

ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΣ ΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΚΑΡΔΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΥΠΕΡΤΑΣΙΚΗ ΝΟΣΟ: Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΥΠΕΡΗΧΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΤΣΙΟΥΦΗΣ

Αναπληρωτής Καθηγητής Καρδιολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
Πρόεδρος της Ελληνικής Καρδιολογικής Εταιρείας

Τα υπερτασικά άτομα που ασκούνται τακτικά αποτελούν μία ιδιαίτερη ομάδα ασθενών, η οποία απαιτεί συστηματική προσέγγιση, ώστε να υπάρξει ορθή διάκριση ανάμεσα στην καρδιακή βλάβη που οφείλεται στην υπέρταση και στις καρδιακές προσαρμογές της άσκησης. Η ηχοκαρδιογραφία αποτελεί τη διαγνωστική μέθοδο εκλογής σε τέτοιου είδους περιπτώσεις. Η υπερτροφία της αριστερής κοιλίας στον υπερτασικό ασθενή αναμένεται να ομοιάζει περισσότερο με την υπερτροφία που προκαλεί η ισομετρική άσκηση. Εξάλλου, η καρδιά των ατόμων που ασκούνται τακτικά αναμένεται να είναι φυσιολογική ή να παρουσιάζει ένα ευρύ φάσμα μεταβολών με κύρια χαρακτηριστικά τον αυξημένο τελοδιαστολικό όγκο και το αυξημένο πάχος τοιχώματων. Είναι συνεπώς σημαντικό να καταγράφεται με σαφήνεια το είδος, η συχνότητα και η διάρκεια της άσκησης. Η διαστολική δυσλειτουργία, ακόμη και χωρίς υπερτροφία, αποτελεί συχνά την πρώτη και μοναδική εκδήλωση της υπέρτασης. Αντίθετα, η διαστολική λειτουργία στους αθλητές δύναται να είναι ενισχυμένη προκειμένου να διατηρηθεί ικανοποιητικός όγκος παλμού σε υψηλές καρδιακές συχνότητες. Νέες τεχνικές απεικόνισης, όπως η συνολική επιμήκης παραμόρφωση, βοηθούν στην ταυτοποίηση της υποκλινικής συστολικής δυσλειτουργίας που δεν συνάδει με τις αθλητικές καρδιακές αλλαγές.

Η διάκριση του φυσιολογικού από το παθολογικό αποτελεί την πεμπτουςία της ιατρικής επιστήμης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ανάγκη διαφοροποίησης της αθλητικής καρδιάς από κληρονομικές ή επίκτητες καρδιακές παθήσεις.¹ Όπως παρατηρήθηκε από τους Maron et al μερικά χρόνια

πριν, υπάρχει μια γκριζα ζώνη αλληλοεπικάλυψης των καρδιακών ευρημάτων μεταξύ των αθλητών και των ασθενών με μυοκαρδιοπάθεια.² Έχουν δημοσιευθεί αρκετά επιστημονικά κείμενα που παρέχουν συστάσεις για τέτοιου είδους περιπτώσεις.¹ Με τον όρο αθλητική καρδιά αναφερόμαστε σε ένα ευρύ φάσμα ηλεκτρικών, δομικών και λειτουργικών προσαρμογών στην τακτική αθλητική δραστηριότητα, οριζόμενη ως τουλάχιστον 4 ώρες μέτρια έως έντονη άσκηση την εβδομάδα. Σε μια εποχή ολοένα αυξανόμενου ενδιαφέροντος για έντονες αθλητικές δραστηριότητες, γίνεται όλο και πιο πιθανό να εντοπιστούν τα χαρακτηριστικά της αθλητικής καρδιάς σε ένα ευρύτερο τμήμα του γενικού πληθυσμού καθώς και σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας ή σε ασθενείς με συννοσηρότητα.

