

Η επίδραση της άσκησης στη δράση του αυτόνομου νευρικού συστήματος στην καρδιά

Π. Σωτηρίου, Ε. Κουιδή

Εργαστήριο Αθλητιατρικής ΤΕΦΑΑ ΑΠΘ, Θεσσαλονίκης

Περίληψη Η άσκηση έχει ευεργετικές επιδράσεις στην καρδιακή λειτουργία, γεγονός που αποδεικνύεται και από τη θετική επίδρασή της στον έλεγχο της καρδιάς από το αυτόνομο νευρικό σύστημα (ΑΝΣ). Η δράση του αυτόνομου νευρικού συστήματος στη καρδιά μελετάται μέσω του υπολογισμού παραμέτρων της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας (Heart rate variability-HRV), όπως αυτοί προκύπτουν, κατόπιν ανάλυσης καταγραφών ρυθμού. Πρό-

κειται για δείκτες από την ανάλυση στο πεδίο του χρόνου, στο φάσμα των συχνοτήτων, καθώς και για δείκτες που προκύπτουν από την εφαρμογή Poincaré Plots και του διακριτού μετασχηματισμού κυματιδίων. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση στο πεδίο αυτό αποδεικνύει τα θετικά αποτελέσματα της άσκησης, τόσο σε υγιή πληθυσμό, όσο και σε ασθενείς που ακολουθούν ειδικά προγράμματα γύμνασης. *Καρδιολογία 2009, 2-3: 17-24.*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το αυτόνομο νευρικό σύστημα (ΑΝΣ) διακρίνεται στο συμπαθητικό και το παρασυμπαθητικό. Κάθε κλάδος έχει του δική του επίδραση σε κάθε σύστημα του ανθρώπινου οργανισμού, με τη δράση του ενός να αντιτίθεται σε αυτή του άλλου.

Το συμπαθητικό σύστημα με τη διέγερσή του προκαλεί μυδρίαση, αύξηση της καρδιακής συχνότητας και παροχής, διάταση των βρογχιολίων, αγγειοσυστολή στο δέρμα, διαστολή στις στεφανιαίες και στις ενδομυϊκές αρτηρίες, αναστολή των εντερικών κινήσεων, ανόρθωση των τριχών και σύσπαση των έσω σφιγκτήρων της ουροδόχου κύστης και του ορθού. Ενεργοποιείται χαρακτηριστικά σε περιπτώσεις άμεσου κινδύνου, αιμοδυναμικής κατάρρευσης ή αναπνευστικής ανεπάρκειας¹. Αντιθέτως το παρασυμπαθητικό σύστημα προκαλεί μύση, βραδυκαρδία, μείωση της καρδιακής παροχής, σύσπαση των βρογχιολίων, αύξηση της περισταλτικότητας του εντέρου, κένωση της ουροδόχου κύστης και του ορθού, αύξηση της έκκρισης των σιελογόνων και δακρυογόνων αδένων, στύση του πέους και εκσπερμάτιση.

Ειδικότερα, στην καρδιά, το παρασυμπαθητι-

κό σύστημα, μέσω κλάδων του πνευμονογαστρικού, νευρώνει το φλεβόκομβο, τον κολποκοιλιακό κόμβο και τμήματα του μυοκαρδίου των κοιλιών. Το συμπαθητικό κατανέμει κλάδους του σε όλα τα σημεία της καρδιάς.

Η διέγερση του πνευμονογαστρικού προκαλεί την απελευθέρωση της ακετυλοχολίνης, η οποία ελαττώνει την καρδιακή συχνότητα και τη διεγερσιμότητα των μυοκαρδιακών ινών, που βρίσκονται μεταξύ των κόλπων και των κοιλιών. Επομένως, προκαλεί επιβράδυνση της κολποκοιλιακής αγωγής. Αντιθέτως, ο ερεθισμός του συμπαθητικού νευρικού συστήματος συνεπάγεται την έκκριση των κατεχολαμινών αδρεναλίνης και νοραδρεναλίνης, που αυξάνουν τη συχνότητα διέγερσης του φλεβόκομβου. Η φυσιολογική μεταβλητότητα της καρδιακής συχνότητας οφείλεται στον έλεγχο της καρδιάς και του κυκλοφορικού συστήματος από το αυτόνομο νευρικό σύστημα.²

ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΗ ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΣΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ

Η άσκηση προκαλεί σημαντική αύξηση της καρδιακής παροχής, προκειμένου να καλύπτονται οι μεταβολικές ανάγκες των ασκούμενων μυών, να

αποτρέπεται η υπερθερμία και να εξασφαλίζεται επαρκής αιματική ροή όλων των οργάνων. Σχετίζεται με πολλαπλές αιμοδυναμικές μεταβολές και αλλαγές στο καρδιακό φορτίο.

