

Εργαστήριο Λειτουργικής Ανατομικής και Αθλητιατρικής, Τ.Ε.Φ.Α.Α., Παν. Αθηνών.

Η σχέση των διαφραγματικών σπασμών με την πτώση του κορεσμού και της καρδιακής συχνότητας σε εκούσιες άπνοιες

Π. ΜΠΑΛΑΝΟΥ, Γ. ΠΡΙΟΝΑΣ, Π. ΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗΣ, Π. ΜΠΑΛΤΟΠΟΥΛΟΣ

Εισαγωγή: Η εκούσια άπνοια χρησιμοποιείται από πολλά θηλαστικά για την επιβίωση και από τον άνθρωπο τα τελευταία χρόνια κυρίως ως μέσο αναψυχής στην θάλασσα. Κατά τη διάρκεια της εκούσιας άπνοιας εμφανίζονται ακούσιοι διαφραγματικοί σπασμοί ως αποτέλεσμα της συσσώρευσης διοξειδίου στο αίμα και ωθούνη στην πτώση του κορεσμού και στην καρδιακή συχνότητα.

Υλικό και Μέθοδος: 4 αθλητές άπνοιας υψηλού επιπέδου κράτησαν την αναπνοή τους για το μέγιστο δυνατό χρόνο εκτός νερού. Μετρήθηκαν οι καρδιακοί παλμοί, ο κορεσμός οξυγόνου και η έναρξη των διαφραγματικών σπασμών.

Αποτελέσματα: Οι μέγιστες άπνοιες ήταν Α: 5:56, Β: 5:36, Γ: 5:34 και Δ: 3:18 λεπτά. Σε όλους τους αθλητές παρατηρήθηκε παρόμοιος ρυθμός πτώσης του κορεσμού με αργή έναρξη και απότομη πτώση με την εκπνοή. Οι τελικοί κορεσμοί ήταν 61% (Α), 64% (Β), 57% (Γ) και 67% (Δ). Κατά τη διάρκεια της άπνοιας όλοι οι δοκιμαζόμενοι είχαν διαφραγματικούς σπασμούς οι οποίοι ξεκίνησαν στα 3:50(Α), 3:11(Β), 3:20(Γ) και 1:26(Δ) λεπτά άπνοιας. Παρατηρήθηκε ότι οι σφυγμοί σε όλους έπεσαν μετά την έναρξη των διαφραγματικών σπασμών, με μεγάλες διαφορές ανάμεσα στους αθλητές, αλλά και διακυμάνσεις στους ίδιους τους αθλητές. (Α: αρχικά 90, ελάχιστοι 57παλμοί/λεπτό στα 5:35 λεπτά άπνοιας. Β: αρχικά 70-80, ελάχιστοι 26 παλμοί/λεπτό μετά από 4:44 λεπτά άπνοιας. Γ: αρχικά 100-190 με κυματισμούς τα πρώτα 3 λεπτά, ελάχιστοι 42 παλμοί/λεπτό στα 4:57 λεπτά άπνοιας. Δ: έναρξη με 90-100, ελάχιστοι 77παλμοί στα 3:12 λεπτά άπνοιας).

Συμπεράσματα: Οι διαφραγματικοί σπασμοί σχετίζονται χρονικά με την πτώση των παλμών κατά τη διάρκεια της άπνοιας και δεν φαίνεται να επηρεάζουν άμεσα την πτώση του οξυγόνου. Έτσι δεν βρήκαμε μια μετρήσιμη αρνητική επιρροή των διαφραγματικών σπασμών στην μέγιστη διάρκεια μιας εκούσιας άπνοιας.

