

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ REVIEW

Αιφνίδιος καρδιακός θάνατος στον αθλητισμό

Αποτελεί τραγικό γεγονός για την οικογένεια και την κοινότητα το φαινόμενο του αιφνίδιου θανάτου στους αθλητές. Γνωστοί και λιγότερο γνωστοί αθλητές έχασαν αιφνίδια τη ζωή τους από άγνωστη αιτία ή από καρδιακή ανακοπή κατά τη διάρκεια ενός αγώνα ή της προπόνησης. Οι αμερικανικές κατευθυντήριες οδηγίες υπογραμμίζουν τη σημασία λήψης ατομικού και οικογενειακού ιστορικού, καθώς και της ενδεδειγμένης κλινικής εξέτασης ενός ατόμου πριν από τη συμμετοχή του σε αθλητικές δραστηριότητες, με σκοπό την εκτίμηση του καρδιαγγειακού κινδύνου του κατά την άσκηση. Ωστόσο, υπάρχει σκεπτικισμός ως προς τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας ενός εκτεταμένου προασκησιακού ελέγχου, εγείροντας συγχρόνως και ηθικές ανησυχίες σχετικά με τον αποκλεισμό ορισμένων ατόμων. Παρ' όλα αυτά, η έγκαιρη ανίχνευση λανθανουσών καρδιακών διαταραχών είναι ζωτικής σημασίας για την πρόληψη αιφνίδιων θανάτων, τονίζοντας την ανάγκη υιοθέτησης κανονισμών που προωθούν την ευρεία χρήση αυτοματοποιημένων εξωτερικών απινιδωτών (AEDs) και την εκπαίδευση καρδιοπνευμονικής αναζωογόνησης (CPR). Αυτές οι παρεμβάσεις μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά τις πιθανότητες επιβίωσης για άτομα που θα αντιμετωπίσουν αιφνίδια καρδιακή ανακοπή. Επί πλέον, η ενημέρωση και η ευαισθητοποίηση του πληθυσμού σχετικά με τα προειδοποιητικά συμπτώματα των καρδιακών διαταραχών πιθανόν να ωθήσει τους αθλούμενους στην αναζήτηση ιατρικής φροντίδας έγκαιρα με την εκδήλωση συμπτωμάτων κατά την άσκηση, αποτρέποντας τα περιστατικά αιφνίδιου καρδιακού θανάτου (ΑΚΘ). Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εμβάθυνση στις αιτίες, στα συμπτώματα και στον τρόπο διαχείρισης της καρδιακής ανακοπής στον αθλητισμό, ώστε να σχεδιαστούν νέες στρατηγικές πρόληψης του ΑΚΘ.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο αιφνίδιος καρδιακός θάνατος (ΑΚΘ) συνιστά μια από τις κυριότερες αιτίες φυσικού θανάτου στον δυτικό κόσμο. Στατιστικά, το 15–20% όλων των θανάτων οφείλονται σε ΑΚΘ.^{1,2} Στην Αμερική, ο επιπολασμός του προσεγγίζει τις 180.000–450.000 περιπτώσεις ετησίως,³ ενώ στην Ευρώπη τα περιστατικά ανέρχονται στις 700.000 κατ' έτος. Ο επιπολασμός του ΑΚΘ στην Ελλάδα υπολογίζεται σε 14 ανά 10.000 άτομα ανά έτος στους άνδρες και σε 3 ανά 10.000 ανά έτος στις γυναίκες, για τις ηλικιακές ομάδες των 30–70 ετών και για τα δύο φύλα. Σε ποσοστό 40% αναφέρεται ιστορικό καρδιοπάθειας.⁴ Τα περιστατικά ΑΚΘ σε αθλητές δεν είναι τόσο συχνά, όμως λόγω της μαζικής συμμετοχής ατόμων κάθε ηλικίας σε αθλητικές δραστηριότητες το ζήτημα του ΑΚΘ χρειάζεται να αναδειχθεί περισσότερο. Δεν υπάρχουν ακριβή στατιστικά στοιχεία ΑΚΘ για τους αθλητές στη χώρα μας. Ωστόσο, τα γενικά πρότυπα και οι παράγοντες κινδύνου για ΑΚΘ στους αθλητές είναι παρό-

μοια με εκείνα που παρατηρούνται παγκοσμίως. Περίπου 200 νέοι –αθλητές και μη– χάνουν τη ζωή τους κατ' έτος στην Ελλάδα, με πρώτη αιτία τις καρδιαγγειακές νόσους, κατά βάση τις κληρονομικές παθήσεις της καρδιάς. Σε πολλές περιπτώσεις, ωστόσο, ο αιφνίδιος θάνατος είναι άγνωστης αιτιολογίας, καθώς τόσο η νεκροτομή όσο και οι τοξικολογικές-ιστολογικές εξετάσεις δεν αναδεικνύουν ευρήματα. Είναι σημαντικό να μελετηθεί ενδελεχέστερα ο ΑΚΘ, προκειμένου να κατανοηθούν οι υποκείμενες αιτίες, οι παράγοντες κινδύνου και τα πιθανά προληπτικά μέτρα. Με την απόκτηση βαθύτερης κατανόησης του ΑΚΘ οι ερευνητές και οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να αναπτύξουν στρατηγικές για τον εντοπισμό αθλητών με υψηλότερο κίνδυνο, να εφαρμόσουν κατάλληλα πρωτόκολλα προσυμπτωματικού ελέγχου και να δημιουργήσουν αποτελεσματικά σχέδια διαχείρισης για τη μείωση της συχνότητας και του αντίκτυπου του ΑΚΘ στον αθλητισμό. Επί πλέον, η μελέτη του ΑΚΘ μπορεί να συνδράμει στην ευαισθητοποίηση των αθλητών, των προπονητών και των θεατών αθλητικών

ΑΡΧΕΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ 2025, 42(6):756–763
ARCHIVES OF HELLENIC MEDICINE 2025, 42(6):756–763

Φ. Θεοφάνους,¹
Α. Φιλίππου,¹
Ε. Δημακοπούλου²

¹Εργαστήριο Φυσιολογίας, Ιατρική Σχολή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα
²Εταιρεία Alzheimer Αθηνών, Αθήνα

Sudden cardiac death in sports

Abstract at the end of the article

Λέξεις ευρετηρίου

Αιφνίδια καρδιακή ανακοπή
Έγκαιρη ιατρική φροντίδα
Προειδοποιητικά συμπτώματα
Πρόληψη αιφνίδιου θανάτου

Υποβλήθηκε 16.10.2024

Εγκρίθηκε 14.12.2024

διοργανώσεων σχετικά με τη σημασία της έγκαιρης αναγνώρισης και παρέμβασης, σώζοντας, τελικά, ζωές εντός και εκτός γηπέδου. Προγράμματα εκπαίδευσης και κατάρτισης μπορούν να εφαρμοστούν για να εκπαιδεύσουν τα άτομα πώς να αναγνωρίζουν τα σημεία και τα συμπτώματα του ΑΚΘ και ποια μέτρα πρέπει να λαμβάνουν σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

