

Médecine préventive chez les personnes âgées

Les effets préventifs de l'activité physique chez les personnes âgées

H. Blain, A. Vuillemin, A. Blain, C. Jeandel

L'ESSENTIEL

■ **Activité physique et vieillissement** : L'activité physique prévient un certain nombre de processus délétères liés au vieillissement. L'activité physique réduit le déclin lié à l'avancée en âge de l'aptitude physique qui reste limitée par la réduction de la fréquence cardiaque maximale, et réduit l'incidence des pathologies vasculaires en prévenant et en réduisant l'effet des facteurs de risque vasculaire. L'activité physique réduit en outre la perte osseuse liée à l'âge, son effet étant potentialisé par le traitement hormonal substitutif de la ménopause, et elle améliore la fonction d'équilibration, réduisant ainsi l'incidence des chutes et fractures chez le sujet âgé. L'activité physique participe au maintien de l'équilibre nutritionnel et à la préservation du rapport masse maigre /masse grasse et réduit l'insulinorésistance accompagnant l'avancée en âge. L'activité physique a de plus une influence bénéfique sur la fonction psychologique en améliorant les capacités cognitives et en réduisant l'incidence de la dépression chez le sujet âgé. Enfin, l'activité physique semble réduire l'incidence de certains cancers, colique et mammaire en particulier.

■ **Activité physique, quantité et qualité de vie** : Ces actions multiples expliquent que l'activité physique, quand elle est adaptée aux spécificités

physiologiques du sujet âgé, augmente la longévité, retarde la dépendance et améliore la qualité de vie aux âges tardifs.

■ **Quelles activités recommander** : il existe à l'évidence une supériorité des programmes personnalisés privilégiant l'échauffement et l'association d'exercices d'endurance et contre résistance, permettant une amélioration combinée des fonctions cardio-vasculaire et musculaire.

■ **Intérêts spécifiques de l'activité physique chez les sujets âgés fragiles** : De par son action bénéfique sur la capacité aérobie, la fonction musculaire, l'intégration sociale, la cognition et l'autonomie, l'activité physique pourrait avoir un intérêt tout particulier chez les sujets âgés fragiles, à condition que les programmes soient adaptés à leurs capacités physiologiques et qu'ils s'associent à une supplémentation nutritionnelle.

Presse Med 2000 ; 29:1240-8 © 2000, Masson, Paris

Les programmes de prévention dans le domaine de la Gériatrie ont pour objectif principal d'accroître l'espérance de vie sans incapacité. Dans cette optique, l'activité physique représente l'un des champs d'investigation les plus intéressants car sa pratique régulière permet d'une part de retarder (prévention primaire) ou de ralentir (prévention secondaire) certains processus délétères liés au vieillissement mais aussi d'améliorer la qualité de vie des sujets âgés et de retarder l'entrée dans la dépendance.

L'activité physique réduit le déclin de l'aptitude physique lié à l'avancée en âge

Aptitudes physiques et vieillissement

L'avancée en âge s'accompagne d'une détérioration de l'aptitude à l'exercice de

longue durée (filière aérobie) et de l'aptitude à l'exercice court et rapide (filière anaérobie). C'est ainsi qu'à partir de 20-30 ans, on note une réduction de 1 % par an de la consommation maximale d'oxygène (débit d'oxygène consommé par minute par l'organisme lors d'un exercice) par kilogramme de poids corporel, qui est un estimateur global de l'aptitude cardio-circulatoire [1]. Les seuils dits « anaérobie » lactique ou ventilatoire, qui indiquent à quel moment de l'exercice la voie métabolique anaérobie (production d'acide lactique qui induit une augmentation de la ventilation) vient compléter la voie aérobie et reflètent la fonction aérobie musculaire, diminuent également avec l'avancée en âge, mais moins rapidement que la consommation maximale d'oxygène, suggérant que si les capacités d'exercice maximal diminuent rapidement avec l'âge, les possibilités d'exercice sous-maximal proche des acti-

vités de la vie quotidienne sont plus longtemps conservées [2].

Effet de l'activité physique sur la réduction des aptitudes physiques liées au vieillissement

La baisse de la consommation maximale d'oxygène est évaluée à environ 10 % par décennie. Toutefois, des études ont montré que ce déclin progressif et régulier peut être minimisé par l'entraînement. Une étude a

Service de Gériatrie clinique (HB, AB, CJ), Centre de Prévention et de Traitement des Maladies du Vieillessement, CHU de Montpellier.
UPRES EA 1124 (AV), Ecole de Santé Publique, Université Henri Poincaré, Nancy.
Faculté du Sport (AV), Université Henri Poincaré, Nancy.
Correspondance : H. Blain, Service de Gériatrie clinique, Centre de Prévention et de Traitement des Maladies du Vieillessement, CHU de Montpellier, 39 avenue Charles Flahault, F 34295 Montpellier Cedex 5.
Reçu le 29 octobre 1999 ; accepté le 13 avril 2000.

comparé la consommation maximale d'oxygène d'athlètes de compétition âgés de 60 ans en moyenne à celle d'un groupe d'athlètes de compétition plus jeunes d'âge moyen 22 ans [3]. Ces sujets étaient apparés sur la quantité d'entraînement (96 km de course à pied par semaine), l'intensité de l'entraînement et les meilleurs performances réalisées à des compétitions similaires au même âge. La consommation maximale d'oxygène des athlètes âgés n'était que de 15 % inférieure à celle des athlètes plus jeunes alors que 40 ans les séparaient, suggérant qu'une baisse de 4 % par décennie pourrait représenter l'effet propre du vieillissement. Une étude similaire sur le plan méthodologique portant sur des athlètes jeunes (âge moyen : 25 ans) et âgés (âge moyen : 56 ans) spécialistes du 10 km, a également démontré une baisse de la consommation maximale d'oxygène de 9 % à 30 ans d'écart, soit 3 % par décennie [4].

Plusieurs études ont confirmé ces résultats en montrant qu'un entraînement, à raison de 3 séances hebdomadaires d'au moins 20 minutes à un niveau d'intensité d'au moins 40 % de la consommation maximale d'oxygène, induit un gain de consommation maximale d'oxygène allant de 8 à 40 %, les résultats étant d'autant plus marqués que les sujets sont âgés et présentent une consommation maximale d'oxygène basse avant l'entraînement [5, 6]. De nombreuses études ont aussi montré que la vitesse d'adaptation de l'organisme à un effort, même d'intensité élevée, est semblable chez le sujet de plus de 65 ans à celle des sujets plus jeunes, l'essentiel du gain en consommation maximale d'oxygène étant obtenu en 3 mois chez le sujet âgé [7]. La durée des bénéfices obtenus sur l'adaptation à l'effort des sujets âgés semble décroître rapidement au décours d'un programme d'entraînement d'une année, pour s'annihiler en 4 ans environ. La poursuite au long cours de l'activité pour en conserver les bénéfices est donc nécessaire. En effet, une réduction de l'aptitude cardio-circulatoire des anciens athlètes (qui rejoint voire se retrouve inférieure à celle d'une population standard) est observée si l'activité physique n'est pas poursuivie [8].

