

Les conditions d'application des électrocardiogrammes à l'effort chez l'adulte

Comité « ad hoc » d'experts de l'Association des Cardiologues du Québec
Paul Poirier MD, PhD ¹, Martin Juneau MPs, MD ²,

Comité de première lecture : Membres du CA de l'Association des Cardiologues du Québec

Comité de deuxième lecture : Arsène Basmadjian MD, Marie Béland MD, Dominique Grandmont MD, Normand Racine MD et Gilles O'Hara MD

¹ Institut universitaire de cardiologie et de pneumologie de Québec

² Institut de cardiologie de Montréal

PRÉAMBULE

L'épreuve d'effort est un test utilisé fréquemment en cardiologie adulte. Ce test a traditionnellement été utilisé pour le dépistage et l'identification de l'ischémie myocardique depuis plus de 60 ans. L'épreuve d'effort a toutefois beaucoup évolué depuis; elle s'est orienté de plus en plus sur l'évaluation du risque cardiovasculaire global, et non seulement la détection de la présence de maladie coronarienne cliniquement significative. Historiquement, les épreuves d'effort étaient directement supervisées par les médecins dans plus de 90 % du temps. Cependant, depuis les dernières années, les contraintes de disponibilité des médecins ont encouragé l'utilisation d'infirmières spécialement formées, d'infirmières praticiennes, de physiologistes de l'exercice clinique, de techniciens spécialisés, d'assistants médicaux et de physiothérapeutes pour administrer ou superviser les épreuves d'effort chez des sujets sélectionnés, avec un médecin compétent immédiatement disponible pour l'évaluation du patient ou pour les situations d'urgence pouvant survenir. Étant donné la spécificité propre de l'enfant, ce document exclut les conditions d'application des épreuves d'effort en pédiatrie.

Les indications principales pour effectuer une épreuve d'effort sont:

- 1) Détection de coronaropathie chez les patients avec douleur thoracique ou équivalent de symptômes angineux (diagnostic),
- 2) Évaluation de la capacité fonctionnelle et du pronostic de patients avec maladie coronarienne connue,
- 3) Prédiction d'événements cardiovasculaires et de décès toutes causes (pronostic),
- 4) Évaluation de la tolérance à l'effort,
- 5) Évaluation des symptômes liés à l'exercice,
- 6) Évaluation de la compétence chronotrope, des arythmies, de la fréquence cardiaque et de la tension artérielle à l'effort,
- 7) Évaluation de la compétence chronotrope, des arythmies et de la fréquence cardiaque à l'effort suite à l'implantation d'un cardio-stimulateur,
- 8) Évaluation de la capacité fonctionnelle et la réponse à différentes interventions médicales (généralement chez des patients avec maladie coronarienne ou insuffisance cardiaque),

- 9) Évaluation de sujets asymptomatiques > 40 ans avec occupation spéciale (ex. pilote d'avion; conducteur d'autobus/véhicules lourds/train/taxi/plongeur de métier),
- 10) Évaluation de personnes sédentaires asymptomatiques (hommes > 45 ans, femmes > 55 ans) avec ≥ 2 facteurs de risque qui souhaitent initier un programme d'exercice intense,
- 11) Évaluation du progrès et la sécurité d'un programme de réadaptation cardiaque après un événement cardiaque ou une procédure chirurgicale,
- 12) Évaluation de la capacité fonctionnelle chez des sujets présumés sains avant d'entreprendre un programme d'exercices physiques ou de l'évolution d'un sujet suivant un programme d'entraînement physique (par exemple athlètes).

Les contre-indications absolues et relatives à l'exercice sont:

Contre-indications absolues

- 1) Infarctus aigu du myocarde < 2 jours,
- 2) Angine de poitrine instable ou angine sévère ou de repos progressive,
- 3) Arythmie cardiaque incontrôlée avec compromis hémodynamique,
- 4) Endocardite active,
- 5) Sténose aortique sévère symptomatique,
- 6) Insuffisance cardiaque décompensée,
- 7) Embolie pulmonaire aiguë, infarctus pulmonaire ou thrombose veineuse profonde récente,
- 8) Myocardite ou péricardite aiguë,
- 9) Dissection aortique aiguë,
- 10) Déficience physique limitant la sécurité du test.

