

Συνταγογράφηση της Αερόβιας Άσκησης σε Προγράμματα Καρδιακής Αποκατάστασης -Ο ρόλος της Καρδιοαναπνευστικής Δοκιμασίας Κόπωσης

ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ ΚΑΡΑΤΖΑΝΟΣ

Εργαστήριο Καρδιοαναπνευστικής Δοκιμασίας Κόπωσης, Άσκησης και Αποκατάστασης, Νοσοκομείο “Ευαγγελισμός”, Ιατρική Σχολή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Λέξεις ευρετηρίου

Αερόβια άσκηση, αποκατάσταση, συνταγογράφηση, υποκειμενική αίσθηση προσπάθειας, ισχύς, έργο, καρδιακή συχνότητα, μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, αναερόβιος ουδός, αερόβιος ουδός

Ελευθέριος Καρατζάνος

Εργοφυσιολόγος – Κλινικός Εργοφυσιολόγος MScPhD

Διεύθυνση επικοινωνίας

Εργαστήριο Κλινικής Εργοσπιρομετρίας, Άσκησης και Αποκατάστασης
 Νοσοκομείο “Ευαγγελισμός”, Ιατρική Σχολή, ΕΚΠΑ
 Υψηλάντου 45-47, 10676 Αθήνα
 Τηλ. επικοινωνίας: 210 7205635
 E-mail: lkaratzanos@gmail.com, lkaratzan@med.uoa.gr

Η άσκηση αποτελεί σημείο αναφοράς και πυλώνα της αποκατάστασης καρδιολογικών ασθενών. Μια βασική μορφή άσκησης για την υλοποίηση των στόχων της Αποκατάστασης είναι η αερόβια άσκηση. Ένα βασικό χαρακτηριστικό αυτής αποτελεί η ένταση, η οποία μπορεί να προσδιοριστεί με διαφορετικές μεθόδους. Οι μέθοδοι αυτοί περιλαμβάνουν την υποκειμενική αίσθηση προσπάθειας, την ισχύ/ έργο, την καρδιακή συχνότητα, την μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου και τον αναερόβιο ουδό. Στην ενότητα αυτή θα αναλυθούν οι διάφορες μέθοδοι, με έμφαση στην εφαρμογή σε καρδιολογικούς ασθενείς και θα συζητηθούν διάφορα ζητήματα που συνδέονται με την εφαρμογή τους στην κλινική πράξη. Επίσης θα αναδειχθεί η σημασία της Καρδιοαναπνευστικής Δοκιμασίας Κόπωσης στη συνταγογράφηση της αερόβιας άσκησης.

Εισαγωγή

Η άσκηση γενικά αποτελεί πυλώνα των προγραμμάτων Καρδιακής Αποκατάστασης και σημαντική συνιστώσα της Προληπτικής Καρδιολογίας. Οι όροι πλέον είναι αρκετά ευρείς ώστε να περιλαμβάνουν την πρωτογενή και δευτερογενή πρόληψη και την αντιμετώπιση της ίδιας της νόσου.¹ Η προσέγγιση αυτή περικλείει διάφορα καρδιολογικά νοσήματα, συμπεριλαμβανομένων της στεφανιαίας νόσου και της χρόνιας καρδιακής ανεπάρκειας. Τα οφέλη της άσκησης είναι ποικίλα και περιλαμβάνουν της βελτίωση της λειτουργικής κατάστασης και ποιότητας ζωής, την ταχύτερη επιστροφή στην εργασία, τη μείωση των επανεισαγωγών στο νοσοκομείο, την εξοικονόμηση πόρων που αφορούν στα συστήματα υγείας.

Βασικές μορφές άσκησης για την υλοποίηση των στόχων της Αποκατάστασης είναι η αερόβια άσκηση και η μυϊκή ενδυνάμωση. Η αερόβια άσκηση συνδέεται άμεσα με την βελτίωση της αερόβιας ικανότητας και αντοχής, της ικανότητας για παραγωγή έργου με αερόβιους μηχανισμούς για παρατεταμένο χρονικό διάστημα. Τα χαρακτηριστικά που προσδιορί-

Πίνακας 1.

Πρωτόκολλα διαλειμματικής άσκησης που χρησιμοποιούνται σε προγράμματα αποκατάστασης ασθενών με καρδιολογικά νοσήματα

Διάρκεια προσπάθειας	Ένταση προσπάθειας (% VO _{2speak})	Διάρκεια διαλειμματικής	Ένταση διαλειμματικής (% VO _{2speak})	Συνολική διάρκεια	Αριθμός επαναλήψεων
30 s	≈ 107 %	60 s	-	40 s	27
30 s	100 %	30 s	-	40 s	40
4 min	≈ 80 %	3 min	≈ 45 %	31 min	4

ζουν ένα εξατομικευμένο πρόγραμμα αερόβιας άσκησης περιλαμβάνουν τη μορφή, τη διάρκεια, τη συχνότητα, την ένταση και το τύπο.^{2,3}

Αναφορικά με τη μορφή, η άσκηση μπορεί να γίνεται με περπάτημα, σε ποδήλατο, σε χειροεργόμετρο,^{2,4,6} ενώ ιδιαίτερο ενδιαφέρον αναπτύσσεται τα τελευταία χρόνια για την άσκηση που πραγματοποιείται σε περιβάλλον νερού (water-based exercise).^{7,8} Η διάρκεια του κυρίως προγράμματος είναι συνήθως 10 – 45 min ανά συνεδρία.^{3,6} Η συνολική διάρκεια, στα πλαίσια ενός προγράμματος αποκατάστασης φάσης II/III, κυμαίνεται πρακτικά μεταξύ 8 και 12 εβδομάδων. Η συχνότητα είναι 3 – 5 συνεδρίες ανά εβδομάδα (φάση II/III),^{3,6} που φτάνουν έως και καθημερινή άσκηση (φάση IV).

Ως προς τον τύπο, η άσκηση διακρίνεται σε συνεχή (παρατεταμένη δραστηριότητα με διατήρηση σταθερής επιβάρυνσης) και διαλειμματική (επαναλαμβανόμενες προσπάθειες σχετικά μικρής διάρκειας και μεγάλης έντασης – εναλλαγή με διαλείμματα μικρής διάρκειας και έντασης). Ενδεικτικά διαλειμματικά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στην αποκατάσταση ασθενών με καρδιολογικά νοσήματα παρατίθενται στον Πίνακα 1.^{5, 9-13}

Ο προσδιορισμός της έντασης, η οποία συναρτάται άμεσα και με τον τύπο, μπορεί να γίνει μέσω διαφορετικών παραμέτρων. Στο συνέχεια του κεφαλαίου, θα γίνει εκτενής αναφορά στις επιμέρους παραμέτρους που συνήθως χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της έντασης της αερόβιας άσκησης, καθώς και στον καθοριστικό ρόλο της Εργοσπιρομετρίας σε αυτή τη διαδικασία.

Προσδιορισμός της έντασης σε αερόβια άσκηση

Για τον προσδιορισμό της έντασης κατά την αερόβια άσκηση, τόσο σε υγιείς όσο και κλινικούς πληθυσμούς, έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες μέθοδοι. Για την ορθή και αποτελεσματική χρήση, είναι σημαντική η γνώση των ιδιομορφιών της κάθε μίας. Στη συνέχεια αυτής της ενότητας αναλύονται οι μέθοδοι, ως προς τη παράμετρο που χρησιμοποιείται ως βάση, με έμφαση στην εφαρμογή σε καρδιολογικούς ασθενείς.

Υποκειμενική αίσθηση προσπάθειας

Ένας τρόπος προσδιορισμού της έντασης βασίζεται στην υποκειμενική αίσθηση της προσπάθειας του ασκούμενου. Για την αξιολόγησή της χρησιμοποιείται η κλίμακα Borg, η οποία έχει δύο εκδοχές, την 10βάθμια και την 20βάθμια (Πίνακας 2).

Πίνακας 2.

Η 20βάθμια και 10βάθμια κλίμακα Borg για την αξιολόγηση της υποκειμενικής αίσθησης προσπάθειας κατά την άσκηση.