Mécanismes d'action de l'activité physique sur l'aptitude physique

La consommation maximale d'oxygène, qui est un reflet global de l'aptitude cardio-circulatoire, mesure le fonctionnement de tous les chaînons conduisant l'oxygène de la bouche à la mitochondrie. L'entraînement réduit le déclin de consommation maximale d'oxygène induit par le vieillissement en agissant sur presque tous ces chaînons.

L'entraînement adapté prévient presque totalement le *vieillesse de l'appareil respiratoire* en réduisant considérablement l'altération des fibres élastiques pulmonaires et la rigidité du système vasculaire pulmonaire, au point que les sujets âgés entraînés sont capables de développer des capacités ventilatoires extrêmement importantes à l'exercice [9].

Le vieillissement du système cardio-vasculaire qui se caractérise par une altération de la fonction diastolique cardiaque et par une baisse du débit cardiaque maximal due à une diminution de la fréquence cardiaque maximale et à une baisse de la compliance artérielle (la fonction systolique n'est que peu altérée par l'avancée en âge) contribue à la dégradation de l'aptitude cardio-circulatoire observée chez le sujet âgé sédentaire. Si l'entraînement s'accompagne d'une baisse de la fréquence cardiaque de repos et à l'exercice sous-maximal, il n'en demeure pas moins que la diminution de la fréquence cardiaque maximale demeure chez le sujet âgé entraîné le principal facteur limitant de l'aptitude physique cardio-circulatoire avec l'âge [5].

Réduction de l'incidence des maladies cardio-vasculaires

La réduction de mortalité observée chez les sujets exerçant une activité physique s'explique en partie par une réduction de mortalité par maladie cardio-vasculaire. L'activité physique pourrait non seulement réduire l'incidence des facteurs de risque vasculaire (augmentation des HDL) [10], meilleure hygiène en particulier nutritionnelle) mais aussi réduire l'effet des facteurs de risque vasculaire présents tels que le tabac, l'obésité et l'hypertension [11], en réduisant en

particulier les à-coups tensionnels observés sur le nycthémère [12]. Cette action sur les facteurs de risque explique une plus grande réduction de mortalité cardiovasculaire par les programmes d'activité physique chez les sujets hypertendus [13] et fumeurs [14]. Cet effet bénéfique semble peu dépendant du type d'activité, l'exercice modéré (marche) ou intense permettant une réduction comparable des événements coronariens [15]. Ce rôle préventif indiscutable de l'activité physique envers la pathologie cardiovasculaire explique que l'activité physique exerce aussi une action positive sur l'incidence des pathologies vasculaires cérébrales [16] et périphériques [17]. Ce bénéfice nécessite la poursuite au long cours de l'exercice, comme le démontre l'observation d'une réduction des facteurs de risque cardio-vasculaire (obésité, tabac, diabète, hypercholestérolémie, hypertension artérielle) corrélée à la consommation maximale d'oxygène chez les anciens athlètes ayant poursuivi une activité physique régulière [18]. Une méta-analyse portant sur le rôle de l'activité physique dans la prévention des maladies cardio-vasculaires a montré que, chez des sujets sédentaires, le risque de développer une maladie cardio-vasculaire était multiplié par 3,1 comparé à des sujets ayant une activité physique intense, et le risque de mortalité par maladies coronariennes multiplié par 1,9 [19].

Activité physique et fonction musculaire

L'avancée en âge s'accompagne d'une réduction de la masse musculaire, à partir de 50 ans, pour atteindre un déficit de 25 % à 65 ans. Cette baisse de la masse musculaire est principalement due à une diminution des fibres musculaires rapides (ou fibres de types II) sollicitées lors des exercices intenses et rapides, alors que les fibres musculaires lentes (ou fibres de type I), sollicitées lors des activités aérobies, semblent préservées [20]. Ces modifications, qui s'expliquent par une réduction de la capillarisation et des activités enzymatiques musculaires, sont potentiellement réversibles chez l'adulte par l'exercice en résis- ●●●

tance, qui augmente la surface occupée par les fibres de type II [21] et la masse musculaire, et par l'exercice d'endurance qui augmente l'activité enzymatique oxydative du muscle [22-25], voie métabolique royale.

Enfin, s'il semble qu'une partie de la consommation maximale d'oxygène puisse dépendre de facteurs individuels tels que le génotype de l'enzyme de conversion de l'angiotensine, suggérant une part génétiquement déterminée de l'aptitude physique [26, 27], aucune étude n'a jusqu'à présent, à notre connaissance, estimé le rôle de la génétique dans la réponse à l'entraînement physique.

Plus généralement, plusieurs études ont montré qu'un programme d'entraînement physique en résistance pouvait avoir des effets positifs sur le niveau de force musculaire des sujets âgés ainsi que sur leur capacité à effectuer les tâches de la vie quotidienne, paramètres par ailleurs fortement corrélés [28, 29]. Il est aujourd'hui par ailleurs largement démontré que la force musculaire peut être augmentée par le biais de programmes d'entraînement même à un âge très avancé [21, 30-32], le gain pouvant atteindre 73,7 % de la force d'extension du genou à la suite d'un programme d'entraînement en résistance d'1 an chez des femmes âgées initialement sédentaires [31].

Réduction de la perte osseuse après la ménopause

Si l'activité physique améliore la consommation maximale d'oxygène et les paramètres musculaires des sujets âgés, les relations entre ces paramètres et l'état du squelette sont étroites. En effet, la consommation maximale d'oxygène est corrélée à la densité minérale osseuse (DMO) de l'extrémité supérieure fémorale tandis que les paramètres musculaires sont liés à la DMO des os adjacents (taille du psoas et DMO vertébrale et force musculaire des membres inférieurs et DMO du col fémoral en particulier) [33].

Le gain osseux obtenu par un programme d'entraînement en endurance [34] ou en résistance [35] semble pourtant faible et de courte durée après l'arrêt de l'entraînement

36. Le maintien, voire l'augmentation de la DMO, à la suite de programmes d'entraînement en résistance serait en partie due à l'augmentation conjointe de la masse musculaire et de la force musculaire. L'effet bénéfique sur la DMO des programmes d'exercice en charge modéré couplé pourrait par ailleurs être potentialisé par le traitement hormonal substitutif associé [37], suggérant que les estrogènes pourraient être capables de modifier le seuil de sensibilité osseuse à la contrainte mécanique. Ainsi explique-t-on que l'activité physique permette une amélioration de la densité minérale osseuse plus importante en période péri-ménopausique (sécrétion d'estrogènes encore présente) qu'en période post-ménopausique [38].

Hormones et activité physique

La sécrétion d'hormone de croissance diminue de 14 % par décennie après l'âge de 20 ans tandis que celle de son effecteur périphérique l'Insuline-like Growth Factor-I (IGF-I) diminue de 50 % entre 20 et 70 ans. De par son rôle anabolique musculaire et osseux, la réduction de sécrétions de GH pourrait expliquer une partie de l'augmentation de la masse grasse et de la diminution de masse maigre (aux dépens essentiellement de la masse musculaire) observée avec l'avancée en âge. Or, la sécrétion d'hormone de croissance peut être stimulée par l'exercice [39, 40]. La combinaison d'un entraînement en endurance avec l'administration d'hormone de croissance semble fournir des résultats intéressants chez l'adulte [41] mais cet effet reste à être démontré chez le sujet âgé. Les résultats concernant la relation entre sécrétion d'IGF-I et exercice chez le sujet âgé demeurent contradictoires. Ainsi, une augmentation de 15 % du taux de IGF-I a été observée après 8 semaines d'entraînement en endurance chez des sujets âgés [42]. Inversement, un entraînement de 3 ou 6 mois ne semble pas modifier le taux plasmatique de IGF-I [43]. De plus, les résultats obtenus chez les hommes et chez les femmes apparaissent eux aussi discordants [44].