Contre-indications relatives

- 1) Sténose coronarienne obstructive significative connue du tronc commun,
- 2) Sténose aortique modérée à sévère avec symptomatologie atypique,
- 3) Tachyarythmie supraventriculaire avec réponse ventriculaire non contrôlée,
- 4) Bloc AV de haut degré ou complet,
- 5) Cardiomyopathie obstructive hypertrophique avec gradient de repos élevé,
- 6) Accident vasculaire cérébral ou accident ischémique transitoire récent (6 semaines),
- 7) Déficience mentale ou maladie psychiatrique ayant une capacité limitée à coopérer,

- 8) Hypertension artérielle de repos avec la pression systolique ou diastolique > 200/110 mm Hg,
- 9) Hypotension relative (< 90 mm Hg),
- 10) Pathologies sous-jacentes non contrôlées, tels qu'une anémie importante, un déséquilibre électrolytique important et hyperthyroïdie non traitée.

Supervision de l'épreuve d'effort :

L'évaluation de l'état clinique de l'individu étudié (sujet) est le principal objectif de l'évaluation de départ avant de procéder avec l'épreuve d'effort. L'individu qui supervisera l'épreuve d'effort aura souvent à décider du protocole approprié et doit avoir les compétences pour sélectionner et reconnaître les points d'aboutissement pour mettre fin au test afin d'obtenir les informations nécessaires à des fins diagnostiques et/ou pronostiques tout en assurant la sécurité du sujet. Le superviseur doit aussi être en mesure d'identifier des conditions médicales ou des signes cliniques ou électrocardiographiques lors de l'examen pouvant compromettre le bien-être et la sécurité du sujet.

Une histoire et un examen physique dirigés sont nécessaires pour éliminer les contre-indications à l'épreuve d'effort et pour détecter les signes cliniques importants, tels qu'un souffle cardiaque ou une surcharge pulmonaire pouvant exposer le patient à des risques de complications. Par exemple, à l'histoire, les patients avec aggravation de l'angor (angine instable) ou une insuffisance cardiaque décompensée ne devraient pas effectuer de test d'effort avant que leur état ne se stabilise. L'examen physique servira à dépister une cardiopathie valvulaire ou congénitale majeure telle que la sténose aortique sévère.

Il existe des études qui suggèrent que les physiologistes ou techniciens hautement qualifiés peuvent superviser les épreuves d'effort et fournir une interprétation préliminaire adéquate de l'ECG d'effort, particulièrement pour les sujets à bas risque d'événement cardiaque. Des recommandations récentes permettent une flexibilité en ce qui concerne le personnel de supervision. Bien que les complications cardiovasculaires associées aux épreuves d'effort soient très peu fréquentes, le besoin de maintenir un haut degré de sécurité nécessite les compétences pour reconnaître et identifier les contre-indications relatives et absolues et, pour savoir quand mettre fin au test. Les superviseurs doivent être aux aguets et habilités pour intervenir dans toute situation d'urgence qui puisse survenir.

Le degré de surveillance nécessaire lors de l'épreuve d'effort est entre autre déterminé par l'état clinique du sujet évalué. Cette évaluation clinique est faite par le médecin ou le membre du personnel désigné, qui pose les questions pertinentes sur les antécédents médicaux du sujet, relève la liste de médicaments cardiovasculaires, effectue un examen physique sommaire et interprète l'ECG standard de repos effectué immédiatement avant le test. La nécessité de cette évaluation pré test (questionnaire, examen physique, évaluation de l'ECG de repos) permet de détecter des contre-indications à l'examen. La maîtrise de ces connaissances est un prérequis essentiel de la part du personnel superviseur pour établir leur compétence (en accord avec son ordre professionnel) à effectuer la supervision d'épreuves d'efforts pour œuvrer dans un contexte où il n'y a pas de médecin en supervision directe.

Pour la plupart des patients, le test peut être effectué par le personnel infirmier, un auxiliaire médical, un physiologiste de l'exercice, kinésologue ou technicien médical travaillant *soit* sous la **supervision directe du médecin sur place**, ou qui est **à proximité sur les lieux et immédiatement disponible** en cas d'urgence. L'épreuve d'effort de sujets stables et à très bas risque d'événement pourrait se faire par un personnel non médical, par exemple, certifié à titre de spécialiste clinique de l'exercice (« Clinical Exercise Specialist ») défini par des organismes reconnus comme l'American College of Sports Medicine (ACSM) ou au Canada, l'équivalent étant le certificat de physiologiste de l'exercice (« Certified Exercise Physiologist ») de la Société canadienne de physiologie de l'exercice (SCPE).