Λέξεις κλειδιά: Διαφραγματικοί σπασμοί, εκούσια άπνοια, κορεσμός οξυγόνου, καρδιακή συχνότητα

Εισαγωγή

Η εκούσια άπνοια χρησιμοποιείται από πολλά θηλαστικά για την λήψη τροφής και επιβίωση μέσα στο νερό, όπως τα δελφίνια, οι φώκιες και οι φάλαινες. Και οι άνθρωποι σε όλο τον κόσμο από αρχαιοτάτους χρόνους έβρισκαν ενασχόληση κάτω από το νερό, όπως οι Ιάπωνες συλλέκτες μαργαριταριών, οι Έλληνες σφουγγαράδες και διάφοροι άλλοι πληθυσμοί για την συλλογή οστράκων. Στα νεώτερα χρόνια συμπληρώθηκε στις δραστηριότητες αυτές το υποβρύχιο κυνήγι και η αθλητική ελεύθερη κατάδυση. Στην αθλητική ελεύθερη κατάδυση έχουν επιτευχθεί χρόνοι άπνοιας οι οποίοι φαντάζουν απίθανοι όπως δείχνει το πρόσφατο παγκόσμιο ρεκόρ της στατικής άπνοιας (κράτημα της αναπνοής σε ηρεμία) με 10 λεπτά και 12 δευτερόλεπτα από τον Γερμανό Tom Sietas.

Το φαινόμενο της άπνοιας και των προσαρμογών του σώματος σε αυτή απασχολεί την επιστήμη παραπάνω από έναν αιώνα.^{9,10} Μετά το 1950 άρχισε να μεγαλώνει το ενδιαφέρον και για ανθρώπους οι οποίοι έκαναν καταδύσεις με άπνοια.³⁴

Ως “καταδυτική απόκριση” ή και “καταδυτικό αντανακλαστικό” χαρακτηρίζεται στα καταδυόμενα θηλαστικά η πρόκληση βραδυκαρδίας και επιλεκτι-

κής περιφερικής αγγειοσυστολής με την έναρξη της άπνοιας. Η “καταδυτική απόκριση” στον άνθρωπο παρουσιάζει κάποιες διαφορές από εκείνη των υδρόβιων θηλαστικών, η σημαντικότερη αυτών είναι η αύξηση της αρτηριακής πίεσης.²⁴ Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της καταδυτικής απόκρισης στον άνθρωπο είναι η βραδυκαρδία και η επιλεκτική περιφερική αγγειοσυστολή τα οποία εκδηλώνονται με τη διακοπή της αναπνοής και είναι ακόμα πιο έντονα κατά τη βύθιση του προσώπου σε κρύο νερό.^{3,4,17,35}

Οι διάφορες μελέτες δεν παρουσιάζουν τα ίδια αποτελέσματα στην ερώτηση εάν αυτοί οι μηχανισμοί έχουν ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση οξυγόνου. Ενώ οι παλαιότερες εργασίες των οι Hong et al., (1971), Heistad et al. (1970) δεν μπόρεσαν να συσχετίσουν την καταδυτική απόκριση με την εξοικονόμηση οξυγόνου, οι Lindholm et al., (1999), Anderson et al., (2002) Schagatay et al., (1998) δείχνουν ότι η καταδυτική απόκριση έχει ως αποτέλεσμα την μειωμένη πτώση του οξυγόνου στο αίμα. Υπάρχουν εργασίες που δείχνουν τόσο την εξοικονόμηση οξυγόνου όσο και την επιμήκυνση της άπνοιας.^{14,34}

Κατά την εκούσια διακοπή της αναπνοής μειώνεται το O₂ στο αίμα, αυξάνεται το CO₂ και το γαλακτικό

οξύ, συσσωρεύεται γαλακτικό οξύ στους μύες.^{12,13,27} Κυρίως ως αποτέλεσμα της αύξησης του CO₂ ξεκινούν μετά από ένα ορισμένο χρονικό διάστημα ακούσιοι διαφραγματικοί σπασμοί.² Αυτοί οι σπασμοί δεν φαίνεται να επηρεάζουν την καταδυτική απόκριση⁵, χωρίς να υπάρχουν εργασίες για την επιρροή τους στην μέγιστη διάρκεια της άπνοιας.