Le vieillissement se caractérise également par une baisse de la déhydroépiandro-

stérone sulfate (DHEAS), qui pourrait constituer un marqueur du vieillissement. La DHEAS, principale hormone stéroïde chez l'Homme, est en effet observée en concentration réduite avec l'avancée en âge, mais aussi chez les sujets âgés fragiles, en cas de sarcopénie, chez les sujets en fin de vie, chez les sujets ayant des troubles du sommeil, et dans certaines pathologies associées au vieillissement telles que l'athérosclérose, les cancers, l'hypertension artérielle, la diabète, l'ostéoporose et la maladie d'Alzheimer. Or, il semble que l'activité physique pourrait avoir une action bénéfique sur cette hormone impliquée dans la modulation du métabolisme [45].

L'entraînement s'accompagne d'une augmentation de la concentration de catécholamines atteinte au cours d'une période d'exercice prolongé permettant d'accroître la capacité de travail maximal [46]. L'activité physique s'oppose en outre à la diminution de masse musculaire et à l'augmentation de la masse grasse liée à l'avancée en âge et permet de lutter contre l'insulinorésistance, expliquant en partie la réduction d'incidence du diabète dans la population entraînée [47-49].

Prévention des effets du vieillissement sur la fonction d'équilibration statique et/ou dynamique

On estime entre 1,2 et 1,5 millions le nombre annuel de chutes chez les plus de 65 ans en France. La chute chez le sujet âgé, compliquée de lésions fracturaires ou non, serait à l'origine de près de 9 000 décès par an et représenterait un coût médical annuel de 7 milliard de francs. Outre cette morbi-mortalité initiale élevée, la chute est à l'origine d'une réduction de mobilité et de handicaps fonctionnel, psychologique et social conséquents, aboutissant à l'extrême à la régression psychomotrice, source elle-même d'une morbi-mortalité élevée et contribuant pour une large part à l'hospitalisation et à l'institutionnalisation des personnes âgées. Or un entraînement exercé dans certaines conditions (extension de la tête, exercices sur sols mous), en plus de freiner les effets du vieillissement sur les performances méca-

niques, le métabolisme musculaire et la capacité aérobie, améliore le contrôle postural et la fonction d'équilibration en agissant sur ses différentes composantes (capteurs vestibulaires et somato-sensoriels, capacités attentionnelles, effecteurs) [50, 51]. L'entraînement spécifique, à base d'exercices d'équilibre, permettrait une optimisation du contrôle postural dans les situations extrêmes en réduisant les temps de réaction, en développant l'aptitude à commuter d'un système sensoriel à l'autre et en renforçant l'usage préférentiel d'un type particulier d'informations, ce qui permet une meilleure résolution des conflits intersensoriels [52].

Action sur le vieillissement psychologique

Activité physique et vieillissement cognitif

Les fonctions les plus sensibles aux effets du vieillissement sont les capacités mnésiques à court terme, le temps de réaction, l'attention sélective, les capacités visuo-spatiales et l'intelligence fluide, qui reflète les capacités de mémorisation d'un vocabulaire ou d'informations nouvellement appris [53]. Malgré les discordances de résultats des différentes études, il semble que l'activité physique ait une influence bénéfique sur la cognition et, en particulier, sur les processus d'attention, et que cet effet bénéfique soit non seulement assez spécifique du sujet âgé mais aussi proportionnel au degré de vieillissement cognitif. Les déficits cognitifs observés chez les sujets âgés pourraient résulter des effets cumulatifs de l'altération de l'état de santé, du bas niveau d'éducation et du vieillissement, qui sont des variables affectant le niveau d'activité physique. L'activité physique pourrait ainsi servir de variable intermédiaire entre ces variables et l'état cognitif. L'activité physique pourrait exercer cet effet bénéfique en améliorant l'utilisation de l'oxygène et/ou le débit sanguin cérébral [54], en exerçant une action trophique directe synaptique et/ou neuronale en raison de l'enrichissement de l'environnement en stimulations sensorielles et motrices, en réduisant l'insulinorésistance et/ou en amé-

liorant l'estime de soi. De plus, l'exercice physique favorise un meilleur capital verbal, une rétention visuelle plus importante, une bonne structuration spatiale, un tonus mental plus élevé et contribue également au développement de la mémoire et des habiletés intellectuelles. Plusieurs études ont montré une amélioration des performances cognitives après un entraînement [55-58].

Activité physique et dépression

Le déclin des capacités physiques contribue à l'apparition d'un état dépressif au cours de l'avancée en âge. Or l'activité physique par son action sur l'aptitude physique et par le bien-être physique qu'elle entraîne pourrait favoriser un état de bien-être psychologique [59] et réduire les symptômes dépressifs chez le sujet âgé [60-62]. Les études concernant cependant des sujets âgés présentant des formes mineures de dépression et les études portant sur des formes plus graves de dépression manquent pour mieux appréhender les effets de l'activité physique. En outre, les mécanismes neurologiques, biochimiques, sociaux ou psychologiques qui sous-tendent la relation entre dépression et activité physique chez le sujet âgé sont encore mal connus. Certains auteurs suggèrent que l'activité physique pourrait exercer un effet antidépresseur ou s'opposer au stress via la production de béta-endorphines plasmatiques ou d'opioïdes centraux, expliquant la sensation de bien-être après l'activité [53].

Participation au maintien de l'équilibre nutritionnel

Les variations de la composition corporelle liées à l'âge (diminution de la taille, du poids, de la masse maigre et augmentation de la masse grasse) et la réduction des dépenses physiques influencent les besoins nutritionnels. L'alimentation des sujets âgés est caractérisée par une réduction progressive du total des apports alimentaires avec parfois des déficits spécifiques en minéraux et vitamines [63]. Cette réduction d'apports doit être vivement combattue chez le sujet âgé, car elle contribue à l'installation d'un véritable cercle vicieux

où pathologies et dénutrition exercent des effets amplificateurs réciproques. L'alimentation des sujets âgés sportifs se distingue de celle des sujets sédentaires par une augmentation des apports alimentaires, dépassant largement les recommandations concernant les sujets âgés [64], du fait de l'accroissement de la sensation de faim induit par l'exercice. En conséquence, l'augmentation de la dépense énergétique liée à la pratique sportive diminue le risque des déficits nutritionnels [65]. Les nutriments essentiels nécessaires à l'entretien du corps humain se trouvent dans une grande variété d'aliments. La variété du régime alimentaire doit donc être encouragée. L'observation de déficits en minéraux et vitamines dans quelques études suggèrent qu'il faille encourager les sujets âgés sportifs à consommer des aliments riches en ces éléments et à maintenir l'équilibre entre les apports et les dépenses énergétiques.