Με την έναρξη της άσκησης, η καρδιακή συχνότητα αυξάνεται, λόγω μείωσης του παρασυμπαθητικού τόνου και αύξησης της δράσης του συμπαθητικού νευρικού συστήματος. Κατά τη διάρκεια της αθλητικής δραστηριότητας, αυξάνονται οι συγκεντρώσεις των επινεφριδιακών κατεχολαμινών, λόγω έντονης ενεργοποίησης του συμπαθητικού νευρικού συστήματος και των πνευμονικών τασεοϋποδοχέων, με αποτέλεσμα περαιτέρω αύξηση της καρδιακής συχνότητας. Αυτή είναι δυνατό στιγμιαία να ξεπεράσει τις 200 σφύξεις/λεπτό, ειδικότερα στην αερόβια άσκηση. Ταυτόχρονα, αυξάνεται ο όγκος παλμού, λόγω αύξησης της φλεβικής επαναφοράς και της ινότροπης δράσης.

Με τη διακοπή της άσκησης, μειώνεται ο συμπαθητικός τόνος, ενώ αυξάνεται η παρασυμπαθητική δράση, με αποτέλεσμα τη μείωση της καρδιακής συχνότητας, με συχνά παροδική πτώση της αρτηριακής πίεσης σε επίπεδα χαμηλότερα συγκριτικά με αυτά προ της άσκησης, λόγω χαμηλών περιφερικών αντιστάσεων³.

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΧΡΟΝΙΑΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΑΡΔΙΑ

Η χρόνια άσκηση αυξάνει την ικανότητα του καρδιαγγειακού συστήματος να αποδίδει οξυγόνο στους ιστούς, αλλά και την ικανότητα των μυών να το χρησιμοποιούν. Βελτιώνει τη λειτουργική ικανότητα έργου, αυξάνει την αερόβια ικανότητα και μειώνει την αρτηριακή πίεση ηρεμίας και άσκησης³. Οι καρδιαγγειακές προσαρμογές στην άσκηση εξαρτώνται από τον τύπο και την ένταση αυτής. Η άσκηση αντοχής μειώνει το μεταβολικό φορτίο στην καρδιά στην ηρεμία και στην υπομέγιστη προσπάθεια, αυξάνοντας τον όγκο παλμού και μειώνοντας την καρδιακή συχνότητα⁴.

Η χρόνια άσκηση, συνεπάγεται επίσης δομικές μεταβολές και προσαρμογές της καρδιάς. Η συστηματική προπόνηση αντοχής, καθώς και οι ισομετρική άσκηση είναι δυνατό να προκαλέσουν προσαρμογές του καρδιακού μυός, που περιλαμβάνουν την υπερτροφία των τοιχωμάτων της αριστεράς κοιλίας και τη διάταση των καρδιακών κοιλοτήτων, με διατηρημένη πάντοτε τη συστολική και τη διαστολική λειτουργία⁵. Οι δομικές αυτές μεταβολές αποτελούν την «αθλητική καρδιά». Η χρόνια

ενασχόληση με αθλήματα αντοχής, όπως η ποδηλασία και ο δρόμος, έχει τον ισχυρότερο αντίκτυπο στις διαστάσεις της αριστερής κοιλίας και το πάχος των τοιχωμάτων της⁶. Τα αθλήματα δύναμης, όπως η άρση βαρών, προκαλούν δυσανάλογη αύξηση της μάζας της αριστερής κοιλίας, συγκριτικά με τον όγκο αυτής, που παραμένει συνήθως ανεπηρέαστος, ή αυξάνεται σε μικρό βαθμό⁴.

Η χρόνια άσκηση διαφοροποιεί τη δράση του ΑΝΣ στην καρδιά. Συγκεκριμένα, αθλητές αεροβίων και μικτού χαρακτήρα αθλημάτων, παρουσιάζουν βραδυκαρδία τόσο στην ηρεμία, όσο και στην υπομέγιστη άσκηση, λόγω μείωσης του συμπαθητικού τόνου και επικράτησης της δράσης του παρασυμπαθητικού. Η μείωση αυτή συχνά εκδηλώνεται και με διαταραχές αγωγιμότητας, όπως πρώτου βαθμού κολποκοιλιακό αποκλεισμό, αποκλεισμό τύπου Mobitz I, παροδικό φλεβοκομβολοπικό αποκλεισμό, ενώ σπανιότερα είναι δυνατό να διαπιστωθεί κολποκοιλιακός αποκλεισμός τύπου Mobitz II ή πλήρης κολποκοιλιακός αποκλεισμός⁷. Ο διαταραχές αγωγιμότητας, όταν οφείλονται στη χρόνια άσκηση αναιρούνται συνήθως με την έναρξη αυτής και την αύξηση της συμπαθητικής διέγερσης⁸.

ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΣ ΣΤΗΝ ΚΑΡΔΙΑ

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για το έλεγχο της δράσης του ΑΝΣ περιλαμβάνουν τη μέτρηση ούρων 24ώρου για την περιεκτικότητά τους σε κατεχολαμίνες, τις δοκιμασίες μέτρησης της ευαισθησίας των τασεοϋποδοχέων, την κορημετρία και τη μελέτη της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας (HRV).

Η μελέτη της δράσης του ΑΝΣ στην καρδιά πραγματοποιείται μέσω δεικτών, οι οποίοι προκύπτουν κατόπιν ανάλυσης δεδομένων καταγραφής του καρδιακού ρυθμού, είτε 24ωρης, είτε μικρότερης διάρκειας. Οι δείκτες αυτοί εκφράζουν παραμέτρους της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας (HRV) και δίνουν πληροφορίες σχετικά με τις δράσεις των δύο κλάδων του ΑΝΣ, όπως για το εάν αυτές βρίσκονται σε ισορροπία ή επικρατεί η δράση του ενός συστήματος έναντι του άλλου.

Σύμφωνα με το Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology του 1996 χρησιμοποιούνται δείκτες, που προκύπτουν από την ανάλυση στο πεδίο του χρόνου και στο φάσμα

Πίνακας 1. Μελέτες επίδρασης της άσκησης στη δράση του ΑΝΣ στην καρδιά σε υγιείς και ασθενείς

Συγγραφείς	Δείγμα	Πρόγραμμα παρέμβασης	Μέθοδος ανάλυσης	Ευρήματα
²⁰ Pagkalos et al. 2008	36 διαβητικοί τύπου II, 17 με διαβητική νευροπάθεια, 19 χωρίς διαβητική νευροπάθεια	6 μήνο πρόγραμμα γύμνασης	Time-frequency domain analysis	Αύξηση SDNN, RMSSD, PNN50 αμέσως μετά το πρόγραμμα, αύξηση HF στους πάσχοντες από νευροπάθεια αμέσως μετά το πρόγραμμα
²¹ Deligiannis et al. 1999	60 αιμοκαθαιρόμενοι νεφροπαθείς και 30 υγιείς	6μήνο πρόγραμμα γύμνασης σε 30 αιμοκαθαιρόμενους	Time domain analysis-HRV INDEX	Αύξηση SDNN, HRV INDEX, MEAN RR στους αιμοκαθαιρόμενους που ασκήθηκαν
²² Kouidi et al. 2009	59 αιμοκαθαιρόμενοι ασθενείς	10μήνο πρόγραμμα γύμνασης σε 30 ασθενείς	Time-frequency domain analysis	Αύξηση δεικτών στην ομάδα των ασκούμενων
²³ Kouidi et al. 2002	60 άτομα, 15 δρομείς αποστάσεων, 15 δρομείς ταχύτητας, 15 ρίπτες, 15 μη ασκούμενοι	οχι	Time domain analysis -HRV INDEX	Η προπόνηση αντοχής αυξάνει περισσότερο από τα άλλα ήδη άσκησης τους δείκτες στο πεδίο του χρόνου και το HRV INDEX
²⁴ Kouidi et al. 2009	44 αιμοκαθαιρόμενοι ασθενείς	Ετήσιο πρόγραμμα γύμνασης σε 24 ασθενείς	ime-frequency T domain analysis	Αύξηση δεικτών στην ομάδα ασκούμενων
²⁵ Bonaduce et al. 2005	5 δικυκλιστές υψηλού 1 επιπέδου, σύγκριση με υγιείς μη αθλητές	Ένας μήνας αποχής από την άσκηση, 5 μήνες έντονη προπόνηση	Time-frequency domain analysis	Διατήρηση αυξημένου παρασυμπαθητικού ελέγχου καρδιάς των αθλητών συγκριτικά με τους μη αθλητές, μετά από μικρής διάρκειας διακοπή άσκησης.
²⁶ Verlinde et al. 2001	10 αντοχής, 10 υγιείς με καθιστική ζωή-10λεπτες ΗΚΓγραφικές καταγραφές σε όρθια θέση	οχι	DWT	Αύξηση της ισχύος σε όλα τα επίπεδα συχνοτήτων στην ομάδα των αθλητών.
²⁷ Mourot et al. 2004	16 άτομα / 8 ασκούμενα για 3 χρόνια -8 μη ασκούμενα	Άσκηση σε κυκλοεργόμετρο για 10 min	Time-frequency domain analysis/ Poincaré Analysis	Αύξηση δεικτών μετά την άσκηση, ειδικά HF και SD1
²⁸ Sendelides et al. 2003	100 ποδοσφαιριστές / 5 ομάδες αναλόγως ηλικίας και αθλητικού επιπέδου	οχι	Time domain analysis-HRV INDEX	Συσχέτιση της δράσης του ΑΝΣ και της αερόβιας ικανότητας
²⁹ Gamelin et al. 2007	10 υγιείς άνδρες	12 εβδομάδες αεροβικής προπόνησης / 8 εβδομάδες διακοπής	Time-frequency domain analysis	Αύξηση ολικής ισχύος και LF αμέσως μετά το πρόγραμμα, μείωση από τη 2η μέρα διακοπής
³¹ Ueno et al. 2002	24 υγιείς άνδρες / διαχωρισμός σε άνδρες με καλή και κακή φυσική κατάσταση	Συνεδρία υπομέγιστης άσκησης	Frequency domain analysis	Υψηλότερες τιμές HF και ολικής ισχύος στην ομάδα της καλής φυσικής κατάστασης.
³³ Levy et al. 1998	11 νέοι άνδρες και 13 άνδρες μέσης και μεγάλης ηλικίας	6μήνο πρόγραμμα αεροβικής άσκησης	Υπολογισμός του SDNN στην ηρεμία και στην άσκηση	Αύξηση του δείκτη μετά το πρόγραμμα στις δύο ομάδες