Le médecin doit être présent pour observer le sujet de façon continue lorsque l'épreuve d'effort est effectuée auprès d'un patient à plus haut risque comme :

- Antécédents récents (7-10 jours) de syndrome coronarien aigu,
- Une dysfonction ventriculaire gauche modérée ou sévère,
- Une cardiomyopathie hypertrophique ou obstructive,
- Une cardiopathie congénitale significative de l'adulte,
- Une sténose valvulaire modérée ou sévère,
- Une histoire de syncope ou pré-syncope, ou
- Des arythmies significatives connues (par exemple fibrillation auriculaire, tachycardie ventriculaire).

Un défibrillateur, ou autre équipement de survie, les médicaments et le personnel formés pour offrir et pratiquer la réanimation cardio-pulmonaire avancée doit être facilement accessibles. L'estimation de la prévalence de mort subite au cours de l'exercice a montré des taux allant de 0 à 5 par 100 000 tests (0,005 %). De

multiples études indiquent que les risques de complications nécessitant une hospitalisation (y compris les arythmies graves), infarctus aigu du myocarde ou mort subite pendant ou immédiatement après un test d'effort sont $\leq 0.2\%$, $0,04\%$, et de $0,01\%$, respectivement. Sur la base de ces études, le taux d'événements (souvent défini comme la mort ou un événement suffisamment grave pour nécessiter une hospitalisation) est généralement considéré comme étant environ 1/10 000.

Interprétation de l'épreuve d'effort

L'interprétation finale de l'épreuve d'effort revient au médecin. Il s'agira d'un médecin cardiologue, interniste ou omnipraticien avec une formation et une expérience adéquate pour superviser et interpréter les épreuves d'effort. La formation minimale pour acquérir les compétences requises, le nombre de procédures à effectuer et interpréter sous supervision et la durée de la formation varient selon l'aptitude de l'individu, sa formation connexe et la complexité de l'exposition clinique. Il est important de distinguer entre les aptitudes et compétences nécessaires à la surveillance de l'épreuve d'effort et les connaissances et compétences nécessaires pour interpréter l'ensemble de l'épreuve d'effort. L'épreuve d'effort est un test imparfait et la qualité de la formation vise autant à savoir identifier des réponses pathologiques qu'à éviter des interventions (tests ou traitements) subséquentes inutiles, coûteuses et parfois potentiellement dangereuses.

Tous les programmes de cardiologie au Canada et certains programmes de résidence en médecine interne et en médecine familiale offrent une formation en physiologie de l'exercice et épreuve d'effort. Au moins 4 semaines de formation pour les résidents de cardiologie ou de médecine interne et 8 semaines de formation en cardiologie (dont au moins 4 dédiées à l'épreuve d'effort) pour les résidents de médecine familiale devraient être consacrées à la formation pour acquérir les compétences minimales requises pour la supervision et l'interprétation de l'épreuve d'effort.

Le nombre des procédures nécessaires pour assurer une compétence minimale n'est pas clairement établi mais il est reconnu par les directeurs de programme de cardiologie québécois que le stagiaire doit participer à la supervision et interprétation d'au moins 200 épreuves d'effort pendant sa formation et être supervisé par un cardiologue dans un centre de formation reconnu par le Collège royal des médecins et chirurgiens du Canada.

Les exigences minimales recommandées pour les médecins pour administrer et interpréter les épreuves d'effort sont:

1. connaître les indications et contre-indications de l'épreuve d'effort,
2. connaître les équipements et protocoles utilisés,
3. être compétent en réanimation cardiovasculaire,
4. avoir une connaissance éprouvée de la physiologie, de l'électrocardiographie et de la pharmacologie associés à l'épreuve d'effort,
5. connaître les méthodes alternatives pour évaluer le patient,
6. 200 épreuves d'effort de sujets avec niveau varié de complexité (incluant au moins 50 cas avec maladie coronarienne ou arythmie connue ou fortement suspectée) supervisés et interprétés sous la supervision d'un médecin compétent dans le domaine.

À l'échelle québécoise, les résidents en cardiologie adulte effectuent généralement 4 semaines de stage au tapis roulant ce qui correspond aisément aux 200 tests d'effort exigés par la société européenne de cardiologie.