2. ΑΙΦΝΙΔΙΟΣ ΚΑΡΔΙΑΚΟΣ ΘΑΝΑΤΟΣ: ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑ

Ο ΑΚΘ μπορεί να συμβεί σε φαινομενικά υγιή άτομα, περιλαμβανομένων των αθλητών, και ορίζεται ως ένας απροσδόκητος θάνατος από καρδιακά αίτια που συμβαίνει εντός μίας ώρας (ή εντός 24 ωρών σε μη παρατηρούμενες περιπτώσεις) από την έναρξη μιας οξείας μεταβολής της καρδιαγγειακής κατάστασης, απουσία εξωτερικών αιτιολογικών παραγόντων.⁵ Η αιφνίδια καρδιακή ανακοπή (ΑΚΑ) είναι η συχνότερη αιτία θνησιμότητας μεταξύ των επαγγελματιών αθλητών.⁶ Η πραγματική συχνότητα σοβαρών καρδιαγγειακών συμβάντων σε αθλητές είναι ενδεχομένως υποαναφερόμενη, λόγω ανεπαρκούς αναγνώρισης κρουσμάτων σε περιπτώσεις αναδρομικής διερεύνησης και εξάρτησης από αναφορές στα μέσα ενημέρωσης και αξιώσεις ασφάλισης.⁷

Οι αθλητές γυμνασίου είχαν μία πιθανότητα στις 50.000 έως μία στις 80.000 πιθανότητες να πεθάνουν από ΑΚΑ, σύμφωνα με σχετικές μελέτες, ενώ οι άνδρες αθλητές διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο. Πιο συγκεκριμένα, οι άνδρες καλαθοσφαιριστές διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο από τις γυναίκες ομολόγους τους, με εκτιμώμενο έναν στους 13.426 να κινδυνεύει. Μεταξύ αθλητών, με μέση ηλικία 16 ετών, που εκδήλωσαν περιστατικά ΑΚΘ, το ετήσιο ποσοστό θνησιμότητας ήταν 6,8 ανά 100.000 ή 0,0068% (δηλαδή <0,5%). Αν και η συχνότητα εμφάνισης και ο επιπολασμός της ΑΚΑ είναι ελάχιστα, είναι ωστόσο σημαντικό να λαμβάνονται προφυλάξεις. Πολλές ευρωπαϊκές αρχές πιστεύουν ότι οι νεαροί αθλητές πρέπει επίσης να υποβάλλονται σε έλεγχο ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ΗΚΓ), εκτός από το ιστορικό υγείας και τη φυσική αξιολόγηση που είναι ήδη καθιερωμένη πρακτική.⁷

2.1. Αιτίες αιφνιδίου καρδιακού θανάτου σε αθλητές

2.1.1. Ηλεκτρολυτικές διαταραχές. Η συστολική λειτουργία των καρδιομυοκυττάρων μπορεί να καταστεί περισσότερο ευαίσθητη στο Ca^{2+} μετά την άσκηση, με αποτέλεσμα υψηλότερη δύναμη συστολής σε δεδομένη $[\text{Ca}^{2+}]_i$.⁸ Η υπερέκφραση του αντιμεταφορέα Na^+/H^+ και ο αλλοιωμένος έλεγχος του ενδοκυτταρικού pH μπορεί να διαδραματίσουν

σημαντικό ρόλο σε αυτές τις αλλαγές. Η ανεπαρκής έκφραση κρίσιμων υπομονάδων ρύθμισης ιόντων που εμπλέκονται στην επαναπόλωση των καρδιακών κυττάρων σε σχέση με την αύξηση του μεγέθους των καρδιομυοκυττάρων⁹ μπορεί να συμβάλλει στην ηλεκτρική αστάθεια σε έδαφος παθολογικής αναδιαμόρφωσης της καρδιάς. Από την άλλη πλευρά, η αύξηση των ρευμάτων εκπόλωσης και επαναπόλωσης στη φυσιολογική υπερτροφία μπορεί να παρέχει προστασία έναντι ανώμαλων ηλεκτρικών σημάτων στην αναδιαμορφούμενη καρδιά.¹⁰

2.1.2. Γενετικοί παράγοντες. Ορισμένες κληρονομικές καρδιακές παθήσεις μπορεί να αυξήσουν σημαντικά τον κίνδυνο ΑΚΘ ενός αθλητή. Οι εν λόγω παθολογικές καταστάσεις περιλαμβάνουν την υπερτροφική μυοκαρδιοπάθεια, την αρρυθμιογόνο μυοκαρδιοπάθεια της δεξιάς κοιλίας και το σύνδρομο μακρού QT. Η κατανόηση των γενετικών παραγόντων και των μεταλλάξεων που σχετίζονται με τις εν λόγω καταστάσεις είναι ζωτικής σημασίας για τον εντοπισμό αθλητών που ενδέχεται να διατρέχουν υψηλότερο κίνδυνο και για την εφαρμογή προληπτικών μέτρων ασφάλειάς τους κατά τη διάρκεια της άσκησης. Μελετώντας τους γενετικούς παράγοντες και τις μεταλλάξεις που σχετίζονται με την υπερτροφική μυοκαρδιοπάθεια, την αρρυθμιογόνο μυοκαρδιοπάθεια της δεξιάς κοιλίας και το σύνδρομο μακρού QT, είναι δυνατόν να κατανοηθούν καλύτερα οι υποκείμενες αιτίες των συγκεκριμένων καταστάσεων και να αναπτυχθούν στοχευμένες θεραπείες και παρεμβάσεις για τη διαχείριση ή ακόμη και την πρόληψή τους σε αθλητές. Οι σχετικές μελέτες έχουν εντοπίσει συγκεκριμένα γονίδια και μεταλλάξεις που σχετίζονται με ΑΚΘ σε αθλητές.¹¹

2.1.3. Δομικές καρδιακές ανωμαλίες. Αυτές οι ανωμαλίες μπορεί να περιλαμβάνουν καταστάσεις όπως η υπερτροφική μυοκαρδιοπάθεια, η οποία χαρακτηρίζεται από πάχυνση του καρδιακού μυός, ή συγγενείς καρδιακές ανωμαλίες. Οι εν λόγω δομικές ανωμαλίες ενδέχεται να διαταράξουν τη φυσιολογική λειτουργία της καρδιάς και να αυξήσουν τον κίνδυνο καρδιακού επεισοδίου κατά τη διάρκεια της σωματικής άσκησης.¹² Εκτός από τις δομικές ανωμαλίες, άλλες υποκείμενες καρδιαγγειακές παθήσεις μπορεί επίσης να αποτελέσουν κίνδυνο για τους αθλητές. Μια τέτοια πάθηση είναι οι καρδιακές αρρυθμίες. Οι ακανόνιστοι καρδιακοί παλμοί που χαρακτηρίζουν τις αρρυθμίες (βλέπε πιο κάτω) μπορεί να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια σωματικής άσκησης και να οδηγήσουν σε συμπτώματα, όπως ζάλη, λιποθυμία ή ακόμη και ΑΚΑ.¹³