Σε αυτά τα πλαίσια, οι αθλητές με υψηλή αρτηριακή πίεση, ή αλλιώς οι υπερτασικοί ασθενείς που ακολουθούν ένα πρόγραμμα τακτικής άσκησης, χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή και ένα συγκεκριμένο πλάνο αντιμετώπισης. Συγκεκριμένες καρδιακές μεταβολές, με βασικότερη την υπερτροφία της αριστερής κοιλίας (ΥΑΚ), μπορεί να αποδοθούν στις προσαρμογές που προκαλούνται από την ίδια την άσκηση, σε υπερτασική βλάβη οργάνου-στόχου ή σε συνδυασμό των δύο. Τέτοια διλήμματα μπορεί να ανακύψουν κατά την αρχική εξέταση, κατά τη διάρκεια της τακτικής παρακολούθησης, κατά τον προαγωνιστικό έλεγχο ή κατόπιν εμφάνισης συμπτωμάτων. Είναι καθοριστικής σημασίας για πολλούς λόγους, όπως η έμμεση εκτίμηση της ρύθμισης της αρτηριακής πίεσης, η βελτίωση της διαστρωμάτωσης του κινδύνου και η παροχή βασικών συμβουλών για την άσκηση. Συνήθως ένα παθολογικό ηλεκτρο-

καρδιογραφήματα αποτελεί έναυσμα για περαιτέρω αξιολόγηση. Σε υπερτασικούς ασθενείς, δείκτης Sokolow-Lyon > 3,5mV ή δείκτης Cornell voltage QRS duration product > 244mV*ms υπόδεικνύουν πιθανή ΥΑΚ.³ Στους αθλητές, μεμονωμένα κριτήρια δυναμικών της ΥΑΚ ενδέχεται να μην είναι αξιολογήσιμα εκτός εάν συνοδεύονται από αποκλεισμό αριστερού σκέλους, διάταση αριστερού κόλπου, διαταραχές των κυμάτων ST-T, παθολογικά κύματα Q ή κοιλιακές αρρυθμίες.¹ Η ηκχωκαρδιογραφία είναι αναμφισβήτη η διαγνωστική μέθοδος εκλογής καθώς παρέχει τις περισσότερες πληροφορίες που απαιτούνται για την διάκριση μεταξύ φυσιολογικής και παθολογικής υπερτροφίας.

Ξεκινώντας από τα βασικά στοιχεία, σύμφωνα με την υπόθεση Morganroth που παρουσιάστηκε το 1975, η καρδιακή ανταπόκριση στην άσκηση εξαρτάται από το είδος της άσκησης.⁴ Η προπόνηση αντοχής (ισοτονική) περιλαμβάνει μακρές περιόδους άσκησης που απαιτούν αυξημένη καρδιακή παροχή και μειωμένες συστηματικές αγγειακές αντιστάσεις. Η διαστολή του αγγειακού δικτύου των σκελετικών μυών, η υπερφόρτιση όγκου και η αυξημένη διαστολική πλήρωση της αριστερής κοιλίας οδηγούν σε διάταση της αριστερής κοιλίας και σε έκκεντρη αναδιαμόρφωση. Το ανώτερο φυσιολογικό όριο της διαμέτρου της αριστερής κοιλίας στους αθλητές ορίζεται σε <35mm/m² στους άνδρες και <40mm/m² στις γυναίκες.⁵ Η προπόνηση ισχύος (ισομετρική), όπως η άρση βαρών, χρησιμοποιεί αντιστάσεις για να αυξηθεί ο μυϊκός όγκος και η δύναμη καθώς και η αναερόβια αντοχή. Οι συστηματικές αγγειακές αντιστάσεις, η συστολική αρτηριακή πίεση και το μεταφορτίο της αριστερής κοιλίας συνεπώς αυξάνουν έχοντας ως αποτέλεσμα συγκεντρική αναδιαμόρφωση και υπερτροφία με ήπια μόνο διάταση της κοιλίας. Ωστόσο, τα περισσότερα είδη αθλημάτων έχουν ένα μίγμα δυναμικής και στατικής άσκησης, ενώ τα αθλήματα δεξιοτήτων συνοδεύονται από ελάχιστη καρδιακή αναδιαμόρφωση. Γίνεται επομένως σαφές ότι το είδος, η συχνότητα και η διάρκεια άσκησης πρέπει να καταγράφονται.