Maintien de la compétence

Le nombre approprié de tests que les individus devraient effectuer pour maintenir la compétence dans la supervision et l'interprétation des épreuves d'effort n'est pas clairement établi. Sur la base d'une enquête préalable de pratique des internistes généralistes et de données non publiées selon une étude de 1998 d'un comité d'experts de l'American Heart Association (AHA), il est recommandé que les médecins effectuent au moins 25 épreuves d'effort annuellement pour maintenir leurs compétences. Ce nombre minimal d'épreuves d'effort nous apparaît beaucoup trop limité et nous recommandons une expérience plus grande afin de maintenir une compétence minimale acceptable au Québec soit l'interprétation d'au moins 75 épreuves d'effort par année et de participer à au moins une activité de 3 heures de développement/formation professionnel continu en lien avec la cardiologie.

RÉPONSES SPÉCIFIQUES AUX QUESTIONS POSÉES

1- Existe-t-il des lignes directrices ou des guides qui se prononcent sur la nécessité ou non de maintenir la présence d'un médecin sur les lieux lors d'une épreuve à l'effort? De plus, ce médecin doit-il se trouver physiquement près du tapis roulant ou du patient qui effectue l'examen ou doit-il être disponible rapidement pour se déplacer sur place au besoin?

Il existe en effet des lignes directrices de multiples sociétés savantes internationales concernant la nécessité ou non de maintenir la présence d'un médecin sur les lieux lors d'une épreuve à l'effort (cf. références). Il est très important de différencier entre la **supervision** de l'épreuve d'effort qui peut se faire par différents professionnels de la santé bien qualifiés et **l'interprétation** de l'épreuve d'effort qui doit se faire par le médecin qui possède les compétences spécifiques requises. Se référer au préambule pour les tâches et responsabilités reliées à la supervision et l'interprétation des épreuves d'effort et au tableau 1, ci-dessous, pour la définition des connaissances spécifiques requises pour chacune.

En regard de la supervision des épreuves d'effort chez l'adulte, l'American Heart Association à tout récemment publié un document (« Statement paper») qui adresse spécifiquement la supervision des épreuves d'effort où 3 niveaux d'encadrement sont définis pour les épreuves d'effort diagnostiques selon le sujet (patient) et le niveau de formation ou de certification requis du superviseur de l'examen:

- 1) "Supervision personnalisée ou individualisée" qui nécessite la présence d'un médecin dans la salle même où se déroule l'examen,
- 2) "Supervision directe" qui nécessite un médecin d'être à proximité ou sur les lieux et disponible en cas d'urgence,
- 3) « Surveillance générale » qui nécessite le médecin d'être disponible par téléphone ou par téléavertisseur (pour le patient en santé ou asymptomatique et à faible risque).

Pour les niveaux 1 et 2, il s'agit de sujets pour lesquels un questionnaire et un examen physique dirigés doivent être effectués par un médecin qualifié. Il s'agit de la clientèle principale référée pour une épreuve d'effort.

Le niveau 3 correspond rarement au domaine médical mais pourrait s'appliquer à l'évaluation d'athlètes ou de jeunes sujets d'âge ≤ 40 ans à faible risque. Pour le niveau 3, un professionnel de la santé dûment certifié comme par exemple un « Clinical Exercise Specialist » de l'American College of Sports Medicine (ACSM) ou, au Canada, à titre de « Certified Exercise Physiologist » de la Société canadienne de physiologie de l'exercice (SCPE) serait apte à superviser l'épreuve d'effort sans présence requise d'un médecin sur les lieux.

Bien que l'utilisation d'autres professionnels de la santé spécialement formés et certifiés pour la **supervision** des épreuves d'effort soit une alternative rentable pour de nombreux hôpitaux et centres médicaux, cette pratique doit respecter les

règlements sur les permis d'exercice et définitions statutaires pour la pratique de la médecine du Collège des Médecins du Québec.

On rappelle que le médecin doit être présent pour observer le sujet de façon continue lorsque l'épreuve d'effort est effectuée auprès de patient à plus haut risque (voir plus haut, préambule)

TABLEAU 1 (J Am Coll Cardiol 2000; 36: 1441–53)

Connaissances requises pour accomplir avec compétence une épreuve d'effort

*I. Connaissances requises pour **superviser** les épreuves d'effort chez l'adulte*

1. Connaissance des indications appropriées de l'examen,
2. Connaissance des autres tests cardiovasculaires possibles,
3. Connaissance des contre-indications, risques et évaluation des risques des tests (sensibilité/spécificité, y compris les concepts de risque absolu et relatif),
4. Reconnaître rapidement et traiter les complications du test,
5. Compétence en réanimation cardiorespiratoire et de réussir un cours parrainé par un organisme officiel en réanimation cardiovasculaire avec renouvellement sur une base régulière,
6. Connaissance des divers protocoles d'exercice et les indications pour chacun,
7. Connaissances de base en physiologie cardiovasculaire et l'exercice, y compris la réponse hémodynamique à l'effort,
8. Connaissance des arythmies cardiaques et la capacité à reconnaître et à traiter les arythmies graves,
9. Connaissance des médicaments cardiovasculaires et comment ils peuvent affecter la performance physique, hémodynamique et l'ECG,
10. Connaissance des effets de l'âge et la maladie sur l'hémodynamie et les réponses à l'ECG,
11. Connaissance des principes et des détails du test,
12. Connaissance du test d'effort et indications de terminer le test.