2.1.4. Ηλεκτρικές ανωμαλίες. Οι ηλεκτρικές (ηλεκτροφυσιολογικές) ανωμαλίες της καρδιάς, γνωστές και ως αρρυθμίες, μπορεί να διαταράξουν τον φυσιολογικό ρυθμό της καρδιάς και δυνητικά να οδηγήσουν σε απειλητικές

για τη ζωή επιπλοκές. Οι αρρυθμίες μπορεί να ποικίλλουν από απλές, ασυμπτωματικές διαταραχές έως σοβαρές καταστάσεις που απαιτούν άμεση ιατρική παρέμβαση. Ένας συνήθης τύπος αρρυθμίας είναι η κολπική μαρμαρυγή, μια συχνή κατάσταση που προκαλεί ακανόνιστο και ταχύ καρδιακό ρυθμό, η οποία αυξάνει τον κίνδυνο εγκεφαλικού επεισοδίου και καρδιακής ανεπάρκειας.¹⁴ Άλλες επικίνδυνες αρρυθμίες είναι η κοιλιακή ταχυκαρδία, η οποία εμφανίζεται όταν οι κοιλίες της καρδιάς πάλλονται με αφύσικα ταχύ ρυθμό, γεγονός που ενδέχεται να εξελιχθεί σε κοιλιακή μαρμαρυγή και να οδηγήσει σε ΑΚΑ¹⁵ και, τέλος, ο κολποκοιλιακός αποκλεισμός, ο οποίος εμποδίζει την κανονική ηλεκτρική αγωγή από τους κόλπους προς τις κοιλίες, επιβραδύνοντας τον καρδιακό ρυθμό και προκαλώντας συμπτώματα, όπως ζάλη ή λιποθυμία.¹⁶ Σε ορισμένες περιπτώσεις οι αρρυθμίες μπορεί να επιδεινωθούν κατά τη διάρκεια σωματικής άσκησης, αυξάνοντας τον κίνδυνο σοβαρών επεισοδίων σε αθλητές ή άτομα με υποκείμενα καρδιολογικά προβλήματα.¹⁷

2.1.5. Το σύνδρομο μακρού QT, το σύνδρομο Brugada και το σύνδρομο Wolff-Parkinson-White. Τα σύνδρομα μακρού QT, Brugada και Wolff-Parkinson-White (WPW) ανήκουν στις καρδιακές αρρυθμίες που σχετίζονται με διαταραχές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας της καρδιάς. Κάθε ένα από τα εν λόγω σύνδρομα έχει διαφορετική αιτιολογία και παθογένεια, αλλά και τα τρία μπορεί να οδηγήσουν σε επικίνδυνες καρδιακές αρρυθμίες και ΑΚΘ. Το σύνδρομο μακρού QT (LQTS) είναι μια διαταραχή που χαρακτηρίζεται από παρατεταμένο διάστημα QT στο ΗΚΓ. Το διάστημα QT αντανάκλα τον χρόνο που απαιτείται για να επαναπωληθούν οι κοιλίες της καρδιάς μετά τη συστολή τους. Το LQTS αυξάνει τον κίνδυνο εμφάνισης επικίνδυνων αρρυθμιών, όπως η πολυμορφική κοιλιακή ταχυκαρδία (torsades de pointes), η οποία μπορεί να οδηγήσει σε ΑΚΘ.¹⁸ Το LQTS μπορεί να είναι είτε κληρονομικό είτε επίκτητο. Οι κληρονομικές μορφές του οφείλονται σε μεταλλάξεις γονιδίων που κωδικοποιούν ιοντικούς διαύλους, όπως τα *KCNQ1* και *KCNH2* για το LQT1 και LQT2, αντίστοιχα, και το *SCN5A* για το LQT3.¹⁹ Οι επίκτητες μορφές του LQTS συχνά σχετίζονται με τη λήψη ορισμένων φαρμάκων (π.χ. αντιαρρυθμικά, αντιψυχωσικά), ηλεκτρολυτικές διαταραχές (π.χ. υποκαλιαιμία) και άλλες καταστάσεις που επηρεάζουν τους ιοντικούς διαύλους.¹⁸ Το σύνδρομο Brugada συνιστά μια άλλη γενετική διαταραχή που επηρεάζει τους ιοντικούς διαύλους νατρίου στην καρδιά, προκαλώντας σοβαρές κοιλιακές αρρυθμίες, όπως η torsades de pointes. Αυτή η κατάσταση μπορεί να οδηγήσει σε αιφνίδιο θάνατο, συχνά κατά τη διάρκεια του ύπνου ή της ανάπαυσης. Η πλέον κοινή αιτία του συνδρόμου είναι μια μετάλλαξη στο γονίδιο *SCN5A*, το οποίο επηρεάζει τη λειτουργία του νατρίου στην καρδιά. Οι πάσχοντες ενδέχεται

να εμφανίσουν συμπτώματα ή αιφνίδιο θάνατο, ειδικά όταν η καρδιά τους βρίσκεται σε κατάσταση stress ή αυξημένης θερμοκρασίας σώματος, καθώς ο πυρετός μπορεί να επιδεινώσει την εμφάνιση των αρρυθμιών.²⁰ Το σύνδρομο WPW είναι μια συγγενής διαταραχή του ηλεκτρικού συστήματος της καρδιάς που προκαλεί ταχυκαρδία λόγω της ύπαρξης μιας επί πλέον αγωγίσιμης οδού. Η εν λόγω επί πλέον οδός, γνωστή ως δέσμη του Kent, επιτρέπει την παράκαμψη του φυσιολογικού συστήματος ηλεκτρικής αγωγιμότητας της καρδιάς, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη υπερκοιλιακής ταχυκαρδιάς. Η συγκεκριμένη κατάσταση μπορεί να οδηγήσει σε αρρυθμίες, όπως η κοιλιακή μαρμαρυγή, οι οποίες ενδέχεται να είναι δυνητικά απειλητικές για τη ζωή.²¹ Η αιτία του WPW είναι συνήθως συγγενής, καθώς τα παιδιά γεννώνται με αυτή την ανώμαλη αγωγή οδό. Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να παραμείνει ασυμπτωματικό για μεγάλο χρονικό διάστημα, ενώ σε άλλες ενδέχεται να εκδηλωθεί με αίσθημα παλμών, συγκοπή ή, σε σπάνιες περιπτώσεις, με ΑΚΘ.²² Η διάγνωση γίνεται συνήθως μέσω ΗΚΓ, το οποίο αποκαλύπτει χαρακτηριστικό κύμα δέλτα, ενώ οι πλέον σοβαρές περιπτώσεις αντιμετωπίζονται με καθετηριακή κατάλυση για την κατάργηση της επί πλέον αγωγίσιμης οδού.²³