Réduction de l'incidence des chutes et des fractures

L'étude FICSIT (Frailty and Injuries : Cooperative Studies of Intervention Techniques) dont l'objectif était de tester, chez des sujets vivant à domicile ou en maison de retraite, l'impact de différents programmes d'activités physiques s'accompagnaient d'une réduction significative de l'incidence des chutes surtout lorsque ces programmes incluaient des exercices d'équilibre [66]. Ces résultats sont à rapprocher de ceux de l'équipe de Hu qui indiquent une amélioration de l'équilibre et une moindre incidence des chutes chez des sujets soumis à des exercices mettant en jeu des entrées visuelles, vestibulaires et proprioceptives [50] et de ceux de Tinetti *et al.* qui montrent un recul de survenue de la première chute et une réduction significative de l'incidence des chutes lors d'une intervention générale comportant une correction des troubles de la marche et de l'équilibre ainsi qu'une tendance à la réduction du nombre de chutes nécessitant des soins médicaux ou chirurgicaux [67]. Si plusieurs études ont en outre montré une moindre fréquence des fractures, en particulier du col fémoral [68] ●●●

chez les sujets retraités exerçant une activité physique régulière [69] les rôles respectifs de la réduction pondérale, de la réduction du nombre de chutes, de l'amélioration de la résistance osseuse ou d'autres facteurs reste mal défini. Une étude a montré qu'après un programme d'entraînement (endurance et/ou force) seulement 42 % des sujets ont déclaré une chute contre 60 % dans le groupe contrôle [70]. Par ailleurs, Jaglal *et al.* ont comparé un groupe de femmes âgées victimes d'une fracture de la hanche à un groupe contrôle et ont montré un risque relatif de fracture de 0,66 chez les femmes ayant rapporté un passé d'activité physique et de 0,54 chez les femmes ayant été très actives [71].

Réduction du risque de cancer

De nombreuses études suggèrent que l'activité physique pourrait prévenir l'apparition d'une pathologie cancéreuse. En effet, les sujets exerçant une activité physique régulière ont une mortalité par cancer réduite par rapport aux sujets sédentaires. De plus, l'incidence du cancer du côlon (odds ratios : 0,64 chez les hommes et 0,49 chez les femmes) [72], du sein (odds ratio : 0,68 pour l'activité physique liée au travail et 0,40 pour l'activité physique liée aux loisirs) [73], de l'endomètre (odds ratios : 0,20) [74], et peut-être de la prostate est réduite dans la population âgée sportive. Le bénéfice apporté par l'activité physique pourrait être liée à son activité sur l'immunité [75], sur les défenses anti-oxydantes [76], sur l'équilibre hormonal et énergétique.

Action bénéfique de l'activité physique sur la mortalité

L'équipe de Paffenberger réalisant le suivi longitudinal de près de 17 000 anciens élèves d'Harvard est l'une des premières à avoir montré une réduction de mortalité toutes causes confondues proche de 50 % chez les sujets qui exercent une activité physique élevée (> 2 000 cal/semaine) par rapport aux sujets qui ont un niveau bas d'activité et ceci quelle que soit la tranche d'âge

étudiée [14]. D'autres études ont confirmé ces résultats [77]. Le bénéfice obtenu semble non seulement dépendre de l'intensité mais aussi de la période de vie au cours de laquelle l'activité physique est exercée. Une activité intensive durant la période scolaire n'apporte aucun bénéfice au stade adulte si elle est interrompue alors que l'instauration d'un entraînement physique modéré abaisse le taux de mortalité des sujets jusque là non entraînés [78]. Ces résultats ont été confirmés dans d'autres types de populations, en particulier des sujets âgés de plus de 65 ans aptes à exercer une activité physique, ayant ou non différents types de pathologies chroniques, où l'exercice d'activités diverses s'accompagne à 3 ans d'une réduction de mortalité de 30 % par rapport aux sujets ayant choisi l'inactivité [17]. Le suivi pendant 7 ans de sujets âgés de 20 à 69 ans a permis de montrer une baisse de la mortalité générale de 20 % chez les hommes et 30 % chez les femmes ayant reporté une activité physique hebdomadaire pratiquée depuis 5 ans ou plus, avec un risque de mortalité multiplié par 1,25 chez les hommes et 1,20 chez les femmes ne pratiquant pas d'activité physique [79].

L'activité physique retarde la dépendance

Si l'on sait que des capacités aérobies minimales estimées à 13-14 ml/kg/min sont nécessaires pour mener une vie indépendante, on estime qu'une augmentation de la consommation maximale d'oxygène de l'ordre de 3-4 ml/kg/min pourrait repousser de 6 à 7 ans l'entrée dans la dépendance [80]. Cette hypothèse a été corroborée par l'observation d'une réduction du nombre d'incapacités fonctionnelles telles que des troubles de la marche chez les sujets âgés actifs par rapport aux sédentaires [77, 81, 82], le gain étant dépendant de l'intensité de l'activité et par l'observation d'une amélioration du niveau d'autonomie dans l'année précédant le décès chez les sujets actifs [83]. Le maintien de l'activité physique contribue au maintien de la fonction musculaire nécessaire au maintien de la mobilité et des capacités à effectuer les activités de la vie

quotidienne chez le sujet âgé [84-86]. Dans ce paragraphe dédié à la dépendance, signalons une étude récente qui suggère que l'activité physique réduit l'hyperplasie bénigne de la prostate et les symptômes du tractus urinaire chez l'homme âgé, et ceci proportionnellement à son intensité [87].

Intérêts spécifiques de l'activité physique chez le sujet âgé fragile et très âgé

Depuis quelques années, une sous-population de sujets âgés a été individualisée, appelés sujets âgés fragiles, en raison de leurs besoins de santé accrus. Ces sujets ont en commun une réduction multisystémique de leurs aptitudes physiologiques limitant leurs capacités d'adaptation au stress et au changement d'environnement, expliquant qu'ils développent volontiers des pathologies et syndromes gériatriques en cascade (chute à répétition, confusion, incontinence, difficultés à réaliser les actes de la vie quotidienne) [88]. La réduction des réserves physiologiques qui caractérise ces sujets peut être indirectement estimé par la réduction de leur niveau d'autonomie (appréciée à travers les échelles d'aptitude à réaliser les activités instrumentées (IADL) ou non instrumentées (ADL) de la vie quotidienne), la réduction de leur fonction musculaire et/ou de leur capacité aérobie et/ou de leur intégration sociale et/ou de l'altération de leur état nutritionnel et/ou cognitif [89]. L'activité physique, par son action potentiellement bénéfique sur l'ensemble de ces paramètres, pourrait avoir un intérêt tout particulier dans cette population. Cette hypothèse est corroborée par l'observation de gains très significatifs en termes de mobilité, d'équilibre, de souplesse et de force musculaire [90] mais aussi par l'observation d'une réduction de l'incidence des chutes et des blessures associées lors de programmes d'entraînement dans cette population fragile [91]. Ces résultats sont d'autant plus intéressants qu'ils sont inversement proportionnels au niveau de base des capacités [92], suggérant l'intérêt de favoriser l'activité physique chez les sujets âgés les plus démunis. En outre, les programmes d'entraînement proposés dans cette

population semblent devoir être accompagnés d'une supplémentation nutritionnelle afin d'en optimiser les effets [93].