των συχνοτήτων.

Η ανάλυση στο πεδίο του χρόνου πραγματοποιείται με την εξαγωγή στατιστικών δεικτών, στους οποίους κατατάσσονται οι SDNN, SDANN, RMSSD, SDNN Index, SDSD, NN50 count και ο PNN50 και γεωμετρικών δεικτών, από τους οποίους ο πλέον χρησιμοποιούμενος είναι ο HRV triangular index⁹.

Ο SDNN ισούται με την τυπική απόκλιση όλων των RR διαστημάτων της ΗΚΓγραφικής καταγραφής, που προκύπτουν από φυσιολογικές εκπολώσεις του φλεβόκομβου. Περιγράφει τη γενική HRV και εκφράζει τη δράση του παρασυμπαθητικού συστήματος. Οι υπόλοιποι στατιστικοί δείκτες εκφράζουν διακυμάνσεις υψηλής συχνότητας και σχετίζονται με τη βραχυπρόθεσμη HRV.

Η ανάλυση στο φάσμα των συχνοτήτων παραγματοποιείται σε καταγραφές διάρκειας 5 min ή 24 ωρών.

Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιούνται οι δείκτες VLF, LF, HF LF/HF καθώς και η 5λεπτη ισχύς, ενώ στη δεύτερη εξάγονται επιπλέον ο δείκτης ULF, καθώς και η συνολική ισχύς. Οι πλέον χρησιμοποιούμενοι από αυτούς είναι οι LF HF και LF/HF.

Ο δείκτης HF αποτελεί δείκτη της δράσης του παρασυμπαθητικού νευρικού συστήματος και αντιπροσωπεύει την ισχύ στο φάσμα των υψηλών συχνοτήτων 0,15-0,4 Hz.

Ο δείκτης LF αντιπροσωπεύει την ισχύ στο φάσμα των χαμηλών συχνοτήτων και συγκεκριμένα από 0,04 Hz έως 0,15 Hz. Η τιμή του επηρεάζεται από τη δράση και των δυο κλάδων του ANΣ.

Το κλάσμα LF/HF αποτελεί έναν πολύ καλό δείκτη τη δράσης του ANΣ και αντικατοπτρίζει σύμφωνα, με την πλειονότητα των συγγραφέων, την ισορροπία μεταξύ των δυο κλάδων του.

Τα τελευταία χρόνια νεότερες μέθοδοι μελέτης της δράσης του ANΣ χρησιμοποιούνται, όπως η εφαρμογή Poincaré Plots και ο διακριτός μετασχηματισμός κυματιδίων.

