

## **Exercice et accidents cardiovasculaires aigus: Mettre les risques dans une juste perspective**

**ÉNONCÉ de POSITION CONJOINTE AHA/ACSM.** Cette position conjointe a été écrite par l'American College of Sports Medicine et l'American Heart Association. Le contenu apparaît selon le style AHA. Cet article a été publié au même moment dans *Medicine and Science in Sports and Exercise* et dans *Circulation*.

Cet énoncé a été écrit pour l'American College of Sports Medicine par Paul D. Thompson, MD, FAHA (co-président); Barry A. Franklin, PhD, FAHA (co-président); Gary J. Balady, MD, FAHA; Steven N. Blair, PED, FAHA; Domenico Corrado, MD, PhD; N.A. Mark Estes III, MD, FAHA; Janet E. Fulton, PhD; Neil F. Gordon, MD, PhD, MPH; William L. Haskell, PhD, FAHA; Mark S. Link, MD; Barry J. Maron, MD; Murray A. Mittleman, MD, FAHA; Antonio Pelliccia, MD; Nanette K. Wenger, MD, FAHA; Stefan N. Willich, MD, FAHA; et Fernando Costa, MD, FAHA.

### **RÉSUMÉ**

L'activité physique pratiquée régulièrement réduit les accidents coronaires, mais l'activité physique intense peut par contre augmenter de façon aiguë et transitoire le risque de mort subite cardiaque et d'infarctus aigu du myocarde, chez les personnes susceptibles. Cet énoncé scientifique traite du potentiel de complications cardiovasculaires à l'exercice, de leur substrat pathologique et de leur incidence. De plus, il suggère des stratégies pour réduire ces complications. Les accidents cardiaques aigus associés à l'exercice surviennent généralement chez des individus atteints d'une maladie cardiaque structurale. Les anomalies cardiovasculaires héréditaires ou congénitales sont majoritairement responsables des accidents cardiaques chez les jeunes individus. Par contre, c'est principalement la maladie athérosclérotique qui est responsable de ces accidents chez les adultes. Le taux absolu de mort subite cardiaque associée à l'exercice varie selon la prévalence de la maladie, dans la population étudiée. L'incidence de l'infarctus aigu du myocarde et de mort subite est plus élevée chez les individus les moins physiquement actifs. Aussi, aucune stratégie n'a été adéquatement étudiée pour évaluer leur capacité à réduire les accidents cardiovasculaires aigus associés à l'exercice. Le maintien de la condition physique par la pratique régulière d'activité physique pourrait aider à réduire ces accidents car un nombre disproportionné d'accidents se produit chez les sujets les moins physiquement actifs faisant une activité physique inhabituelle. D'autres stratégies, comme le dépistage des patients avant leur participation à l'exercice, l'exclusion des patients à risque élevé de certaines activités, l'évaluation des possibles symptômes prodromiques, la formation du personnel de la condition physique aux situations d'urgence et la sensibilisation des patients à éviter les activités à risque élevé, semblent toutes être des stratégies prudentes. Toutefois, elles n'ont pas été évaluées systématiquement.

L'activité physique régulière est largement recommandée par la communauté médicale en partie parce que les évidences substantielles épidémiologiques, cliniques et fondamentales suggèrent que l'activité physique et l'entraînement par l'exercice auraient pour effet de ralentir le développement de l'athérosclérose et de réduire l'incidence des accidents causés par la maladie coronarienne (1–4). Néanmoins, il semblerait que l'activité physique intense augmenterait de façon immédiate et transitoire le risque d'infarctus aigu du myocarde et de mort subite cardiaque, chez les individus susceptibles (5–7). Cet énoncé scientifique présente les complications cardiovasculaires à l'exercice intense, leur fondement pathophysiologique, leur incidence chez des

groupes spécifiques de patients et des évaluations de stratégies visant à réduire ces complications. L'objectif est de rendre disponible aux professionnels de la santé les informations dont ils ont besoin pour informer les patients plus adéquatement sur les bénéfices et les risques de l'activité physique.

La plupart des études sur les accidents cardiovasculaires associés à l'exercice ont examiné, chez de jeunes sujets, les accidents reliés à la participation sportive et chez des adultes, ceux associés à l'exercice intense. L'exercice intense est habituellement défini comme une charge de travail absolue d'au moins 6 équivalents métaboliques (METs). Aussi, 6 METs est approximativement égal à une consommation d'oxygène ( $VO_2$ ) de  $21 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  et correspond à environ la dépense énergétique d'activités comme le jogging. Cependant, 6 METs est un seuil arbitraire qui ne tient pas compte du fait que les besoins en oxygène du myocarde de toute activité physique se rapprochent davantage de la  $VO_2$  relative à la capacité maximale d'exercice qu'à la charge de travail absolue. Conséquemment, une charge de travail à l'exercice  $> 6$  METs peut induire un stress considérable sur le système cardiovasculaire d'individus en mauvaise condition physique ou de personnes plus âgées.

## **FONDEMENT PATHOPHYSIOLOGIQUE DES ACCIDENTS CARDIOVASCULAIRES ASSOCIÉS À L'EXERCICE**

Les accidents cardiaques aigus associés à l'exercice se produisent généralement chez des individus présentant des maladies cardiaques structurales.

### **Observations pathologiques chez les jeunes individus**

Chez les jeunes individus, définis comme étant âgés de  $< 30$  ou de  $< 40$  ans, les observations pathologiques les plus fréquentes sont des anomalies cardiovasculaires héréditaires ou congénitales (8–10), incluant la cardiomyopathie hypertrophique ; les anomalies d'une artère coronaire (e.g. origine anormale d'une artère coronaire, (angulation exagérée de l'origine des coronaires, crête de l'ostium, ou parcours intramyocardial aberrant) (11,12); une sténose aortique; une dissection et une rupture aortique probablement associée à un défaut du tissu conjonctif comme le syndrome de Marfan; de la valve mitrale; une cardiomyopathie arythmogénique ventriculaire droite; et des arythmies, incluant celles résultant de faisceaux accessoires auriculo-ventriculaires et de channelopathies comme le syndrome du long-QT. La myocardite est parfois présente lors de décès associés à l'exercice chez des jeunes individus. Des arythmies ventriculaires sont les causes immédiates des décès dans ces conditions, sauf pour le syndrome de Marfan, pour lesquels la rupture aortique est souvent la cause immédiate (Tableau 1).

### **Observations pathologiques chez les adultes**

Contrairement aux jeunes sujets, la maladie coronarienne est l'observation pathologique la plus fréquente chez les individus plus âgés qui décèdent à l'exercice (13,14). Parmi les adultes précédemment connus comme asymptomatiques, l'évidence de dommages aigus des plaques des artères coronaires, incluant la rupture et l'érosion de plaques, souvent associées à une occlusion thrombotique aigue (14) est courante. Le mécanisme par lequel l'exercice intense provoque de tels accidents n'est pas défini. Toutefois, les mécanismes déclenchant suggérés (15,16) incluent une augmentation du stress sur les parois causée par l'augmentation de la fréquence cardiaque et de la

pression artérielle, un spasme de l'artère coronaire induit par l'exercice dans les segments artériels pathologiques (17), une plus grande flexion des artères coronaires épicaudales athérosclérotiques (15) provoquant un dommage des plaques et une occlusion thrombotique. L'exercice intense pourrait aussi provoquer une thrombose coronaire aiguë en aggravant les fissures coronaires existantes ou en augmentant l'agrégation plaquettaire induite par les catécholamines, ou les deux. La fissuration spontanée des plaques coronaires est fréquente. Elle a été rapportée chez 9% des sujets décédés lors d'accidents de la circulation ou par suicide et chez 17% des personnes décédées par athérosclérose non-coronaire (18). Cette observation suggère qu'une plaque coronaire légèrement fissurée requiert des événements exacerbant comme une activité physique intense pour induire une thrombose coronaire. Une augmentation de la thrombogénicité pourrait aussi contribuer à la thrombose coronaire suite à une rupture ou une érosion de plaques. Une activation

**TABLEAU 1.** Causes cardiovasculaires associées à la mort subite cardiaque à l'exercice chez de jeunes athlètes.\*

	Van Camp et al. (8) (n = 100),† %	Maron et al. (9) (n = 134), %	Corrado et al. (25) (n = 55),‡ %
Cardiomyopathie hypertrophique	51	36	1
Probable cardiomyopathie hypertrophique	5	10	
Anomalies coronaires §	18	23	9
Sténose valvulaire et sous-valvulaire aortique	8	4	
Myocardite possible	7	3	5
Cardiomyopathie dilatée et non spécifique	7	3	1
Maladie coronarienne athérosclérotique	3	2	10
Dissection/rupture aortique	2	5	1
Cardiomyopathie ventriculaire droite arythmogénique	1	3	11
Cicatrice myocardique		3	
Prolapsus de la valve mitrale	1	2	6
Autres anomalies congénitales		1.5	
Syndrome du long QT		0.5	1
Syndrome de Wolff-Parkinson-White	1		1
Problème de conduction cardiaque			3
Sarcoïdose cardiaque		0.5	
Anévrysme de l'artère coronaire	1		
Cœur normal à la nécropsie	7	2	1
Thrombo-embolisme pulmonaire			1

\* L'étendue des âges est de 13 à 24 (8), 12 à 40 (9), et 12 à 35 ans (25) pour les 3 études, respectivement. Van Kamp et al. (8) et Maron et al. (9) ont utilisé la même base de données et incluent plusieurs des mêmes athlètes. Selon l'étude, tous (8), 90% (9), et 89% (25) des athlètes ont eu le début des symptômes durant ou à l'intérieur d'une heure d'entraînement ou de compétition.