*II. Connaissances requises pour **interpréter** les épreuves d'effort chez l'adulte*

1. Connaissance de la spécificité, sensibilité et la précision diagnostique des tests d'effort dans différentes populations de patients,
2. Connaissances sur la façon d'appliquer le théorème de Bayes pour interpréter les résultats des tests,
3. Connaissance de l'électrocardiographie et changements de l'ECG qui peut résulter de l'exercice, hyperventilation, ischémie, hypertrophie ventriculaire gauche, troubles de conduction, troubles électrolytiques et drogues,
4. Connaissance des conditions et des circonstances qui peuvent causer des faux-positifs, un résultat indéterminé/douteux ou résultats faux négatifs,
5. Connaissance de la valeur pronostique du test,
6. Connaissance des procédures de diagnostic alternatifs ou complémentaires au test et quand ils devraient être utilisés,
7. Connaissance de la notion d'équivalent métabolique (MET) et l'estimation de l'intensité de l'exercice dans les différents modes d'exercice.

2- Qui peut être habilité à exercer une épreuve d'effort et quelle serait la formation requise pour reconnaître la compétence d'une personne devant effectuer une épreuve d'effort?

On rappelle qu'il est essentiel de différencier entre la **supervision** de l'épreuve d'effort qui peut se faire par différents professionnels de la santé lorsque bien qualifiés et **l'interprétation** de l'épreuve d'effort qui doit se faire par le médecin qui possède les compétences spécifiques requises. Se référer au préambule pour les tâches et responsabilités reliées à la supervision et l'interprétation des épreuves d'effort et au tableau 1, ci-dessus, pour la définition des connaissances spécifiques requises pour chaque rôle.

Dans le cadre des exigences minimales de formation durant les 3 années de formation pour pouvoir se présenter à l'examen de certification en *cardiologie adulte* du Collège royal des médecins et chirurgiens du Canada, le candidat doit compléter 2 blocs (donc 8 semaines de stage) de cardiologie nucléaire/épreuve d'effort. Au Québec, les résidents en cardiologie effectuent généralement 4 semaines de stages en épreuve d'effort, ce qui correspond aux 200 tests d'effort exigés par la société européenne de cardiologie. La pratique médicale canadienne et québécoise est différente de celle des États-Unis. La législation

est également différente. C'est pourquoi, nous croyons que les exigences du Collège royal prévalent. Se référer au préambule pour les exigences en regard de l'interprétation des épreuves d'effort et du maintien de la compétence.

3- Existe-t-il des références sur la nécessité ou non d'effectuer un examen physique le jour même d'une épreuve d'effort, que ce soit pour un test de dépistage ou pour un contrôle de la condition cardiovasculaire?

L'histoire et l'examen physique dirigés sont nécessaires pour confirmer l'indication et éliminer les contre-indications à l'épreuve d'effort (cf. préambule) et pour détecter les signes cliniques importants, tels qu'un souffle cardiaque de maladie valvulaire sévère ou une surcharge pulmonaire. Ceci s'applique pour les tests de niveau 1 et 2 donc pour l'évaluation de sujets (patients) avec suspicion clinique ou avec diagnostic de maladie cardiaque dont la maladie coronarienne (angine, infarctus, ischémie), l'insuffisance cardiaque, l'arythmie et la valvulopathie.

Par consensus nous proposons que l'examen physique doit être fait **soit** immédiatement avant l'épreuve d'effort par le médecin superviseur **soit** avoir été fait par un médecin lors des 60 jours qui précèdent l'épreuve d'effort. Dans les cas du niveau 2, le questionnaire immédiatement pré test se doit d'éliminer une détérioration clinique du sujet depuis cette évaluation médicale. Pour les épreuves de niveau 3 (sujets à très faible risque ou athlètes), en l'absence d'histoire suspecte, il n'y a pas de forte justification pour un examen physique préalable par un médecin.

