

Les adaptations cardiorespiratoires à l'exercice musculaire chez le sujet de plus de 60 ans

RÉSUMÉ : L'exercice physique déséquilibre toujours l'organisme qui doit s'adapter. Le vieillissement altère ses capacités physiologiques d'adaptation, en particulier cardiorespiratoires. Peu ressenties au repos, ces altérations limitent nettement les performances à l'effort et donc sportives.

Au niveau pulmonaire, les volumes et les débits maximaux sont diminués et le travail mécanique ventilatoire est augmenté. Au niveau cardiovasculaire, les baisses de la fréquence cardiaque et du volume d'éjection maximal expliquent celle du débit cardiaque. Les résistances vasculaires périphériques et pulmonaires diminuent moins, entraînant une réponse tensionnelle plus importante. Les altérations musculaires squelettiques avec une sarcopénie anatomique et fonctionnelle et une vascularisation raréfiée ont aussi un rôle important. Ainsi, inexorablement, la consommation maximale d'oxygène, bon marqueur de la capacité physique aérobie diminue avec l'âge.

Ces observations ne doivent pas interdire la pratique du sport adapté. En effet, l'entraînement physique individuel régulier améliore toujours ces adaptations. Il doit donc toujours être encouragé.



→ **F. CARRE**

Explorations Fonctionnelles-Unité
Biologie et Médecine du Sport,
Hôpital Pontchaillou-Université,
RENNES.
Club des Cardiologues du Sport.

L'exercice musculaire perturbe l'homéostasie d'un organisme. Il représente donc toujours une contrainte, d'importance variable selon le type, l'intensité, la durée de l'effort, mais aussi selon les caractéristiques du pratiquant, niveau d'entraînement, pathologies intercurrentes et âge.

Le vieillissement est un phénomène multifactoriel [1]. Il est classique de distinguer le vieillissement primaire qui est physiologique et est lié pour une part au moins aux lésions causées par le stress oxydatif. Se surajoute le vieillissement secondaire dû aux pathologies associées et au mode de vie dans lequel l'inactivité physique occupe une place de plus en plus importante au fur et à mesure de l'avancée en âge. Par comparaison avec un organisme jeune, celui d'un sujet âgé n'est donc plus "normal".

Ses adaptations, en particulier cardiorespiratoires, à l'exercice seront donc spécifiques [1].

Quand est-on âgé pour le sport ?

Dans le domaine de l'activité sportive qui nous intéresse ici, la plupart des fédérations considère comme vétérans les pratiquants, hommes ou femmes, au-delà de 40 ans, parfois même au-delà de 35 ans. L'évolution des performances en fonction des catégories d'âges montre que ce choix n'est pas totalement arbitraire.

En effet, le niveau des performances diminue significativement et rapidement entre 40 et 50 ans (**fig. 1**). Cette baisse des performances est en partie due à une diminution de la quantité de l'entraînement, souvent

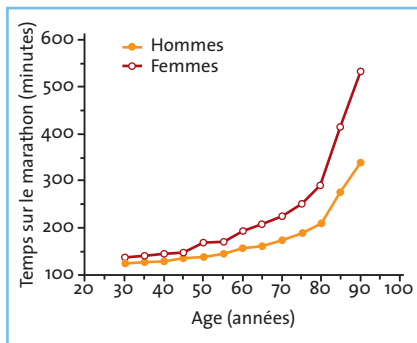


FIG. 1: Evolution des performances sur le marathon en fonction de l'âge. D'après [7].

liée à des limites ostéo-articulaires, mais aussi à une baisse des qualités aérobies, que ce soit la consommation maximale d'oxygène ou l'endurance [2].

Sur le plan physiologique, nous verrons qu'en comparaison avec le sujet jeune, une altération significative des adaptations cardiorespiratoires à l'exercice est observée au-delà de cette tranche d'âge [2, 3]. Le vétéran doit donc prendre conscience et accepter que malgré tous ses efforts, il ne pourra plus rééditer ses performances de 20 ans.

Quel type d'exercice musculaire ?

L'énergie libérée pour la contraction musculaire, quel que soit son type, provient de l'hydrolyse de l'ATP. Les réserves d'ATP étant faibles, un apport permanent est nécessaire. Il provient de deux métabolismes : aérobie qui utilise l'oxygène comme carburant et les glucides et lipides comme carburants, et anaérobie ne nécessitant pas d'oxygène et qui utilise les glucides. Le métabolisme aérobie est quasi inépuisable à faible intensité, mais il fournit peu d'énergie. La capacité, ou endurance, de ce système peut être évaluée par le seuil ventilatoire ou d'essoufflement. Plus

il est tardif, meilleure est l'endurance du sujet. La puissance maximale du système aérobie est estimée par la consommation maximale d'oxygène (VO_2 max). Le métabolisme anaérobie fournit beaucoup d'énergie, mais est rapidement épuisable.