† Le total excède 100% parce que plusieurs athlètes présentaient plusieurs anomalies.

‡ Inclut des athlètes dont le décès n'était pas associé à un effort récent.

§ Inclut une origine ou un parcours aberrant de l'artère, artère coronaire avec fistules, et d'autres anomalies.

plaquettaire augmentée a été rapportée chez des individus sédentaires faisant un exercice trop intense pour eux, ceci contrairement aux individus en bonne condition physique (19,20). Les catécholamines circulantes étant plus étroitement associées à l'intensité relative de l'exercice qu'à l'intensité absolue, il est probable que l'activation plaquettaire soit aussi associée à l'intensité relative de la séance d'exercice (21). Parmi les individus présentant une maladie coronarienne symptomatique, les processus pathophysiologiques peuvent inclure des dommages aux plaques athéromateuses ou une fibrillation ventriculaire induite par une ischémie due à un péri-infarctus du tissu ischémique, ou une cicatrice (22). L'exercice physique intense amenant une augmentation de la consommation d'oxygène du myocarde et diminution simultanée de la diastole et du temps de perfusion coronaire, pourrait provoquer une ischémie myocardique et des arythmies cardiaques malignes. Une réduction de la perfusion coronaire peut être exacerbée par une diminution du retour veineux, secondaire à un arrêt subit d'activités (Figure 1). De plus, une ischémie myocardique (23), les déséquilibres sodium-potassium durant l'exercice, l'augmentation des catécholamines circulantes, et l'activité physique, sont des facteurs qui pourraient possiblement expliquer l'observation clinique qu'un évanouissement se produit assez fréquemment après l'exercice. L'ischémie peut altérer la dépolarisation, la repolarisation, et la vélocité de conduction et ainsi déclencher des arythmies ventriculaires. De plus, les acides gras libres circulant peuvent aussi augmenter les risques d'arythmies ventriculaires (24).

## **L'IMPORTANCE de l'ÂGE et du SUBSTRAT PATHOLOGIQUE**

Le présent énoncé scientifique traite des risques de l'exercice chez les jeunes individus et les personnes plus âgées, mais il est essentiel de reconnaître que ces groupes d'âge présentent des différences importantes quant aux causes de décès associées à l'exercice. Il existe ainsi des différences marquées entre les ratios risques et bénéfiques à l'exercice intense. Les causes d'accidents associés à l'exercice ne sont pas aussi clairement séparées en fonction de l'âge, puisque, par exemple, un problème génétique des récepteurs des LDL, peut favoriser le développement prématuré de la maladie coronarienne, chez certains individus, alors que des individus plus âgés peuvent présenter des anomalies cardiaques structurales congénitales. Néanmoins, la cause pathologique prédominante des accidents associés à l'exercice chez les adultes est la maladie coronarienne occulte. L'activité physique intense régulière semble réduire l'incidence d'accidents dus à la maladie coronarienne. De plus, la réadaptation cardiaque semble réduire le risque de décès suite à la maladie coronarienne, chez des patients diagnostiqués. Même si aucune de ces conclusions n'a été éprouvée par un essai clinique contrôlé randomisé, les bienfaits de l'activité physique chez les personnes à risque de maladie coronarienne dépassent les risques. Cette situation est très différente chez les jeunes individus diagnostiqués d'une maladie cardiaque ou ayant une maladie cardiaque occulte. De tels individus meurent rarement de maladie coronarienne durant l'exercice et l'évolution clinique des conditions responsables comme la cardiomyopathie hypertrophique et des artères coronaires anormales n'est pas améliorée par l'exercice intense. Conséquemment, chez les populations avec ces maladies cardiaques diagnostiquées ou occultes, les risques de santé liés à l'activité physique intense dépassent tout probablement les bénéfiques. L'activité physique d'intensité moyenne peut être justifiée chez ces patients sur la base de considérations sociales comme l'image de soi, et aussi par l'atteinte des bénéfiques de l'activité physique dans la prévention de l'obésité, des problèmes de santé conséquents à l'obésité et de l'athérosclérose. Tous ces facteurs pourraient exacerber le risque cardiaque d'un individu.

## **INCIDENCE DES ACCIDENTS CARDIOVASCULAIRES AIGUS ASSOCIÉS À L'EXERCICE**

Le risque absolu d'accidents cardiovasculaires associés à l'exercice varie selon la prévalence de la maladie cardiaque diagnostiquée ou occulte dans la population étudiée. Cependant, ce risque semble extrêmement bas chez les personnes selon toute apparence en bonne santé. À cause de la rareté des accidents cardiovasculaires associés à l'exercice, les études examinant leur incidence sont limitées par de petits échantillons et de grands intervalles de confiance. De plus, de petits changements dans le nombre d'accidents peuvent résulter en d'importants changements dans le calcul de l'incidence. Étant donné ces faiblesses, seul des estimés sont disponibles pour différents groupes de patients.

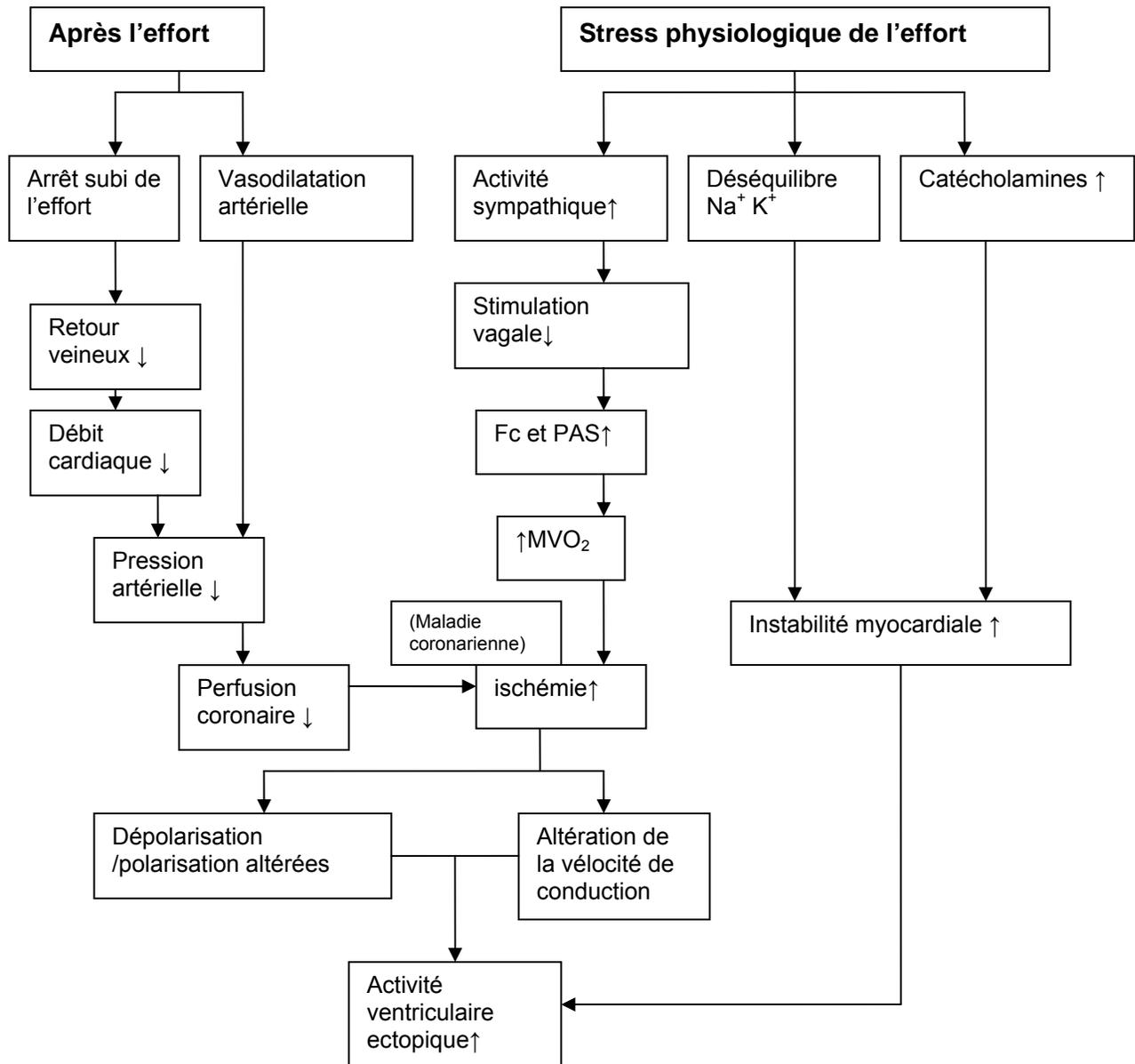
### **Jeunes athlètes**

Van Camp et al. (8) ont estimé un taux absolu de décès associés à l'exercice parmi les athlètes du secondaire ou universitaires de seulement 1 par 133,000 hommes et de 1 par 769,000 femmes. Ces estimés incluent tous les décès dans le sport non associés à des traumatismes et ne sont pas restreints aux accidents cardiovasculaires. Une étude prospective populationnelle italienne, a rapporté une incidence de ~1 mort subite par 33,000 jeunes athlètes par année (25). Ce taux pourrait être plus élevé à cause de l'âge moyen plus élevé (23 vs 16 ans) des athlètes italiens, la participation à des sports à intensité plus élevée en Italie et l'inclusion de tous les accidents, pas seulement ceux directement associés à un effort physique élevé dans l'étude italienne.