2.1.6. Άλλοι παράγοντες κινδύνου αιφνίδιου καρδιακού θανάτου. Μελέτες έχουν δείξει ότι η ηλικία, το φύλο και η εθνότητα συνιστούν παράγοντες που συσχετίζονται με περιστατικά ΑΚΘ. Η συχνότητα εμφάνισης ΑΚΘ που σχετίζεται με τον αθλητισμό αυξάνεται με την ηλικία, τόσο σε μη ανταγωνιστικά όσο και σε ανταγωνιστικά αθλήματα. Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται ένας αυξανόμενος αριθμός «μεγαλύτερων» (ηλικίας >35 ετών) αθλητών που συμμετέχουν σε οργανωμένες αγωνιστικές αθλητικές διοργανώσεις. Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (ΗΠΑ), το 2013, ποσοστό 54% των 19.025.000 συμμετεχόντων σε ανταγωνιστικούς αγώνες τρεξίματος ήταν ≥35 ετών (State of the Sport, 2014). Όπως αναφέρθηκε από προγενέστερους συγγραφείς,²⁴ η εκτιμώμενη συχνότητα ΑΚΘ ήταν 0,47–1,21 ανά 100.000 ανθρωπο-έτη σε νέους (ηλικίας ≤35 ετών) αθλητές ανταγωνιστικών αθλημάτων σε σύγκριση με 6,64 ανά 100.000 ανθρωπο-έτη σε μεγαλύτερους (ηλικίας >35 ετών) αθλητές, ενώ η συχνότητα εμφάνισης ΑΚΘ σε αθλητές ηλικίας 12–19 ετών κατά τη διάρκεια 19 ακαδημαϊκών ετών ήταν χαμηλότερη (0,24 ανά 100.000 ανθρωπο-έτη αθλητών).²⁵ Δημοσιευμένη μελέτη²⁶ ανέφερε ετήσιο επιπολασμό ΑΚΘ 1:43.770 σε αθλητές ηλικίας 17–23 ετών που ήταν μέλη της Εθνικής Κολεγιακής Αθλητικής Ένωσης των Ηνωμένων Πολιτειών (NCAA). Σε άλλη εργασία²⁷ αναφέρθηκαν ασθενείς ηλικίας 35–65 ετών που είχαν βιώσει ΑΚΑ κατά τη διάρκεια αθλητικών δραστηριοτήτων. Η μέση ηλικία ήταν τα 51,1±8,8 έτη και αιφνίδιες καρδιακές ανακοπές

σχετιζόμενες με τον αθλητισμό εμφανίστηκαν σε ένα μικρό ποσοστό περιπτώσεων ΑΚΑ (5%) και ήταν συχνότερες σε άτομα μέσης ηλικίας και άτομα με τουλάχιστον έναν παράγοντα καρδιαγγειακού κινδύνου και γνωστή καρδιακή νόσο. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι ο ΑΚΘ είναι πιο συχνός στους άνδρες αθλητές σε σύγκριση με τις γυναίκες αθλήτριες. Μελέτη που διεξήχθη²⁸ σε >110.000 αθλητές ανέφερε επιπολασμό ΑΚΘ 2,6/100.000 ανθρωπο-έτη σε άνδρες αθλητές σε σύγκριση με 1,1/100.000 ανθρωπο-έτη σε γυναίκες αθλήτριες. Μελέτη του 2009⁶ έδειξε ότι από τις 1.049 περιπτώσεις ΑΚΘ σε νέους αθλητές ανταγωνιστικών αθλημάτων (μέση ηλικία 19±6 έτη) στις ΗΠΑ μόνο το 11% εμφανίστηκε σε γυναίκες. Η τάση αυτή παραμένει, επίσης, παρά την αύξηση της συμμετοχής των γυναικών σε διάφορα αθλήματα, μεταξύ εθνικοτήτων και σε οποιαδήποτε ηλικία.⁶ Ένα μεγάλο περιφερειακό μητρώο στο Ηνωμένο Βασίλειο διαπίστωσε ότι μεταξύ 748 περιπτώσεων ΑΚΘ σε άτομα που συμμετείχαν σε αθλητικές δραστηριότητες (>3 ώρες οργανωμένης σωματικής άσκησης την εβδομάδα) μόνο 98 (13%) ήταν γυναίκες. Η ίδια μελέτη κατέδειξε σημαντικά χαμηλότερη συχνότητα θανάτου κατά τη διάρκεια έντονης άσκησης σε γυναίκες αθλήτριες σε σύγκριση με άνδρες αθλητές (58% έναντι 83%, $p<0,001$).²⁹ Οι υποθέσεις που εξηγούν την υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης ΑΚΘ σε άνδρες αθλητές περιλαμβάνουν την επίδραση του φύλου στις φυσιολογικές καρδιακές προσαρμογές στην άσκηση, τον υψηλότερο επιπολασμό της ίνωσης του μυοκαρδίου στους άνδρες, ο οποίος μπορεί να αποτελέσει υπόστρωμα για απειλητικές για τη ζωή αρρυθμίες, ορμονικούς παράγοντες (π.χ., τα οιστρογόνα πιθανόν να δρουν προστατευτικά στις γυναίκες), τον υψηλότερο επιπολασμό της αθηροσκληρωτικής στεφανιαίας νόσου στους άνδρες και ψυχολογικούς παράγοντες, ιδιαίτερα λαμβάνοντας υπ' όψιν την τάση των ανδρών να φθάνουν σε επίπεδα εξάντλησης και να εμπλέκονται συχνότερα σε εθιστικές συμπεριφορές.³⁰ Επιπρόσθετα, εκτός από τους προδιαθεσικούς παράγοντες που δεν μπορούν να τροποποιηθούν, υπάρχουν και αυτοί οι οποίοι με τροποποίησή τους μπορούν να επηρεάσουν θετικά ή αρνητικά την έκβαση ενός συμβάματος. Συγκεκριμένα, το είδος και η ένταση της σωματικής προσπάθειας μπορεί να επηρεάσει τον κίνδυνο ανάπτυξης απειλητικών για τη ζωή αρρυθμιών, εάν υπάρχει υποκείμενη καρδιακή πάθηση. Φαίνεται ότι η έντονη άσκηση που εκτελείται από αθλητές σε ανταγωνιστικά αθλήματα, σε αντίθεση με την ψυχαγωγική άσκηση, μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερο κίνδυνο ΑΚΘ.³¹ Σχετικά πρόσφατη έρευνα³² ανέδειξε ποσοστό 1:100.000 ΑΚΘ μεταξύ αθλητών ανταγωνιστικών αθλημάτων έναντι 0,32:100.000 σε εκείνους που επιδίδονταν σε δραστηριότητες αναψυχής ή ψυχαγωγικά αθλήματα. Άλλοι συγγραφείς³¹ ανέφεραν σχετικό κίνδυνο ΑΚΑ 3,6 σε

