en ultra-trail ! Donc, même pour les sportifs chez qui vous trouverez un VO_2 supérieur à 60 ml/kg/mn, vous ne pourrez pas faire de pronostic sur le résultat final tant d'autres éléments sont nécessaires pour l'ultra-endurance.

4. LES ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS

Ils se retrouvent dans un coût énergétique plus faible lors d'efforts alternant la course lente et la marche en montée, l'aptitude musculaire en descente, la capacité à s'alimenter et à s'hydrater longtemps sans troubles digestifs, l'adaptation à l'environnement (altitude, froid, chaud, sommeil), la résistance à la douleur et, bien sûr, une préparation mentale spécifique où la motivation reste le moteur du coureur (3). Ce sont ces éléments qui permettront au sujet "plus modeste en terme de capacité VO_2 " de trouver la ressource pour terminer l'épreuve devant son collègue au VO_2 supérieur.

5. ACCIDENTS EN COURSE D'ULTRA-ENDURANCE

Ce long effort a des répercussions majeures sur l'organisme, entraînant un syndrome inflammatoire réactionnel faisant le lit de complications graves mais heureusement rares (0,2 à 0,4 % des sportifs nécessitent une prise en charge médicale). En dehors de causes orthopédiques (40 %), 25 % des abandons sont liés à des problèmes digestifs et 25 % à des causes métaboliques diverses dont la déshydratation, l'hypothermie, l'hypoglycémie... (4) Certes, les accidents cardiovasculaires sont rares (**voir article 1 du dossier**), mais le danger serait de banaliser ces épreuves extrêmes en pensant qu'elles sont à la portée de tous ! Le bilan reste primordial, adapté au profil de risque du patient, à la recherche des "cardiaques" qui s'ignorent.

6. AGE ET ULTRA-ENDURANCE

« J'ai 50 ans. Vous pensez que c'est raisonnable, Docteur ? » Quand on se fie aux classements des courses d'ultra-endurance, on voit qu'il est possible de gagner ce type de course entre 20 et 60 ans et que les meilleurs vétérans sont souvent aux premières places. Depuis ces dernières années, bien que des sportifs plus jeunes (20 à 25 ans) montrent de façon logique leur aptitude

* Saint-Priest-En-Jarez

supérieure sur ce type d'épreuve, on est obligé de reconnaître que la masse des coureurs se situe vers un âge moyen de 40-45 ans. Et cette moyenne se déplace chaque année vers des valeurs plus hautes ! On peut trouver quelques explications à la participation de plus en plus importante des "seniors" (4) : non seulement la longueur de l'effort, mais aussi parfois l'incompréhension et l'inutilité d'un tel inconfort, voire de souffrance et donc, au final, une ambiance de course plus proche de l'esprit "quadra ou quinqu" que de celui d'un jeune coureur très performant.

7. CHAUSSETTES DE CONTENTION

Même si les résultats d'études sont parfois contradictoires, et au-delà d'un phénomène de mode, beaucoup de coureurs apprécient le port des chaussettes de contention en course. Leur rôle est de diminuer la stase veineuse dans un mollet très sollicité et également de limiter les mouvements musculaires. A ce titre, si leur tolérance est bonne (après essai à l'entraînement), on peut y trouver une nette amélioration en terme de vibrations musculaires et, au final, moins de courbatures ou même de blessures musculaires.

8. CARDIOFRÉQUENCEMÈTRE

Encore un outil controversé tellement les habitudes de chacun sont différentes. Dans le cadre de l'ultra-endurance (5), un cardiofréquencemètre pourra être utile aux coureurs débutants pour ne pas partir en sur-régime et hypothéquer la capacité de terminer l'épreuve tant convoitée. Il sera plus utile à l'élite dans un schéma tactique de course et une connaissance exacte des valeurs de la fréquence cardiaque dans certaines configurations de course et de dénivelé. Il est souvent utilisé plutôt pour sa fonction GPS associée...

9. RECOMMANDATIONS

La pratique de l'ultra-endurance peut donner à votre patient un sentiment d'invincibilité et lui laisser penser que, puisqu'il a terminé une telle course, il est "maintenant" à l'abri de tout accident ! L'application des règles d'or du Club des Cardiologues du Sport est toujours de mise (6) : le signalement de symptômes inhabituels et la consultation restent les garants d'un bon dépistage et la meilleure façon d'éviter des accidents graves.

En somme, la pratique de l'ultra-endurance augmente en même temps que la difficulté des courses ! Ce type d'épreuve, en sollicitant le système cardiovasculaire longtemps et parfois dans des conditions très difficiles, peut représenter une situation à risque. Une préparation adaptée et un objectif raisonnable permettent souvent d'atteindre la ligne d'arrivée. Ces deux critères sont souvent issus du bilan médical et des conseils prodigués.

BIBLIOGRAPHIE

1. Millet G. Ultra-trail. Plaisir, Performance et Santé. Outdoor-éditions 2012.
2. Noakes TD, Myburgh KH et Schall R. Peak treadmill running velocity during the VO₂ max test predicts performance. *J Sports Sci* 1990 ; 8 : 35-45.
3. Morin JB, Samozino P et Millet GY. Changes in running kinematics, kinetics, and spring-mass behavior over a 24-h run. *Med Sci Sports Exerc* 2011 ; 43 : 829-36
4. Krabak BJ, Waite B et Schiff MA. Study of injury and illness rates in multiday ultramarathon runners. *Med Sci Sports Exerc* 2011 ; 43 : 2314-20.
5. Quinn TJ et al. Aging and factors related to running economy. *J Strength Cond Res* 2011 ; 25 : 2971-9.
6. www.clubcardiosport.com