Η ανάλυση με τη χρήση Poincaré Plots αποτελεί μέθοδο γραφικής παρουσίασης της συσχέτισης των διαδοχικών διαστημάτων RR, που δεν απαιτεί πολύωρες καταγραφές ρυθμού. Είναι δυνατό να εξάγει συμπεράσματα για την HRV από ολιγόλεπτα καταγραφικά αρχεία. Στη συγκεκριμένη μέθοδο χρησιμοποιείται η εφαρμογή μιας έλλειψης πάνω στο γράφημα, που προκύπτει, με ειδικό λογισμικό, κάνοντας εφικτή η περιγραφή του¹⁰. Η έλλειψη εφαρμόζεται πάνω στην αποκαλούμενη αναγνωριστική γραμμή του γραφήματος σε γωνία

45⁰. Κάθε σημείο του γραφήματος αντιπροσωπεύει ένα ζεύγος διαστημάτων RR, που αποτελείται από το παρόν διάστημα (άξονας χ) και το προηγούμενο (άξονας γ). Με τη συγκεκριμένη μέθοδο προκύπτουν δυο νέοι δείκτες: ο SD₁ και ο SD₂, με μονάδα μέτρησης το msec.

Αναλυτικότερα, ο δείκτης SD₁ ισοδυναμεί με την τυπική απόκλιση των σημείων, των οποίων οι διερχόμενες ευθείες είναι κάθετες στην αναγνωριστική γραμμή. Αποτελεί δείκτη της βραχυπρόθεσμης HRV (short term HRV) και επηρεάζεται από την αναπνευστική φλεβοκομβική αρρυθμία. Ο δείκτης SD₂ ισοδυναμεί με την τυπική απόκλιση των σημείων, που βρίσκονται κατά μήκος της αναγνωριστικής γραμμής. Ο δείκτης αυτός περιγράφει τη μακροπρόθεσμη HRV (long term HRV)¹¹. Σύμφωνα με τον Tulppo και τους συνεργάτες του η ανάλυση Poincaré αποτελεί ένα καλό μέσο μελέτης των μεταβολών στη δράση του παρασυμπαθητικού συστήματος¹².

Επίσης, η μελέτη της HRV πραγματοποιείται με την εφαρμογή του διακριτού μετασχηματισμού κυματιδίων (Discrete wavelet transform, DWT). Πρόκειται για ανάλυση που χρησιμοποιεί κυματίδια της 24ωρης ηλεκτροκαρδιογραφικής καταγραφής, διερευνώντας τη χαμηλή ή υψηλή συχνότητα του σήματος σε διάφορες χρονικές στιγμές. Η μέθοδος παρουσιάστηκε το 1992¹³. Ο DWT αναλύει και μετασχηματίζει δεδομένα από τις μετρήσεις των διαστημάτων RR και υπολογίζει τις τυπικές αποκλίσεις των μετασχηματισμένων δεδομένων. Η ανάλυση της HRV με τη χρήση του διακριτού μετασχηματισμού κυματιδίων αποτελεί μια πολύ χρήσιμη τεχνική για ανάλυση σημάτων σε πολλές κλίμακες. Παρέχει τη δυνατότητα της ταυτόχρονης συνεκτίμησης χαρακτηριστικών στο πεδίο του χρόνου και των συχνοτήτων, με το πλεονέκτημα της απομάκρυνσης πολυνομοιακών μη στατικών σημάτων¹⁴⁻¹⁶. Χρησιμοποιεί κατά την ανάλυση παράθυρα καταγραφής άλλοτε άλλου μεγέθους και η αποτελεσματικότητά της μεθόδου στη μελέτη της HRV εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μήκος του παραθύρου που θα χρησιμοποιηθεί¹⁷.

ΑΣΚΗΣΗ ΚΑΙ ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Η δράση του ANΣ αποτελεί αντικείμενο ερευνητών παγκοσμίως, όπως υποδεικνύουν ανασκοπικές μελέτες και μεταanalύσεις με επικέντρωση στην HRV^{18,19}, καθώς είναι ευρύτατα το πεδίο χρησι-

μότητας των αποτελεσμάτων τόσο στη διερεύνηση παθολογικών καταστάσεων που επηρεάζουν ή επηρεάζονται από τη δράση του, όσο και σε άλλους τομείς, όπως σε αυτόν του αθλητισμού.

Η HRV είναι ένας απλός και εύχρηστος δείκτης της δράσης του ANΣ, που αποκτάται με αναίμακτο τρόπο και που περιγράφει μεταβολές τόσο στη στιγμιαία καρδιακή συχνότητα, όσο και στα RR διαστήματα του ηλεκτροκαρδιογραφήματος⁹.