Στην περίπτωση της υπέρτασης, η καρδιά ανταποκρίνεται στη χρόνια υπερφόρτιση πίεσης αναπτύσσοντας συγκεντρική ΥΑΚ για να διατηρήσει χαμηλή την τοιχωματική τάση. Η αναδιαμόρφωση

αυτή συνοδεύεται από την ενεργοποίηση του συμπαθητικού νευρικού συστήματος και του άξονα ρενίνης-αγγειοτενσίνης-αλδοστερόνης, την ενεργοποίηση εμβρυικών γονιδίων, αλλά και διαδικασίες απόπτωσης και ίνωσης, που συνολικά συμβάλλουν στην προϊούσα επιδείνωση της διαστολικής δυσλειτουργίας, την ανάπτυξη έκκεντρης υπερτροφίας, διάτασης και συστολικής δυσλειτουργίας.⁶ Αντίθετα, η υπερτροφία που σχετίζεται με την άσκηση χαρακτηρίζεται από φυσιολογική οργάνωση των μυοκυττάρων και φυσιολογική ή αυξημένη λειτουργία τους.

Στο ηκχωκαρδιογραφικό εργαστήριο ο υπολογισμός της μάζας αριστερής κοιλίας πραγματοποιείται με τη χρήση της κυβικής φόρμουλας που μοντελοποιεί την αριστερή κοιλία ως επιμήκη έλλειψη με λόγο άξονα 2:1. Σε υπέρβαρους ασθενείς η ρύθμιση για το ύψος (με το συντελεστή 2,7 να έχει τα πιο σταθερά δεδομένα) φαίνεται να παρέχει μια ακριβέστερη και ανεξάρτητη από το λίπος μέτρηση.⁷ Αξίζει να σημειωθεί ότι η ισομετρική προπόνηση μπορεί να οδηγήσει σε μια ήπια συγκεντρική αύξηση στη μάζα, η οποία αν σταθμισθεί για την επιφάνεια σώματος ενδεχομένως να ευρίσκεται εντός των φυσιολογικών ορίων.⁸ Επιπλέον, ένα σχετικό πάχος τοιχώματος (ΣΠΤ) 0,32-0,42 (και αντίστοιχα λόγος μάζας προς όγκο 1,1 έως 1,3) σηματοδοτεί φυσιολογική γεωμετρία. Στην ισοτονική άσκηση, το ΣΠΤ είναι φυσιολογικό, ενώ στην ισομετρική άσκηση το ΣΠΤ μπορεί να αυξηθεί. Πιο πρόσφατα, μια νέα προτεινόμενη ταξινόμηση, η οποία λαμβάνει υπόψη τον όγκο αριστερής κοιλίας, τη μάζα αριστερής κοιλίας και το ΣΠΤ έχει αποδειχθεί ότι προσφέρει έναν καλύτερο ορισμό της γεωμετρίας.⁹

Η καρδιά των ατόμων που ασκούνται τακτικά αναμένεται να είναι φυσιολογική ή να παρουσιάζει ένα ευρύ φάσμα μεταβολών με κύρια χαρακτηριστικά τον αυξημένο τελοδιαστολικό όγκο (μόνο σπάνια περισσότερο από 60mm, σε περιπτώσεις αυξημένης σωματικής μάζας και έντονης άσκησης αντοχής όπως συμβαίνει με την ποδηλασία) και το αυξημένο πάχος τοιχωμάτων (και πάλι σπάνια περισσότερο από 13mm, αφήνοντας τις μετρήσεις μεταξύ 13 και 15mm να χρήζουν περαιτέρω μελέτης).¹⁰

Η ΥΑΚ στους υπερτασικούς ασθενείς αναμένεται να ομοιάζει περισσότερο με την υπερτροφία της ισομετρικής προπόνησης. Εντούτοις, μεταξύ