αθλητές-μαθητές Γυμνασίου σε σύγκριση με συνομηλίκους τους που δεν ασκούσαν. Αντίθετα, σε μελέτη του 2016³³ αναφέρθηκε υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης ΑΚΘ σε νέα άτομα που δεν συμμετείχαν σε έντονη άσκηση σε σύγκριση με αθλητές ανταγωνιστικών αθλημάτων. Συγκεκριμένα, οι ΑΚΘ ήταν 8 φορές συχνότεροι σε μη αθλητές.³³ Στις ΗΠΑ, η υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης ΑΚΘ έχει αναφερθεί σε καλαθοσφαιριστές.^{6,18,34} Αντίθετα, στην Ευρώπη, οι περισσότερες εκδηλώσεις ΑΚΘ που σχετίζονται με τον αθλητισμό εμφανίζονται στο ποδόσφαιρο. Σύμφωνα με άλλη μελέτη,³⁵ η συχνότητα εμφάνισης ΑΚΘ ήταν 6,8 ανά 100.000 ανθρωπο-έτη νεαρών ποδοσφαιριστών, ηλικίας 16 ετών, που είχαν εξεταστεί με ΗΚΓ και ερωτηματολόγιο υγείας. Άλλη μελέτη στην Ιταλία ανέφερε ότι το 45% όλων των περιστατικών ΑΚΘ σε αθλητές συνέβησαν ενώ έπαιζαν ποδόσφαιρο, με παρόμοιο ποσοστό (39%) να αναφέρεται και για το Ισραήλ. Αυτό πιθανόν να αντικατοπτρίζει τη μεγαλύτερη δημοτικότητα τόσο του ερασιτεχνικού όσο και του επαγγελματικού ποδοσφαίρου στην Ευρώπη σε σύγκριση με τις ΗΠΑ, η οποία μπορεί να έχει επηρεάσει το μέγεθος του αθλητικού πληθυσμού που συμμετέχει σε αυτό.³⁶

3. ΠΡΟΛΗΨΗ ΑΙΦΝΙΔΙΟΥ ΚΑΡΔΙΑΚΟΥ ΘΑΝΑΤΟΥ ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ

Ο ΑΚΘ στους αθλητές μπορεί να προληφθεί μέσω της εφαρμογής στρατηγικών που στοχεύουν στον εντοπισμό καρδιακών παθήσεων οι οποίες ενδέχεται να θέσουν σε κίνδυνο ασυμπτωματικά άτομα (screening) και πολιτικών που αυξάνουν την πιθανότητα επιτυχούς ανάνηψης καρδιακών ανακοπών. Τόσο η American Heart Association/American College of Cardiology (AHA/ACC) όσο και η Ευρωπαϊκή Εταιρεία Καρδιολογίας (ESC) συνιστούν καρδιακό έλεγχο πριν από τη συμμετοχή σε αθλητικές δραστηριότητες, με στόχο τον εντοπισμό καρδιακών παθήσεων που ενέχουν κίνδυνο ΑΚΘ.³⁷ Δεν υπάρχει παγκόσμια συναίνεση σχετικά με το αν ή πώς πρέπει να διενεργείται ο καρδιακός έλεγχος στους αθλητές, με μεγάλες διαφοροποιήσεις να παρατηρούνται μεταξύ των χωρών, των αθλητικών διοικητικών οργάνων και του επιπέδου αθλητικού ανταγωνισμού. Τόσο οι αμερικανικές όσο και οι ευρωπαϊκές κατευθυντήριες οδηγίες υποδεικνύουν ότι το ιατρικό ιστορικό και η φυσική εξέταση πρέπει να συνιστούν μέρος του καρδιακού ελέγχου.³⁷ Ωστόσο, ενώ το ΗΚΓ 12 απαγωγών είναι ο βασικός έλεγχος που προτείνεται από την ESC, η εν λόγω αξιολόγηση δεν συνιστάται από την ΑΗΑ, η οποία επικεντρώνεται στο προσωπικό και στο οικογενειακό ιστορικό, καθώς και στη φυσική εξέταση.⁷ Τα αποτελέσματα μελέτης³⁸ έδειξαν ότι η εφαρμογή ενός υποχρεωτικού προγράμματος καρδιακού ελέγχου με τη χρήση του ΗΚΓ πριν από τη συμμετοχή σε

αθλητικές δραστηριότητες οδήγησε σε σημαντική μείωση της συχνότητας εμφάνισης ΑΚΘ στους αθλητές. Συγκεκριμένα, στην περιοχή του Veneto της Ιταλίας, ο ετήσιος επιπολασμός ΑΚΘ σε αθλητές μειώθηκε κατά 89% μετά τον καρδιακό έλεγχο που έγινε υποχρεωτικός το έτος 1982. Αντίθετα, σε άλλη εργασία³⁹ ανέλυσαν 13 περιπτώσεις ΑΚΘ σε αθλητές-μαθητές Γυμνασίου στη Minnesota των ΗΠΑ για μια περίοδο 26 ετών και ανέφεραν ότι μόνο 4 (31%) άτομα είχαν καρδιαγγειακές παθήσεις που θα μπορούσαν να ανιχνευτούν αξιόπιστα μέσω καρδιακού ελέγχου, ιατρικού ιστορικού, φυσικής εξέτασης και ΗΚΓ. Επί πλέον, δεδομένα από παλαιότερη έρευνα⁴⁰ έδειξαν ότι η επίδραση της εφαρμογής υποχρεωτικού καρδιακού ελέγχου με ΗΚΓ και δοκιμασία κόπωσης πριν από τη συμμετοχή σε αθλητικές δραστηριότητες δεν οδήγησε σε σημαντική αλλαγή στα τεκμηριωμένα περιστατικά ΑΚΘ σε αθλητές ανταγωνιστικών αθλημάτων. Η συγκεκριμένη μελέτη βασίστηκε στη συστηματική αναζήτηση δύο κύριων εφημερίδων στο Ισραήλ, γεγονός που αποτελεί σημαντικό περιορισμό της μελέτης, καθώς τα στοιχεία δεν συλλέχθηκαν μέσω μιας προοπτικής βάσης δεδομένων, με αποτέλεσμα την πιθανή υποεκτίμηση των περιστατικών.⁴⁰