4- Existe-t-il des références décrivant les informations requises afin d'interpréter les bandes de rythme quant qu'au antécédents médicaux du patient et à la liste des médicaments qu'il consomme?

La supervision de l'épreuve d'effort requiert les compétences pour reconnaître non seulement les contre-indications de l'examen (cf. préambule) mais aussi les critères d'arrêt de l'examen qui incluent la douleur thoracique, la chute de la tension artérielle ou lipothymie, les modifications significatives du segment ST, l'arythmie auriculaire significative (dont la tachycardie supraventriculaire soutenue, le flutter auriculaire, la fibrillation auriculaire), l'arythmie ventriculaire (dont la tachycardie ventriculaire non-soutenue et soutenue et, la fibrillation ventriculaire) et l'atteinte de la tolérance à l'effort maximale du sujet. Le superviseur de l'épreuve d'effort doit être qualifié pour reconnaître toute arythmie majeure (fibrillation auriculaire, tachycardie ventriculaire, bradycardie sévère) et

la médication cardiovasculaire pouvant influencer le déroulement ou encore pour stratifier le risque du sujet référé pour l'épreuve d'effort. Il est entendu qu'une attitude prudente doit être préconisée par le superviseur non-médecin.

Ainsi, l'épreuve d'effort doit uniquement être supervisée ou effectuée par un personnel bien formé ayant une connaissance suffisante de la physiologie de l'exercice et ayant la capacité à reconnaître les changements importants dans le rythme et la repolarisation sur l'ECG. L'exécution compétente et sécuritaire du test d'effort nécessite des connaissances cognitives, y compris l'évaluation clinique du patient, une connaissance de la physiopathologie de la maladie ou l'affection pour laquelle le test est effectué et une connaissance de base de l'électrocardiographie, à reconnaître l'arythmie cardiaque en plus des réponses normales et anormales de différents types et niveaux d'exercice.

Toute interprétation finale de l'épreuve d'effort doit être faite par un médecin ayant les compétences pour superviser l'examen et interpréter toutes les données recueillies de l'examen incluant mais ne se limitant pas à l'ECG au repos et à l'effort (cf. ci-dessus). En général, il s'agira d'un cardiologue, d'un interniste ou encore d'un omnipraticien avec formation adéquate ou expérience reconnue à superviser et interpréter l'épreuve d'effort (cf. ci-dessus) ainsi qu'une expérience clinique continue permettant le maintien de compétences adéquates.

RÉFÉRENCES

1. Recommendations for clinical exercise laboratories: a scientific statement from the American Heart Association. Myers J, Arena R, Franklin B, Pina I, Kraus WE, McInnis K, Balady GJ; American Heart Association Committee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology, the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism, and the Council on Cardiovascular Nursing. *Circulation*. 2009 Jun 23;119(24):3144-61
2. American College of Cardiology/American Heart Association Clinical Competence statement on stress testing: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association/American College of Physicians--American Society of Internal Medicine Task Force on Clinical Competence. Rodgers GP, Ayanian JZ, Balady G, Beasley JW, Brown KA, Gervino EV, Paridon S, Quinones M, Schlant RC, Winters WL Jr, Achord JL, Boone AW, Hirshfeld JW Jr, Lorell BH, Rodgers GP, Tracy CM, Weitz HH. *J Am Coll Cardiol*. 2000 Oct; 36(4):1441-53.
3. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, Arena R, Balady GJ, Bittner VA, Coke LA, Fleg JL, Forman DE, Gerber TC, Gulati M, Madan K, Rhodes J, Thompson PD, Williams MA; American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee of the Council on Clinical Cardiology, Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, and Council on Epidemiology and Prevention. *Circulation* 2013 Aug 20; 128(8):873-934.
4. British Cardiac Society; Protocol for cardiac physiologist managed exercise stress testing 2003
5. Supervision of Exercise Testing by Nonphysicians. A Scientific Statement From the American Heart Association. Jonathan Myers, PhD, FAHA, Chair; Daniel E. Forman, MD, FAHA; Gary J. Balady, MD, FAHA; Barry A. Franklin, PhD, FAHA; Jane Nelson-Worel, MS, APNP, Billie-Jean Martin, MD; William G. Herbert, PhD; Marco Guazzi, MD, PhD; Ross Arena, PhD, PT, FAHA; on behalf of the American Heart Association Subcommittee on

Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology, Council on Lifestyle and Cardiometabolic Health, Council on Epidemiology and Prevention, and Council on Cardiovascular and Stroke Nursing. *Circulation* 2014;130:1014-1027