Effets potentiellement délétères de l'activité physique chez le sujet âgé

Plusieurs études ont montré la nécessité d'une durée et d'une intensité suffisante de l'entraînement en endurance ou en résistance sous peine d'inefficacité du programme. Plusieurs études ont montré la faisabilité et l'innocuité d'un travail de musculation ou d'un entraînement à un niveau de fréquence cardiaque élevé chez les sujets très âgés à condition d'éliminer une coronaropathie [30]. Cependant, il ne faut pas oublier que des effets néfastes de l'exercice physique, souvent en cas de surentraînement, ont été mis en évidence chez le sujet âgé [94]. En effet, si la densité minérale osseuse (DMO) lombaire ou fémorale augmente légèrement pour une activité aérobie jusqu'à un seuil de 4-6 heures par semaine, une activité au delà entraîne une réduction de DMO lombaire et trabéculaire [95] et expose tout comme chez le sujet jeune à des fractures de fatigue. De plus, alors que l'exercice physique permet de diminuer les fractures vertébrales et fémorales liées à l'ostéoporose, il expose à des fractures péri-

phériques, à des ruptures tendineuses (coiffe des rotateurs, long biceps...) [96] et au développement des lésions arthrosiques des genoux et des hanches [97], ce qui n'est pas le cas de l'activité modérée [98]. Chez les sujets hyperentraînés (réalisant une cinquantaine de kilomètres de jogging par semaine ou 10000 km de vélo par an) apparaît en outre une hypoxémie induite par l'exercice, potentiellement délétère. Cette hypoxémie intervient chez le sujet âgé pour des niveaux d'exercice considérablement abaissés [99].

D'autre part, l'exercice physique peut aussi favoriser les effets secondaires de certains traitements (hypoglycémie des anti-diabétiques, malaise par impossibilité d'augmenter la fréquence cardiaque à l'effort sous digitaliques ou β -bloquants, myalgies des hypolipidémisants etc.). L'exercice physique intense induit par ailleurs des modifications pharmacocinétiques exposant à la survenue de surdosages. En effet, l'exercice intense augmente l'absorption des médicaments administrés par voie intra-musculaire, sous-cutanée ou transdermique, phénomène bien connu en particulier chez le diabétique traité par insuline et diminue les débits sanguins adipeux (retard de distribution des médicaments lipophiles), hépatiques et rénal (augmentation des concentrations sanguines des médicaments au cours de l'effort), concourant à la survenue de surdosages médicamenteux [100]. Ces résultats suggèrent que

l'exercice à un niveau très élevé est contre-indiqué chez le sujet âgé et que les programmes d'entraînement doivent être adaptés aux possibilités squelettiques, articulaires et cardiaques du sujet âgé et sous contrôle médical et kinésithérapique strict.

Quelles activités physiques recommander ?

Avant la pratique d'une activité physique chez le sujet âgé, un bilan médical et kinésithérapique soigneux est nécessaire. Celui-ci comportera un interrogatoire et un examen clinique destinés à mettre en évidence les facteurs de risque (tabagisme, diabète, dyslipidémie...) et les antécédents vasculaires coronariens, périphériques et cérébral, les pathologies à risque de mauvaise tolérance à l'effort (insuffisance cardiaque, respiratoire, hypertension artérielle, traitements anti-arythmiques, antidiabétiques...), les pathologies ostéo-myo-articulaires. La vérification de la tolérance clinique (saturométrie de pouls et électrocardiogramme l'effort sur ergocycle) pourra être proposée en cas de doute. Chez les sujets âgés fragiles, les facteurs limitant l'activité globale (diminution du pouvoir de discrimination et d'intégration central, émoussement sensoriel et de sensibilité proprioceptive, altération de la thermorégulation, de l'équilibre hydrique, ●●●

MAIN POINTS

Preventive medicine in the elderly Preventive effects of physical activity in older adults

■ **Physical activity and aging** : Physical activity prevents some age-related impairment. Physical activity reduces the decline of physical capacity which remains limited by maximal heart rate, and reduces the incidence of cardiovascular diseases by decreasing and preventing associated risk factors. Physical activity reduces age-related bone loss, its effect being potentialized by hormonal replacement therapy, and improves balance function, leading to a lower incidence of falls and fractures in older subjects. Physical activity helps to preserve nutritional balance and lean mass/fat mass ratio and reduces age-related insulin resistance. Moreover, physical activity has a beneficial influence on psychological function by improving cognitive performances and decreasing incidence of depression. Lastly, physical activity seems to reduce the incidence of several cancers, colic and mammary cancers particularly.

■ **Physical activity, quantity and quality of life** : These multiple actions explain that physical activity, if it's adapted to subject's specificities,

increases longevity, delay entry in dependence and improves quality of life in older subjects.

■ **What are the recommended activities** : There is a superiority of individualized programs giving greater place to warm-up and associated endurance and resistive exercises intended to improve simultaneously cardiovascular and muscular functions.

■ **Special interests of physical activity in frail and very old subjects** : Throughout its beneficial effects on aerobic capacity, muscular function, social integration, cognitive function and autonomy, physical activity may have a particular interest in frail subjects, when programs are adapted to physical capacities of these subjects and associated with nutritional supplements.

H. Blain

Presse Med 2000 ; 29:1240-8 © 2000, Masson, Paris

dénutrition...) seront évalués afin de ne pas induire d'effets indésirables ou aggraver une pathologie sous-jacente.

Après cette évaluation initiale, un programme personnalisé, prenant en compte les déficits, est proposé et expliqué au sujet, privilégiant l'échauffement, l'association d'exercices complémentaires en endurance (comportant en particulier la marche) [15] et en résistance (privilégiant les exercices de musculation), la récupération et la durée plutôt que l'intensité qui sera très progressivement croissante [101]. Ce programme sera en outre accompagné d'une éducation sportive (respect de la fatigue et de la douleur, connaissance du corps en particulier) et de conseils d'hygiène de vie (alcool, tabac, conseils nutritionnels, prendre les escaliers et éviter la voiture...).

Le caractère global et personnalisé du programme est d'autant plus important que

les gains observés dans un domaine que ce soit l'endurance, la force musculaire, l'équilibre ou la DMO sont sans efficacité sur les autres domaines [102] et que la bonne tolérance du programme favorise la compliance au long cours de l'activité, seule garante de bénéfices durables. Enfin, la plupart des études montrent que le gain de DMO, de force musculaire, d'endurance et d'équilibre est inversement proportionnel aux capacités du sujet, suggérant que le programme de réentraînement doit être régulièrement réévalué en fonction des progrès du sujet et ne pas oublier les plus déficitaires [102].