Οι δείκτες της HRV χρησιμοποιήθηκαν σε περιπτώσεις εφαρμογής προγραμμάτων γύμνασης διαβητικών ασθενών, ως μέτρο κατάδειξης της βελτίωσης της δράσης του αυτόνομου νευρικού συστήματος σε πάσχοντες από εγκατεστημένη διαβητική νευροπάθεια²⁰.

Ακόμα, η HRV και οι δείκτες της έχουν χρησιμοποιηθεί για να μελετηθεί η ευεργετική δράση της συστηματικής άσκησης στους ασθενείς που πάσχουν από χρόνια νεφρική ανεπάρκεια και υποβάλλονται σε αιμοκάθαρση. Διαπιστώθηκε πως ειδικά προγράμματα εκγύμνασης αυξάνουν τη δράση του παρασυμπαθητικού συστήματος και μειώνουν την τάση εμφάνισης αρρυθμιών στους αιμοκαθαιρόμενους^{21,22}. Πολλοί χρονίως αιμοκαθαιρόμενοι ασθενείς παρουσιάζουν άλλοτε άλλης έντασης καταθλιπτική συνδρομή, η οποία διαπιστώνεται πως σχετίζεται με την HRV. Ασθενείς που συμμετείχαν σε προγράμματα άσκησης παρουσίασαν βελτίωση της συμπτωματολογίας τους, γεγονός που συσχετίστηκε με τη μεταβολή παραμέτρων της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας²³.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη της δράσης του αυτόνομου νευρικού συστήματος υγιών ατόμων και ειδικότερα σε συσχετισμό με την αθλητική τους δραστηριότητα.

Στα ευεργετικά αποτελέσματα της συστηματικής άσκησης συμπεριλαμβάνεται και η αύξηση παραμέτρων της HRV, που σχετίζονται με τη δράση του παρασυμπαθητικού συστήματος, όπως έχει προαναφερθεί. Η αεροβική άσκηση και ειδικότερα η προπόνηση αντοχής αποδεικνύεται πως έχει τα πιο εντυπωσιακά αποτελέσματα στην HRV²⁴, σε σχέση με άλλα είδη προπόνησης, ενώ εύκολα διακρίνονται οι αεροβικοί αθλητές από μη αθλητές μέσω μεθόδων υπολογισμού της²⁵⁻²⁷. Η HRV έχει ισχυρή εξάρτηση από το επίπεδο αεροβικής ικανότητας του ατόμου, ενώ είναι χαρακτηριστικό πως μειώνεται με τη διακοπή της άσκησης^{28,29} σύμφωνα με τους περισσότερους συγγραφείς. Οι τιμές που λαμβάνουν οι παράμετροι της HRV έχουν χρησιμοποιηθεί στη βιβλιογραφία ως δείκτες πρό-

βλεψης αθλητικών επιδόσεων ερασιτεχνών αθλητών και υποστηρίζεται πως εξαρτώνται από το φορτίο της αερόβιας άσκησης³⁰.

Επίσης, η συστηματική ισόβια φυσική δραστηριότητα, που εμπεριέχει άσκηση αντοχής, συντελεί στη διατήρηση υγιούς αυτόνομου νευρικού συστήματος μεσήλικων και ηλικιωμένων ατόμων^{31,32}, μειώνει την αρνητική δράση φθοράς του γήρατος στο παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα³³ και έχει καρδιοπροστατευτική δράση³⁴.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας αλληλοσυμπληρώνονται και συμβάλλουν στην απόκτηση μιας όσο το δυνατό πιο ολοκληρωμένης εικόνας της δράσης του ANΣ στην καρδιά.

Οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί υποδεικνύουν πως οι αθλητές παρουσιάζουν επικράτηση της δράσης του παρασυμπαθητικού συστήματος στην καρδιά και «υγιέστερη» HRV. Είναι επίσης ευεργετικά τα αποτελέσματα της εφαρμογής προγραμμάτων άσκησης σε ομάδες ασθενών.

Οι αθλητές που, διακόπτοντας την ενεργό δραστηριότητα, εγκαταλείπουν τη συστηματική άσκηση τείνουν να εξισωθούν με τα άτομα που δεν ακολούθησαν ποτέ συστηματικό προπονητικό πρόγραμμα, χάνοντας τις ευεργετικές προσαρμογές που είχαν αποκτήσει στα ενεργά προπονητικά τους χρόνια. Η απώλεια των προσαρμογών, τους θέτει σε μεγαλύτερο κίνδυνο αρρυθμιολογικών συμβαμάτων και αιφνιδίου θανάτου, σε σχέση με αυτούς που εξακολουθούν να είναι αθλητικά ενεργοί, καθώς η αυξημένη δραστηριότητα του παρασυμπαθητικού συστήματος είναι δυνατό να έχει μεταξύ των άλλων αντιαρρυθμική δράση¹⁸.