20Βάθμια κλίμακα	10Βάθμια κλίμακα
6	0 ΚΑΘΟΛΟΥ
7 ΠΟΛΥ ΠΟΛΥ ΕΛΑΦΡΑ	1 ΠΟΛΥ ΕΛΑΦΡΑ
8	2 ΕΛΑΦΡΑ
9 ΠΟΛΥ ΕΛΑΦΡΑ	3 ΜΕΤΡΙΟΥ ΒΑΘΜΟΥ
10	4 ΣΧΕΔΟΝ ΕΝΤΟΝΗ
11 ΣΧΕΔΟΝ ΕΛΑΦΡΑ	5 ΕΝΤΟΝΗ
12	6
13 ΕΝΤΟΝΗ	7 ΠΟΛΥ ΕΝΤΟΝΗ
14	8
15 ΣΧΕΔΟΝ ΕΝΤΟΝΗ	9
16	10 ΜΕΓΙΣΤΗ
17 ΠΟΛΥ ΕΝΤΟΝΗ	
18	
19 ΠΟΛΥ ΠΟΛΥ ΕΝΤΟΝΗ	
20 ΜΕΓΙΣΤΗ	

Αν και η αίσθηση προσπάθειας θεωρητικά δεν αντανακλά μόνο την ένταση αλλά και τη διάρκεια, λαμβάνοντας υπόψη τη συνήθη μικρή-μέτρια διάρκεια των συνεδριών και κάποια δεδομένα από υγιείς πληθυσμούς,¹⁴ θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη ρύθμιση της έντασης. Περιορισμένα δεδομένα δείχνουν ότι η συνταγογράφηση άσκησης μπορεί να επιτευχθεί με βάση την κλίμακα Borg και σε καρδιολογικούς ασθενείς.¹⁵

Το συνθέςτερο πρόβλημα είναι η δυσκολία και ο χρόνος που απαιτείται εκ μέρους των ασκούμενων για την εξοικείωση με την κλίμακα. Παρά ταύτα μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμη στην καθημερινή πράξη, ιδιαίτερα για τον έλεγχο και την μεταβολή της υποκειμενικής αντίληψης από συνεδρία σε συνεδρία.

Έργο/Ισχύς

Ένας άλλος τρόπος προσδιορισμού της έντασης μπορεί να γίνει με βάση το έργο. Αν και ουσιαστικά ο προσδιορισμός γίνεται με βάση την ισχύ (έργο/χρόνο), οι δύο αυτοί όροι χρησιμοποιούνται εναλλακτικά εντός του κειμένου, λόγω της ευρείας χρήσης του “έργου” αντί της “ισχύος”. Έχουν προταθεί και χρησιμοποιηθεί δοκιμασίες όπως το *steerpramp test* για τον προσδιορισμό της ισχύος σε ασθενείς με χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια.^{16, 17} Η δοκιμασία εκτελείται σε κυκλοεργόμετρο, η ισχύς αυξάνεται κατά 25 watt κάθε 10 sec (ξεκινώντας από μηδενική επιβάρυνση) έως εξαντλήσεως του δοκιμαζόμενου και στη συνέχεια επιλέγεται ένα ποσοστό. Ένα σύνθετο πρωτόκολλο διαλειμματικής άσκησης σε κυκλοεργόμετρο σύμφωνα με αυτή τη δοκιμασία είναι 30 sec προσπάθεια με 60 sec παθητικό διάλειμμα στο 50% της ισχύος που επετεύχθη. Η χρήση αυτής της δοκιμασίας θα πρέπει να θεωρείται πλέον περιορισμένη, με δεδομένο ότι στοιχεία για το συγκεκριμένο πρωτόκολλο μπορούν να προσδιοριστούν μέσω μέγιστης δοκιμασίας κόπωσης (ΚΑΔΚ).^{18, 19}

Άλλα πρωτόκολλα έχουν βασιστεί εξαρχής σε ΚΑΔΚ, επιλέγοντας ποσοστό του μέγιστου έργου (W_{max}).^{10, 20, 21}

Προσδιορισμός της έντασης σε αερόβια άσκηση

Συναφής τρόπος προσδιορισμού είναι και με βάση την απόσταση ή την ταχύτητα που προκύπτουν από δοκιμασίες πεδίου με βάρδιση (π.χ. 6min walking test, 200-meter fast walk test, incremental shuttle walking test). Τα περιορισμένα στοιχεία που υπάρχουν επί του παρόντος, κυρίως σε ασθενείς με χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια, καθιστούν αυτόν τον τρόπο μη πρακτικό για τον προσδιορισμό της επιβάρυνσης.^{22, 23}

Ανάλογα στοιχεία μπορούν να ληφθούν και από ΚΑΔΚ σε δαπεδοεργόμετρο. Ο συνδυασμός ταχύτητα και κλίσης που χρησιμοποιείται για τα πρωτόκολλα σε καρδιολογικούς ασθενείς συνεπάγεται και αντίστοιχα προγράμματα άσκησης, επίσης με συνδυασμό ταχύτητας – κλίσης, για τον άμεσο προσδιορισμό της έντασης. Κάποιος εναλλακτικός τρόπος για τον προσδιορισμό της επιθυμητής επιβάρυνσης με αντικατάσταση κλίσης με ταχύτητα (ή και το αντίστροφο) θα αναφερθεί στη συζήτηση.

Καρδιακή συχνότητα

Ο προσδιορισμός της έντασης με βάση την καρδιακή συχνότητα (ΚΣ), αποτελεί μια πολύσυνήθη πρακτική. Επιλέγεται ποσοστό με βάση τη μέγιστη ΚΣ, ως εξής:

$$ΚΣ_{\text{άσκησης}} = ΚΣ_{\text{μέγιστη}} \times \% \text{ έντασης}$$

Για έναν ασκούμενο επί παραδείγματι, με μέγιστη ΚΣ 180 παλμούς/λεπτό, ο οποίος πρόκειται να ασκηθεί στο 80%, η ΚΣ κατά την άσκηση θα είναι 144 παλμοί/λεπτό.

Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ΚΣ εφεδρείας ($ΚΣ_{\text{εφ}}$), η διαφορά μεταξύ μέγιστης ΚΣ και ΚΣ ηρεμίας, σύμφωνα με τον τύπο του Karvonen²:

$$ΚΣ_{\text{άσκησης}} = [(ΚΣ_{\text{μέγιστη}} - ΚΣ_{\text{ηρεμίας}}) \times \% \text{ έντασης}] + ΚΣ_{\text{ηρεμίας}}$$

Για τον ασκούμενο του προηγούμενου παραδείγματος, ο οποίος έχει ΚΣ ηρεμίας 75 παλμούς/λεπτό, η ΚΣ άσκησης που αντιστοιχεί στο 60% είναι 138 παλμοί/λεπτό.

ΑΡΘΡΟ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

Σε κάθε περίπτωση απαιτείται προσδιορισμός της μέγιστης ΚΣ, η οποία συναρτάται με την ηλικία. Πέραν της ευρέως χρησιμοποιούμενης εξίσωσης του Fox

$$ΚΣ_{\text{μέγ}} = 220 - \text{ηλικία}$$

έχουν προταθεί και άλλες, για τη βελτίωση της ακρίβειας υπολογισμού όπως π.χ.²⁴

$$ΚΣ_{\text{μέγ}} = 211 - (0,64 \times \text{ηλικία})$$

Ανεξάρτητα από την χρησιμοποιούμενη εξίσωση, η τελικός υπολογισθείσα τιμή μέγιστης ΚΣ είναι πιθανό να αποκλίνει από την πραγματική, αφού ο υπολογισμός με εξισώσεις συνεπάγεται τυπικό σφάλμα μέτρησης. Στη δεύτερη εξίσωση, για παράδειγμα, το τυπικό σφάλμα μέτρησης είναι 10,8 παλμοί/λεπτό. Πέραν αυτού του ζητήματος, ο έμμεσος υπολογισμός της μέγιστης ΚΣ σε καρδιολογικούς ασθενείς είναι συχνά μη εφαρμόσιμος, δεδομένου ότι η πραγματική μέγιστη ΚΣ επηρεάζεται από τη φαρμακευτική αγωγή. Παρά την ύπαρξη κάποιων δεδομένων για πρόβλεψη της ΚΣ_{μέγ} σε ασθενείς υπό β-αναστολείς, οι σχετικές εξισώσεις είναι πρακτικά μη χρηστικές.²⁵ Ως εκ τούτων λοιπόν, απαιτείται μέγιστη δοκιμασία κόπωσης για τον ακριβή προσδιορισμό της.

Περιορισμένα στοιχεία υπάρχουν επίσης και για τον προσδιορισμό της ΚΣ κατά την συνταγογράφηση άσκησης μέσω λειτουργικών δοκιμασιών βάδισης (6min walking test, 200-meter fast walktest),²⁶ με μειωμένη χρησιμότητα στην καθημερινή πράξη.

Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2peak})

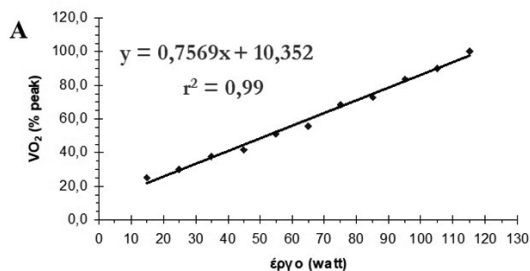
Ο προσδιορισμός της έντασης αερόβιας άσκησης μέσω της VO_{2peak} βασίζεται στη διενέργεια ΚΑΔΚ. Η (σχεδόν) γραμμική σχέση που υπάρχει ανάμεσα στο έργο και τη πρόσληψη οξυγόνου, δίνει τη δυνατότητα για τη δημιουργία εξατομικευμένων γραφικών παραστάσεων VO₂ – έργου^{18,27} και συνακόλουθων εξισώσεων πρώτου βαθμού με υψηλό συντελεστή συσχέτισης και μικρό τυπικό σφάλμα. Στο Σχήμα 1 (Α, Β) παρουσιάζονται πραγματικά δεδομένα από ασθενή με καρδιακή ανεπάρκεια. Με βάση αυτά, για ένα συνεχές πρόγραμμα σε κυκλοεργόμετρο στο 65% VO_{2peak} για παράδειγμα επιλέγεται ένταση 72 watt. Για ένα διαλειμματικό πρόγραμμα με εναλλαγές στο 80% και 45% VO_{2peak}, οι εντάσεις διαμορφώνονται σε 92 και 46 watt αντίστοιχα.

Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η VO₂ εφεδρείας (VO_{2εφ}), η διαφορά μεταξύ VO_{2peak} και VO_{2ηρεμία}, σύμφωνα με τον τύπο:

$$VO_{2\text{άσκηση}} = [(VO_{2\text{peak}} - VO_{2\text{ηρεμία}}) \times \% \text{ έντασης}] + VO_{2\text{ηρεμία}}$$

Αναερόβιος ουδός

Ο προσδιορισμός της έντασης με βάση τον αναερόβιο ουδό λαμβάνει υπόψη μεταβολικά κριτήρια, σχετιζόμενα με τα ενεργειακά υποστρώματα και τις οδούς/διαδικασίες απελευθέρωσης ενέργειας κατά την άσκηση.



B		Γ	
VO ₂ (%peak)	έργο (watt)	VO ₂ (%peak)	έργο (watt)
40	39	40	39
45	46	45	46
50	52	50	52
55	59	55	59
60	66	60	66
65	72	65	72
70	79	70	79
75	85	75	85
80	92	80	92
85	99	85	99
90	105	90	105
95	112	95	112
100	118	100	118

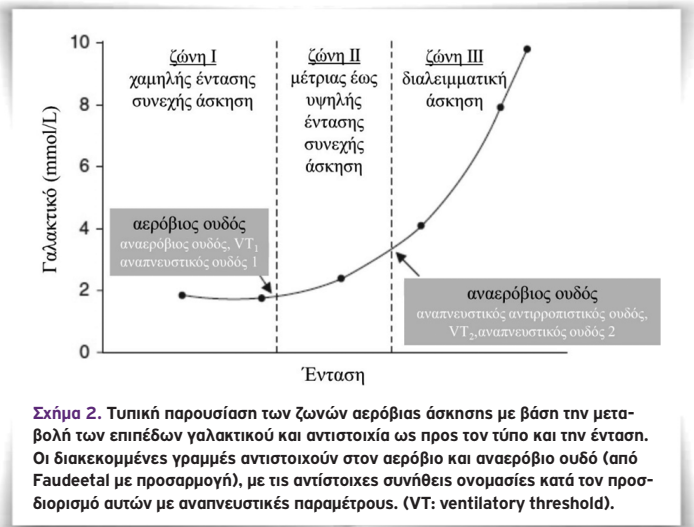
Σχήμα 1. Προσδιορισμός της έντασης με βάση τη σχέση VO₂-έργο για συγκεκριμένο ασκούμενο ασθενή, μετά την ανάλυση στοιχείων από καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης.

Α) Γραφική παράσταση %VO_{2peak}-έργο, με την εξίσωση και το στατιστικό δείκτη r².

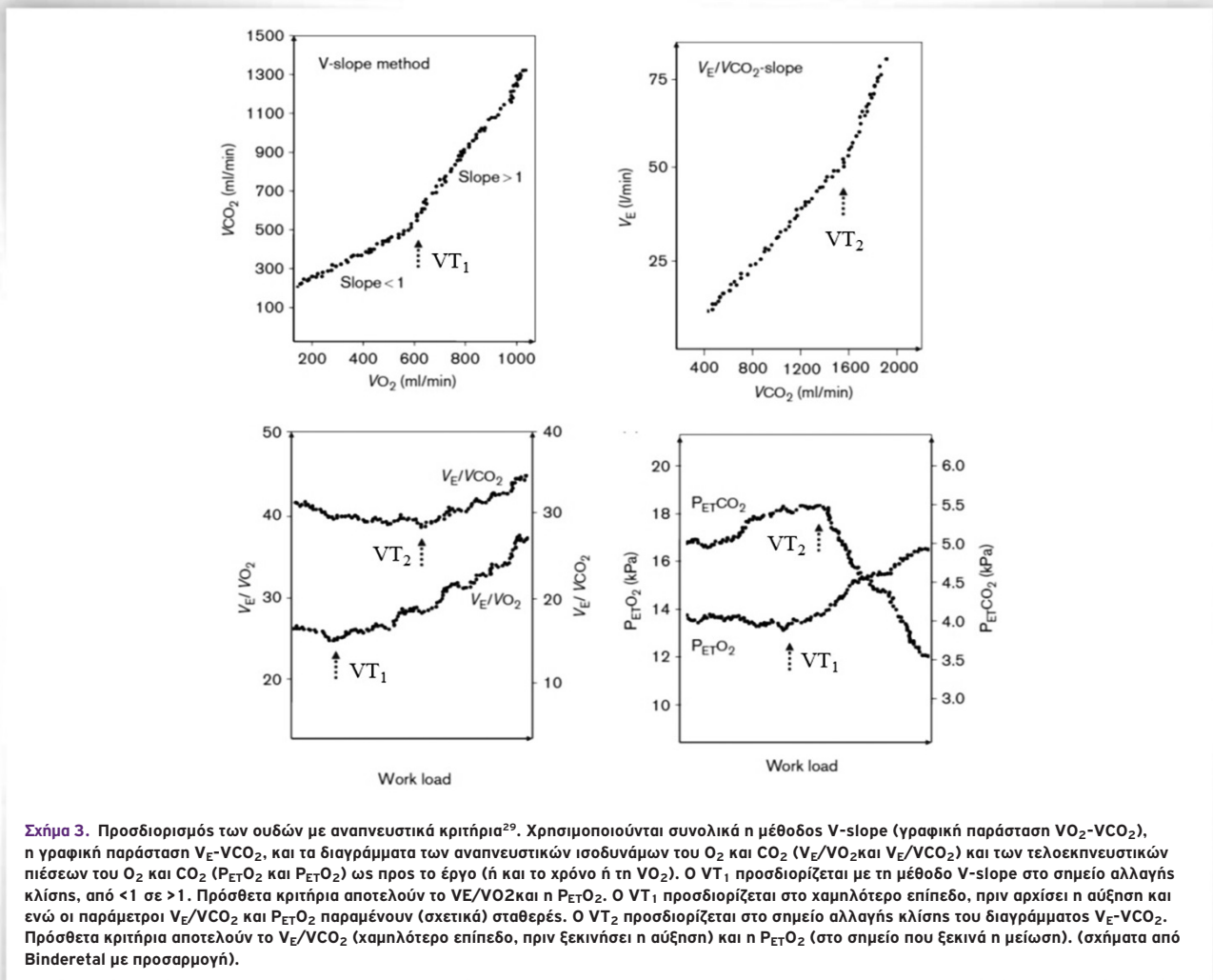
Β) Πίνακας αντιστοιχίας %VO_{2peak} και έργου, όπως προέκυψαν από την γραφική παράσταση.

Γ) Πίνακας αντιστοιχίας %VO_{2peak} και έργου, με προσθήκη των αναπνευστικών ουδών 1 και 2 (VT₁, VT₂), οι οποίοι προσδιορίστηκαν στο 54% και 76% VO_{2peak} αντίστοιχα.