Conclusion

L'activité physique prévient l'apparition d'un certain nombre de phénomènes délétères

liés au vieillissement et génère chez les sujets âgés un mieux-être physique accompagné, sur le plan psycho-intellectuel, d'un sentiment de satisfaction. L'amélioration de l'aptitude physique et la rupture avec la sédentarité permettent une indiscutable amélioration de la qualité de vie chez la plupart des sujets. Si l'on ne peut que se réjouir de l'essor des activités physiques et sportives observées ces dernières années chez les sujets âgés [103], une évaluation initiale des possibilités (cardiaques, articulaires etc.) et des déficits d'aptitude physique (endurance, équilibre et force musculaire...) doit être réalisée par des médecins et des kinésithérapeutes ayant une expérience en gérontologie sportive, afin de proposer des programmes d'entraînement personnalisés et évolutifs, ceci afin d'en prévenir les effets secondaires. □

[Références]

1. Astrand I, Astrand PO, Hallback I, Kilborn A. Reduction in maximal oxygen uptake with age. *J Appl Physiol* 1973 ; **35**:649-54.
2. Posner JD, Gorman KM, Klein HS, Cline CJ. Ventilatory threshold : measurement and variation with age. *J Appl Physiol* 1987 ; **63**:1519-25.
3. Heath GW, Hagberg JM, Ehsani AA, Holoszy JO. A physiological comparison of young and older endurance athletes. *J Appl Physiol* 1981 ; **51**:634-40.
4. Allen WK, Seals DR, Hurley BF, Ehsani AA, Hagberg JM. Lactate threshold and distance running performance in young and older endurance athletes. *J Appl Physiol* 1985 ; **58**:1281-4.
5. Chatard JC, Denis C. Aptitude physique du sujet âgé. *Ann Réadapt Med Phys* 1994 ; **37**:423-9.
6. Hepple RT, Mackinnon SLM, Goodman JM, Thomas SG, Plyley MJ. Resistance and aerobic training in older men: effects on VO₂ peak and the capillary supply to skeletal muscle. *J Appl Physiol* 1997 ; **82**:1305-10.
7. Sheldahl LM, Tristani FE, Hasting JE *et al.* Comparison of adaptations and compliance to exercise training between middle-aged and older men. *J Am Geriatr Soc* 1993 ; **41**:795-801.
8. Robinson S, Dill DB, Robinson RD, Tzankoff SP, Wagner JA. Physiological aging of champion runners. *J Appl Physiol* 1976 ; **41**:46-51.
9. Johnson BD, Dempsey JA. Demand vs capacity in the aging pulmonary system. *Exerc sport Sci Rev* 1991 ; **19**:171-210.
10. Mackinnon LT, Hubinger LM. Effects of exercise on lipoprotein (a). *Sports Med* 1999 ; **28**:11-24.
11. Dunn AL, Marcus BH, Kampert JB *et al.* Comparison of lifestyle and structured interventions to increase physical activity and cardiorespiratory fitness: a randomized trial. *JAMA* 1999 ; **28**:327-34.
12. Seals DR, Stevenson ET, Jones PP, DeSouza CA, Tanaka H. Lack of age-associated elevations in 24-h systolic and pulse pressures in women who exercise regularly. *Am J Physiol* 1999 ; **277**:H947-55.
13. Engstrom G, Hedblad B, Janzon L. Hypertensive men who exercise regularly have lower rate of cardiovascular mortality. *J Hypertens* 1999 ; **17**:737-42.
14. Paffenberger RF, Hyde RT, Wing AL, Chung-cheng Hsieh. Physical activity, all cause mortality, and longevity of College Alumni. *N Engl J Med* 1986 ; **314**:605-13.
15. Manson JE, Hu FB, Rich-Edwards JW *et al.* A prospective study of walking as compared with vigorous exercise in the prevention of coronary heart disease in women. *N Engl J Med* 1999 ; **341**:650-8.
16. Evenson KR, Rosamond WD, Cai J *et al.* Physical activity and ischaemic stroke risk. The atherosclerotic risk in communities study. *Stroke* 1999 ; **30**:1333-9.
17. Simonsick EM, Lafferty ME, Philipps CL *et al.* Risk due to inactivity in physically capable older adults. *Am J Pub Health* 1993 ; **83**:1443-50.
18. Mengelkoch LJ, Pollock ML, Limacher MC *et al.* Effects of age, physical training, and physical fitness on coronary heart disease risk factors in older track athletes at twenty-year follow-up. *J Am Geriatr Soc* 1997 ; **45**:1446-53.
19. Berlin JA, Colditz GA. A meta-analysis of physical activity in the prevention of coronary heart disease. *Am J Epidemiol* 1990 ; **132**:612-28.
20. Lexell J. Human aging, muscle mass, and fiber composition. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1995 ; **50**:11-6.
21. Pyka G, Lindenberger E, Charette S, Marcus R. Muscle strength and fiber adaptations to a year-long resistance training program in elderly men and women. *J Gerontol Med Sci* 1994 ; **49**:M22-7.
22. Préfaut C, Fabre C, Masse-Biron J. Aptitude aérobie et vieillissement. In: Réussir son avancée en âge. Evaluation des activités physiques en gérontologie. Périé H, Jeandel C eds. Editions Frison-Roche, Paris, 1998 ; 27-39.
23. Berthon P, Freyssenet D, Chatard JC *et al.* Mitochondrial ATP production rate in 55 to 73-year-old men: effect of endurance training. *Acta Physiol Scand* 1995 ; **154**:269-74.
24. Proctor DN, Sinning WE, Walro JM, Sieck GC, Lemon PW. Oxidative capacity of human muscle fiber types: effects of age and training status. *J Appl Physiol* 1995 ; **78**:2033-8.
25. Coggan AR, Spina RJ, King DS *et al.* Skeletal muscle adaptations to endurance training in 60- to 70- yr-old men and women. *J Appl Physiol* 1992 ; **72**:1780-6.
26. Hagberg JM, Ferrell RE, McCole SD, Wilund KR, Moore GE. VO₂ max is associated with ACE genotype in postmenopausal women. *J Appl Physiol* 1998 ; **85**:1842-6.
27. Bouchard C, An P, Rice T *et al.* Familial aggregation of VO₂(max) response to exercise training: result from the HERITAGE family study. *J Appl Physiol* 1999 ; **87**:1003-8.
28. Hunter GR, Treuth MS, Weinsier RL *et al.* The effects of strength conditioning on older women's ability to perform daily tasks. *J Am Geriatr Soc* 1995 ; **43**:756-60.
29. Nichols JF, Hitzelberger LM, Sherman JG, Patterson P. Effects of resistance training on muscular strength and functional abilities of community-dwelling older adults. *J Aging Phys Activity* 1995 ; **3**:238-50.
30. Fiatarone MA, Marks AC, Ryan ND, Meredith CN, Lipsitz LA, Evans WJ. High-intensity strength training in nonagerians. *JAMA* 1990 ; **263**:3029-34.
31. Morganti CM, Nelson ME, Fiatarone MA, Dallal GE, Economos CD, Crawford BM, Evans WJ. Strength improvements with 1 yr of progressive resistance training in older women. *Med Sci Sports Exerc* 1995 ; **27**:906-12.
32. Skelton DA, Young A, Greig CA, Malbut KE. Effects of resistance training on strength, power, and selected