των υπερτασικών, εκτός από την συγκεντρική ΥΑΚ, μπορεί να βρεθεί συγκεντρική και έκκεντρη αναδιαμόρφωση, έκκεντρη υπερτροφία και συνδυασμός συγκεντρικής και έκκεντρης υπερτροφίας.¹¹ Καθώς τα υπερτασικά άτομα είναι μεγαλύτερα σε ηλικία, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η μείωση του όγκου και σε μικρότερο βαθμό η μείωση της μάζας με την ηλικία οδηγούν σε συγκεντρική αναδιαμόρφωση. Συνυπάρχουσα βαλβιδική ανεπάρκεια μπορεί να εξηγήσει μια έκκεντρη υπερτροφία που ωστόσο συνοδεύεται από παρόμοια διαστολική δυσλειτουργία. Σε κάθε περίπτωση, ο ευκολότερος τρόπος να διαπιστωθεί εάν η ΥΑΚ αποδίδεται στην άσκηση, είναι η απόδειξη υποστροφής της υπερτροφίας μετά από αποχή για 3 έως 4 μήνες από την άσκηση, η οποία και αναμένεται να οδηγήσει σε μείωση του πάχους του μεσοκοιλιακού διαφράγματος κατά 15-33%.¹²

Η εκτίμηση της διαστολικής λειτουργίας αποτελεί σημείο-κλειδί στην εξέταση των υπερτασικών αθλητών.¹³ Σε υπερτασικούς ασθενείς, η διαστολική δυσλειτουργία χωρίς υπερτροφία είναι συχνά το πρώτο και μοναδικό εύρημα. Οι πρόσφατες κατευθυντήριες οδηγίες προτείνουν μια προσέγγιση δύο σταδίων που συνίσταται στην εκτίμηση της ύπαρξης διαστολικής λειτουργίας ακολουθούμενη από εκτίμηση της βαρύτητας της διαστολικής δυσλειτουργίας, η οποία μπορεί να κυμαίνεται από διαταραχή χάλασης μέχρι ανάπτυξη υψηλών πιέσεων πλήρωσης και περιοριστικό τύπο πλήρωσης. Η παρουσία διαστολικής δυσλειτουργίας απαιτεί την ύπαρξη τουλάχιστον 50% των ακόλουθων κριτηρίων: ιστική ταχύτητα διαφραγματικού τοιχώματος $e' < 7$ cm/s ή ταχύτητα πλαγίου τοιχώματος $e' < 10$ cm/s, μέση τιμή $E/e > 14$, ταχύτητα ανεπάρκειας τριγλώχινας $> 2,8$ m/s και δείκτη όγκου αριστερού κόλπου > 34 mL/m².¹³ Στην προπόνηση ισχύος, η συγκεντρική ΥΑΚ μπορεί να συνοδεύεται από φυσιολογική ή ελαφρώς επηρεασμένη χάλαση αριστερής κοιλίας.¹⁴ Από την άλλη μεριά, σε αθλητές αντοχής η διαστολική λειτουργία ενισχύεται για να διατηρηθεί ικανοποιητικός όγκος παλμού σε υψηλές καρδιακές συχνότητες. Αυτή η ταχεία ελαστική επαναφορά κατά τη διαστολή αποτυπώνεται ως αυξημένη ταχύτητα διαμυοειδικού κύματος E, καθώς επίσης και ως αυξημένες ιστικές ταχύτητες. Ο λόγος E/A μπορεί να είναι μεγαλύτερος από 2, μιμούμενος σοβαρή

διαστολική δυσλειτουργία, αλλά τα ιστικά κύματα s' και e' είναι φυσιολογικά (> 8 και > 10 cm/s αντίστοιχα).¹⁵ Η έκπτωση της διαστολικής λειτουργίας ως αποτέλεσμα της ηλικίας δεν φαίνεται να αναστέλλεται με την άσκηση.

Η διάταση του αριστερού κόλπου αντικατοπτρίζει τη χρόνια επίδραση της διαστολικής δυσλειτουργίας και των αυξημένων πιέσεων πλήρωσης της αριστερής κοιλίας στον αριστερό κόλπο, ενώ σχετίζεται με τη μάζα αριστερής κοιλίας ανεξάρτητα από το είδος της υπερτροφίας.¹³ Και πάλι στους αθλητές η διάταση αριστερού κόλπου είναι αποτέλεσμα αυξημένης πίεσης αριστερού κόλπου και παρατηρείται κυρίως στην άσκηση αντοχής. Ένας δείκτης όγκου αριστερού κόλπου μεγαλύτερος από 34 mL/m² έχει καταγραφεί σε περίπου το ένα τέταρτο των αθλητών.¹⁶ Οι φυσιολογικές τιμές αριστερού κόλπου στους αθλητές, ωστόσο, έχουν προσδιορισθεί μόνο όσον αφορά την προσθοπίσθια διάμετρο (45 mm στις γυναίκες και 50 mm στους άνδρες).