### **Adultes en santé**

Malinow et al. (26) n'ont rapporté qu'un seul accident cardiovasculaire aigu par 2,897,057 personnes-heures d'activité physique parmi les participants dans les centres YMCA. Vander et al. (27) n'ont rapporté qu'un accident non fatal et un fatal par 124,200 et 887 526 heures, respectivement, d'activité physique récréative. Gibbons et al. (28) n'ont rapporté qu'un accident non fatal durant 187 399 heures d'exercice, ce qui correspond à un risque maximal estimé de 0.3 à 2.7 et 0.6 à 6.0 accidents par 10 000 personnes-heures pour les hommes et les femmes, respectivement. Thompson et al. (29) n'ont estimé que 1 décès par 396 000 personnes-heures de jogging ou 1 décès par année pour chaque 7620 joggeurs. Parce que la moitié des victimes ont une maladie coronarienne connue ou diagnostiquée, les taux horaires et annuels estimés chez des individus auparavant en santé étaient de 1 décès par 792 000 heures et 15 260 participants, respectivement. Siscovick et al. (5) ont estimé un taux annuel similaire d'arrêt cardiaque associés à l'exercice parmi des personnes auparavant en santé de 1 par 18 000 hommes. Les deux études ont de grandes limites d'intervalle de confiance parce que les taux ont été calculés avec seulement 10 (Thompson et al. (29) et 9 (Siscovick et al. (5) décès associés à l'exercice. Toutes les victimes des deux études étaient des hommes, et il y a peu d'estimés de taux d'accidents chez les femmes. Les raisons expliquant le peu de décès associés à l'exercice parmi les femmes adultes ne sont pas claires mais pourraient être reliées au développement plus tardif de la maladie coronarienne chez les femmes et un taux de participation plus faible à l'exercice intense parmi les femmes plus âgées. Plus récemment, une base de données constituée de > 2.9 millions de membres d'une chaîne de centres de conditionnement physique américains a rapporté 71 décès (âge moyen, 52 ± 13 ans; 61 hommes, 10 femmes) sur une période de 2 ans, a indiqué un taux de 1 décès par 82,000 membres et un taux de 1 décès par 2.57 millions de séances de conditionnement physique (30). Près de la moitié des décès associés à l'exercice se retrouvent parmi les membres qui font de l'exercice irrégulièrement ou moins d'une fois par semaine. L'exercice intense peut aussi précipiter

l'infarctus aigu du myocarde (6,31,32), mais même les estimés les moins précis de l'incidence absolue sont



**FIGURE 1**— Réponses physiologiques accompagnant l'exercice aigu et la récupération et leurs possibles altérations. Fc indique fréquence cardiaque; PAS, pression artérielle systolique; et MVO<sub>2</sub>, consommation d'oxygène du myocarde. Reproduit avec permission de Franklin (70).

disponibles pour cette complication dans la population générale parmi 3617 hommes choisis pour participer à l'étude Lipid Research Clinics Primary Prevention Trial à cause de leur hypercholestérolémie (cholestérol plasmatique > 6.85 mmol/L [265 mg/dL] et de leur cholestérol des LDL > 4.91 mmol/L [190 mg/dL]), 62 (1.7%) et qui ont subi un l'infarctus aigu du myocarde

(n = 54) ou une mort subite d'origine cardiaque (n = 8) associée à un effort. L'étude s'échelonnait sur une période de suivi de 7.4 ans (33). Quelques 225 hommes de plus ont subi un accident aigu mais pas associé à l'exercice, cependant, l'activité physique de 170 autres hommes au début de leur accident n'était pas clairement identifiée. Néanmoins, ces résultats suggèrent que le taux annuel d'accidents cardiovasculaires associés à l'exercice parmi les individus à risque élevé pourrait être substantiel. Par exemple, 0.2% des hommes présentant de l'hypercholestérolémie ont un accident cardiovasculaire associés à l'exercice annuellement. Le risque d'infarctus aigu du myocarde associé à l'exercice pourrait aussi être substantiel dans la population en général. Si nous utilisons l'incidence estimée de mort subite d'origine cardiaque chez des sujets en santé du Rhode Island (29) et l'observation que le risque d'infarctus aigu du myocarde associé à l'exercice est 6.75 fois plus élevé que la mort subite d'origine cardiaque (33), l'incidence annuelle d'infarctus aigus du myocarde associée à l'exercice pourrait être de 1 infarctus aigu du myocarde par 593 à 1 par 3852 hommes d'âge moyen, apparemment sains.

### Individus ayant un diagnostic de maladie coronarienne

L'incidence de complications associées à l'exercice cardiovasculaire chez les personnes avec une maladie coronarienne connue a été estimée par au moins 5 études, avec des données issues de programmes de réadaptation cardiaque basés sur l'exercice (34–38). Haskell (34) a étudié 30 programmes de réadaptation cardiaque en Amérique du Nord et a rapporté une complication cardiovasculaire non fatale et 1 fatale par 34 673 et 116 402 heures, respectivement. Le taux semble plus faible dans les programmes plus récents de réadaptation cardiaque basés sur l'exercice (Tableau 2). En effet, une analyse de 4 études a estimé 1 arrêt cardiaque par 116 906 patient-heures, 1 infarctus du myocarde par 219 970 patient-heures, 1 décès par 752 365 patient-heures, et 1 complication majeure par 81 670 patient-heures de participation (35–38). Ce faible taux de décès s'applique seulement aux programmes supervisés médicalement et équipés pour prendre en charge des urgences. Sinon, le taux de décès serait 6 fois plus élevé sans la gestion

**TABLEAU 2.** Résumé des taux de complications dans les programmes récents de réadaptation cardiaque basés sur l'exercice.

Chercheurs	Années	Heures d'exercice patient	Arrêt cardiaque	Infarctus du myocarde	Accidents fatals	Complications majeures*
Van Camp & Peterson (35)	1980–1984	2,351,916	1/111,996†	1/293,990	1/783,972	1/81,101
Digenio et al. (36)	1982–1988	480,000	1/120,000‡	1/160,000	1/120,000	
Vongvanich et al. (38)	1986–1995	268,503	1/89,501§	1/268,503§	0/268,503	1/67,126
Franklin et al. (37)	1982–1998	292,254	1/146,127§	1/97,418§	0/292,254	1/58,451
Moyenne		1/116,906	1/219,970	1/752,365	1/81,670	

\* infarctus et arrêt cardiaque. † Fatal, 14%; ‡ Fatal, 75%; § Fatal, 0%.

**TABLEAU 3.** Stress physique comme déclencheur d'accidents cardiovasculaires aigus lors d'un effort intense.\*

Étude	Période de l'effet	Point d'arrêt	RR (IC de 95%)
Seattle(5) (1984)	<1 h	Arrêt cardiaque primaire	56 (23–131)†
Onset (32) (1993)	1 h	Infarctus non-fatal	5.9 (4.6–7.7)
TRIMM (31) (1993)	1 h	Infarctus non-fatal	2.1 (1.1–3.6)
Hartford Hospital AMI (6) (1999)	1 h	Infarctus non-fatal	10.1 (1.6–55.6)
SHEEP (40) (2000)	15 min	Infarctus non-fatal	6.1 (4.2–9.0)
Physician's Health (7) (2000)	30 min	Mort subite cardiaque	16.9 (10.5–27)

RR indique le risque relatif et compare le risque d'accident cardiaque à l'effort avec celui d'activités sédentaires; TRIMM, Triggers and Mechanisms of Myocardial Infarction Study; SHEEP, Stockholm Heart Epidemiology Programme.

\* Effort intense est l'intensité d'exercice >6 METs (1 MET = 3.5 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>).

† Ce RR (56) est le RR à l'effort chez des hommes habituellement sédentaires. Le RR (vs pas d'effort intense préalable) pour les hommes les plus actifs (>140 min/sem d'effort intense) était de 5 (IC de 95%, 2 à 14).

Adapté de Mittleman (41), avec permission de Blackwell Publishing.

réussie des arrêts cardiaques associée à de tels programmes (35–38). De plus, les patients sont généralement évalués médicalement avant leur participation, ce qui pourrait diminuer le taux d'accidents, tout comme le suivi régulier assuré par le personnel impliqué dans la réadaptation. De telles considérations supportent le recours à des programmes de réadaptation cardiaque basés sur l'exercice supervisé, pour les patients, après un accident cardiaque aigu.

## EST-CE QUE L'EXERCICE AUGMENTE LE RISQUE D'ACCIDENTS CARDIOVASCULAIRES AIGUS?

Des évidences claires indiquent que l'activité physique intense augmente de façon aiguë le risque d'accidents cardiovasculaires chez de jeunes sujets et des adultes avec une maladie cardiaque occulte ou diagnostiquée (5,7,25,29).

### Jeunes athlètes

Corrado et al. (25) ont procédé à une analyse prospective de relevés de morts subites cardiaques parmi des individus de 12 à 35 ans, sur une période de 21 ans, en Vénétie, une région d'Italie. Il y a eu respectivement 2.3 et 0.9 morts subites cardiaques par année par 100,000 athlètes et non athlètes, ou un risque 2.5 fois plus élevé parmi les athlètes (25). Le taux de décès était plus élevé parmi les athlètes, même si tous les athlètes italiens sont requis par la loi de passer un dépistage cardiovasculaire pré participation (39). Cette étude n'était pas limitée qu'à la mort subite cardiaque durant l'effort. Donc, ce taux de décès plus élevé parmi les athlètes ne peut être attribué seulement à l'exercice.