La classification en exercice dynamique et statique est un peu schématique, mais elle permet de décrire simplement les adaptations qu'elles entraînent [4] :

- L'activité dynamique se caractérise par une modification de longueur des muscles, une tension intramusculaire modérée, une activité articulaire et une ventilation libre. A faible intensité, le métabolisme aérobie est prépondérant et, au-delà du seuil d'essoufflement, la part du métabolisme anaérobie augmente proportionnellement à l'intensité de l'effort. Son intensité s'exprime en pourcentage du VO_2 max. En dessous du VO_2 max, l'exercice est sous-maximal ; à VO_2 max l'exercice est maximal ; et au-dessus de VO_2 max, il est supramaximal.

- Les exercices statiques sollicitent presque exclusivement le métabolisme anaérobie et sont caractérisés par une absence de modification de longueur des muscles, une importante tension intramusculaire, l'absence de mouvement articulaire. Un blocage respiratoire avec expiration à glotte fermée (manœuvre de Valsalva) y est souvent associé. Son intensité s'exprime en pourcentage de la force maximale volontaire (FMV) qui est la charge maximale qu'un groupe musculaire peut soulever une seule fois. Contrairement à une idée reçue, la musculation n'est pas un exercice statique. Elle mélange activité dynamique avec mouvement articulaire et statique avec lutte contre une résistance fixe individuellement modulable. Bien réalisée, techniquement et

avec 40-60 % de la FMV, elle ne doit pas faire "peur" au praticien qui ne doit pas l'interdire systématiquement aux patients ni aux sujets âgés.

La plupart des activités et en particulier sportives sont mixtes, avec des parts dynamique et statique variables. Une classification des sports a ainsi été proposée selon les contraintes cardiovasculaires qu'elles imposent [4] (**tableau 1**). Rappelons qu'elle a été proposée dans le cadre de sports réalisés en compétition, avec les contraintes spécifiques que cette pratique impose. La notion de compétition, quel que soit son niveau, majore toujours les contraintes cardiovasculaires et au moins la fréquence cardiaque. C'est plus net dans les sports de balle, de ballon, avec décompte de points et/ou de temps et confrontation individuelle directe. D'utilisation facile, cette classification est très utile, mais comme souvent, elle présente des limites. Citons : le sport utilisé pour l'entraînement, les contraintes de l'environnement ainsi que le niveau technique, le profil psychologique et l'âge du pratiquant.

Adaptations cardiorespiratoires à l'exercice chez le sédentaire âgé

Lors des épreuves d'efforts avec analyses des échanges gazeux, le paramètre le plus utilisé est la VO_2 max. Elle atteint son "apogée" entre 20 et 30 ans, puis diminue inexorablement au-delà en moyenne de 0,5-1 mL/mn/kg/an (**fig. 2**). La même évolution, avec peut-être une pente un peu différente, s'observe chez les sujets entraînés [2].

La consommation maximale d'oxygène dépend d'un facteur central, le débit cardiaque (DC), et d'un facteur périphérique, la différence artérioveneuse en oxygène ($D(A-V)O_2$)

LE DOSSIER

Sport après 60 ans

Dynamique / Statique	A Faible ($< 40\%$ VO_2 max.)	B Moyenne ($40-70\%$ VO_2 max.)	C Forte ($> 70\%$ VO_2 max.)
I Faible ($< 20\%$ FMV)	Billard, bowling Cricket, tir arme à feu Golf, jeu de boules	Baseball, volleyball Escrime Tennis de table Tennis (double)	Football, ski de fond (classique), Course longue distance, Course orientation, marche athlétique, tennis (simple), badminton, squash
II Moyenne ($20-50\%$ FMV)	Tir à l'arc <i>Plongée SM</i> <i>Auto, Motocyclisme</i> <i>Equitation</i>	Sprint, sauts (athlétisme) <u>Patinage artistique</u> Football américain, rugby <i>Surf</i> <i>Natation synchronisée</i>	Basket-ball, handball <u>Hockey sur glace</u> <u>Ski de fond (skating)</u> Course à pied moyenne distance, <i>Natation</i>
III Forte ($> 50\%$ FMV)	Lancers, <i>Haltérophilie</i> <i>Gymnastique</i> , <u>Sports de combat</u> , <i>Luge, Escalade</i> , <i>Voile, Planche à voile</i> , <i>Ski nautique</i> , Saut à skis	Lutte, Body-building <i>Ski alpin, Ski acrobatique</i> <u>Surf des neiges, Skateboard</u>	Canoé-Kayak, Aviron <u>Boxe, Décathlon</u> <u>Cyclisme, Triathlon</u> <u>Patinage de vitesse</u>

TABLEAU 1 : Classification des sports en fonction de leurs contraintes dynamiques et statiques dans le cadre de la compétition. VO_2 max = consommation maximale d'oxygène ; FMV = force maximale volontaire. Les sports à risque en cas de syncope sont en italique et ceux à risque de collision sont soulignés. Modifié d'après [4].