Είναι επομένως απαραίτητη η συστηματική άσκηση, προσαρμοσμένη πάντοτε στις ανάγκες και τις ιδιαιτερότητες του εκάστοτε αθλούμενου, ώστε να έχει κάθε άνθρωπος την ευκαιρία και τη δυνατότητα να ωφεληθεί τα μέγιστα από αυτή, αλλά και να διατηρήσει τα ευεργετικά αποτελέσματα στη σωματική και την ψυχική του υγεία.

ABSTRACT

Sotiriou P, Kouidi E. The effect of exercise on the autonomic nervous system of the heart. *Cardiologia* 2009, 2-3: 125-131.

Exercise has multiple positive effects on autonomic nervous system's control of cardiac function, which can be stu-

died by calculation of parameters of heart rate variability. These parameters can be derived from analysis of holter recordings in time and frequency domains, as well as by using Poincaré Plots and discrete wavelet transformation. Literature on this field proves the positive effects of exercise on both healthy population and patients, who follow training programmes designed to apply to their needs and health restrictions.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. *Saul, J.P.* Beat-to-beat variations of heart rate reflect modulation of cardiac autonomic outflow, *News physiological Sciences*, 1990, 32-37.
2. *Freeman JV, Dewey FE, Hadley DM, Myers J, Froelicher V.F.* Autonomic Nervous System Interaction With the Cardiovascular System During Exercise, *Progress In Cardiovascular Diseases* 2006, 48: 342-362.
3. *Braunwald E, Zipes D, Libby P, Bonow R.* Braunwald's Καρδιολογία, έκδοση 7η 2005: 1089-1090.
4. *Aubert AE, Seps B, Beckers F.* Heart rate variability in athletes, *Sports Med* 2003, 33: 889-919.
5. *Pluim BM, Zwinderman AH, Van der Laarse, Van der Wall EE.* The athlete's heart: a meta-analysis of cardiac structure and function, *Circulation* 2000, 101: 336-44.
6. *Pelliccia A, Maron BJ, Spataro A, et al.* The upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in highly trained elite athletes, *New Engl J Med* Vol 1991, 324: 295-301.
7. *Amoretti R, Brion R.* Καρδιολογία της άθλησης, - (Επιστημονική επιμέλεια-πρόλογος, Δεληγιάννης Αστέρως), 2004: 32.
8. *Northcote RJ, Canning GP, Ballantyne D.* Electrocardiographic findings in male veteran athletes, *Br. Heart J* 1989, 61: 155-160
9. Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology, *European Heart Journal* 1996, 17: 354-381.
10. *Brennan M, Palaniswami, Kamen P.* Do existing measures of Poincare Plot geometry reflect nonlinear features of heart rate variability? *IEEE transactions on Biomedical Engineering* 2001, 48: 1342-1347.
11. *Niskanen Juha-Pekka, Tarvainen Mika P, Ranta-aho Perttu O, Karjalainen Pasi A.* Software for Advanced HRV Analysis, Report No. 2/2002, University of Kuopio-Department of Applied Physics.
12. *Tulppo MP, Makikallio TH, Seppanen T, Huikuri HV.* Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise, *Am J Physiol* 1996, 271: H244-H252.
13. *Daubechies L.* Ten lectures on Wavelets, SIAM, Philadelphia, 1992, 397.
14. *Teich MC, Heneghan C, Lowen SB, Turcott RG.* Estimating the fractal exponent of point processes in biological systems using wavelet and Fourier- transform methods, 1996, *Wavelets in Medicine and Biology*, A. Albroubi and M. Unser, eds. pp: 383-412, Boca Raton, FL: CRC Press.
15. *Teich Malvin C.* Multiresolution wavelet analysis of heart rate variability for heart-failure and heart-transplant patients, *Proceedings-20th Annual International Conference-IEEE/EMBS* 1998, Hong Kong.
16. *Arbry P, Flandrin P.* Point processes, Long-range dependence and wavelets, *Wavelets in Medicine and Biology*, A. Albroubi and M. Unser eds. 413-437, Boca Raton, FL: CRC Press.
17. *Ashkenazy YC, Lewkowicz M, Levitan J, Havlin S, Saermark K, Moelgaard H, Bloch Thomsen PE.* Discrimination between Healthy and Sick Cardiac Autonomic Nervous System by Detrended Heart Rate Variability Analysis, 1998.
18. *Sandercock GRH, Bromley PD, Brodie DA.* Effects of Exercise on Heart Rate Variability: Inferences from Meta-Analysis, *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2004, 433-439.
19. *Buccelletti E, Gilardi E, Scaini E, Galiuto L, Persiani R, Biondi A, Basile F, Silveri NG.* Heart rate variability and myocardial infarction: systematic literature review and metanalysis, *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2009, 13: 299-307,
20. *Pagkalos M, Koutlianos N, Kouidi E, Pagkalos E. Mandroukas K, Deligiannis A.* Heart rate variability modifications following exercise training in type 2 diabetic patients with definite cardiac autonomic neuropathy. , *Br J Sports Med*, 2008, 42: 47-54.
21. *Deligiannis A, Kouidi E, Tourkantonis A.* Effects of physical training on heart rate variability in patients on hemodialysis, *Am J Cardiol* 1999, 15;84(2): 197-202.
22. *Kouidi EJ, Grekas D, Deligiannis AP.* Effects of exercise training on noninvasive cardiac measures in patients undergoing long-term hemodialysis: a randomized controlled trial. , *AM J Kidney Dis* 2009, 54: 511-521.
23. *Kouidi E, Haritonidis N, Koutlianos N, Deligiannis A.* Effects of athletic training on heart rate variability triangular index *Clin. Physiol & Func J*, 2002, 22: 279-284.
24. *Kouidi E, Karagiannis V, Grekas D, Iakovides A, Kaprinis G, Tourkantonis A, Deligiannis A.* Depression, heart rate variability and exercise training in dialysis patients, *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2009 Sept. 9.
25. *Bonaduce D, Petretta M, Cavallaro M, Apicella C, Iannicciolo A, Romano M, Breglio R, Marciano F.* Intensive training and cardiac autonomic control in high level athletes, *Medicine and science in sports and exercise*, 1998, 30: 691-696.
26. *Verlinde D, Beckers F, Ramaekers D, Aubert AE.* Wavelet decomposition analysis of heart rate variability in aerobic athletes, *Autonomic neuroscience : Basic and clinical* 2001, 90: 138-141.
27. *Mourot L, Bouhaddi S, Perrey S, Rouillon JD, Regnard J.* Quantitative Poincare plot analysis of heart rate variability: effect of endurance training, *Eur J Appl Physiol* 2004, 91: 79-87,
28. *Sendelides T, Metaxas T, Koutlianos N, Kouidi E, Deligiannis A.* Heart rate variability changes in soccer players, *Österreichisches Journal Für Sportmedizin*, 2003, 175-178.
29. *Gamelin FX, Berthoin S, Sayah H, Libersa C, Bosquet L.* Effect of training and detraining on heart rate variability in healthy young men, *Int. J Sports Med* 2007,