Κατά την άσκηση αυξανόμενης έντασης γενικά, αυξάνεται ως γνωστόν σταδιακά η συμμετοχή του αναερόβιου γαλακτικού μηχανισμού απελευθέρωσης ενέργειας. Αυτό αντανακλάται στα επίπεδα γαλακτικού, που αυξάνονται λογαριθμικά με την αύξηση της έντασης. Στην πράξη, υφίστανται δύο ουδοί, ο αερόβιος και ο αναερόβιος. Ο πρώτος αντιστοιχεί στην ένταση που αυξάνει τα επίπεδα γαλακτικού πάνω από τα επίπεδα ηρεμίας και ο δεύτερος στη μέγιστη ένταση που παρατηρείται ισορροπία ανάμεσα στην παραγωγή και εξουδετέρωση του γαλακτικού. Οι δύο αυτοί ουδοί ορίζουν τρεις επιμέρους περιοχές (ζώνες) σχετικά με την ένταση (Σχήμα 2). Η ζώνη I αναφέρεται σε άσκηση χαμηλής έντασης και παρατεταμένης, συνεχόμενης διάρκειας.



Σχήμα 2. Τυπική παρουσίαση των ζωνών αερόβιας άσκησης με βάση την μεταβολή των επιπέδων γαλακτικού και αντιστοιχία ως προς τον τύπο και την ένταση. Οι διακεκομμένες γραμμές αντιστοιχούν στον αερόβιο και αναερόβιο ουδό (από Faudeetal με προσαρμογή), με τις αντίστοιχες συνήθειες ονομασίες κατά τον προσδιορισμό αυτών με αναπνευστικές παραμέτρους. (VT: ventilatory threshold).



Σχήμα 3. Προσδιορισμός των ουδών με αναπνευστικά κριτήρια²⁹. Χρησιμοποιούνται συνολικά η μέθοδος V-slope (γραφική παράσταση VO_2 - VCO_2), η γραφική παράσταση V_E - VCO_2 , και τα διαγράμματα των αναπνευστικών ισουδυνάμων του O_2 και CO_2 (V_E/VO_2 και V_E/VCO_2) και των τελιοεκπνευστικών πιέσεων του O_2 και CO_2 (P_{ET-O_2} και P_{ET-CO_2}) ως προς το έργο (ή και το χρόνο ή τη VO_2). Ο VT_1 προσδιορίζεται με τη μέθοδο V-slope στο σημείο αλλαγής κλίσης, από <1 σε >1 . Πρόσθετα κριτήρια αποτελούν το V_E/VO_2 και η P_{ET-O_2} . Ο VT_1 προσδιορίζεται στο χαμηλότερο επίπεδο, πριν αρχίσει η αύξηση και ενώ οι παράμετροι V_E/VCO_2 και P_{ET-O_2} παραμένουν (σχετικά) σταθερές. Ο VT_2 προσδιορίζεται στο σημείο αλλαγής κλίσης του διαγράμματος V_E - VCO_2 . Πρόσθετα κριτήρια αποτελούν το V_E/VCO_2 (χαμηλότερο επίπεδο, πριν ξεκινήσει η αύξηση) και η P_{ET-O_2} (στο σημείο που ξεκινά η μείωση). (σχήματα από Binderetal με προσαρμογή).

Η ζώνη II αναφέρεται σε μέτρια έως υψηλή ένταση συνεχόμενης άσκησης. Η ζώνη III περιλαμβάνει εντάσεις κατάλληλες για διαλειμματική άσκηση.

“Αν και θεωρητικά η προσέγγιση είναι βάσιμη, ένα πρόβλημα αποτελεί η ύπαρξη πολλαπλών όρων και κριτηρίων για τον προσδιορισμό των ουδών²⁸. Πέραν των κριτηρίων γαλακτικού, προσδιορισμός μπορεί να γίνει με αναπνευστικές παραμέτρους, που αποτελούν τη μέθοδο επιλογής για κλινικούς πληθυσμούς και μπορούν να εξαχθούν από ΚΑΔΚ. Η χρήση τους βασίζεται στο γεγονός ότι η κινητική του γαλακτικού συναρτάται με τη μεταβολή σε αναπνευστικές παραμέτρους, ως αντανάκλαση φυσιολογικών διαδικασιών για την εξισορρόπηση ή και εξουδετέρωση του γαλακτικού. Η μεθοδολογία και οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του αερόβιου και αναερόβιου ουδού, οι οποίοι συναντώνται ως ‘αναερόβιος ουδός’ / ‘αναπνευστικός ουδός 1’ / ‘ventilatory threshold 1 (VT₁)’ και ‘αναπνευστικός αντιρροπιστικός ουδός’ / ‘αναπνευστικός ουδός 2’ / ‘ventilatory threshold 2 (VT₂)’ αντίστοιχα κατά τη χρήση αναπνευστικών παραμέτρων²⁹, ανακεφαλαιώνονται στο Σχήμα 3.”

Ένα συχνό πρακτικό πρόβλημα είναι η δυσκολία ή ακόμα και η μη δυνατότητα ανίχνευσης του VT₂ σε βαρέως πάσχοντες καρδιολογικούς ασθενείς, π.χ. ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια.^{28, 30} Στην περίπτωση αυτή, δεν θα πρέπει να εξισώνονται οι δύο ουδοί μεταξύ για τις ανάγκες συνταγογράφησης της έντασης. Πρακτικό επίσης ζήτημα αποτελεί και η διακύμανση που είναι δυνατόν να παρατηρηθεί μεταξύ διαφορετικών παρατηρητών.

Μια γενική κατηγοριοποίηση της έντασης, με βάση τις προαναφερθέντες μεθόδους, για το συνεχή και διαλειμματικό τύπο άσκησης αντίστοιχα έχει ως εξής: 10 – 15 και 14 – 17 (20βάθμια κλίμακα B_{org}), 50 – 70% και 80 – ≥100% (%W_{max}), 55 – 82% και ≥86% (%KΣ_{μΕΥ}), 45 – 70% και ≥75% (%KΣ_{ΕΦ}), 45 – 73% και ≥80-85% (%VO_{2peak}), ζώνες I – II και ζώνη III (αναερόβιοι ουδοί).

Συζήτηση

Η ένταση αποτελεί το χαρακτηριστικό εκείνο, που σε συνδυασμό και με τη διάρκεια, προσδιο-

ρίζει το συνολικό βαθμό επιβάρυνσης μιας μεμονωμένης συνεδρίας αερόβιας άσκησης. Σε σημαντικό βαθμό, αυτό ισχύει και για τα οφέλη που αναμένονται μακροχρόνια. Ανεξάρτητα με τη μεθοδολογία προσδιορισμού, σκοπός είναι η επιλογή τιμών έντασης κατάλληλων για το μέσο άσκησης που επιλέγεται, π.χ. έργο/ισχύς (watt) για το κυκλοεργόμετρο ή ταχύτητα (/κλίση) για το δαπεδοεργόμετρο.

Η συνταγογράφηση της έντασης είναι μια σύνθετη διαδικασία. Ο καταλληλότερος τρόπος προσδιορισμού της έντασης κατά την αερόβια άσκηση έχει αποτελέσει κεντρικό ερευνητικό ερώτημα τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες. Παραδοσιακά, η ένταση της άσκησης έχει προσδιοριστεί ως ποσοστό της VO_{2max}/VO_{2peak}, της KΣ_{μΕΥ} ή και του W_{max} και αυτές οι μέθοδοι απαντώνται συνηθέστερα στην βιβλιογραφία. Η χρήση του %KΣ_{μΕΥ} δεν λαμβάνει υπόψη την KΣ ηρεμίας και τις ιδιαιτερότητες χρονότροπης απάντησης, τα οποία παρουσιάζουν διακύμανση σε υγιείς/κλινικούς πληθυσμούς και επηρεάζονται από τη δυσλειτουργία του αυτόνομου νευρικού συστήματος, τη φαρμακευτική αγωγή ή την ύπαρξη μεταβολικών συννοσηροτήτων. Εναλλακτικά λοιπόν, έχουν προταθεί και χρησιμοποιούνται ποσοστά της KΣ_{ΕΦ}. Η συνταγογράφηση της έντασης ως ποσοστό VO_{2peak}/KΣ_{μΕΥ} δεν προσδιορίζει απαραίτητα ένα ισοδύναμο επίπεδο έντασης πάνω από τα επίπεδα ηρεμίας. Είναι επαρκώς τεκμηριωμένο ότι η άσκηση σε ένα συγκεκριμένο ποσοστό της VO_{2peak} / KΣ_{μΕΥ} είναι πιθανό να οδηγήσει σε ετερογενείς αποκρίσεις στην κινητική του οξυγόνου και τη συγκέντρωση του γαλακτικού και το ίδιο συμβαίνει κατά τη συνταγογράφηση με βάση τη VO_{2ΕΦ} / KΣ_{ΕΦ}. Αυτή η ετερογένεια υφίσταται σε όλο το εύρος των εντάσεων (μέτριες, έντονες, υψηλές). Σε αντίθεση, όταν η ένταση προσδιορίζεται με βάση υπομέγιστα κριτήρια, τον αερόβιο και αναερόβιο ουδό, αναμένεται (θεωρητικά) να οδηγεί σε μικρότερη διακύμανση μεταξύ των ασκούμενων στην μεταβολική απόκριση, στον χρόνο άσκησης έως την εξάντληση σε μια σταθερή ένταση και μεγαλύτερη ομοιογένεια στο ασκησιογενές ερέθισμα σε σχέση με το %VO_{2peak}. Πολλά όμως από αυτά τα θεωρητικά πλεονεκτήματα της συνταγογράφησης με βάση τους ουδούς δεν έχουν επαληθευτεί επαρκώς. Ο προσδιορισμός των ουδών, με κρι-