Από όλους τους ασχολούμενους με την άπνοια υπάρχουν αναφορές ότι ένας λόγος της διακοπής της άπνοιας τους είναι η μη αντοχή στους διαφραγματικούς σπασμούς ως ένδειξη για ανάγκη αναπνοής. Πειραματικά έχει βρεθεί ότι οι διαφραγματικοί σπασμοί κατά τη διάρκεια της άπνοιας είναι ιδιαίτερα δυσάρεστοι και θα ωθήσουν το δοκιμαζόμενο να διακόψει την άπνοια και χωρίς να αλλάζει η σύσταση των αερίων του αίματος.³⁰ Σκοπός της έρευνας ήταν η μελέτη της επιρροής των διαφραγματικών σπασμών στην εκούσια άπνοια.

Υλικό και Μέθοδος

Ως δοκιμαζόμενοι επιλέχθηκαν 4 αθλητές της άπνοιας υψηλού επιπέδου (3 άνδρες, 1 γυναίκα) ηλικίας 30-40 ετών. Οι αθλητές είχαν ύψος μεταξύ 188 και 155 εκ και είχαν φυσιολογικό σωματικό βάρος για το ύψος τους. Τα έτη ενασχόλησης με την αθλητική άπνοια ήταν μεταξύ 4-7 ετών. Οι προπονήσεις τους ήταν 1-4 συνεδρίες ανά εβδομάδα, όλοι έκαναν μεικτά προγράμματα με αερόβια άσκηση (κολύμπι ή τρέξιμο), μυϊκή ενδυνάμωση με βάρη και ειδικές ασκήσεις άπνοιας. Οι μέγιστες επιδόσεις στατικής άπνοιας των αθλητών σε προπόνηση ήταν στους τρεις άνδρες Α: 7:31, Β: 6:47, Γ: 6:20 και στην γυναίκα Δ: 5:22.

Οι μετρήσεις έγιναν πρωινές ώρες (10-12), οι δοκιμαζόμενοι είχαν ενημερωθεί από την προηγούμενη ημέρα για τον τρόπο διεξαγωγής των μετρήσεων και την σημαντικότητα της συμμετοχής τους και την ημέρα των μετρήσεων έδωσαν την γραπτή τους συγκατάθεση.

Οι δοκιμαζόμενοι ήταν νηστικοί για τουλάχιστον ένα τετράωρο πριν από την έναρξη των μετρήσεων. Κλήθηκαν να πραγματοποιήσουν μία μέγιστη προσπάθεια εκούσιας στατικής άπνοιας, σε ύπτια θέση εκτός νερού. Ο κάθε συμμετέχοντας έκανε μία ή και περισσότερες άπνοιας ζεστάματος και ανακοίνωνε τότε θα έκανε την μέγιστή του προσπάθεια.

Σε όλη τη διάρκεια των προσπαθειών μετρήθηκαν η ροή του αέρα σε μύτη (αναπνοή), οι κινήσεις του θώρακος και της κοιλίας, ο κορεσμός του οξυγόνου και οι παλμοί της καρδιάς με παλμικό οξύμετρο. Οι καταγραφές και η επεξεργασία έγιναν συγχρονισμένες με το Somnologica (Fego/Emla).

Αποτελέσματα

Οι μέγιστες άπνοιας των δοκιμαζόμενων ήταν στον Α 5:56 λεπτά, στον Β 5:36, στον Γ 5:34 και στην Δ 3:18 λεπτά. Όλες οι προσπάθειες έγιναν χωρίς σημαντικό υπεραερισμό πριν από την προσπάθεια.

Κατά τη διάρκεια της άπνοιας όλοι οι δοκιμαζόμενοι είχαν διαφραγματικούς σπασμούς οι οποίοι ξεκίνησαν στα 3:50 (Α), 3:11 (Β), 3:20 (Γ) και 1:26 (Δ).

Από την έναρξη των διαφραγματικών σπασμών



Εικ. 1: Δοκιμαζόμενος κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας για την μέγιστη προσπάθεια.

έως το τέλος της προσπάθειας πέρασαν Α:2:06, Β: 2:26, Γ: 2:14 και Δ:1:52.