Εάν οι αρχικές ιατρικές εξετάσεις υποδηλώνουν πιθανή καρδιακή νόσο, τότε συνιστάται περαιτέρω διερεύνηση, μέσω υπερηχοκαρδιογραφήματος, καρδιαγγειακής μαγνητικής τομογραφίας, καρδιοπνευμονικής δοκιμασίας κόπωσης και οικογενειακής εξέτασης. Επί παρουσίας ενός ύποπτου φαινοτύπου, ο γενετικός έλεγχος μπορεί να είναι χρήσιμος για τη διάγνωση και τη διαστρωμάτωση κινδύνου.⁴¹ Αν και ο ειδικός γενετικός έλεγχος μπορεί να είναι χρήσιμος, ελλείψει ύποπτου φαινοτύπου ή θετικού proband* ο γενετικός έλεγχος δεν πραγματοποιείται συνήθως. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι έχει χαμηλή απόδοση και μπορεί να βρεθούν παραλλαγές άγνωστης σημασίας, οι οποίες ενδέχεται να μην είναι κλινικά σημαντικές.⁴² Ενώ ο έλεγχος πριν από τη συμμετοχή σε αθλητικές δραστηριότητες μπορεί να είναι δεοντολογικά δικαιολογημένος για την πρόληψη του ΑΚΘ σε αθλητές, υπάρχουν ορισμένα περίπλοκα δεοντολογικά ζητήματα που σχετίζονται με τις αποφάσεις αποκλεισμού. Οι αθλητές, ειδικά εκείνοι οι οποίοι αγωνίζονται σε πολύ υψηλό επίπεδο, μπορεί να προσλάβουν τον αποκλεισμό, βάσει των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τον έλεγχο, ως διάκριση λόγω ιατρικής κατάστασης, γεγονός το οποίο πιθανόν να προκαλέσει σημαντική ψυχολογική επιβάρυνσή τους.

* Ένας proband είναι άτομο που επηρεάζεται από μια γενετική πάθηση ή ανησυχεί ότι διατρέχει κίνδυνο. Συνήθως, ο proband είναι το πρώτο άτομο σε μια οικογένεια που φέρει την ανησυχία μιας γενετικής διαταραχής στην προσοχή των επαγγελματιών υγείας. Πηγή ορισμού: NIH (2023) στο Proband (genome.gov)

Μια κοινή διαδικασία λήψης αποφάσεων σχετικά με τη συμμετοχή στον αθλητισμό είναι πάντα σκόπιμη, λαμβάνοντας υπ' όψιν την έλλειψη ισχυρών στοιχείων αναφορικά με τον κίνδυνο που μπορεί να διατρέχουν άτομα με καρδιακή νόσο κατά την άσκηση. Υπάρχουν ορισμένες καταστάσεις όπου η άσκηση ενδέχεται να ενέχει σημαντικό κίνδυνο. Αυτές περιλαμβάνουν προηγούμενη ΑΚΑ ή ανεξήγητη συγκοπή, συμπτωματική/αποφρακτική υπερτροφική μυοκαρδιοπάθεια, διατατική μυοκαρδιοπάθεια με σημαντική έκπτωση της συστολικής λειτουργίας ή και γονότυπους υψηλού κινδύνου (lamin A/C-filamin C).⁴¹ Η χρήση μαζικού καρδιακού ελέγχου σε αθλητές παραμένει αμφιλεγόμενη. Τα πλέον αναφερόμενα ζητήματα είναι εκείνα που σχετίζονται με την οικονομική βιωσιμότητα ενός εθνικού προγράμματος προσυμπτωματικού ελέγχου, τα αβέβαια οφέλη όσον αφορά στη μείωση του ΑΚΘ, την πιθανότητα ψευδώς θετικών αποτελεσμάτων και επακόλουθων περιττών αποκλεισμών και το γεγονός ότι ο έλεγχος δεν αποτρέπει όλους τους καρδιακούς θανάτους των νεαρών αθλητών.³⁵

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο ΑΚΘ είναι ένα καταστροφικό γεγονός που μπορεί να συμβεί σε υγιή κατά τα άλλα άτομα, ακόμη και σε αθλητές. Τα υποκείμενα καρδιακά προβλήματα μπορεί να αυξήσουν τον κίνδυνο ΑΚΘ και ο συνδυασμός ενός ανώμαλου ηλεκτρικού ή ανατομικού υποστρώματος με τις φυσιολογικές αλλαγές και απαιτήσεις της έντονης άσκησης πιθανόν να οδηγήσει σε θανατηφόρες αρρυθμίες. Οι άνδρες και οι μεγαλύτεροι σε ηλικία αθλητές έχουν περισσότερες πιθανότητες να αναπτύξουν ΑΚΘ. Παρ' όλο που οι πρωτοπαθείς μυοκαρδιοπάθειες και οι διαυλοπάθειες είναι οι πλέον συχνές αιτίες ΑΚΘ σε νεαρούς αθλητές, η αθηροσκληρωτική στεφανιαία νόσος είναι η πλέον κοινή αιτία θανατηφόρων επεισοδίων σε βετεράνους. Οι υποκείμενες αιτίες του ΑΚΘ ποικίλλουν, υπογραμμίζοντας την πολυπλοκότητα ερμηνείας της αυτοψίας. Μια δομικά φυσιολογική καρδιά αποκαλύπτεται όλο και πιο συχνά μετά τη νεκροτομή σε νεαρούς αθλητές που εμφάνισαν ΑΚΘ, υπονοώντας ότι τα σύνδρομα πρωτοπαθούς αρρυθμίας μπορεί συχνά να διαδραματίζουν ρόλο.

Ο καρδιακός έλεγχος πριν από τη συμμετοχή σε αθλητικές δραστηριότητες μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση καρδιακών ανωμαλιών που ενδεχομένως να οδηγήσουν σε ΑΚΘ σε αθλητές. Ενώ τα ευρωπαϊκά πρότυπα απαιτούν ΗΚΓ 12 απαγωγών, οι αμερικανικές κατευθυντήριες οδηγίες δίνουν έμφαση στο ατομικό και στο οικογενειακό ιστορικό, καθώς και στη φυσική εξέταση. Ο καρδιακός έλεγχος στον αθλητισμό εξακολουθεί να είναι ένα αμφιλεγόμενο ζήτημα, με τους επικριτές να εκφράζουν ανησυχίες για την οικονομική βιωσιμότητα, τη σχέση

κόστους-αποτελεσματικότητας και τις ηθικές εκτιμήσεις όσον αφορά στον αποκλεισμό. Αν και η έγκαιρη ανίχνευση λανθανουσών καρδιακών διαταραχών μπορεί να συνδράμει στην πρόληψη των εν λόγω θανάτων, οι κανονισμοί που προωθούν την ευρεία χρήση των αυτοματοποιημένων εξωτερικών απινιδωτών και την πρώιμη καρδιοαναπνευστική αναζωογόνηση (ΚΑΡΠΑ) παραμένουν κρίσιμοι.