τήρια γαλακτικού ή αναπνευστικά, από μεμονωμένες δοκιμασίες δεν θεωρούνται ακριβείς χωρίς δοκιμασίες επαλήθευσης. Οι δοκιμασίες επαλήθευσης συνήθως απαιτούν 2-3 πρόσθετες δοκιμασίες, οι οποίες μάλλον αυξάνουν σημαντικά το φόρτο εργασίας για το δοκιμαζόμενο και τους διενεργούντες την αξιολόγηση. Οι προβληματισμοί αυτοί βασίζονται κυρίως σε μελέτες με υγιείς και αθλητικούς πληθυσμούς. Πολύ λιγότερα στοιχεία υπάρχουν για κλινικούς πληθυσμούς. Αυτό ισχύει και για πιο πρόσφατους μεθόδους προσδιορισμού του αναερόβιου ουδού, όπως είναι οι “κρίσιμη ισχύς” και “κρίσιμη ταχύτητα” (‘critical power’ και ‘critical speed’, αντίστοιχα). Επιπλέον, οι μέθοδοι αναφοράς για την πρακτική οριοθέτηση των ζωνών II και III “μέγιστο σταθερό επίπεδο γαλακτικού” (‘maximum lactate steady-state’) και “κρίσιμη ισχύς / ταχύτητα”, βασίζονται σε πρωτόκολλα αμφιλεγόμενης πρακτικότητας για κλινικούς πληθυσμούς.³¹⁻³³ Συνοπτικά λοιπόν, κάθε μέθοδος προσδιορισμού της έντασης έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, υπό το πρίσμα θεωρητικών και πρακτικών προσεγγίσεων.

Υπάρχουν δε ακόμα αρκετά ερωτήματα για την αξιοπιστία και ακρίβεια κάθε μεθόδου για τον προσδιορισμό και τη συνταγογράφηση της άσκησης.^{34, 35} Συναφές σημαντικό ερώτημα αποτελεί και η σχέση της έντασης με τη διάρκεια για τη βελτιστοποίηση των προσαρμογών και της απόδοσης.³⁶

Ανεξαρτήτως των προηγηθέντων παρατηρήσεων, όλοι οι τρόποι προσδιορισμού της έντασης, με εξαίρεση την υποκειμενική αίσθηση προσπάθειας και την κλίμακα Borg, απαιτούν μέγιστη δοκιμασία άσκησης για συνταγογράφηση σε καρδιολογικούς ασθενείς. Επιπροσθέτως, η χρήση της VO_2 , με ή χωρίς συνδυασμό των αναερόβιων ουδών, θα μπορούσε να θεωρηθεί μέθοδος άμεσου προσδιορισμού της έντασης, συνυπολογίζοντας παράλληλα ότι ένας τρόπος να εξηγηθούν οι προσαρμογές σε αερόβιες παραμέτρους σχετίζεται με δείκτες που αναφέρονται στην κατανάλωση και τη χρήση του οξυγόνου.^{18,20} Η ίδια η VO_{2peak} / VO_{2max} αποτελεί έναν ευρύτατα χρησιμοποιούμενο δείκτη αξιολόγησης της καρδιοαναπνευστικής αντοχής. Οι παρατηρήσεις αυτές ενισχύουν την σπουδαιότητα της ΚΑΔΚ για την συνταγογράφηση της αερόβιας άσκησης, πέραν

των γενικότερων λόγων που υφίστανται για τη χρήση της σε καρδιολογικούς και λοιπούς κλινικούς πληθυσμούς, όπως π.χ. αξιολόγηση της ικανότητας για άσκηση και εκτίμηση της βαρύτητας ή της πρόγνωσης, και οι οποίοι αναλύονται εκτενώς σε άλλα σχετικά άρθρα του ειδικού αυτού τεύχους.

Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί το λογισμικό EXPERT (European Association of Preventive Cardiology Exercise Prescription in Everyday Practice and Rehabilitative Training), με σκοπό την αντιμετώπιση προβλημάτων που σχετίζονται με την εφαρμογή της άσκησης ως μέσου Αποκατάστασης σε ευρεία κλίμακα, κυρίως δε την παρουσία συννοσηροτήτων και παραγόντων κινδύνου, τα οποία περιπλέκουν τη συνταγογράφηση της άσκησης.³⁷ Το ψηφιακό αυτό εργαλείο αφορά σε επιμέρους συχνά καρδιολογικά νοσήματα, παράγοντες κινδύνου και κάποια χρόνια μη καρδιολογικά νοσήματα/σύνδρομα. Η συνταγογράφηση της Άσκησης βασίζεται σε κατευθυντήριες οδηγίες, συστάσεις ασφάλειας, το ιστορικό, τη λειτουργική κατάσταση και τη φαρμακευτική αγωγή. Το EXPERT μπορεί αναμφισβήτητα να συμβάλει στην λήψη αποφάσεων. Οι παρεχόμενες συστάσεις συνταγογράφησης όμως είναι εκ των πραγμάτων γενικές. Αυτό ισχύει και για την ένταση, όπου οι οδηγίες αφορούν κατά βάση ποιοτικό προσδιορισμό, με αναφορά σε ‘περιοχές’ έντασης με ευρύτερα όρια.

Το EXPERT έχει βασισθεί στις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Εταιρείας Προληπτικής Καρδιολογίας (European Association of Preventive Cardiology)³⁸ Αντίστοιχες οδηγίες έχουν εκδοθεί από το Αμερικάνικο Κολλέγιο Αθλητικής (American College of Sports Medicine), (Πίνακας 3).³⁹ Και στις δύο περιπτώσεις επιχειρείται κατηγοριοποίηση της έντασης και αντιστοίχιση μεταξύ διαφορετικών μεθόδων και, παρά τις επιμέρους διαφορές, παρατηρείται γενικότερη σύγκλιση. Πρόσφατα στοιχεία έρχονται να θέσουν προβληματισμό για αυτή την αντιστοίχιση και κατηγοριοποίηση, χρησιμοποιώντας ως σημεία αναφοράς τους VT_1 και VT_2 , προκειμένου να εξασφαλιστούν παρόμοια και συγκρίσιμα επίπεδα προσπάθειας.³⁸ Κατά την ανάλυση στοιχείων εργοσπιρομετρίας καρδιολογικών ασθενών, το VT_1 παρουσίασε αντιστοιχία με την ‘υψηλή ένταση’ για το $\%VO_{2peak}$ και $\%KΣ_{μΕΥ}$ ή τη ‘χαμηλή ένταση’ για το $\%W_{peak}$

Πίνακας 3.