Οι αρχικοί κορεσμοί ήταν 99-100%. Η πτώση του οξυγόνου ήταν με αργό ρυθμό μετά από 3:15 (Α), 1:49 (Β), 1:09 (Γ) και 1:24 (Δ) λεπτά άπνοιας, με μία μικρή αύξηση του ρυθμού της πτώσης μετά το 80% και μία απότομη πτώση σε όλους τους αθλητές με την εκπνοή. Έτσι οι δοκιμαζόμενοι έφτασαν σε χαμηλότερο κορεσμό 61% (Α) στα 22 δευτερόλεπτα μετά τη διακοπή της άπνοιας, 64% στα 17 δευτερόλεπτα (Β), 57% στα 14 δευτερόλεπτα (Γ) και 67% στα 20 δευτερόλεπτα (Δ) μετά τη διακοπή της άπνοιας ενώ είχαν ξεκινήσει πάλι να αναπνέουν. Η επαναφορά του οξυγόνου έγινε μετά από Α: 45, Β: 28, Γ: 40 και Δ: 32 δευτερόλεπτα, μένοντας όμως 1-2 μονάδες κάτω από τον αρχικό κορεσμό για 5-10 λεπτά όπου και διακόπηκε η μέτρηση. Δεν υπήρχαν αλλαγές στο ρυθμό πτώσης του κορεσμού μετά την έναρξη των διαφραγματικών σπασμών.

Παρατηρήσαμε ότι οι σφυγμοί σε όλους τους συμμετέχοντας μειώθηκαν μετά την έναρξη των διαφραγματικών σπασμών. Οι διαφορές ανάμεσα στους αθλητές ήταν μεγάλες και οι παλμοί στους ίδιους τους αθλητές δεν ήταν πάντα σταθεροί, ιδιαίτερα στους δοκιμαζόμενους Β και Γ υπήρχε ένας κυματισμός στο ρυθμό των παλμών και ιδιαίτερα πριν από την έναρξη των διαφραγματικών σπασμών. Ο Α ξεκίνησε με περίπου 90 παλμούς, μετά από 30 δευτερόλεπτα ήταν στους 70-80, και στα 5:35 λεπτά άπνοιας έφτασε στο κατώτερο του 57 παλμοί ανά λεπτό. Ο δοκιμαζόμενος Β είχε κατά την έναρξη 70-80 παλμούς ανά λεπτό και έπεσε έως και 26 μετά από 4:44 λεπτά άπνοιας. Ο Γ ξεκίνησε με υψηλές σφίξεις 100-190/λεπτό που έκαναν κυματισμούς τα πρώτα 3 λεπτά, στην συνέχεια έκαναν μια αρκετά γρήγορη πτώση, και στα 3:18 ήταν ήδη κάτω από 60 και έφτασε μέχρι 42/λεπτό. Στην δοκιμαζόμενη Δ η πτώση των παλμών δεν ήταν δραματική (από 90-100 στα 77/λεπτό).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Αποτελέσματα, μέγιστη άπνοια, έναρξη και διάρκεια διαφραγματικών σπασμών

Δοκιμαζ.	Μέγιστη άπνοια	Χρόνος έναρξης διαφραγματικών σπασμών	Διάρκεια διαφραγματικών σπασμών
1	05:56	03:50	2:06
2	05:36	03:11	2:26
3	05:34	03:20	2:14
4	03:18	01:26	1:52

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Αποτελέσματα, μέγιστη άπνοια, κορεσμός

Δοκιμαζ.	Μέγιστη άπνοια (λεπτά)	Αρχικό SaO ₂ %	Έναρξη πτώσης SaO ₂ (λεπτά)	Διάρκεια πτώσης SaO ₂ (λεπτά)	Χαμηλότερη τιμή SaO ₂ %	Χρόνος χαμηλότερης τιμής SaO ₂ (δευτερόλεπτα μετά τη διακοπή της άπνοιας)
1	05:56	100	03:15	03:24	61	22
2	05:36	100	01:49	04:00	64	17
3	05:34	99	01:09	04:39	57	14
4	03:18	100	01:24	02:16	67	20