Μελλοντικές έρευνες θα πρέπει, επίσης, να διερευνήσουν τον πιθανό ρόλο των επιγενετικών παραγόντων στην πρόκληση μεταλλάξεων που οδηγούν σε καρδιακή βλάβη. Αυτό περιλαμβάνει τη διερεύνηση των επιπτώσεων περιβαλλοντικών και άλλων παραγόντων, όπως η ρύπανση, η συνεχιζόμενη πανδημία COVID-19, οι καιρικές συνθήκες και το χρόνιο stress, στην καρδιακή υγεία. Λαμβάνοντας

υπ' όψιν αυτά τα δεδομένα, είναι δυνατόν να επιτευχθεί μια πιο ολοκληρωμένη κατανόηση των υποκείμενων αιτιών των καρδιακών διαταραχών και να αναπτυχθούν στοχευμένες παρεμβάσεις για την πρόληψη της εμφάνισής τους. Η κατανόηση του πιθανού ρόλου των επιγενετικών παραγόντων στην πρόκληση μεταλλάξεων που οδηγούν σε καρδιακή βλάβη είναι, επίσης, ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση των γνώσεων στον τομέα της καρδιακής υγείας. Διερευνώντας τον αντίκτυπο περιβαλλοντικών παραγόντων, όπως η ρύπανση και οι καιρικές συνθήκες, αλλά και του χρόνιου stress, μπορεί να αναδειχθούν πιθανοί παράγοντες πρόκλησης καρδιακών διαταραχών. Η εν λόγω ολιστική προσέγγιση θα επιτρέψει την ανάπτυξη στοχευμένων παρεμβάσεων για την αντιμετώπιση των υποκείμενων αιτιών και, τελικά, την αποτροπή πρόκλησης καρδιακής βλάβης.

ABSTRACT

Sudden cardiac death in sports

P. THEOPHANOUS,¹ A. PHILIPPOU,¹ E. DIMAKOPOULOU²

¹Laboratory of Physiology, School of Medicine, National and Kapodistrian University of Athens, Athens,

²Athens Alzheimer Association, Athens, Greece

Archives of Hellenic Medicine 2025, 42(6):756–763

This study investigates the significance of cardiac monitoring in sports to avoid sudden cardiovascular events during exercise. The United States (US) guidelines emphasize the importance of obtaining an individual and family history, as well as a thorough clinical examination of an individual prior to participation in sports activities, in order to assess his(her) cardiovascular risk during exercise. However, there is skepticism about the cost-effectiveness of an extensive pre-exercise screening, while raising ethical concerns about the exclusion of certain individuals. Nevertheless, early detection of latent cardiac disorders is crucial to prevent sudden deaths, highlighting the need for regulations that promote the wide use of automated external defibrillators (AEDs) and cardiopulmonary resuscitation (CPR) training. These interventions can significantly improve the chances of survival for individuals who experience sudden cardiac arrest. In addition, educating and raising awareness of the warning signs of cardiac disorders can prompt athletes to seek medical care early upon the onset of symptoms during exercise, increasing the chances of timely and effective intervention and preventing dangerous outcomes of these events. This work aims to contribute to awareness and preparedness strategies to reduce the risk of sudden cardiac death in sports.

Key words: Early medical care, Prevention of sudden death, Sudden cardiac arrest, Warning symptoms

Βιβλιογραφία

1. GILLUM RF. Geographic variation in sudden coronary death. *Am Heart J* 1990, 119:380–389
2. ZIPES DP, JOSE J. *Cardiac electrophysiology: From cell to bedside*. 4th ed. WB Saunders, Philadelphia, PA, 2004
3. WRITING GROUP MEMBERS; LLOYD-JONES D, ADAMS RJ, BROWN TM, CARNETHON M, DAI S ET AL. Heart disease and stroke statistics – 2010 update: A report from the American Heart Association. *Circulation* 2010, 121:e46–e215
4. ΓΚΑΛΕΑΣ ΚΘ, ΖΗΣΗΣ Χ. Αιφνίδιος θάνατος στην Εσωτερική Παθολογία. Βραχεία ανασκόπηση. *Ιατρικά Χρονικά* 2009, KB:329–332
5. DEO R, ALBERT CM. Epidemiology and genetics of sudden cardiac death. *Circulation* 2012, 125:620–637
6. MARON BJ, DOERER JJ, HAAS TS, TIERNEY DM, MUELLER FO. Sudden deaths in young competitive athletes: Analysis of 1866 deaths in the United States, 1980–2006. *Circulation* 2009, 119:1085–1092