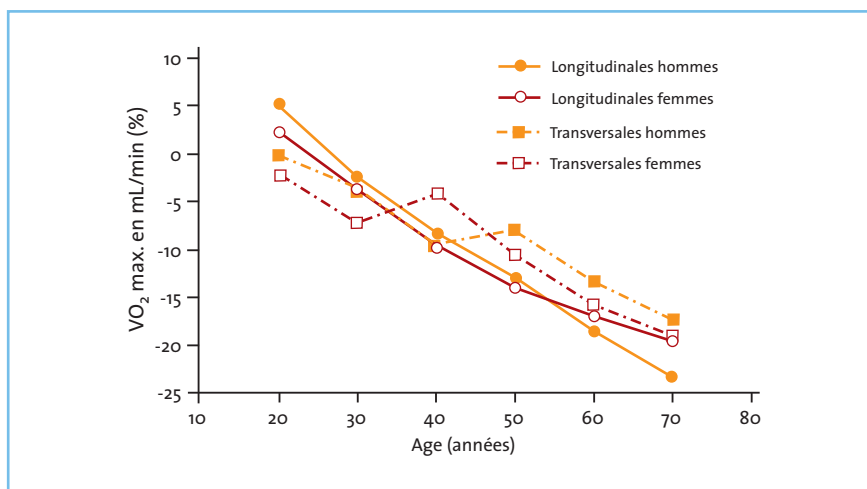


FIG. 2 : Baisse de la consommation maximale d'oxygène (VO_2 max) en fonction de l'âge. D'après [2].

selon la formule $VO_2 = DC \times D$ (A-V) O_2 . La baisse du VO_2 max liée à l'âge est d'origine mixte, centrale et périphérique [3]. Le débit cardiaque maximal est diminué à part égale par la baisse de la fréquence cardiaque maximale et la diminution du volume d'éjection systolique maximal. Au niveau périphérique, la différence artério-veineuse est diminuée par une altération de la fonction vasculaire associée le plus

souvent à des anomalies de la fonction oxydative musculaire.

Il faut rappeler que le système cardiovasculaire du sujet âgé cliniquement sain n'est plus "normal". En effet, des anomalies myocardiques et vasculaires sont décrites (fig. 3). Des adaptations permettent cependant de maintenir un débit cardiaque de repos adapté. Par rapport à un sujet jeune sédentaire, lors d'un exercice progres-

sivement croissant dynamique d'intensité maximale, le sujet âgé accélère moins vite sa fréquence cardiaque, le volume d'éjection systolique est légèrement diminué et le débit cardiaque maximal est nettement abaissé (fig. 4).

La baisse linéaire de la fréquence cardiaque maximale avec l'âge est indéniable ; sa pente de décroissance est cependant plus discutée et de nombreuses formules ont été proposées. Cela prouve qu'aucune n'est bonne ! La plus utilisée, car la plus pratique, reste : fréquence cardiaque maximale = $220 - \text{âge} \pm 15$ bpm. En moyenne, la fréquence cardiaque maximale baisse de 5 % par décennie. Cette évolution est multifactorielle. Les facteurs principaux sont une diminution de la fréquence cardiaque intrinsèque et une diminution de la réponse du nœud sino-atrial aux stimulations du système nerveux autonome et en particulier du système sympathique. Outre cette diminution de la fréquence cardiaque maximale, il faut noter que la prévalence des troubles du rythme ventriculaires et supra-ventriculaires à l'exercice augmente avec l'âge et de façon plus nette chez les hommes. La prévalence des fibrilla-