Η αξιολόγηση της συστολικής λειτουργίας προσφέρει επίσης σημαντικές πληροφορίες. Σε αθλητές με αυξημένο τελοδιαστολικό όγκο, το κλάσμα εξώθησης που υπολογίζεται με τη μέθοδο Simpson υποτιμάται συστηματικά. Παρόλο που ένα μικρό ποσοστό αθλητών αντοχής μπορεί να παρουσιάζει ένα οριακό ή ελαφρώς μειωμένο κλάσμα εξώθησης, η τιμή $< 50\%$ χρειάζεται προσοχή σε υπερτασικούς αθλητές και δεν θα πρέπει να αποδοθεί στην ίδια την άσκηση.¹⁷ Οι νέες τεχνικές απεικόνισης μπορεί να αποδειχθούν πολύτιμες σε αυτή την περίπτωση. Η ηχοκαρδιογραφία ανίχνευσης ακίδων (speckle tracking) προσφέρει τη δυνατότητα εκτίμησης της παραμόρφωσης σε όλες τις κατευθύνσεις αλλά και της συστροφής, παράμετροι που συχνά επηρεάζονται ακόμη και στην ανεπίπλεκτη υπέρταση. Η συνολική επιμήκης παραμόρφωση είναι μια εξαιρετική μέθοδος για την ταυτοποίηση της υποκλινικής συστολικής δυσλειτουργίας ακόμη και σε υπερτασικούς ασθενείς χωρίς ΥΑΚ, ένα εύρημα εξάλλου που δεν συμβαδίζει με την αθλητική καρδιακή προσαρμογή.¹⁸ Επιπρόσθετα, η μέση ιστική συστολική ταχύτητα του μιτροειδικού δακτυλίου μετρημένη σε τέσσερα σημεία < 9 cm/s έχει ευαισθησία 87% και ειδικότητα 97% για τη διάκριση της ΥΑΚ λόγω υπέρτασης ή υπερτροφικής μυοκαρδιοπάθειας και

της υπερτροφίας της αθλητικής καρδιάς.¹⁹ Σε άτομα με ΥΑΚ, ο συστολικός και διαστολικός ρυθμός παραμόρφωσης (strain rate) βρέθηκαν χαμηλότεροι στους υπερτασικούς αλλά όχι στους αθλητές.²⁰

Δυστυχώς, τα φάρμακα δεν χρησιμοποιούνται μόνο για θεραπεία, και μεταξύ ανταγωνιστικών αθλητών ιδιαίτερα νεαρότερης ηλικίας που παρουσιάζουν υπέρταση, πρέπει να διερευνηθεί αν γίνεται χρήση αναβολικών ορμονών και άλλων φαρμάκων ντόπινγκ. Ορισμένα από αυτά, όπως οι β-αναστολείς και τα διουρητικά, χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση της ίδιας της υπέρτασης. Η μορφή μυοκαρδιοπάθειας που προκαλείται από τέτοια φάρμακα παρουσιάζει παρόμοια ευρήματα με την υπερτασική καρδιακή νόσο, συμπεριλαμβανομένης της συγκεκριμένης υπερτροφίας, της διαστολικής και συστολικής δυσλειτουργίας, της στεφανιαίας νόσου, της μυοκαρδιακής ίνωσης και της μη υποστρωφής της υπερτροφίας με τη διακοπή της άσκησης.²¹

Η αορτική ρίζα θα πρέπει επίσης να αξιολογείται συστηματικά. Παρόλο που στους αθλητές μπορεί να παρατηρηθεί αύξηση των διαστάσεων της αορτικής ρίζας, οποιαδήποτε διάταση θα πρέπει να θεωρείται παθολογικό εύρημα.²²