7. CORRADO D, PELLICCIA A, BJØRNSTAD HH, VANHEES L, BIFFI A, BORJESSON M ET AL. 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* 2005, 26:516–524
8. WISLØFF U, LOENNECHEN JP, FALCK G, BEISVAG V, CURRIE S, SMITH G ET AL. Increased contractility and calcium sensitivity in cardiac myocytes isolated from endurance trained rats. *Cardiovasc Res* 2001, 50:495–508
9. MARIONNEAU C, BRUNET S, FLAGG TP, PILGRAM TK, DEMOLOMBE S, NERBONNE JM. Distinct cellular and molecular mechanisms underlie functional remodeling of repolarizing K⁺ currents with left ventricular hypertrophy. *Circ Res* 2008, 102:1406–1415
10. YANG KC, FOEGER NC, MARIONNEAU C, JAY PY, McMULLEN JR, NERBONNE JM. Homeostatic regulation of electrical excitability in physiological cardiac hypertrophy. *J Physiol* 2010, 588:5015–5032
11. THIENE G. Sudden cardiac death in the young: A genetic destiny? *Clin Med* 2018, 18(Suppl 2):s17–s23
12. YOW AG, RAJASURYA V, AHMED I, SHARMA S. Sudden cardiac death. In: *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing, Treasure Island, FL, 2025
13. KURIACHAN VP, SUMNER GL, MITCHELL LB. Sudden cardiac death. *Curr Probl Cardiol* 2015, 40:133–200
14. JANUARY CT, WANN LS, CALKINS H, CHEN LY, CIGARROA JE, CLEVELAND JC Jr ET AL. 2019 AHA/ACC/HRS focused update of the 2014 AHA/ACC/HRS guideline for the management of patients with atrial fibrillation: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society in collaboration with the Society of Thoracic Surgeons. *Circulation* 2019, 140:e125–e151
15. AL-KHATIB SM, STEVENSON WG, ACKERMAN MJ, BRYANT WJ, CALLANS DJ, CURTIS AB ET AL. 2017 AHA/ACC/HRS guideline for management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society. *J Am Coll Cardiol* 2018, 72:e91–e220
16. EPSTEIN AE, DiMARCO JP, ELLENBOGEN KA, ESTES NA 3rd, FREEDMAN RA, GETTES LS ET AL. 2012 ACCF/AHA/HRS focused update incorporated into the ACCF/AHA/HRS 2008 guidelines for device-based therapy of cardiac rhythm abnormalities: A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society. *Circulation* 2013, 127:e283–e352
17. PRIORI SG, BLOMSTRÖM-LUNDQVIST C, MAZZANTI A, BLOM N, BORGGREFE M, CAMM J ET AL. 2015 ESC Guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death: The Task Force for the Management of Patients with Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death of the European Society of Cardiology (ESC) endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC). *Europace* 2015, 17:1601–1687
18. SCHWARTZ PJ, CROTTI L, INSOLIA R. Long-QT syndrome: From genetics to management. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2012, 5:868–877
19. TESTER DJ, ACKERMAN MJ. Genetics of long QT syndrome. *Methodist Deakey Cardiovasc J* 2014, 10:29–33
20. ANTZELEVITCH C, YAN GX, ACKERMAN MJ, BORGGREFE M, CORRADO D, GUO J ET AL. J-Wave syndromes expert consensus conference report: Emerging concepts and gaps in knowledge. *Europace* 2017, 19:665–694
21. BRUGADA J, KEEGAN R. Asymptomatic ventricular pre-excitation: Between sudden cardiac death and catheter ablation. *Arrhythm Electrophysiol Rev* 2018, 7:32–38
22. COHEN M, TRIEDMAN J. Guidelines for management of asymptomatic ventricular pre-excitation: Brave new world or Pandora's box? *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2014, 7:187–189
23. KUBUŠ P, VIT P, GEBAUER RA, MATERNA O, JANOUŠEK J. Electrophysiologic profile and results of invasive risk stratification in asymptomatic children and adolescents with the Wolff-Parkinson-White electrocardiographic pattern. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2014, 7:218–223
24. RISGAARD B, WINKEL BG, JABBARI R, GLINGE C, INGEMANN-HANSEN O, THOMSEN JL ET AL. Sports-related sudden cardiac death in a competitive and a noncompetitive athlete population aged 12 to 49 years: Data from an unselected nationwide study in Denmark. *Heart Rhythm* 2014, 11:1673–1681
25. ROBERTS WO, STOVITZ SD. Incidence of sudden cardiac death in Minnesota high school athletes 1993–2012 screened with a standardized pre-participation evaluation. *J Am Coll Cardiol* 2013, 62:1298–1301
26. HARMON KG, ASIF IM, KLOSSNER D, DREZNER JA. Incidence of sudden cardiac death in National Collegiate Athletic Association athletes. *Circulation* 2011, 123:1594–1600
27. MARIJON E, UY-EVANADO A, REINIER K, TEODORESCU C, NARAYANAN K, JOUVEN X ET AL. Sudden cardiac arrest during sports activity in middle age. *Circulation* 2015, 131:1384–1391
28. CORRADO D, BASSO C, RIZZOLI G, SCHIAVON M, THIENE G. Does sports activity enhance the risk of sudden death in adolescents and young adults? *J Am Coll Cardiol* 2003, 42:1959–1963
29. FINOCCHIARO G, WESTABY J, BHATIA R, MALHOTRA A, BEHRER, PAPADAKIS M ET AL. Sudden death in female athletes: Insights from a large regional registry in the United Kingdom. *Circulation* 2021, 144:1827–1829
30. HAUKILAHTI MAE, HOLMSTRÖM L, VÄHÄTALO J, KENTTÄ T, TIKKANEN J, PAKANEN L ET AL. Sudden cardiac death in women. *Circulation* 2019, 139:1012–1021
31. TORESDAHL BG, RAO AL, HARMON KG, DREZNER JA. Incidence of sudden cardiac arrest in high school student athletes on school campus. *Heart Rhythm* 2014, 11:1190–1194
32. SOLLAZZO F, PALMIERI V, GERVAZI SF, CUCCARO F, MODICA G, NARDUCCI ML ET AL. Sudden cardiac death in athletes in Italy during 2019: Internet-based epidemiological research. *Medicina (Kaunas)* 2021, 57:61
33. MARON BJ, HAAS TS, DUNCANSON ER, GARBERICH RF, BAKER AM,

- MACKEY-BOJACK S. Comparison of the frequency of sudden cardiovascular deaths in young competitive athletes versus nonathletes: Should we really screen only athletes? *Am J Cardiol* 2016, 117:1339–1341
34. DREZNER JA, RAO AL, HEISTAND J, BLOOMINGDALE MK, HARMON KG. Effectiveness of emergency response planning for sudden cardiac arrest in United States high schools with automated external defibrillators. *Circulation* 2009, 120:518–525
35. MALHOTRA A, DHUTIA H, FINOCCHIARO G, GATI S, BEASLEY I, CLIFT P ET AL. Outcomes of cardiac screening in adolescent soccer players. *N Engl J Med* 2018, 379:524–534
36. YANAI O, PHILLIPS ED, HISS J. Sudden cardiac death during sport and recreational activities in Israel. *J Clin Forensic Med* 2000, 7:88–91
37. DREZNER JA, O'CONNOR FG, HARMON KG, FIELDS KB, ASPLUND CA, ASIF IM ET AL. AMSSM position statement on cardiovascular preparticipation screening in athletes: Current evidence, knowledge gaps, recommendations and future directions. *Br J Sports Med* 2017, 51:153–167
38. CORRADO D, BASSO C, PAVEI A, MICHIELI P, SCHIAVON M, THIENE G. Trends in sudden cardiovascular death in young competitive athletes after implementation of a preparticipation screening program. *JAMA* 2006, 296:1593–1601
39. MARON BJ, HAAS TS, AHLUWALIA A, RUTTEN-RAMOS SC. Incidence of cardiovascular sudden deaths in Minnesota high school athletes. *Heart Rhythm* 2013, 10:374–377
40. STEINVIL A, CHUNDADZE T, ZELTSER D, ROGOWSKI O, HALKIN A, GALILI Y ET AL. Mandatory electrocardiographic screening of athletes to reduce their risk for sudden death proven fact or wishful thinking? *J Am Coll Cardiol* 2011, 57:1291–1296
41. PELLICCIA A, SHARMA S, GATI S, BÄCK M, BÖRJESSON M, CASELLI S ET AL. 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease: The Task Force on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2021, 42:17–96
42. VOGIATZI G, LAZAROS G, OIKONOMOU E, LAZAROU E, VAVURANAKIS E, TOUSOULIS D. Role of genetic testing in cardiomyopathies: A primer for cardiologists. *World J Cardiol* 2022, 14:29–39

Corresponding author:

P. Theophanous, 26 Ilision street, 157 71 Athens, Greece
e-mail: pheidiastheoph@gmail.com