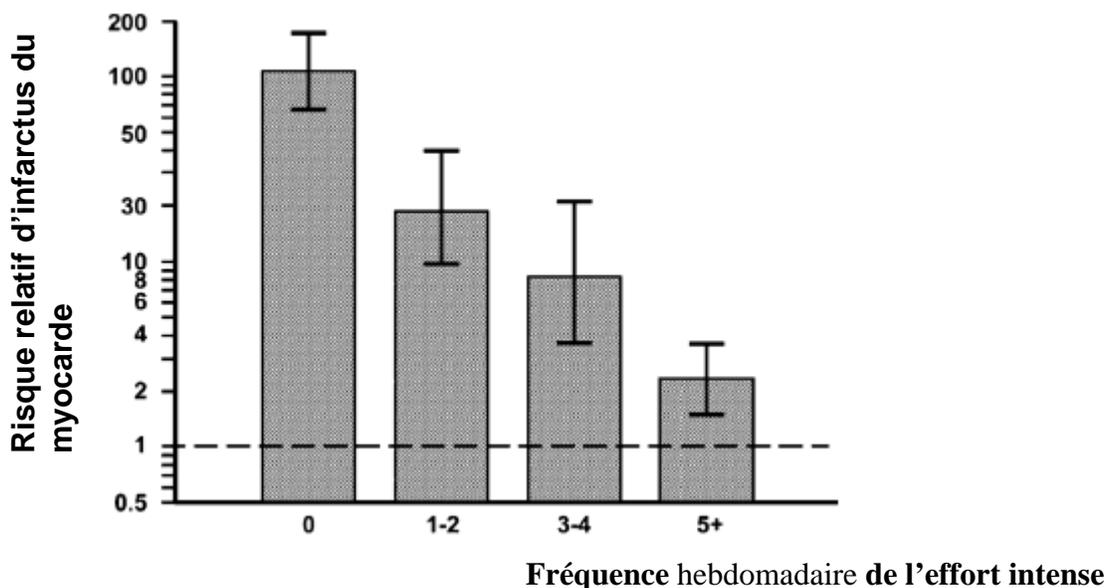
### **Adultes en santé**

Les études chez l'adulte suggèrent également que l'exercice augmente de façon aiguë le risque d'accidents cardiovasculaires, malgré une diminution de la maladie coronarienne avec de l'activité physique régulière. Autant l'étude du Rhode Island sur les décès associés à l'exercice (29) que l'étude de Seattle sur les arrêts cardiaques associés à l'exercice (5) rapportent un taux de décès horaire plus élevé à l'effort physique que lors d'activités à intensité faible. Au Rhode Island, le taux de mort subite cardiaque était 7,6 fois supérieure au taux de décès horaire lors d'activités sédentaires (29). Dans l'Étude de Seattle, chez les individus auparavant asymptomatiques, l'incidence d'arrêts cardiaques à l'exercice était 25-fois plus élevée que l'incidence au repos ou lors d'activités à intensité plus légère. Le risque relatif était plus élevé chez les hommes les moins actifs par rapport aux plus actifs c'est-à-dire 56 et 5 fois plus élevé chez les moins et plus actifs respectivement (5).

Une tendance similaire se présente pour la relation entre l'exercice et l'infarctus aigu du myocarde, selon le niveau d'activité physique habituelle. Entre 4% et 10% des patients ayant présenté un infarctus aigu du myocarde (6,31,32), l'activité physique intense a été pratiquée moins d'une heure avant l'infarctus. Ce taux est de 2.1 Willich et al. (31) à 10.1 fois Giri et al. (6) supérieur au taux atteint dans des activités sédentaires. Comme avec la mort subite cardiaque, le risque relatif varie inversement avec le niveau d'activité physique habituelle et est plus élevé chez les individus les moins actifs. Parmi les patients avec une maladie coronarienne, le risque relatif d'arrêt cardiaque à l'exercice intense est estimé être de 6 à 164 fois plus élevé à ce que l'on peut s'attendre au repos (22). Prises ensemble, ces données (Tableau 3) suggèrent que l'effort intense augmente transitoirement le risque d'infarctus aigu du myocarde et de mort subite cardiaque, particulièrement parmi les personnes habituellement sédentaires, avec maladie coronarienne occulte ou connue pratiquant une activité physique anormalement intense pour eux (5-7, 29, 31, 32, 40, 41). En fait, l'Étude Onset a estimé que le risque d'infarctus aigu du myocarde durant l'effort ou dans les moments qui suivent un effort intense était 50 fois plus élevé pour la cohorte la moins active par rapport à la plus active (Figure 2) (32).

### **RISQUE RELATIF D'ACCIDENTS CARDIOVASCULAIRES À L'EXERCICE VERSUS RISQUE TOTAL**

L'exercice intense augmente le risque d'un accident cardiovasculaire durant ou immédiatement après l'effort autant chez les jeunes avec une maladie cardiovasculaire congénitale que chez les adultes avec une maladie coronarienne occulte ou diagnostiquée.



**FIGURE 2**— Risque relatif d'infarctus du myocarde associé à l'effort intense (>6 METs) en fonction de la fréquence hebdomadaire de l'effort intense. Les barres en T indiquent les limites de l'intervalle de confiance (95%). La ligne pointillée indique le risque d'infarctus du myocarde sans effort intense préalable. Adapté de Mittleman (41), avec la permission de Blackwell Publishing.

Néanmoins, aucune évidence ne suggère que les risques de l'activité physique dépassent les bénéfices pour les individus en santé. En effet, ce serait plutôt le contraire. Dans l'Étude de Seattle, le risque relatif d'arrêt cardiaque est plus élevé à l'exercice qu'au repos pour toutes les intensités d'activités physiques habituelles, mais l'incidence totale d'arrêt cardiaque, autant au repos qu'à l'exercice, diminue lorsque l'intensité d'exercice augmente (5). Spécifiquement, l'incidence globale a diminué de 18 accidents par 1 million personne-heures chez les moins actifs, à seulement 5 chez les sujets les plus actifs. Le risque d'un infarctus aigu du myocarde associé à l'exercice diminue aussi avec une augmentation de la quantité d'activité physique (6,31,32). De nombreuses autres évidences épidémiologiques, même si elles ne sont pas randomisées et contrôlées, supportent le concept que l'activité physique régulière, incluant l'activité physique intense, réduit les accidents dus à la maladie coronarienne, avec le temps (3).

Contrairement à ce qui est observé pour les adultes chez lesquels l'exercice intense semble réduire le risque total de la maladie coronarienne, l'exercice chez de jeunes sujets présentant une maladie cardiovasculaire occulte pourrait plutôt augmenter le risque de mort subite associé ou non à l'exercice. La mort subite cardiaque à l'effort chez de jeunes athlètes résulte de l'interaction entre la maladie cardiaque sous-jacente ou son substrat et le déclencheur aigu de l'effort. De plus d'autres déclencheurs associés à l'exercice sont possibles, incluant le stress émotionnel, les changements hémodynamiques, une altération du tonus parasympathique et l'ischémie du myocarde. L'entraînement sportif lui-même pourrait augmenter le risque de mort subite chez le jeune athlète présentant une maladie cardiaque en altérant le substrat. Cette altération pourrait survenir en favorisant la progression de la maladie ou en augmentant le risque d'arythmie cardiaque par des changements structurels ou électriques. Par exemple, chez des patients avec une

cardiomyopathie hypertrophique, des épisodes récurrents d'ischémie du myocarde induite par l'exercice à l'entraînement intensif pourrait produire de la mort cellulaire et une fibrose myocardique de remplacement, qui à son tour augmenterait l'instabilité électrique ventriculaire. Chez des patients avec une cardiomyopathie ventriculaire droite arythmogénique, une activité physique régulière et intense pourrait provoquer une surcharge volumique du ventricule droit et une augmentation de la chambre droite, qui à son tour, pourrait accélérer une atrophie fibro-graisseuse. Dans le syndrome de Marfan, lors d'une activité intense, le stress hémodynamique sur l'aorte par l'augmentation de la pression artérielle et du volume d'éjection systolique, pourrait augmenter le niveau d'étirement de l'aorte, et ainsi augmenter le risque de rupture de l'aorte. Conséquemment, le ratio risque/bénéfice de l'exercice diffère entre les jeunes sujets et les plus âgés présentant une maladie cardiovasculaire occulte.

### **Le risque associé à des situations et activités spéciales**

La rareté des accidents associés à l'exercice rend difficile l'étude des situations et activités particulières à cause des petits échantillons.

### **Exercice du matin et de l'après midi**

L'infarctus aigu du myocarde et la mort subite cardiaque chez les adultes sont plus fréquents tôt le matin. Ceci a amené des spéculations suggérant que l'exercice intense devrait être restreint à l'après-midi chez les individus à risque élevé.

### **Jeunes athlètes**

Contrairement aux adultes, la mort subite et l'arrêt cardiaque parmi les jeunes athlètes se produisent principalement l'après-midi et en début de soirée, et sont associés à l'entraînement et la compétition (9). Par contre, la mort subite chez les patients non athlètes présentant une cardiomyopathie hypertrophique est plus fréquente aux premières heures du lever, comme dans le cas de la maladie coronarienne (42). L'explication de cette observation n'est pas claire et les circonstances entourant les accidents cardiaques chez les jeunes sujets non-athlètes ayant des maladies cardiaques ne sont pas connues.