Πέρα από τη βασική ηχοκαρδιογραφία, η τρισδιάστατη ηχοκαρδιογραφία και το 3D speckle tracking μπορούν να συμβάλουν στην καλύτερη εκτίμηση της συστολικής λειτουργίας, του όγκου και της μάζας και των αναλογιών τους, χωρίς να βασίζονται σε γεωμετρικούς τύπους. Σε δύσκολες περιπτώσεις, η απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού με την υψηλή χωρική ανάλυση και την καλύτερη αναπαραγωγικότητά της, αλλά με την επίπονη αξιολόγηση της ως μειονέκτημα, παρέχει εξαιρετικές εικόνες για υπολογισμούς όγκων του μυοκαρδίου, έκταση και πρότυπα υπερτροφίας, καθώς και εκτίμηση της ίνωσης με τη χρήση γαδολίνιου και T1 χαρτογράφησης. Η αναλογία του τοιχώματος στη διαστολή προς τον όγκο συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με το σχετικό πάχος τοιχώματος που μετράται στην ηχοκαρδιογραφία. Η ίνωση του μυοκαρδίου μπορεί να εντοπιστεί σε περίπου 50% των υπερτασικών ασθενών, ειδικά όταν συνυπάρχουν ΥΑΚ και επηρεασμένη συνολική επιμήκης παραμόρφωση.²³

Η αθλητική καρδιά και η υπέρταση έχουν διασχίσει εντελώς διαφορετικά μονοπάτια αποδοχής.

Η υπέρταση αρχικά θεωρήθηκε ως ένα απαραίτητο φαινόμενο και ένα αντιρροπιστικό μέτρο του οργανισμού στις αλλαγές που σχετίζονται με την ηλικία, ενώ σήμερα θεωρείται ως κύρια αιτία θανάτου παγκοσμίως. Η αθλητική καρδιά θεωρήθηκε από μερικούς ως μία παθολογία καταπόνησης ήδη από τις αρχές του 20ού αιώνα, αλλά πλέον είναι ευρέως αποδεκτή ως προσαρμοστική φυσιολογία.¹ Ακόμη και σε ασθενείς με σοβαρή υπέρταση, η αερόβια άσκηση στο 80% της μέγιστης προβλεπόμενης καρδιακής συχνότητας μπορεί να μειώσει τη μάζα της αριστερής κοιλίας. Οι Ευρωπαϊκές Κατευθυντήριες Οδηγίες για την Υπέρταση δίνουν ισχυρή σύσταση για 2,5 έως 5 ώρες μέτριας έντασης αερόβιας άσκησης (περπάτημα, τζόκινγκ, ποδηλασία, κολύμβηση) εβδομαδιαίως.³ Η υπέρταση σταδίου 2 αποτελεί, ωστόσο, περιορισμό ειδικά για τα στατικά αθλήματα, μέχρι να ρυθμιστεί η αρτηριακή πίεση. Συμπερασματικά, ένα λεπτομερές ιστορικό άσκησης και υπέρτασης μαζί με την κατάλληλη απεικόνιση είναι απαραίτητα για την αξιολόγηση και την παροχή σωστής θεραπείας σε αυτούς τους ασθενείς.

Βιβλιογραφία

1. Baggish AL, Wood MJ. Athlete's heart and cardiovascular care of the athlete: scientific and clinical update. *Circulation*. 2011;123(23):2723-2735.
2. BMaron BJ, Pelliccia A, Spirito P. Cardiac disease in young trained athletes. Insights into methods for distinguishing athlete's heart from structural heart disease, with particular emphasis on hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation*. 1995;91(5):1596-1601.
3. BMancia G, Fagard R, Narkiewicz K et al. 2013 ESH/ESC guidelines for the management of arterial hypertension: the task force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *J Hypertens*. 2013;31(7):1281e1357.
4. BMorganroth J, Maron BJ, Henry WL, Epstein SE. Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. *Ann Intern Med*. 1975;82:521-524.
5. BPelliccia A, Culasso F, Di Paolo FM, Maron BJ. Physiologic left ventricular cavity dilatation in elite athletes. *Ann Intern Med*. 1999;130:23-31.
6. BDevereux RB, Pickering TG, Alderman MH, Chien S, Borner JS, Laragh JH. Left ventricular hypertro-