Κατευθυντήριες οδηγίες διεθνών επιστημονικών ενώσεων για περιοχές έντασης αερόβιας άσκησης και αντιστοίχιση με τιμές βάσει συνήθων μεθόδων προσδιορισμού

European Association of Preventive Cardiology				
	% VO _{2speak}	%ΚΣ _{εφ}	%ΚΣ _{μεγ}	%W _{peak}
χαμηλή	25 – 44	20 – 39	35 – 54	~ 50
μέτρια	45 – 59	40 – 59	55 – 69	50 – 70
υψηλή	60 – 84	60 – 84	70 – 89	70 – 99
πολύ υψηλή	> 84	> 84	> 89	100
μέγιστη	100	100	100	100

American College of Sports Medicine				
	% VO _{2speak}	%ΚΣ _{εφ} /VO _{2εφ}	%ΚΣ _{μεγ}	20βάθμια κλίμακα Borg
πολύ χαμηλή	< 37	< 30	< 57	< 9
χαμηλή	37 – 45	30 – 39	57 – 63	9 – 11
μέτρια	46 – 63	40 – 59	64 – 76	12 – 13
υψηλή	64 – 90	60 – 89	77 – 95	14 – 17
μέγιστη	≥ 91	≥ 90	≥ 96	≥ 18

και %ΚΣ_{εφ}. Το VT₂ παρουσίασε αντιστοιχία με την ‘πολύ υψηλή ένταση’ για το %VO_{2peak} και %ΚΣ_{μεγ} ή την ‘υψηλή ένταση’ για το %W_{peak} και %ΚΣ_{εφ}. Σημαντική διακύμανση παρατηρήθηκε μεταξύ των δοκιμαζόμενων ως προς την αντιστοίχιση με τα επίπεδα έντασης για όλα τα κριτήρια προσδιορισμού έντασης. Η αντιστοίχιση επίσης επηρεάστηκε από την λειτουργική κατάσταση του δείγματος και φάνηκε να ‘εξισορροπείται’ στους ασθενείς με VO_{2peak} ≥ 25 ml/kg/min έναντι αυτών με VO_{2peak} < 25 ml/kg/min. Οι συγγραφείς συμπέραναν ότι υπάρχει ανάγκη για αναπροσαρμογή των επιπέδων έντασης, όπως οριοθετούνται στις κατευθυντήριες οδηγίες. Σε ανάλογα συμπεράσματα έχουν καταλήξει και άλλες μελέτες σε καρδιολογικούς ασθενείς.⁴⁰ Η ύπαρξη λοιπόν κατευθυντήριων οδηγιών και η χρήση εργαλείων, όπως το EXPERT, όχι μόνο δεν αναιρεί, αλλά αντιθέτως ενισχύει τη σημασία της Εργοσπιρομετρίας για τη συνταγογράφηση της άσκησης προς τη κατεύθυνση του κατά το δυνατό ακριβούς προσδιορισμού και της βέλτιστης εξατομίκευσης για κάθε ασκούμενο.

Μια παρατήρηση με πρακτικό χαρακτήρα, αφορά στη χρήση της ΚΣ. Η ΚΣ θα μπορούσε να

θεωρηθεί ένας έμμεσος τρόπος προσδιορισμού της έντασης. Η συσχέτιση που παρουσιάζει με τη VO₂ και η οποία έχει μελετηθεί περισσότερο σε επιμέρους υγιείς υπο-πληθυσμούς, την έχει καταστήσει δημοφιλέστατο τρόπο συνταγογράφησης της έντασης. Αυτό ξεκίνησε μερικές δεκαετίες πριν, όταν δεν ήταν ακόμα προσιτή ή εφικτή η πρόσβαση σε εργαστήριο για την αξιολόγηση της VO₂ και συνεχίζεται σε ανάλογες περιπτώσεις και σήμερα. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, εξαιτίας της φαρμακευτικής αγωγής η χρήση της σε καρδιολογικούς ασθενείς για τον προσδιορισμό της έντασης περνάει μέσα από μέγιστη δοκιμασία κόπωσης. Σε ασθενείς με μειωμένη χρονότροπη απόκριση κατά την άσκηση και μικρό εύρος εφεδρείας (15-20 παλμούς μεταξύ τιμής ηρεμίας και μέγιστης) η χρήση της ΚΣ για τον προσδιορισμό ή τον έλεγχο της έντασης είναι μάλλον αμφισβητήσιμη, λόγω της πιθανής μειωμένης διακριτικής ικανότητας. Δυσχερής μπορεί επίσης να αποδειχθεί η χρήση της σε ασθενείς με κολπική μαρμαρυγή ή βηματοδότη.

Παράλληλα, στην καθημερινή πράξη, η σταθεροποίηση της ΚΣ σε κάποιο επίπεδο, ώστε να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο της έντασης, απαιτεί

κάποιο χρόνο, που μπορεί να φτάσει τα 4-6 λεπτά (ή και περισσότερο) για συνεχή άσκηση. Η χρησιμότητά της ως κριτήριο έντασης σε διαλειμματική άσκηση, ιδιαίτερα με μικρή διάρκεια προσπάθειας (30"- 60") είναι πρακτικά μειωμένη. Η τοποθέτηση αυτή μπορεί να έχει ιδιαίτερη βαρύτητα, λαμβάνοντας υπόψη την αυξανόμενη χρήση της διαλειμματικής άσκησης στην αποκατάσταση κλινικών πληθυσμών.^{4, 10, 20, 21, 27, 41}

Μια άλλη παρατήρηση, τεχνικής φύσεως, που επηρεάζει τη συνταγογράφηση της έντασης και την προσδιορισμό του έργου (ή ταχύτητας/κλίσης) είναι το πρωτόκολλο και η μεταβολή του έργου στα επιμέρους στάδια. Η κατανάλωση οξυγόνου χρειάζεται γενικά κάποιο χρόνο για να σταθεροποιηθεί, φθάνοντας σε επίπεδο steady-state. Ο χρόνος αυτός συναρτάται με την ένταση της άσκησης, και η ύπαρξη 'slow-component', μιας αργής/σταδιακής αύξησης στη πρόσληψη O_2 κατά την άσκηση σε σταθερό έργο, υφίσταται ουσιαστικά για εντάσεις πάνω από τον αερόβιο ουδό.⁴² Τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση ασθενών είναι δυνατό να περιλαμβάνουν σχετικά μεγάλες μεταβολές στην αύξηση του έργου ανά λεπτό, στοχεύοντας σε διάρκεια άσκησης 8-12 λεπτά, οι οποίες όμως αφ' ενός δεν βοηθούν στην επίτευξη steady-state, αφ' ετέρου είναι δυνατό να καταλήξουν σε υπερεκτίμηση του έργου για δεδομένο επίπεδο VO_2 . Για την αντιμετώπιση αυτού του θέματος και για εντάσεις έως και μέτριες, έχουν προταθεί μειώσεις του προσδιορισθέντος έργου και συγκεκριμένα 10 watt για ένα πρωτόκολλο με αυξήσεις 10 watt/λεπτό.³⁰ Σε μελέτες σχετικές με την συνταγογράφηση της άσκησης σε υγιείς πληθυσμούς, στις οποίες επιδιώκεται επίτευξη steady-state κατά τη δοκιμασία κόπωσης, έχουν χρησιμοποιηθεί πρωτόκολλα με αυξήσεις 50 watt ανά 3λέπτο.⁴³ Με βάση αυτό, θα μπορούσε να υποθεθεί ότι μεταβολές έως 15 watt / λεπτό συμβάλλουν στην επίτευξη (σχετικού) steady-state και σε ασθενείς. Η ακρίβεια όμως αυτής της υπόθεσης σε καρδιολογικούς ασθενείς, η σχέση της βαρύτητας της νόσου και του επιπέδου λειτουργικής κατάστασης και η σύγκριση ramp και steep πρωτοκόλλων ΚΑΔΚ αποτελούν αντικείμενα μελλοντικών μελετών.

Αν και ο ιδανικός τρόπος προσδιορισμού της έντασης επιβάλει να χρησιμοποιείται το ίδιο μέσο

για την αξιολόγηση μέσω εργοσπιρομετρίας και την καθημερινή άσκηση, αυτό δεν είναι πάντοτε εφικτό. Ένα πρακτικό πρόβλημα λοιπόν μπορεί να αποτελέσει μερικές φορές η μεταφορά ενός επιπέδου έντασης σε μέσο διαφορετικό από αυτό που έχει χρησιμοποιηθεί για την δοκιμασία κόπωσης, πχ από το κυκλοεργόμετρο στο δαπεδοεργόμετρο. Στην περίπτωση αυτή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχετικές εξισώσεις που παρέχονται από το ACSM, για τον υπολογισμό της κατανάλωσης οξυγόνου, εν προκειμένω με βάση την ταχύτητα και την κλίση.² Έτσι πχ τιμή VO_2 14,3 ml/kg/min (που προσδιορίστηκε ως επιθυμητή ένταση μετά την εργοσπιρομετρία στο κυκλοεργόμετρο) αντιστοιχεί σε ταχύτητα - κλίση 4,2 km/h- 3% ή 5,5 km/h-1% στο δαπεδοεργόμετρο. Ανάλογες εξισώσεις παρέχονται για τον προσδιορισμό ισχύος (watt) στο κυκλοεργόμετρο. Μια άλλη σχετική παρατήρηση, που είναι σκόπιμο να ληφθεί υπόψη, είναι ότι συνήθως κατά την ΚΑΔΚ σε κυκλοεργόμετρο αναμένονται χαμηλότερες τιμές, 10% κατά μέσο όρο, σε σχέση με το δαπεδοεργόμετρο.