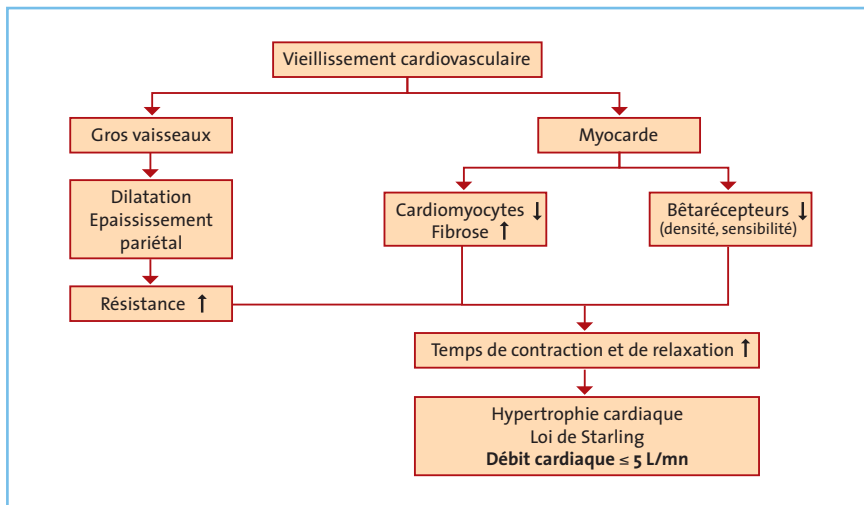


FIG. 3 : Le système cardiovasculaire du sujet âgé sain au repos.

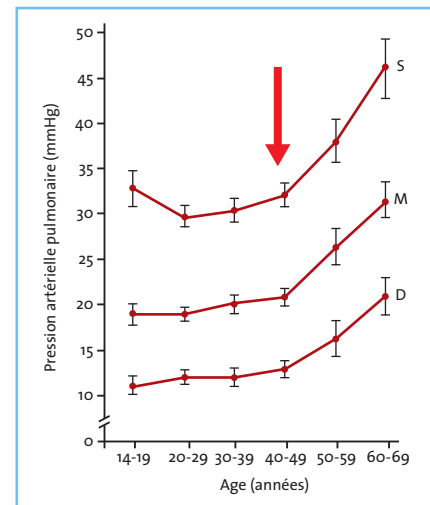


FIG. 5 : Comparaison des composantes systolique (S), moyenne (M) et diastolique (D) de la pression artérielle pulmonaire maximale mesurée par cathétérisme lors d'un exercice de pédalage en position allongée chez des hommes sains d'âge différents. D'après Ersham, 1983.

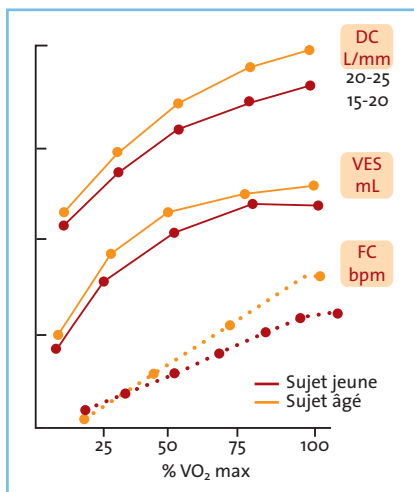


FIG. 4 : Comparaisons des adaptations myocardiennes lors d'un exercice dynamique croissant et maximal chez des sujets sédentaires sains jeune et âgé.

tions atriales, tout en restant faible, est majorée chez les vétérans entraînés en endurance par rapport aux sédentaires de même âge.

La diminution du volume d'éjection systolique maximale avec l'âge est de type exponentiel. Elle est aussi multifactorielle [4, 5]. Elle est liée à une baisse de la précharge secondaire à un trouble de remplissage, à une augmen-

tation de la post-charge secondaire à l'élévation de l'impédance des gros vaisseaux et en particulier de l'aorte, et enfin à une diminution de la contractilité avec baisse de la réserve inotrope.

Au niveau vasculaire, la baisse des résistances classiquement observée à l'effort est moins marquée chez les sujets âgés [5]. Cela peut expliquer l'élévation des chiffres tensionnels à l'exercice sous-maximal et maximal chez les sujets âgés comparés à des sujets plus jeunes. Cette hypertension relative est surtout systolique lors de l'exercice dynamique, et systolique et diastolique lors d'un exercice statique. Il faut noter que lors des exercices mixtes, comme le cyclisme en côte, la part statique ("grip" sur le guidon) de l'effort majeure nettement les chiffres tensionnels. Cette contrainte associée à la tachycardie augmente donc nettement la consommation myocardique en oxygène.

Au niveau des résistances pulmonaires, une augmentation nette des pressions artérielles maximales et du gradient de pression artère pulmonaire-oreillette gauche a été décrite après 50 ans (fig. 5). Cette évolution

étant en partie due à la raréfaction de la vascularisation pulmonaire décrite avec le vieillissement.