### **Adultes**

Murray et al. (43) ont observé 5 accidents cardiovasculaires parmi 168,111 patient-heures d'exercice supervisé en réadaptation cardiaque, le matin (3.0 accidents par 100,000 patient-heures) et 2 accidents pendant 84,491 patient-heures d'exercice, en après-midi (2.4 accidents par 100,000 patient-heures). Cette différence n'était pas significative, mais les conclusions sont limitées par le faible nombre de sujets et d'accidents observés. Aussi, Franklin et al. (37) ont rapporté que la période du jour avait peu ou pas d'influence sur le taux de complications cardiovasculaires dans les programmes de réadaptation cardiaque basés sur l'exercice. Étant donné les bénéfices de l'exercice pour réduire les accidents cardiovasculaires et le faible taux d'accidents associés à l'exercice, il est probablement plus important que les individus fassent de l'exercice régulièrement, à un moment du jour convenable, plutôt qu'à un moment spécifique.

### **Activités à risque élevé**

Peu d'études systématiques ont identifié des activités à haut risque, à cause du faible nombre d'accidents associés à l'exercice cardiovasculaires. En général, le risque de toute activité physique intense résulterait d'une interaction de l'exercice et de la condition physique de l'individu; des tâches physiques identiques génèrent une plus faible demande cardiaque chez les

sujets en bonne condition physique que chez les personnes en moins bonne condition physique. Aussi, le pelletage de neige est souvent associé à une plus grande fréquence d'accidents cardiovasculaires (44,45). Ceci probablement parce qu'il amène un double produit ( $F_c \times$  pression systolique) supérieur au test à l'effort sur tapis roulant (46) et que c'est une activité physique souvent réalisée par nécessité, par des individus en faible condition physique. De plus, certains patients cardiaques développent de l'angine à un plus faible double produit, suggérant une réponse vasoconstrictrice coronaire, lors d'un exercice en ambiance froide (47).

## **STRATÉGIES POUR RÉDUIRE LES ACCIDENTS CARDIOVASCULAIRES ASSOCIÉS À L'EXERCICE**

Aucune stratégie n'a été adéquatement étudiée pour évaluer sa capacité à réduire les accidents cardiovasculaires aigus associés à l'exercice. Les médecins ne devraient pas surestimer les risques de l'exercice parce que les bénéfices de l'activité physique habituelle dépassent substantiellement les risques. À partir d'études observationnelles (4), il semble qu'une des défenses les plus importantes contre les accidents cardiovasculaires associés à l'exercice chez l'adulte serait de maintenir la condition physique à l'aide de l'activité physique régulière. Ceci s'expliquerait parce qu'un nombre disproportionné d'accidents se produit à l'exercice chez des individus en moins bonne condition physique réalisant des activités physiques inhabituellement intenses (5,6,32). Plusieurs stratégies pour réduire les accidents semblent prudentes même ceci reste à être démontré. Cela inclut les stratégies suivantes: dépistage pré participation, exclusion des patients à risque élevé de certaines activités, rapport et évaluation des symptômes prodromiques, préparation du personnel et des installations pour les urgences cardiovasculaires, et recommandation prudente de programmes d'exercices. Chacun de ces points est discuté plus loin dans le texte.

### **Dépistage pré participation**

#### **Jeunes athlètes**

L'American Heart Association (AHA) recommande un dépistage cardiovasculaire pour les athlètes du secondaire et du post-secondaire, avant une participation sportive à tous les 2 à 4 ans (48,49). L'examen doit comprendre une histoire personnelle et familiale et un examen physique visant à détecter les conditions associées aux accidents se présentant à l'exercice (48). L'AHA ne recommande pas de tests additionnels non invasifs comme par exemple un ECG de routine. L'omission de tests de routine non-invasifs est controversée par l'Étude du *Group on Sports Cardiology of the European Society of Cardiology* qui a recommandé un ECG de routine chez tous les athlètes, dans leur évaluation préparticipation (50). Les recommandations européennes sont basées sur une étude observationnelle réalisée en Vénétie (Italie) (51). L'Italie a obligé le dépistage préparticipation chez les athlètes, incluant un ECG. Depuis 1982, l'incidence annuelle de mort subite chez les athlètes de 12 à 35 ans a diminué de 89% avec le dépistage et est passé de 3,6 à 0,4 décès par 100 000 athlètes. Par contre, il n'y a pas de changement du taux de décès chez les non athlètes. Ceci suggère que le dépistage est responsable de cette diminution. Ces résultats fournissent la meilleure évidence jusqu'à maintenant pour supporter le dépistage pré participation chez les athlètes, mais ils comportent cependant des limitations (52). En effet, l'étude n'a pas comparé directement le dépistage versus le non-dépistage chez des athlètes, elle est plutôt une étude observationnelle et populationnelle. D'autres changements dans la gestion des athlètes pourraient avoir contribué à améliorer le taux de décès. De plus, l'étude n'a pas directement comparé le dépistage réalisé avec ou sans ECG. Finalement, il pourrait y avoir une petite

différence entre la population dépistée et celle de comparaison parce que les athlètes ont été examinés au Centre de Médecine Sportive de Padoue, alors que la population de comparaison venait de sujets de la grande région de la Vénétie.

### **Adultes en santé**

Même si aucune donnée d'essais contrôlés n'est disponible pour guider dans l'utilisation des tests à l'effort, chez des adultes asymptomatiques sans maladies coronariennes connues ou suspectées avant le début d'un programme d'exercices physiques, les groupes de rédaction des lignes directrices de l'*American College of Cardiology (ACC)/AHA*, sur les tests à l'effort (53) et de l'*American College of Sports Medicine (ACSM)* (54), ont abordé cette importante question par consensus. Même si chaque groupe fournit différentes recommandations spécifiques (voir Tableau 4), le thème principal de ces recommandations est unifié et clair: les individus qui semblent être à risque plus élevé d'avoir une maladie coronarienne sous-jacente doivent être considérés pour un test à l'effort avant de commencer un programme d'entraînement avec exercices intenses ( $\geq 60\%$   $VO_2$  de réserve) (où la  $VO_2$  de réserve = pourcentage de l'intensité X [ $VO_2$  peak -  $VO_2$  de repos] +  $VO_2$  de repos). Il est particulièrement évident que chacun des groupes recommande un test à l'effort avant le programme d'entraînement pour les patients souffrant de diabète. Par contre, le *US Preventive Services Task Force (USPSTF)* indique qu'insuffisamment d'évidences existent pour déterminer les bénéfices et risques d'un test à l'effort préalable à un programme d'exercice (55). La limitation majeure des tests à l'effort avec un résultat "positif" serait qu'ils requièrent la présence d'une lésion limitant le débit coronaire. Par contre, la plupart des accidents cardiaques aigus chez des sujets précédemment asymptomatiques sont causés par un dommage à une plaque athéromateuse vulnérable. Conséquemment, un test à l'effort avec ou sans imagerie peut être normal malgré la présence d'une plaque coronaire susceptible de rupture. Cela implique que le professionnel de la santé évalue le profil complet des risques d'athérosclérose chez un patient, avant de l'aviser sur la faisabilité d'un programme d'exercices intenses.

### **Exclusion des sujets à risque élevé**

Un dépistage cardiovasculaire nécessite une stratégie afin d'exclure les sujets à haut risques d'une participation à l'exercice et à des sports intenses. Autant l'*ACC/AHA* (53) que l'*ACSM* (54) recommandent un test à l'effort avant un entraînement physique intense, pour des personnes ayant une maladie cardiovasculaire connue. Les lignes directrices pour déterminer l'éligibilité au sport de compétition chez les enfants et adultes ont été présentées lors de la 36th Bethesda Conference sur ce sujet (56). Ces lignes directrices traitent spécifiquement de la compétition sportive et peuvent être extrapolées pour recommander ou restreindre l'exercice intense chez les patients diagnostiqués comme ayant une maladie cardiaque.

### **Rapporter et évaluer les possibles symptômes prodromiques**

De nombreuses études suggèrent que plusieurs individus ayant subi des accidents cardiovasculaires associés à l'exercice avaient présenté des symptômes prodromiques ignorés de la victime ou des médecins. Sur 134 jeunes athlètes compétitifs morts subitement, 121 (90%) sont morts durant ou immédiatement après un effort, 24 (18%) avaient expérimenté de probables symptômes cardiaques lors des 36 mois précédant le décès (9). De même, chez les adultes décédés

**TABLEAU 4.** Recommandations de l'ACC/AHA, de l'ACSM, et du USPSTF concernant les tests à l'effort avant un programme d'exercice.

ACC/AHA	ACSM	USPSTF
<p>Personnes asymptomatiques souffrant de diabète voulant faire de l'exercice intense (catégorie IIa)</p> <p>Hommes asymptomatiques &gt;45 ans et femmes &gt; 55 ans qui veulent démarrer un programme d'exercice intense (catégorie IIb)</p>	<p>Personnes asymptomatiques souffrant de diabète (ou autre maladie métabolique) voulant faire de l'exercice d'intensité moyenne (40% à 59% VO<sub>2</sub> de réserve) à élevée (≥ 60% VO<sub>2</sub> de réserve) et qui rencontrent le seuil de plus de 2 facteurs de risque qui veulent démarrer un programme d'exercice intense</p> <p>Hommes asymptomatiques &gt;45 ans et femmes &gt; 55 ans</p>	<p>Les recommandations sont contre un test à l'effort chez les adultes à faible risque et indiquent des évidences insuffisantes pour un test à l'effort avant l'entraînement physique</p>

La catégorie IIa de l'ACC/AHA indique que le poids des évidences et opinions est favorable en terme d'utilité et d'efficacité; la catégorie IIb indique que l'utilité et l'efficacité sont moins bien établies par les évidences et opinions. Reproduit selon Northcote et al. (57), avec l'autorisation du BMJ Publishing Group.