- functional abilities of women aged 75 and older. *J Am Geriatr Soc* 1995 ; **43**:1081-7.
33. Vico L. Exercice physique et squelette chez le sujet âgé. In: Réussir son avancée en âge. Evaluation des activités physiques en gérontologie. Périé H, Jeandel C eds. Editions Frison-Roche, Paris, 1998 ; 53-68.
 34. Kelley G. Aerobic exercise and lumbar spine bone mineral density in postmenopausal women : a meta-analysis. *J Am Geriatr Soc* 1998 ; **46**:143-52.
 35. Layne JE, Nelson ME. The effects of progressive resistance training on bone density: a review. *Med Sci Sports Exerc* 1999 ; **31**:25-30.
 36. McCartney N, Hicks AL, Martin J, Webber CE. Long-term resistance training in the elderly: effects on dynamic strength, exercise capacity, muscle, and bone. *J Gerontol* 1995 ; **50A**:B97-104.
 37. Notelovitz M, Martin D, Tesar R *et al.* Estrogen therapy and variable resistance weight training increase bone mineral in surgically menopausal women. *J Bone Miner Res* 1991 ; **6**:583-90.
 38. Jarvinen TL, Jarvinen TA, Sievanen H *et al.* Vitamin D receptor alleles and bone's response to physical activity. *Calcif Tissue Int* 1998 ; **62**:413-7.
 39. Rogol AD, Weltman JY, Evans WS, Veldhuis JD, Weltman AL. Long-term endurance training alters the hypothalamic-pituitary axes for gonadotrophins and growth hormone. *Endocrinol Metab Clin North Am* 1992 ; **21**:817-32.
 40. Weltman A, Weltman JY, Schurrer R, Evans WS, Veldhuis JD, Rogol AD. Endurance training amplifies the pulsatile release of growth hormone: effects of training intensity. *J Appl Physiol* 1992 ; **72**:2188-96.
 41. Borst SE, Millard WJ, Lowenthal DT. Growth hormone, exercise and aging: the future of therapy for the frail elderly. *J Am Geriatr Soc* 1994 ; **42**:528-35.
 42. Poehlman ET, Rosen CJ, Copeland KC. The influence of endurance training on insulin-like growth factor-I in older individuals. *Metabolism* 1994 ; **43**:1401-5.
 43. Vitiello MV, Wilkinson CW, Merriam GR *et al.* Successful 6-month endurance training does not alter insulin-like growth factor-I in healthy older men and women. *J Gerontol Med Sci* 1997 ; **52A**:M149-54.
 44. Bonnefoy M, Kostka T, Patricot MC, Berthouze SE, Mathian B, Lacour JR. Influence of acute and chronic exercise on insulin-like growth factor-I in healthy active elderly men and women. *Aging* 1999 ; **11**:373-9.
 45. Bonnefoy M, Kostka T, Patricot MC, Berthouze SE, Mathian B, Lacour JR. Physical activity and dehydroepiandrosterone sulphate, insulin-like growth factor I and testosterone in healthy active elderly people. *Age Ageing* 1998 ; **27**:745-51.
 46. Jensen EW, Espersen K, Kanstrup IL, Christensen NJ. Age-related changes of exercise-induced plasma catecholamines and neuropeptides Y responses in normal human subjects. *Acta Physiol Scand* 1994 ; **144**:129-33.
 47. Tissandier O, Piette F. Activités physiques et processus hormonaux au cours de l'avancée en âge. In: Réussir son avancée en âge. Evaluation des activités physiques en gérontologie. Périé H, Jeandel C eds. Editions Frison-Roche, Paris, 1998 ; 133-9.
 48. Baan CA, Stolk RP, Grobbee DE, Witteman JC, Feskens EJ. Physical activity in elderly subjects with impaired glucose tolerance and newly diagnosed diabetes mellitus. *Am J Epidemiol* 1999 ; **149**:219-27.
 49. Reaven PD. Insulin resistance and aging: modulation by obesity and physical activity. In: Lamb DR, Gisolfi CV, Nadel E eds. Perspectives in exercise science in older adults. Carmel, IN: Cooper: 395-434.
 50. Hu MH, Woolacott MH. Multi-sensory training of standing balance in older adults. I. Postural stability and one-leg stance balance. *J Gerontol* 1994 ; **49**:M52-61.
 51. Hu MH, Woolacott MH. Multi-sensory training of standing balance in older adults. II. Kinetic and electromyographic postural responses. *J Gerontol* 1994 ; **49**:M62-71.
 52. Jeandel C. Effets de l'activité physique sur le contrôle postural et la prévention des chutes chez le sujet âgé. In: Réussir son avancée en âge. Evaluation des activités physiques en gérontologie. Périé H, Jeandel C eds. Editions Frison-Roche, Paris, 1998 ; 113-24.
 53. Jeandel C. Effets des activités physiques sur le vieillissement cognitif. In: Réussir son avancée en âge. Evaluation des activités physiques en gérontologie. Périé H, Jeandel C eds. Editions Frison-Roche, Paris, 1998 ; 83-101.
 54. Fabre C, Préfaut C. Fonctions mnésiques et vieillissement : effets de l'entraînement. In: Réussir son avancée en âge. Evaluation des activités physiques en gérontologie. Périé H, Jeandel C eds. Editions Frison-Roche, Paris, 1998 ; 103-11.
 55. Hawkins H, Kramer A, Capaldi D. Aging, exercise, and attention. *Psychology and Aging* 1992 ; **7**:643-53.
 56. Svanborg A. A medical-social-intervention in a 70 years old Swedish population: is it possible to postpone functional decline in aging? *J Gerontol* 1993 ; **48**:84-8.
 57. Moul JL, Goldman B, Warren B. Physical activity and cognitive performance in the older population. *J Aging Phys Act* 1995 ; **3**:135-44.
 58. Okumiya K, Matsubayashi K, Wada T *et al.* Effects of exercise on neurobehavioral function in community-dwelling older people more than 75 years of age. *J Am Geriatr Soc* 1996 ; **44**:569-72.
 59. McAuley E, Rudolph D. Physical activity, aging, and psychological well-being. *J Aging Phys Act* 1995 ; **3**:67-96.
 60. Chodzko-Zajko WJ. Physical fitness, cognitive performance and aging. *Med Sci Sports Exerc* 1991 ; **23**:868-72.
 61. O'Connor PJ, Aenchenbacher LE, Dishman RK. Physical activity and depression in the elderly. *J Aging Physiol Activ* 1993 ; **1**:34-58.
 62. Mobily KE, Rubenstein LM, Lemke JH, O'Hara MW, Wallace RB. Walking and depression in a cohort of older adults: the Iowa 65+ rural health study. *J Aging Physiol Activ* 1996 ; **4**:119-35.
 63. Saba A, Cialfa E. Food and nutrient patterns in elderly people. *Age Nutr* 1992 ; **1**:59-63.
 64. Chatard JC, Boutet C, Tourny C, Garcia S, Berthouze S, Guezennec CY. Nutritional status and physical fitness of elderly sportsmen. *Eur J Appl Physiol* 1998 ; **77**:157-63.
 65. Chatard JC, Boutet C, Tourny C, Garcia S, Berthouze S, Guezennec CY. Nutritional status and physical fitness of elderly sportsmen. *Eur J Appl Physiol* 1998 ; **77**:157-63.
 66. Province MA, Hadley EC, Hornbrook MC *et al.* The effects of exercise on falls in elderly patients: a preplanned meta-analysis of the FICSIT trials. *JAMA* 1995 ; **273**:1341-7.
 67. Tinetti ME, Baker DI, Mc Avay G *et al.* A multifactorial intervention to reduce the risk of falling among elderly people living in the community. *N Engl J Med* 1994 ; **13**:821-7.
 68. Gregg EW, Cauley JA, Seeley DG, Ensrud KE, Bauer DC. Physical activity and osteoporotic fracture risk in older women. Study of Osteoporotic Fracture Research Group. *Ann Intern Med* 1998 ; **129**:81-8.
 69. Nguyen TV, Sambrook PN, Eisman JA. Bone loss, physical activity, and weight change in elderly women: the Dubbo Osteoporosis Epidemiology Study. *J Bone Miner Res* 1998 ; **13**:1458-67.
 70. Buchner DM, Cress ME, de Lateur BJ *et al.* The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults. *J Gerontol Biol Sci Med Sci* 1999 ; **52A**:M218-24.
 71. Jaglal SB, Kreiger N, Darlington G. Past and recent epidemiology and risk of hip fracture. *Am J Epidemiol* 1993 ; **138**:107-18.
 72. Tavani A, Braga C, La Vecchia C *et al.* Physical activity and risk of cancers of the colon and rectum: an Italian case-control study. *Br J Cancer* 1999 ; **79**:1912-6.
 73. Levi F, Pasche C, Lucchini F, La Vecchia C. Occupational and leisure time physical activity and the risk of breast cancer. *Eur J Cancer* 1999 ; **35**:775-8.
 74. Terry P, Baron JA, Weiderpass E *et al.* Lifestyle and endometrial cancer risk: a cohort study from the Swedish Twin Registry. *Int J Cancer* 1999 ; **82**:38-42.
 75. Walsh NP, Blannin AK, Robson PJ, Gleeson M. Glutamine, exercise and immune function. Link and possible mechanisms. *Sports Med* 1998 ; **126**:177-91.
 76. Ji LL, Leeuwenburgh C, Leichtweis S *et al.* Oxidative stress and aging. Role of exercise and its influences on antioxidant systems. *Ann N Y Acad Sci* 1998 ; **854**:102-17.
 77. Ferrucci L, Izmirlian G, Leveille S *et al.* Smoking, physical activity, and active life expectancy. *Am J Epidemiol* 1999 ; **149**:645-53.
 78. Paffenbarger RF, Hyde RT, Wing AL, I-Min Lee, Jung DL, Kampert JB. The association of changes in physical activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *N Engl J Med* 1993 ; **328**:538-45.
 79. Villeneuve PJ, Morrison HI, Craig CL, Schaubel DE. Physical activity, physical fitness, and risk of dying. *Epidemiology* 1998 ; **9**:626-31.
 80. Shephard RJ. Physical fitness : Exercise and ageing. Principles and practice of geriatric medicine. 2nd Edition. MSJ Pathy John Wiley & Sons Ltd Ed., 279-92, 1991.
 81. Cress ME, Buchner DM, questad KA *et al.* Exercise: effects on physical functional performance in independent older adults. *J Gerontol Biol Sci Med Sci* 1999 ; **54**:M242-8.
 82. Wu SC, Leu SY, Li CY. Incidence of and predictors for chronic disability in activities of daily living among older people in Taiwan. *J Am Geriatr Soc* 1999 ; **47**:1082-6.
 83. Leveille SG, Guralnik JM, Ferrucci L, Langlaos JA. Aging successfully until death in old age: opportunities for increasing active life expectancy. *Am J Epidemiol* 1999 ; **149**:654-64.
 84. Fiatarone MA, Evans WJ. The etiology and reversibility of muscle dysfunction in the aged. *J Gerontol* 1993 ; **48**:77-83.
 85. Rantanen T, Era P, Heikkinen E. Maximal isometric strength and mobility among 75 year old men and women. *Age Aging* 1994 ; **23**:132-7.
 86. Rantanen T, Era P, Heikkinen E. Maximal isometric knee extension strength and stair-mounting ability in 75- and 80-year-old men and women. *Scand J Rehab Med* 1996 ; **28**:89-93.