Les modifications du système respiratoire liées à l'âge limitent aussi les adaptations à l'effort. Ainsi, malgré une stabilité de la capacité pulmonaire, une diminution des volumes, des débits maximaux et une augmentation du travail mécanique ventilatoire en grande partie due à une altération de l'élasticité thoracopulmonaire sont décrites avec le vieillissement. Une diminution de la capacité de diffusion et de la force des muscles respiratoires aggrave cette limite.

Au niveau musculaire, une sarcopénie anatomique et fonctionnelle avec diminution de la force musculaire d'environ 15 % par décennie est aussi décrite. Sur le plan vasculaire, à la moindre capacité de vasodilatation déjà décrite se surajoute une diminution de la capillarisation musculaire. Au total, la différence artério-veineuse maximale à l'effort est dimi-

LE DOSSIER

Sport après 60 ans

nuée de 20 à 25 % chez le sujet âgé par rapport au sujet jeune.

Adaptations cardiorespiratoires à l'exercice chez le sujet âgé entraîné

Un organisme âgé répond à un entraînement suffisamment intense de façon quasi similaire à celle d'un organisme jeune. Ainsi, l'augmentation de la VO_2 max est observée à tout âge après entraînement [3].

Cette amélioration semble surtout due à une amélioration de la différence artério-veineuse en oxygène [7]. Les bénéfices quantitatifs et qualitatifs au niveau musculaire périphérique sont importants. Sont décrits une augmentation de la masse musculaire et du pourcentage de fibres aérobies ainsi qu'une augmentation de la capillarisation avec amélioration des capacités de vasodilatation endothélio- et non endothélio-dépendantes. Ces adaptations conduisent à une baisse de la post-charge. Une augmentation de la compliance veineuse favorisant une amélioration de la précharge est aussi décrite.

Au niveau myocardique, après entraînement, une augmentation du rapport des ondes E/A du remplissage mitral est décrite chez le sujet âgé comme chez le sujet jeune [8].

Cependant, cette évolution chez le sujet jeune est due à une augmentation essentiellement de l'onde E alors que chez le sujet âgé, elle dépend surtout d'une baisse de l'onde A, cela pouvant être essentiellement dû au ralentissement de la fréquence cardiaque de repos en partie par modification des réponses du nœud sino-atrial aux effets de la balance autonome.

Les nombreux autres effets bénéfiques de l'entraînement seront abordés dans un autre chapitre de ce dossier.

Conclusion

Le système cardiovasculaire n'échappe pas aux effets physiologiques délétères du vieillissement. La sédentarité souvent associée à l'avancée en âge majore ces altérations qui s'observent surtout après 50 ans. Sans retentissement au repos, elles sont des facteurs limitants importants lors d'un exercice intense. La participation périphérique à la limitation à l'effort est aussi importante. Heureusement, dans tous les cas, la réalisation d'une activité physique suffisante et adaptée améliore les fonctions cardiovasculaires de repos et les adaptations périphériques durant l'exercice. Ces données confirment l'intérêt de la pratique d'une activité physique régulière chez toutes les personnes avançant en âge.

Bibliographie

1. TANAKA H, DINENNO FA, MONAHAN KD *et al.* Aging, habitual exercise, and dynamic arterial compliance. *Circulation*, 2000; 102: 1270-5.
2. FLEG JL, MORRELL CH, BOS AG *et al.* Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults. *Circulation*, 2005; 112: 674-82.
3. MCGUIRE DK, LEVINE BD, WILLIAMSON JW *et al.* A 30-year follow-up of the Dallas Bedrest and Training Study. I. Effect of age on the cardiovascular response to exercise. *Circulation*, 2001; 104: 1350-7.
4. MITCHELL JH, HASKELL W, SNELL P, VAN CAMP SP. Task Force 8: Classification of Sports. *J Am Coll Cardiol*, 2005; 45: 1364-7.
5. ARBAB-ZADEH A, DIJK E, PRASAD A *et al.* Effect of aging and physical activity on left ventricular compliance. *Circulation*, 2004; 110: 1799-805.
6. MAZZARO L, ALMASI SJ, SHANDAS R *et al.* Aortic input impedance increases with age in healthy men and women. *Hypertension*, 2005; 45: 1101-6.
7. TANAKA H, SEALS DR *et al.* Endurance exercise performance in Masters athletes: age-associated changes and underlying physiological mechanisms. *J Physiol*, 2008; 586: 55-63.
8. GIADA F, BERTAGLIA E, DE PICCOLI B *et al.* Cardiovascular adaptations to endurance training and detraining in young and older athletes. *Int J Cardiol*, 1998; 65: 149-55.

L'auteur a déclaré ne pas avoir de conflit d'intérêt concernant les données publiées dans cet article.