à l'exercice, 50% des joggeurs (13), 75% des joueurs de squash (57), et 81% des coureurs de longue distance (58) avaient ressenti de probables symptômes cardiaques avant leur décès (Tableau 5). La plupart de ces individus n'ont rapporté ces symptômes qu'à leurs proches, et rares sont ceux qui sont allés consulter un médecin. Conséquemment, il est prudent pour les adultes faisant de l'exercice de connaître la nature des symptômes cardiaques prodromiques et de reconnaître le besoin d'une attention médicale rapide. De plus, les médecins doivent évaluer avec soin les possibles symptômes cardiaques chez les individus physiquement actifs. Autant les patients que les médecins pourraient ignorer ou ne pas évaluer adéquatement les symptômes chez les individus actifs. Cela serait causé par la perception erronée que de hauts niveaux de condition physique protégeraient contre les maladies cardiaques, plutôt que de les réduire.

### **Préparation du personnel et des installations d'exercice pour les urgences cardiovasculaires**

Le taux de décès par accidents cardiovasculaires associés à l'exercice pourrait être réduit si les installations étaient adéquates et que le personnel impliqué dans les programmes d'exercices était préparé à maîtriser les urgences cardiaques. L'AHA a recommandé que les entraîneurs et soigneurs s'occupant des athlètes du secondaire et universitaires soient formés en réanimation cardio-pulmonaire (48). L'AHA et l'ACSM recommandent que les participants dans les centres de condition physique soient dépistés pour les maladies cardiaques avec un questionnaire conçu spécifiquement (59) et que le personnel de ces centres soit entraîné pour gérer les urgences cardiovasculaires. Ces organisations ont fortement encouragé les centres de conditionnement physique à rendre disponible des défibrillateurs externes automatiques pour les urgences cardiaques (60). L'AHA et l'ACSM ont développé un questionnaire de dépistage préparticipation pour les centres de conditionnement physique et de santé pour identifier les individus à risque lors de l'exercice (59).

**Tableau 5.** Symptômes prodromiques rapportés par 45 sujets, 1 semaine avant leur mort subite.

Symptôme	Rapports (n=)
Douleur thoracique/angine	15
Augmentation de la fatigue	12
Indigestion/brûlements d'estomac/ symptômes gastro-intestinaux	10
Dyspnée excessive	6
Douleur aux oreilles et au cou	5
Malaise vague	5
Infections des voies respiratoires supérieures	4
Étourdissements/palpitations	3
Mal de tête grave	2

Adapté de Northcote et al. (57).

Néanmoins, un sondage réalisé dans 65 clubs de santé en Ohio révèle que 28% des clubs n'utilisent même pas de dépistage cardiaque à l'entrée, la plupart n'avait pas de plan d'urgence écrit, plus de 90% ne faisaient même pas de pratiques d'urgence, et seulement 3% avaient un défibrillateur externe automatique (61).

Même s'il n'est pas clair si ces observations peuvent être généralisées à ce type de clubs partout ailleurs, les résultats suggèrent qu'il existe un écart significatif entre les recommandations nationales et les pratiques. Au minimum, il serait prudent pour les centres de conditionnement physique de faire un dépistage cardio-vasculaire à l'entrée, de mettre par écrit un plan d'urgence, de faire des pratiques d'urgence et de réanimation cardio-pulmonaire de façon régulière, de rendre disponible un ou des défibrillateurs externes automatiques pour usage immédiat par le personnel formé (59) et de mettre sur pied une ligne privilégiée pour contacter les services d'urgences.

### **Recommander des programmes d'exercice sécuritaires**

Des adultes qui semblent en bonne santé et sans maladies cardiaques doivent être encouragés à développer un programme d'exercices progressifs. Parce que les individus en moins bonne condition physique sont les plus à risque d'accidents cardiovasculaires associés à l'exercice, un programme progressif d'exercice devrait en théorie augmenter la condition physique et aider à réduire les accidents aigus dus à la maladie coronarienne, sans risques excessifs. On doit aussi conseiller aux patients ayant une maladie cardiaque d'inclure au moins 5 minutes d'échauffement et de retour au calme dans leur séance d'exercice, pour réduire la probabilité d'induire une ischémie cardiaque causée par un effort physique intense (62,63) et pour éviter la diminution du volume sanguin central qui se produit lors d'un arrêt brusque de l'activité physique. Les patients ayant une maladie cardiovasculaire intéressés à participer à des sports compétitifs doivent être évalués et avisés en fonction des lignes directrices de la 36th Bethesda Conference (56). Les individus physiquement inactifs et les patients ayant une maladie cardiovasculaire connue doivent éviter un exercice astreignant et inhabituel dans des conditions environnementales chaudes ou froides. Des exercices intenses au froid comme le pelletage de neige ont été régulièrement associés

à des accidents cardiovasculaires aigus (44,45,64). Les environnements chauds et humides requièrent une réponse plus élevée de la fréquence cardiaque afin de maîtriser la charge thermique élevée (65). De plus, la haute altitude réduit la disponibilité en oxygène et augmente les réponses cardiorespiratoires et hémodynamiques à une charge de travail sous-maximale donnée, augmentant ainsi la demande cardiaque. Les individus faisant de l'exercice à des altitudes de plus de 1500 m doivent limiter l'intensité de leur exercice jusqu'à ce qu'ils soient acclimatés (54,66).

## SOMMAIRE

Peu d'études avec une puissance statistique suffisante, et pas assez d'essais contrôlés randomisés ont évalué la contribution de l'entraînement physique à la réduction des accidents associés à la maladie coronarienne. Néanmoins, une variété d'évidences épidémiologiques, fondamentales, et cliniques suggère que l'activité physique régulière diminue le risque d'accidents coronariens fatals et non fatals et que les bienfaits de l'activité physique régulière dépassent ces risques. Conséquemment, l'activité physique doit être encouragée pour la plupart des individus selon les recommandations des Centers for Disease Control and Prevention et de l'ACSM pour plus de 30 minutes d'activité physique à intensité moyenne comme la marche rapide, la plupart et préférablement tous les jours de la semaine (67,68). L'exercice intense, par contre, augmente de façon transitoire le risque d'infarctus aigu du myocarde et de mort subite cardiaque, même chez les individus en bonne condition physique. Aussi, plusieurs stratégies sont recommandées pour potentiellement réduire ce risque:

- Les professionnels de soins de santé doivent connaître les conditions pathologiques associées aux accidents survenant à l'exercice, afin que les enfants et les adultes physiquement actifs soient adéquatement évalués.
- Les individus actifs doivent connaître la nature des symptômes prodromiques cardiaques et obtenir promptement des soins médicaux, si de tels symptômes se développent.
- Les athlètes du secondaire et universitaires (12 ans et plus) devraient subir un dépistage préparticipation par des professionnels qualifiés (49,69).
- Les athlètes avec une maladie cardiaque connue doivent être évalués pour la compétition selon les lignes directrices publiées (56).
- Les centres de conditionnement physique et de santé doivent s'assurer que leur personnel est formé pour gérer les urgences cardiaques, qu'ils ont un plan d'urgence, et qu'ils possèdent l'équipement approprié pour la réanimation.
- Les individus actifs doivent modifier leur programme d'exercices en réponse aux variations de leur capacité d'exercice, de leur niveau d'activité habituel et des conditions environnementales.

Même si ces interventions n'ont pas toutes été rigoureusement évaluées et documentées pour être reconnues comme pouvant réduire les accidents cardiovasculaires associés à l'exercice, elles semblent raisonnables, considérant la compréhension actuelle des risques et bénéfices de l'exercice.

**Divulgence de conflit d'intérêt du Groupe de rédaction et des examinateurs externes**

*L'American Heart Association* fait tout ce qui est possible pour éviter tout conflit d'intérêt potentiel ou réel qui pourrait survenir à cause d'une relation externe, personnelle, professionnelle, ou d'affaire d'un des membres du groupe de rédaction. Spécifiquement, tous les membres du groupe de rédaction ont complété et soumis un questionnaire de divulgation montrant les relations qui pourraient être perçues comme un conflit d'intérêt potentiel ou réel. On peut consulter les résultats des questionnaires sur la version anglaise du présent document:

<http://www.acsm-msse.org/pt/pt-core/template-journal/msse/media/0507.pdf>

## REFERENCES

1. POWELL, K. E., P. D. THOMPSON, C. J. CASPERSEN, & J. S. KENDRICK. Physical activity and the incidence of coronary heart disease. *Annu. Rev. Public Health* 8:253–287, 1987.
2. FLETCHER, G. F., G. BALADY, S. N. BLAIR, J. BLUMENTHAL, C. CASPERSEN, B. CHAITMAN, S. EPSTEIN, E. S. SIVARAJAN FROELICHER, V. F. FROELICHER, I. L. PINA, & M. L. POLLOCK. Statement on exercise: benefits and recommendations for physical activity programs for all Americans: a statement for health professionals by the Committee on Exercise and Cardiac Rehabilitation of the Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. *Circulation* 94:857–862, 1996.
3. LEE, I. M., & R. S. PAFFENBARGER JR. The role of physical activity in the prevention of coronary artery disease. In: *Exercise and Sports Cardiology*, P. D. Thompson. New York, NY: McGraw-Hill, 2001.
4. THOMPSON, P. D., D. BUCHNER, I. L. PINA, G. J. BALADY, M. A. WILLIAMS, B. H. MARCUS, K. BERRA, S. N. BLAIR, F. COSTA, B. FRANKLIN, G. F. FLETCHER, N. F. GORDON, R. R. PATE, B. L., RODRIGUEZ, A. K. YANCEY, N. K. WENGER, FOR THE AMERICAN HEART ASSOCIATION COUNCIL ON CLINICAL CARDIOLOGY SUBCOMMITTEE ON EXERCISE, REHABILITATION, AND PREVENTION; AMERICAN HEART ASSOCIATION COUNCIL ON NUTRITION, PHYSICAL ACTIVITY, AND METABOLISM SUBCOMMITTEE ON PHYSICAL ACTIVITY. Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease: a statement from the Council on Clinical Cardiology (Subcommittee on Exercise, Rehabilitation, & Prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity, & Metabolism (Subcommittee on Physical Activity). *Circulation* 107:3109–3116, 2003.
5. SISCOVICK, D. S., N. S. WEISS, R. H. FLETCHER, & T. LASKY. The incidence of primary cardiac arrest during vigorous exercise. *N. Engl. J. Med.* 311:874–877, 1984.
6. GIRI, S., P. D. THOMPSON, F. J. KIERNAN, J. CLIVE, D. B. FRAM, J. F. MITCHEL, J. A. HIRST, R. G. MCKAY, & D. D. WATERS. Clinical and angiographic characteristics of exertion-related acute myocardial infarction. *JAMA* 282:1731–1736, 1999.
7. ALBERT, C. M., M. A. MITTLEMAN, C. U. CHAE, I. M. LEE, C. H. HENNEKENS, & J. E. MANSON. Triggering of sudden death from cardiac causes by vigorous exertion. *N. Engl. J. Med.* 343: 1355–1361, 2000.
8. VAN CAMP, S. P., C. M. BLOOR, F. O. MUELLER, R. C. CANTU, & H. G. OLSON. Nontraumatic sports death in high school and college athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:641–647, 1995.
9. MARON, B. J., J. SHIRANI, L. C. POLIAC, R. MATHENGE, W. C. ROBERTS, & F. O. MUELLER. Sudden death in young competitive athletes: clinical, demographic, & pathological profiles. *JAMA* 276:199–204, 1996.
10. CORRADO, D., G. THIENE, A. NAVA, L. ROSSI, & N. PENNELLI. Sudden death in young competitive athletes: clinicopathologic correlations in 22 cases. *Am. J. Med.* 89:588–596, 1990.
11. ISKANDAR, E. G., & P. D. THOMPSON. Exercise-related sudden death due to an unusual coronary artery anomaly. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36:180–182, 2004.
12. VIRMANI, R., P. K. CHUN, R. E. GOLDSTEIN, M. ROBINOWITZ, & H. A. MCALLISTER. Acute takeoffs of the coronary arteries along the aortic wall and congenital coronary ostial valve-like ridges: association with sudden death. *J. Am. Coll. Cardiol.* 3:766–771, 1984.
13. THOMPSON, P. D., M. P. STERN, P. WILLIAMS, K. DUNCAN, W. L. HASKELL, & P. D. WOOD. Death during jogging or running: a study of 18 cases. *JAMA* 242:1265–1267, 1979.
14. BURKE, A. P., A. FARB, G. T. MALCOM, Y. LIANG, J. E. SMIALEK, & R. VIRMANI. Plaque rupture and sudden death related to exertion in men with coronary artery disease. *JAMA* 281: 921–926, 1999.

15. BLACK, A., M. M. BLACK, & G. GENSINI. Exertion and acute coronary artery injury. *Angiology* 26:759–783, 1975.
16. THOMPSON, P. D. The cardiovascular risks of exercise. In: *Exercise and Sports Cardiology*, P. D. Thompson. New York, NY: McGraw-Hill, 2001.
17. GORDON, J. B., P. GANZ, E. G. NABEL, R. D. FISH, J. ZEBEDE, G. H. MUDGE, R. W. ALEXANDER, & A. P. SELWYN. Atherosclerosis influences the vasomotor response of epicardial coronary arteries to exercise. *J. Clin. Invest.* 83:1946–1952, 1989.
18. DAVIES, M. J., J. M. BLAND, J. R. HANGARTNER, A. ANGELINI, & A. C. THOMAS. Factors influencing the presence or absence of acute coronary artery thrombi in sudden ischaemic death. *Eur. Heart J.* 10:203–208, 1989.
19. KESTIN, A. S., P. A. ELLIS, M. R. BARNARD, A. ERRICETTI, B. A. ROSNER, & A. D. MICHELSON. Effect of strenuous exercise on platelet activation state and reactivity. *Circulation* 88(pt 1): 1502–1511, 1993.
20. LI, N., N. H. WALLEN, & P. HJEMDAHL. Evidence for prothrombotic effects of exercise and limited protection by aspirin. *Circulation* 100:1374–1379, 1999.
21. ROWELL, L. B. *Human Circulation: Regulation During Physical Stress*, New York, NY: Oxford University Press, 1986.
22. COBB, L. A., & W. D. WEAVER. Exercise: a risk for sudden death in patients with coronary heart disease. *J. Am. Coll. Cardiol.* 7:215–219, 1986.
23. HOBERG, E., G. SCHULER, B. KUNZE, A. L. OBERMOSER, K. HAUER, H. P. MAUTNER, G. SCHLIERF, & W. KUBLER. Silent myocardial ischemia as a potential link between lack of premonitoring symptoms and increased risk of cardiac arrest during physical stress. *Am. J. Cardiol.* 65:583–589, 1990.
24. SEJERSTED, O. M., & G. SJOGAARD. Dynamics and consequences of potassium shifts in skeletal muscle and heart during exercise. *Physiol. Rev.* 80:1411–1481, 2000.
25. CORRADO, D., C. BASSO, G. RIZZOLI, M. SCHIAVON, & G. THIENE. Does sports activity enhance the risk of sudden death in adolescents and young adults? *J. Am. Coll. Cardiol.* 42:1959–1963, 2003.
26. MALINOW, M., D. MCGARRY, & K. KUEHL. Is exercise testing indicated for asymptomatic active people? *J. Cardiac. Rehabilitation* 4:376–379, 1984.
27. VANDER, L., B. FRANKLIN, & M. RUBENFIRE. Cardiovascular complications of recreational physical activity. *Phys. Sportsmed.* 10:89–90, 1982.
28. GIBBONS, L. W., K. H. COOPER, B. M. MEYER, & R. C. ELLISON. The acute cardiac risk of strenuous exercise. *JAMA* 244: 1799–1801, 1980.
29. THOMPSON, P. D., E. J. FUNK, R. A. CARLETON, & W. Q. STURNER. Incidence of death during jogging in Rhode Island from 1975 through 1980. *JAMA* 247:2535–2538, 1982.
30. FRANKLIN, B. A., J. M. CONVISER, B. STEWART, J. LASCH, & G. C. TIMMIS. Sporadic exercise: a trigger for acute cardiovascular events? *Circulation* 102:II-612, 2005. Abstract.
31. WILLICH, S. N., M. LEWIS, H. LOWEL, H. R. ARNTZ, F. SCHUBERT, & R. SCHRODER. Physical exertion as a trigger of acute myocardial infarction: Triggers and Mechanisms of Myocardial Infarction Study Group. *N. Engl. J. Med.* 329:1684–1690, 1993.
32. MITTLEMAN, M. A., M. MACLURE, G. H. TOFLER, J. B. SHERWOOD, R. J. GOLDBERG, & J. E. MULLER. Triggering of acute myocardial infarction by heavy physical exertion: protection against triggering by

regular exertion: Determinants of Myocardial Infarction Onset Study Investigators. *N. Engl. J. Med.* 329:1677–1683, 1993.

33. SISCOVICK, D. S., L. G. EKELUND, J. L. JOHNSON, Y. TRUONG, & A. ADLER. Sensitivity of exercise electrocardiography for acute cardiac events during moderate and strenuous physical activity: the Lipid Research Clinics Coronary Primary Prevention Trial. *Arch. Intern. Med.* 151:325–330, 1991.

34. HASKELL, W. L. Cardiovascular complications during exercise training of cardiac patients. *Circulation* 57:920–924, 1978.

35. VAN CAMP, S. P., & R. A. PETERSON. Cardiovascular complications of outpatient cardiac rehabilitation programs. *JAMA* 256:1160–1163, 1986.

36. DIGENIO, A. G., J. G. SIM, R. J. DOWDESWELL, & R. MORRIS. Exercise-related cardiac arrest in cardiac rehabilitation: the Johannesburg experience. *S. Afr. Med. J.* 79:188–191, 1991.

37. FRANKLIN, B. A., K. BONZHEIM, S. GORDON, & G. C. TIMMIS. Safety of medically supervised outpatient cardiac rehabilitation exercise therapy: a 16-year follow-up. *Chest* 114:902–906, 1998.

38. VONGVANICH, P., M. J. PAUL-LABRADOR, & C. N. MERZ. Safety of medically supervised exercise in a cardiac rehabilitation center. *Am. J. Cardiol.* 77:1383–1385, 1996.

39. PELLICCIA, A., & B. J. MARON. Preparticipation cardiovascular evaluation of the competitive athlete: perspectives from the 30-year Italian experience. *Am. J. Cardiol.* 75:827–829, 1995.

40. HALLQVIST, J., J. MOLLER, A. AHLBOM, F. DIDERICHCSEN, C. REUTERWALL, & U. DE FAIRE. Does heavy physical exertion trigger myocardial infarction? A case-crossover analysis nested in a population-based case-referent study. *Am. J. Epidemiol.* 151:459–467, 2000.

41. MITTLEMAN, M. A. Trigger of acute cardiac events: new insights. *Am. J. Med. Sports* 4:99–102, 2005.

42. MARON, B. J., J. KOGAN, M. A. PROSCHAN, G. M. HECHT, & W. C. ROBERTS. Circadian variability in the occurrence of sudden cardiac death in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *J. Am. Coll. Cardiol.* 23:1405–1409, 1994.