Συζήτηση-Συμπεράσματα

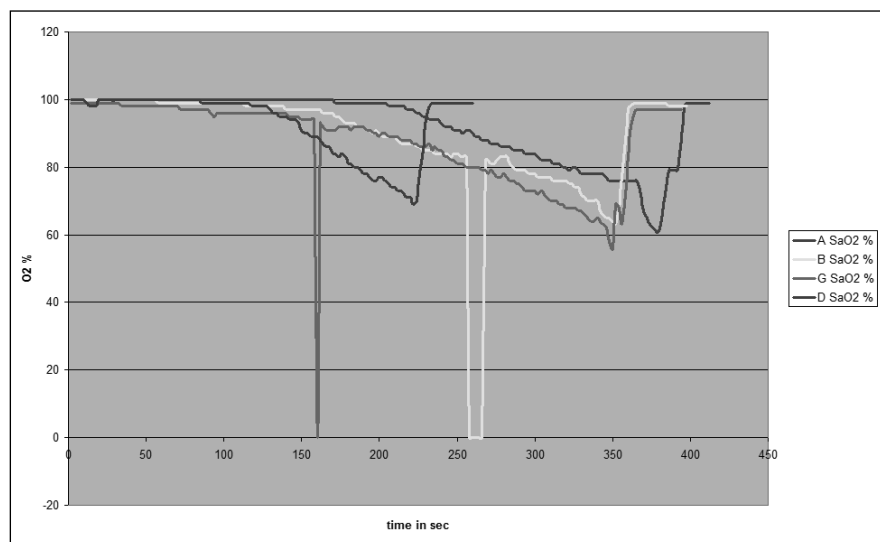
Διαφραγματικοί σπασμοί

Κατά τη διάρκεια της άπνοιας συσσωρεύεται μεταξύ άλλων διοξειδίο του άνθρακα στο σώμα μας.^{12,13,27} Το αποτέλεσμα αυτής της συσσώρευσης είναι η έναρξη των διαφραγματικών σπασμών και η ανάγκη για αναπνοή², το οποίο τελικά κάνει τον αγωνιζόμενο να εγκαταλείψει την συνέχιση άπνοιας. Έτσι και σε όλους τους δοκιμαζόμενους μας είχαμε την αναμενόμενη έναρξη των διαφραγματικών σπασμών, μιας και δεν ξεκίνησαν την προσπάθεια υπεραερισμένοι. Ο υπεραερισμός μειώνει τα επίπεδα του διοξειδίου και υπάρχουν εργασίες με μέγιστες άπνοιας χωρίς την έναρξη διαφραγματικών σπασμών²⁶, με χαμηλά επίπεδα διοξειδίου ακόμα και μετά το τέλος μίας άπνοιας, πιθανολογώντας ότι το σώμα αντιλαμβάνεται και τα επίπεδα χαμηλού οξυγόνου και διακόπτει γι' αυτό την εκούσια άπνοια. Δεν γνωρίζουμε όμως την επιρροή του υπεραερισμού στον μέγιστο χρόνο άπνοιας. Μεγάλη ήταν η διαφορά στο χρόνο του πρώτου διαφραγματικού σπασμού μετά την έναρξη της άπνοιας μεταξύ των αθλητών. Ιδιαίτερα η δοκιμαζόμενη γυναίκα εμφάνισε πολύ νωρίτερα την έναρξη των διαφραγματικών σπασμών. Λόγω της μη δυνατότητας μέτρησης επιπέδων διοξειδίου σε αυτή την έρευνα δεν μπορούμε να πούμε αν η έναρξη των σπασμών σχετιζόταν μόνο με τα επίπεδα του διοξειδίου, υπάρχουν όμως ενδείξεις ότι η χαλάρωση διαδραματίζει