Ανεξάρτητα από τις παρατηρήσεις και τα αναπάντητα ερωτήματα προς περαιτέρω διερεύνηση, η άσκηση σε καρδιολογικούς ασθενείς συνολικά όπως εφαρμόζεται μέχρι σήμερα, έχει επιφέρει τεκμηριωμένα οφέλη όπως την βελτίωση των λειτουργικών δυσλειτουργιών, της ικανότητας για άσκηση και της ποιότητας ζωής των ασθενών. Παρά τα περιθώρια βελτίωσης των πρακτικών, επί του παρόντος στην πράξη μπορεί να υπάρξει συνδυασμός διαφορετικών μεθόδων για τον προσδιορισμό της έντασης. Η συνδυαστική χρήση αναπνευστικών ουδών, όπου αυτό είναι εφικτό, και % VO_2 peak σε αντιστοιχία με το έργο, θα μπορούσε να οδηγήσει με μεγαλύτερη ακρίβεια στον προσδιορισμό του επιθυμητού επιπέδου για όλο το φάσμα εντάσεων, επιτρέποντας παράλληλα μεγαλύτερη ευελιξία στο συνδυασμό έντασης και διάρκειας. (Σχήμα 1Γ). Επιμέρους, μικρότερης κλίμακας αναπροσαρμογές είναι δυνατό να λαμβάνουν χώρα στις συνεδρίες άσκησης με βάση κλινικά κριτήρια σχετικά με την εμφάνιση ισχαιμίας, αρρυθμιών και υπέρμετρης αύξησης της πίεσης, καθώς και την υποκειμενική αίσθηση των ασκούμενων. Στην επίτευξη του επιδιωκόμενου επιπέδου έντασης, μπορεί να συμβάλει και η χρήση της ΚΣ, όπως έχει προσδιοριστεί κατά την ΚΑΔΚ.

Συμπερασματικά, η άσκηση αποτελεί σημείο αναφοράς στην Αποκατάσταση καρδιολογικών ασθενών. Τα χαρακτηριστικά της αερόβιας άσκησης περιλαμβάνουν την μορφή, τη συχνότητα, τη διάρκεια, την ένταση και τον τύπο. Η ένταση μπορεί να προσδιοριστεί με διαφορετικούς τρόπους, με βάση την υποκειμενική αίσθηση προσπάθειας, την ισχύ / έργο, την καρδιακή συχνότητα, την μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου και τον αναερόβιο ουδό. Η πλειονότητα αυτών προϋποθέτει την διενέργεια μέγιστης δοκιμασίας κόπωσης, η οποία εκ των πραγμάτων είναι καρδιοαναπνευστική για τις δύο τελευταίες μεθόδους. Κάθε μέθοδος παρουσιάζει θεωρητικά ή πρακτικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κατά την εφαρμογή της. Προτείνεται η συνδυαστική χρήση αναπνευστικών ουδών και VO_{2peak} ως βάση για τον προσδιορισμό της έντασης, γεγονός που υπογραμμίζει τη σημασία της Εργοσπιρομετρίας για τη συνταγογράφηση της αερόβιας άσκησης. Περαιτέρω έρευνες είναι απαραίτητες για την επίλυση ερωτημάτων που σχετίζονται άμεσα και έμμεσα με τον ακριβή προσδιορισμό της έντασης και οι οποίες θα επιτρέψουν το σχεδιασμό πρωτοκόλλων δυνάμενων να βελτιστοποιήσουν τα οφέλη της αερόβιας άσκησης σε καρδιολογικούς ασθενείς.

Βιβλιογραφία

1. Piepoli MF, Corra U, Adamopoulos S, Benzer W, Bjarnason-Wehrens B, Cupples M, Dendale P, Doherty P, Gaita D, Hofer S, McGee H, Mendes M, Niebauer J, Pogossova N, Garcia-Porrero E, Rauch B, Schmid JP, Giannuzzi P. Secondary prevention in the clinical management of patients with cardiovascular diseases. Core components, standards and outcome measures for referral and delivery: a policy statement from the cardiac rehabilitation section of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation. Endorsed by the Committee for Practice Guidelines of the European Society of Cardiology. *Eur J Prev Cardiol* 2014; 21(6):664-681.
2. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription 10th ed. Philadelphia, USA: Wolters Kluwer - Lippincott, Williams & Wilkins; 2016.
3. Vanhees L, Rauch B, Piepoli M, van Buuren F, Takken T, Borjesson M, Bjarnason-Wehrens B, Doherty P, Dugmore D, Halle M. Importance of characteristics and modalities of physical activity and exercise in the management of cardiovascular health in individuals with cardiovascular disease (Part III). *Eur J Prev Cardiol* 2012; 19(6):1333-1356.
4. Bouchla A, Karatzanos E, Dimopoulos S, Tasoulis A, Agapitou V, Diakos N, Tseliou E, Terrovitis J, Nanas S. The addition of strength training to aerobic interval training: effects on muscle strength and body composition in CHF patients. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2011; 31(1):47-51.
5. Wisloff U, Stoylen A, Loennechen JP, Bruvold M, Rognum O, Haram PM, Tjonna AE, Helgerud J, Stordahl SA, Lee SJ, Videm V, Bye A, Smith GL, Najjar SM, Ellingsen O, Skjaerpe T. Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation* 2007; 115(24):3086-3094.
6. Balady GJ, Williams MA, Ades PA, Bittner V, Comoss P, Foody JM, Franklin B, Sanderson B, Southard D. Core components of cardiac rehabilitation/secondary prevention programs: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee, the Council on Clinical Cardiology; the Councils on Cardiovascular Nursing, Epidemiology and Prevention, and Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Circulation* 2007; 115(20):2675-2682.
7. Carvalho VO, Guimaraes GV. Hydrotherapy to heart failure patients. *Int J Cardiol* 2010; 145(2):377; author reply 378.
8. Tokmakidis SP, Spassis AT, Volaklis KA. Training, detraining and retraining effects after a water-based exercise program in patients with coronary artery disease. *Cardiology* 2008; 111(4):257-264.
9. Karatzanos L, Dimopoulos S, Tasoulis A, Agapitou V, Zerva E, Ntalianis A, Terrovitis I, Nanas S. The addition of strength training to high-intensity interval exercise training in chronic heart failure patients. *Proc 16th Congress of the European College of Sports Medicine* 2011:259.
10. Dimopoulos S, Anastasiou-Nana M, Sakellariou