87. Platz EA, Kawachi I, Rimm EB *et al.* Physical activity and benign prostatic hyperplasia. *Arch Intern Med* 1998 ; **158**:2349-56.
88. Tinetti ME, Inouye SK, Gill TM, Doucette JT. Shared risk factors for falls, incontinence, and functional dependence. Unifying the approach to geriatric syndromes. *J Am Med Assoc* 1995 ; **273**:1348-53.
89. Campbell AJ, Buchner DM. Unstable disability and the fluctuations of frailty. *Age Ageing* 1997 ; **26**:315-8.
90. Lazowski DA, Ecclestone NA, Myers AM *et al.* A randomized outcome evaluation of group exercise programs in long-term care institutions. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1999 ; **54**:M621-8.
91. Campbell AJ, Robertson MC, Gardner MM, Norton RN, Buchner DM. Falls prevention over 2 years: a randomized controlled trial in women 80 years and older. *Age Ageing* 1999 ; **28**:513-8.
92. Judge JO, Underwood M, Gennosa T. Exercise to improve gait velocity in older persons. *Arch Phys Med Rehabil* 1993 ; **74**:400-6.
93. Fiatarone MA, O'Neill EF, Ryan ND *et al.* Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med* 1994 ; **330**:1769-75.
94. Mulrow CD, Gerety MB, Kanten D *et al.* A randomized trial of physical rehabilitation for very frail nursing home residents. *JAMA* 1994 ; **271**:519-24.
95. Michel BA, Bloch DA, Fries JF. Weight-bearing exercise, overexercise, lumbar bone density over age 50 years. *Arch Intern Med* 1989 ; **149**:2325-9.
96. Fries JF. Prevention of osteoporotic fractures: possibilities, the rôle of exercise, and limitations. *Scand J Rheumatol* 1996 ; **25**:S6-10.
97. Lane NE, Hochberg MC, Pressman A, Scott JC, Nevitt MC. Recreational physical activity and the risk of osteoarthritis of the hip in elderly women. *J Rheumatol* 1999 ; **26**:849-54.
98. McAlindon TE, Wilson PW, Aliabadi P, Weissman B, Felson DT. Level of physical activity and the risk of radiographic and symptomatic knee osteoarthritis in the elderly: the Framingham study. *Am J Med* 1999 ; **106**:151-7.
99. Préfaut C, Anselme F, Caillaud C, Massé-Biron J. Exercise-induced hypoxemia in older athletes. *J Appl Physiol* 1994 ; **76**:120-6.
100. Bussy C, Piette F. Pharmacocinétique, niveau d'activité physique et vieillissement. *In: Réussir son avancée en âge. Evaluation des activités physiques en gérontologie.* Périé H, Jeandel C eds. Editions Frison-Roche, Paris, 1998 ; 151-6.
101. Commandré F, Fornaris E. Effets des activités physiques opportunes sur le maintien de l'autonomie et l'appareil locomoteur. *In: Réussir son avancée en âge. Evaluation des activités physiques en gérontologie.* Périé H, Jeandel C eds. Editions Frison-Roche, Paris, 1998 ; 53-68.
102. Lafont C, Riviere D, Vellas B, Lopez A, Albaredo JL. L'exercice physique : prévention du vieillissement ? *In: L'année gérontologique.* Serdi Publisher, Paris, 1997 ; 390-435.
103. Ecochard M. Activités physiques et sportives après 50 ans : données démographiques et sociologiques. *In: Réussir son avancée en âge. Evaluation des activités physiques en gérontologie.* Périé H, Jeandel C eds. Editions Frison-Roche, Paris, 1998 ; 17-25.