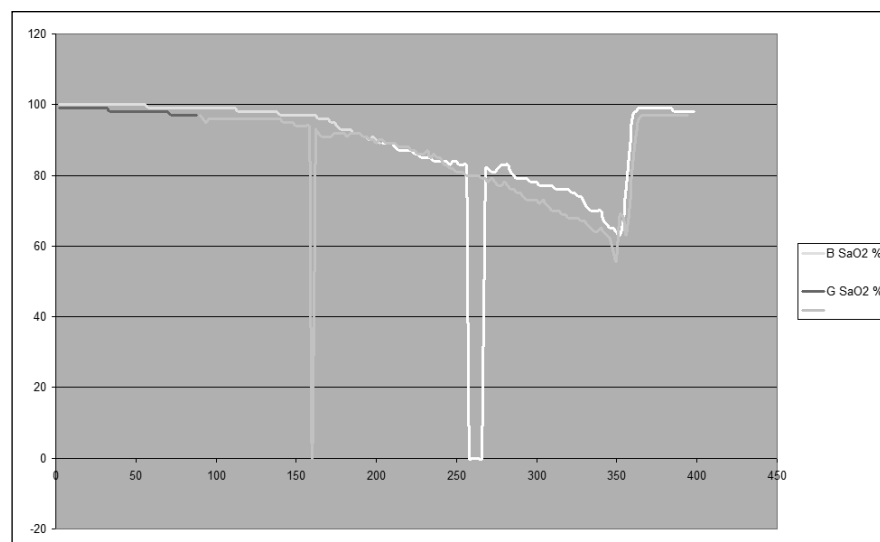
σπουδαίο ρόλο. Αν υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα δύο φύλα μένει να μελετήσουμε ένα μεγαλύτερο δείγμα. Σε μία εργασία όπου συγκρίθηκαν μέγιστες άπνοιας γυναικών και ανδρών με παρόμοια σωματομετρικά χαρακτηριστικά και πνευμονικούς όγκους δεν βρέθηκαν πάντως σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα δύο φύλα.²¹ Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι όλοι οι αθλητές άντεξαν τους διαφραγματικούς σπασμούς γύρο στα δυο λεπτά. Ίσως μια έμμεση ένδειξη ότι η μετατόπιση της έναρξης των σπασμών βοηθά το μέγιστο της άπνοιας.

Κορεσμός

Όπως ήταν αναμενόμενο βάσει της βιβλιογραφίας^{12,13,27,36} είχαμε σε όλους τους αθλητές μία πτώση του κορεσμού του οξυγόνου. Η πτώση του κορεσμού δεν ήταν απόλυτα αναλογική με το μέγεθος της άπνοιας, ο δοκιμαζόμενος με τον χαμηλότερο κορεσμό δεν είχε απαραίτητα τον μεγαλύτερο χρόνο άπνοιας. Τον χαμηλότερο κορεσμό όμως κατάφερε να φτάσει ο αθλητής ο οποίος την περίοδο εκείνη έκανε τις περισσότερες προπονήσεις με ασκήσεις άπνοιας, το οποίο επιβεβαιώνει εργασίες που δηλώνουν ότι η εξοικείωση με την άπνοια αυξάνει την αντοχή στην υποξία.^{1,23} Η έναρξη της πτώσης του κορεσμού διέφερε αρκετά ανάμεσα στους δοκιμαζόμενους, όχι όμως ο ρυθμός της από την στιγμή που ξεκίνησε η πτώση. Αρχικά υπήρχε μια πολύ αργή μείωση του οξυγόνου με μία



Διάγραμμα 1: Πτώση κορεσμών οξυγόνου των αθλητών



Διάγραμμα 2: Πτώση του κορεσμού του οξυγόνου σε αθλήτη Β και Γ σε σχέση με την έναρξη των διαφραγματικών σπασμών (αλλαγή χρώματος στην γραμμή)

επιτάχυνση της πτώσης μετά το 80% κορεσμού και μία απότομη πτώση μετά τη διακοπή της άπνοιας, με την εκπνοή και έως τις πρώτες αναπνοές. Το οποίο και επισημαίνει πόσο σημαντικό είναι οι σωστές και ελεγχόμενες αναπνοές με τη διακοπή της άπνοιας.