- phy in hypertension. Prevalence and relationship to pathophysiologic variables. *Hypertension*. 1987;9(2 Pt 2):1153-60.
7. BPerrone-Filardi P, Coca A, Galderisi M et al. Non-invasive cardiovascular imaging for evaluating subclinical target organ damage in hypertensive patients: A consensus paper from the European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI), the European Society of Cardiology Council on Hypertension, and the European Society of Hypertension (ESH). *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2017;18(9):945-960.
 8. BPelliccia A, Spataro A, Caselli G, Maron BJ. Absence of left ventricular wall thickening in athletes engaged in intense power training. *Am J Cardiol*.1993;72:1048-1054.
 9. BGaasch WH, Zile MR. Left ventricular structural remodeling in health and disease: with special emphasis on volume, mass, and geometry. *J Am Coll Cardiol*.2011;58:1733-1740.
 10. Sharma S, Maron BJ, Whyte G, Firoozi S, Elliott PM, McKenna WJ. Physiologic limits of left ventricular hypertrophy in elite junior athletes: relevance to differential diagnosis of athlete's heart and hypertrophic cardiomyopathy. *J AmCollCardiol*.2002;40:1431-1436.
 11. Cameli M, Lisi M, Righini FM, Massoni A, Mondillo S. Left ventricular remodelling and torsion dynamics in hypertensive patients. *Int J Cardiovasc Imaging*.2013;29:79-86.
 12. Pelliccia A, Maron BJ, De Luca R, Di Paolo FM, Spataro A, Culasso F. Remodelling of left ventricular hypertrophy in elite athletes after long-term deconditioning. *Circulation*.2002;105:944-949.
 13. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2016;17:1321-1360.
 14. BBaggish AL, Wang F, Weiner RB et al. Training-specific changes in cardiac structure and function: a prospective and longitudinal assessment of competitive athletes. *J Appl Physiol*.2008;104:1121-1128.
 15. BCardim N, Oliveira AG, Longo S, et al. Doppler tissue imaging: regional myocardial function in hypertrophic cardiomyopathy and in athlete's heart. *J Am Soc Echocardiogr*. 2003;16:223-232.
 16. BD'Andrea A, Riegler L, Cocchia R et al. Left atrial volume index in highly trained athletes. *Am Heart J* 2010;159:1155-1161.
 17. BAbergel E, Chatellier G, Hagege AA et al. Serial left ventricular adaptations in world-class professional cyclists: implications for disease screening and follow-up. *J Am Coll Cardiol*.2004;44:144 -149.
 18. BDi Bello V, Talini E, Dell'Omo G et al. Early left ventricular mechanics abnormalities in prehypertension: a two-dimensional strain echocardiography study. *Am J Hypertens*.2010;23:405-412.
 19. Saghir M, Areces M, Makan M. Strain rate imaging differentiates hypertensive cardiac hypertrophy from physiologic cardiac hypertrophy (athlete's heart). *J Am Soc Echocardiogr*. 2007;20(2):151-157.
 20. Galderisi M, Lomoriello VS, Santoro A et al. Differences of myocardial systolic deformation and correlates of diastolic function in competitive rowers and young hypertensives: a speckle-tracking echocardiography study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23:1190-1198.
 21. Angell PJ, Chester N, Green DJ. Anabolic steroid use and longitudinal, radial and circumferential cardiac motion. *Med Sci Sports Exerc*.2012;44:583-590.
 22. Pelliccia A, Di Paolo FM, De Blasiis E, Quattrini FM, Pisicchio C, Guerra E, Culasso F, Maron BJ. Prevalence and clinical significance of aortic root dilation in highly trained competitive athletes. *Circulation*.2010;122:698-706;3pfollowing706.
 23. Rudolph A, Abdel-Aty H, Bohl S et al. Noninvasive detection of fibrosis applying contrast-enhanced cardiac magnetic resonance in different forms of left ventricular hypertrophy relation to remodeling. *J Am Coll Cardiol*.2009;53:284-291.