- D, Drakos S, Kapsimalakou S, Maroulidis G, Roditis P, Papazachou O, Vogiatzis I, Roussos C, Nanas S. Effects of exercise rehabilitation program on heart rate recovery in patients with chronic heart failure. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2006; 13(1):67-73.
11. Gayda M, Normandin E, Meyer P, Juneau M, Haykowsky M, Nigam A. Central hemodynamic responses during acute high-intensity interval exercise and moderate continuous exercise in patients with heart failure. *Appl Physiol Nutr Metab* 2012; 37(6):1171-1178.
 12. Freyssin C, Verkindt C, Prieur F, Benaich P, Maignier S, Blanc P. Cardiac rehabilitation in chronic heart failure: effect of an 8-week, high-intensity interval training versus continuous training. *Arch Phys Med Rehabil* 2012; 93(8):1359-1364.
 13. Munk PS, Breland UM, Aukrust P, Ueland T, Kvaloy JT, Larsen AI. High intensity interval training reduces systemic inflammation in post-PCI patients. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2011; 18(6):850-857.
 14. Kang J, Chaloupka EC, Biren GB, Mastrangelo MA, Hoffman JR. Regulating intensity using perceived exertion: effect of exercise duration. *Eur J Appl Physiol* 2009; 105(3):445-451.
 15. Iellamo F, Manzi V, Caminiti G, Vitale C, Massaro M, Cerrito A, Rosano G, Volterrani M. Validation of rate of perceived exertion-based exercise training in patients with heart failure: insights from autonomic nervous system adaptations. *Int J Cardiol* 2014; 176(2):394-398.
 16. Meyer K, Samek L, Schwaibold M, Westbrook S, Hajric R, Lehmann M, Essfeld D, Roskamm H. Physical responses to different modes of interval exercise in patients with chronic heart failure—application to exercise training. *Eur Heart J* 1996; 17(7):1040-1047.
 17. Georgantas A, Dimopoulos S, Tasoulis A, Karatzanos E, Pantsios C, Agapitou V, Ntalianis A, Roditis P, Terrovitis J, Nanas S. Beneficial effects of combined exercise training on early recovery cardiopulmonary exercise testing indices in patients with chronic heart failure. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2014; 34(6):378-385.
 18. Karatzanos L, Dimopoulos S, Panagopoulou N, Mitsiou G, Sousonis V, Hatzis P, Kapelios C, Zerva E, Terrovitis I, Nanas S. Differential effects of high-intensity interval training protocols in chronic heart failure. *Eur J Prev Cardiol* 2013; 20(S1):S31.
 19. Karatzanos L, Georgantas A, Dimopoulos S, Venetsanakos J, Drakos S, Gyftopoulos S, Anastasiou-Nana M, Mansolas G, Georgopoulos C, Nanas S. Intensity determination of interval aerobic exercise training programmes in CHF patients. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2008; 15(S1):S119-S120.
 20. Guiraud T, Juneau M, Nigam A, Gayda M, Meyer P, Mekary S, Paillard F, Bosquet L. Optimization of high intensity interval exercise in coronary heart disease. *Eur J Appl Physiol* 2010; 108(4):733-740.
 21. Currie KD, Dubberley JB, McKelvie RS, MacDonald MJ. Low-volume, high-intensity interval training in patients with CAD. *Med Sci Sports Exerc* 2013; 45(8):1436-1442.
 22. Zainuldin R, Mackey MG, Alison JA. Prescription of walking exercise intensity from the 6-minute walk test in people with chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2015; 35(1):65-69.
 23. Zainuldin R, Mackey MG, Alison JA. Prescription of walking exercise intensity from the incremental shuttle walk test in people with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Phys Med Rehabil* 2012; 91(7):592-600.
 24. Nes BM, Janszky I, Wisloff U, Stoylen A, Karlsen T. Age-predicted maximal heart rate in healthy subjects: The HUNT fitness study. *Scand J Med Sci Sports* 2013; 23(6):697-704.
 25. Keteyian SJ, Kitzman D, Zannad F, Landzberg J, Arnold JM, Brubaker P, Brawner CA, Bensimhon D, Hellkamp AS, Ewald G. Predicting maximal HR in heart failure patients on beta-blockade therapy. *Med Sci Sports Exerc* 2012; 44(3):371-376.
 26. Gremeaux M, Hannequin A, Laurent Y, Laroche D, Casillas JM, Gremeaux V. Usefulness of the 6-minute walk test and the 200-metre fast walk test to individualize high intensity interval and continuous exercise training in coronary artery disease patients after acute coronary syndrome: a pilot controlled clinical study. *Clin Rehabil* 2011; 25(9):844-855.
 27. Kourek C, Alshamari M, Mitsiou G, Psarra K, Delis D, Linardatou V, Pittaras T, Ntalianis A, Papadopoulos C, Panagopoulou N, Vasileiadis I,

- Nanas S, Karatzanos E. The acute and long-term effects of a cardiac rehabilitation program on endothelial progenitor cells in chronic heart failure patients: Comparing two different exercise training protocols. *Int J Cardiol Heart Vasc* 2021; 32:100702.
28. Binder RK, Wonisch M, Corra U, Cohen-Solal A, Vanhees L, Saner H, Schmid JP. Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2008; 15(6):726-734.
 29. Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* (1985) 1986; 60(6):2020-2027.
 30. Mezzani A, Hamm LF, Jones AM, McBride PE, Moholdt T, Stone JA, Urhausen A, Williams MA. Aerobic exercise intensity assessment and prescription in cardiac rehabilitation: a joint position statement of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation, and the Canadian Association of Cardiac Rehabilitation. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2012; 32(6):327-350.
 31. Poole DC, Burnley M, Vanhatalo A, Rossiter HB, Jones AM. Critical Power: An Important Fatigue Threshold in Exercise Physiology. *Med Sci Sports Exerc* 2016; 48(11):2320-2334.
 32. Billat VL, Sirvent P, Py G, Koralsztein JP, Mercier J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Med* 2003; 33(6):407-426.
 33. Mezzani A, Corra U, Giordano A, Colombo S, Psaroudaki M, Giannuzzi P. Upper intensity limit for prolonged aerobic exercise in chronic heart failure. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42(4):633-639.
 34. Jamnick NA, Pettitt RW, Granata C, Pyne DB, Bishop DJ. An Examination and Critique of Current Methods to Determine Exercise Intensity. *Sports Med* 2020; 50(10):1729-1756.
 35. Mann T, Lamberts RP, Lambert MI. Methods of prescribing relative exercise intensity: physiological and practical considerations. *Sports Med* 2013; 43(7):613-625.
 36. Hofmann P, Tschakert G. Intensity- and Duration-Based Options to Regulate Endurance Training. *Front Physiol* 2017; 8:337.
 37. Hansen D, Dendale P, Coninx K, Vanhees L, Piepoli MF, Niebauer J, Cornelissen V, Pedretti R, Geurts E, Ruiz GR, Corra U, Schmid JP, Greco E, Davos CH, Edelmann F, Abreu A, Rauch B, Ambrosetti M, Braga SS, Barna O, Beckers P, Bussotti M, Fagard R, Faggiano P, Garcia-Porrero E, Kouidi E, Lamotte M, Neunhauserer D, Reibis R, Spruit MA, Stettler C, Takken T, Tonoli C, Vigorito C, Voller H, Doherty P. The European Association of Preventive Cardiology Exercise Prescription in Everyday Practice and Rehabilitative Training (EXPERT) tool: A digital training and decision support system for optimized exercise prescription in cardiovascular disease. Concept, definitions and construction methodology. *Eur J Prev Cardiol* 2017; 24(10):1017-1031.
 38. Hansen D, Bonne K, Alders T, Hermans A, Copermans K, Swinnen H, Maris V, Jansegers T, Mathijs W, Haenen L, Vaes J, Govaerts E, Reenaers V, Frederix I, Dendale P. Exercise training intensity determination in cardiovascular rehabilitation: Should the guidelines be reconsidered? *Eur J Prev Cardiol* 2019; 26(18):1921-1928.
 39. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, Nieman DC, Swain DP, American College of Sports M. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43(7):1334-1359.
 40. Pymmer S, Nichols S, Prosser J, Birkett S, Carroll S, Ingle L. Does exercise prescription based on estimated heart rate training zones exceed the ventilatory anaerobic threshold in patients with coronary heart disease undergoing usual-care cardiovascular rehabilitation? A United Kingdom perspective. *Eur J Prev Cardiol* 2020; 27(6):579-589.
 41. Pattyn N, Beulque R, Cornelissen V. Aerobic Interval vs. Continuous Training in Patients with Coronary Artery Disease or Heart Failure: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis.

- sis with a Focus on Secondary Outcomes. *Sports Med* 2018; 48(5):1189-1205.
42. Jones AM, Grassi B, Christensen PM, Krstrup P, Bangsbo J, Poole DC. Slow component of VO₂ kinetics: mechanistic bases and practical applications. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43(11):2046-2062.
43. Billat VL, Slawinski J, Bocquet V, Demarle A, Lafitte L, Chassaing P, Koralsztein JP. Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal oxygen uptake for a longer time than intense but submaximal runs. *Eur J Appl Physiol* 2000; 81(3):188-196.
44. Faude O, Kindermann W, Meyer T. Lactate threshold concepts: how valid are they? *SportsMed* 2009; 39(6):469-490.

Aerobic Exercise Training Prescription in Cardiac Rehabilitation – The role of Cardiopulmonary Exercise Testing

Eleftherios Karatzanos

*Applied & Clinical Exercise Physiologist,
Clinical Ergospirometry, Exercise & Rehabilitation Laboratory,
“Evangelismos” Hospital, School of Medicine,
National & Kapodistrian University of Athens*

Exercise is a reference point in the rehabilitation of cardiological patients. The characteristics of aerobic exercise include its form, frequency, duration, intensity and type. Intensity can be determined in different ways, based on subjective sense of effort, work, heart rate, maximum oxygen intake and anaerobic threshold. The majority of these require a maximum fatigue test, which is de facto cardiorespiratory for the last two methods. Each method presents theoretical or practical advantages and disadvantages in its application. The combined use of breathing thresholds and VO₂peak as a basis for the determination of intensity is suggested, which underlines the importance of ergospirometry for the prescription of aerobic exercise. Further research is necessary to solve questions directly and indirectly related to the precise determination of intensity and which will allow the design of protocols capable of optimizing the benefits of aerobic exercise in cardiological patients.

Keywords: Aerobic exercise training, rehabilitation, ergospirometry, prescription, perceived exertion, power, workload, heart rate, peak oxygen consumption, anaerobic threshold, aerobic threshold.