- 28: 564-570.
30. *Manzi V, Castagnia C, Padua E, Lombardo M, D'Ottavio S, Massaro M, Volterani M, Iellamo F.* Dose response relationship of autonomic nervous system responses to individualised training impulse in marathon runners, *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2009, 6: 1733-1740.
31. *Ueno LM, Hamada T, Moritani T.* Cardiac autonomic nervous activities and cardiorespiratory fitness in older men, *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2002, 57: 605- 610.
32. *Tuomainen P, Peuhkurinen K, Kettunen R, Rayramaa R.* Regular physical exercise, heart rate variability and turbulence in a 6-year randomised controlled trial in middle-aged men:the DNASCO study, *life sciences* 2005, 77: 2723-2734.
33. *Levy WC, Cerqueira MD, Harp GD, Johannessen KA, Abrass I, Schwartz RS, Stratton JR.* Effect of endurance exercise training on heart rate variability at rest in healthy young and older men. *Am J Cardiol* 1998, 82,; 1236-1241.
34. *Ueno LM, Moritani T.* Effects of long- term exercise training on cardiac autonomic nervous activities and baroreflex sensitivity, *Eur J Appl Physiol*, 2003, (89): 2: 109-114.

Αλληλογραφία:

Π. Σωτηρίου

Μ. Αλεξάνδρου 47

546 43 Θεσσαλονίκη

Τηλ: 2310 833313

e-mail: psotirio@phed.auth.gr

Corresponding author:

P. Sotiriou

M. Alexandrou 47

546 43 Thessaloniki

Greece