43. MURRAY, P. M., D. M. HERRINGTON, C. W. PETTUS, H. S. MILLER, J. D. CANTWELL, & W. C. LITTLE. Should patients with heart disease exercise in the morning or afternoon? *Arch. Intern. Med.* 153:833–836, 1993.

44. FAICH, G., & R. ROSE. Blizzard morbidity and mortality: Rhode Island, 1978. *Am. J. Public Health* 69:1050–1052, 1979.

45. HAMMOUDEH, A. J., & J. I. HAFT. Coronary-plaque rupture in acute coronary syndromes triggered by snow shoveling. *N. Engl. J. Med.* 335:2001, 1996.

46. FRANKLIN, B. A., P. HOGAN, K. BONZHEIM, D. BAKALYAR, E. TERRIEN, S. GORDON, & G. C. TIMMIS. Cardiac demands of heavy snow shoveling. *JAMA* 273:880–882, 1995.

47. JUNEAU, M., M. JOHNSTONE, E. DEMPSEY, & D. D. WATERS. Exercise-induced myocardial ischemia in a cold environment: effect of antianginal medications. *Circulation* 79:1015–1020, 1989.

48. MARON, B. J., P. D. THOMPSON, J. C. PUFFER, C. A. MCGREW, W. B. STRONG, P. S. DOUGLAS, L. T. CLARK, M. J. MITTEN, M. H. CRAWFORD, D. L. ATKINS, D. J. DRISCOLL, & A. E. EPSTEIN. Cardiovascular preparticipation screening of competitive athletes: a statement for health professionals from the Sudden Death Committee (Clinical Cardiology) and Congenital Cardiac Defects Committee (Cardiovascular Disease in the Young), American Heart Association. *Circulation* 94:850–856, 1996.

49. MARON, B. J., P. D. THOMPSON, J. C. PUFFER, C. A. MCGREW, W. B. STRONG, P. S. DOUGLAS, L. T. CLARK, M. J. MITTEN, M. D. CRAWFORD, D. L. ATKINS, D. J. DRISCOLL, & A. E. EPSTEIN. Cardiovascular preparticipation screening of competitive athletes: addendum: an addendum to a statement for health professionals from the Sudden Death Committee (Council on Clinical Cardiology) and the Congenital Cardiac Defects Committee (Council on Cardiovascular Disease in the Young), American Heart Association. *Circulation* 97:2294, 1998.
50. CORRADO, D., A. PELLICCIA, H. H. BJORNSTAD, L. VANHEES, A. BIFFI, M. BORJESSON, N. PANHUYZEN-GOEDKOOP, A. DELIGIANNIS, E. SOLBERG, D. DUGMORE, K. P. MELLWIG, D. ASSANELLI, P. DELISE, F. VAN BUUREN, A. ANASTASAKIS, H. HEIDBUHEL, E. HOFFMANN, R. FAGARD, S. G. PRIORI, C. BASSO, E. ARBUSTINI, C. BLOMSTROMLUNDQVIST, W. J. MCKENNA, G. THIENE, FOR THE STUDY GROUP OF SPORT CARDIOLOGY OF THE WORKING GROUP OF CARDIAC REHABILITATION AND EXERCISE PHYSIOLOGY AND THE WORKING GROUP OF MYOCARDIAL AND PERICARDIAL DISEASES OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY. Cardiovascular pre-participation screening of young competitive athletes for prevention of sudden death: proposal for a common European protocol: consensus statement of the Study Group of Sport Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology. *Eur. Heart J.* 26:516–524, 2005.
51. CORRADO, D., C. BASSO, A. PAVEI, P. MICHIELI, M. SCHIAVON, & G. THIENE. Trends in sudden cardiovascular death in young competitive athletes after implementation of a preparticipation screening program. *JAMA* 296:1593–1601, 2006.
52. THOMPSON, P. D., & B. D. LEVINE. Protecting athletes from sudden cardiac death. *JAMA* 296:1648–1650, 2006.
53. GIBBONS R. J., G. J. BALADY, J. T. BRICKER, B. R. CHAITMAN, G. F. FLETCHER, V. F. FROELICHER, D. B. MARK, B. D. MCCALLISTER, A. N. MOOSS, M. G. O'REILLY, W. L. WINTERS JR, E. M. ANTMAN, J. S. ALPERT, D. P. FAXON, V. FUSTER, G. GREGORATOS, L. F. HIRATZKA, A. K. JACOBS, R. O. RUSSELL, S. C. SMITH Jr. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Exercise Testing). Available at: <http://www.acc.org/clinical/guidelines/exercise/dirIndex.htm>. Accessed May 23, 2005.
54. AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 7th ed, Baltimore, Md: Lippincott Williams & Wilkins, 2005.
55. US PREVENTIVE SERVICES TASK FORCE. Screening for coronary heart disease: recommendation statement. *Ann. Intern. Med.* 140:569–572, 2004.
56. MARON, B. J., & D. P. ZIPES. 36th Bethesda Conference: eligibility recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities. *J. Am. Coll. Cardiol.* 45:2–64, 2005.
57. NORTHCOTE, R. J., C. FLANNIGAN, & D. BALLANTYNE. Sudden death and vigorous exercise: a study of 60 deaths associated with squash. *Br. Heart J.* 55:198–203, 1986.
58. NOAKES, T. D., L. H. OPIE, & A. G. ROSE. Marathon running and immunity to coronary heart disease: fact versus fiction. In: Symposium on Cardiac Rehabilitation, B. A. Franklin and M. Rubenfire. Philadelphia, Pa: WB Saunders, 1984.
59. BALADY, G. J., B. CHAITMAN, D. DRISCOLL, C. FOSTER, E. FROELICHER, N. GORDON, R. PATE, J. RIPPE, & T. BAZZARRE. Recommendations for cardiovascular screening, staffing, & emergency policies at health/fitness facilities. *Circulation* 97:2283–2293, 1998.
60. BALADY, G. J., B. CHAITMAN, C. FOSTER, E. FROELICHER, N. GORDON, S. VAN CAMP, FOR THE AMERICAN HEART ASSOCIATION AND AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Automated external defibrillators in health/fitness facilities: supplement to the AHA/ACSM Recommendations for Cardiovascular Screening, Staffing, & Emergency Policies at Health/Fitness Facilities. *Circulation* 105:1147–1150, 2002.

61. MCINNIS, K., W. HERBERT, D. HERBERT, J. HERBERT, P. RIBISL, & B. FRANKLIN. Low compliance with national standards for cardiovascular emergency preparedness at health clubs. *Chest* 120:283–288, 2001.
62. BARNARD, R. J., G. W. GARDNER, N. V. DIACO, R. N. MACALPIN, & A. A. KATTUS. Cardiovascular responses to sudden strenuous exercise: heart rate, blood pressure, & ECG. *J. Appl. Physiol.* 34:833–837, 1973.
63. BARNARD, R. J., R. MACALPIN, A. A. KATTUS, & G. D. BUCKBERG. Ischemic response to sudden strenuous exercise in healthy men. *Circulation* 48:936–942, 1973.
64. GLASS, R. I., & M. M. ZACK Jr. Increase in deaths from ischaemic heart-disease after blizzards. *Lancet* 1:485–487, 1979.
65. PANDOLF, K. B., E. CAFARELLI, B. J. NOBLE, & K. F. METZ. Hyperthermia: effect on exercise prescription. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 56:524–526, 1975.
66. LEVINE, B. D., J. H. ZUCKERMAN, & C. R. DEFILIPPI. Effect of high-altitude exposure in the elderly: the Tenth Mountain Division study. *Circulation* 96:1224–1232, 1997.
67. PATE, R. R., M. PRATT, S. N. BLAIR, W. L. HASKELL, C. A. MACERA, C. BOUCHARD, D. BUCHNER, W. ETTINGER, G. W. HEATH, A. C. KING, A. KRISKA, A. S. LEON, B. H. MARCUS, J. MORRIS, R. S. PAFFENBARGER, K. PATRICK, M. L. POLLOCK, J. M. RIPPE, J. SALLIS, & J. H. WILMORE. Physical activity and public health: a recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 273:402–407, 1995.
68. MOSCA, L., L. J. APPEL, E. J. BENJAMIN, K. BERRA, N. CHANDRASTROBOS, R. P. FABUNMI, D. GRADY, C. K. HAAN, S. N. HAYES, D. R. JUDELSON, N. L. KEENAN, P. MCBRIDE, S. OPARIL, P. OUYANG, M. C. OZ, M. E. MENDELSON, R. C. PASTERNAK, V. W. PINN, R. M. ROBERTSON, K. SCHENCK-GUSTAFSSON, C. A. SILA, S. C. SMITH Jr, G. SOPKO, A. L. TAYLOR, B. W. WALSH, N. K. WENGER, C. L. WILLIAMS, FOR THE AMERICAN HEART ASSOCIATION. Evidence-based guidelines for cardiovascular disease prevention in women. *Circulation* 109:672–693, 2004.
69. MARON, B. J., J. M. GARDIN, J. M. FLACK, S. S. GIDDING, T. T. KUROSAKI, & D. E. BILD. Prevalence of hypertrophic cardiomyopathy in a general population of young adults: echocardiographic analysis of 4111 subjects in the CARDIA Study: Coronary Artery Risk Development in (Young) Adults. *Circulation* 92:785–789, 1995.
70. FRANKLIN, B. A. The role of electrocardiographic monitoring in cardiac exercise programs. *J. Cardiopulm. Rehabil.* 3:806–810, 1983.