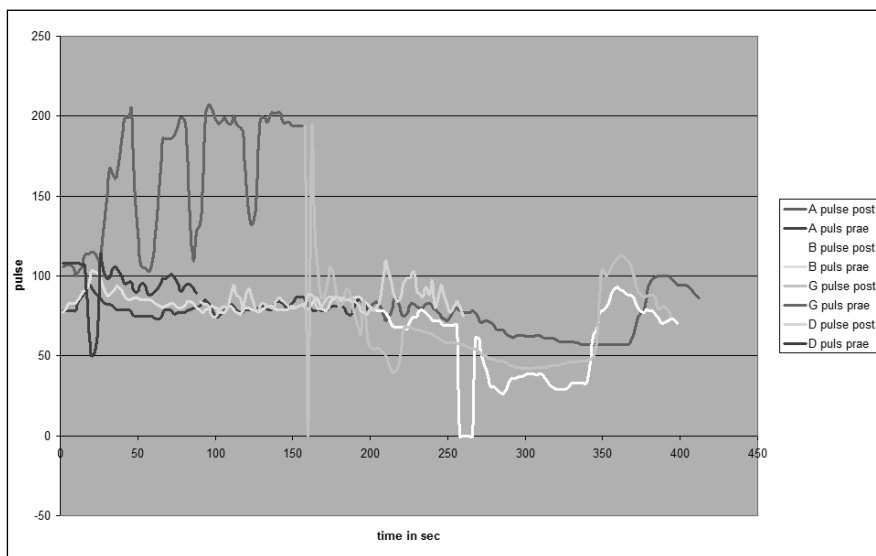
Να επισημάνουμε ότι κανένας από τους αθλητές δεν εμφάνισε σημεία υποξίας όπως απώλεια μυϊκού ελέγχου ή απώλεια συνείδησης κατά τη διάρκεια των προσπαθειών και η διακοπή της άπνοιας ήταν εκούσια.

Δεν βρήκαμε καμία αλλαγή στο ρυθμό της πτώσης του κορεσμού μετά την έναρξη των διαφραγματικών

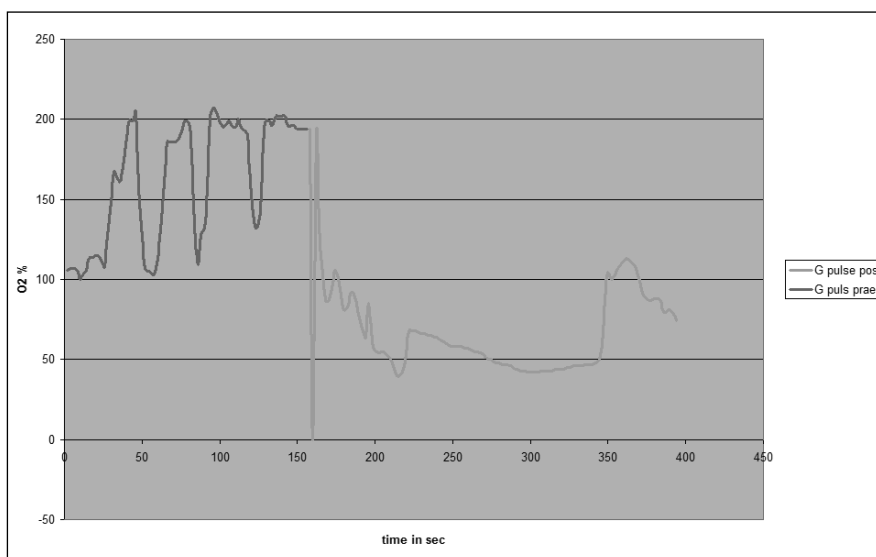
σπασμών, κάτι που υποδηλώνει ότι θεωρητικά δεν μειώνει το μέγιστο της άπνοιας, το οποίο ορίζεται από τα επίπεδα του οξυγόνου (αυτόματη ρήξη άπνοιας με απώλεια συνείδησης σε πολύ χαμηλά επίπεδα οξυγόνου).

Καρδιακοί παλμοί

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία στο καταδυτικό αντανακλαστικό ανήκει και η μείωση των καρδιακών παλμών³⁴, το οποίο και παρατηρήσαμε στους δοκιμαζόμενούς μας. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία η εξοικείωση με το κράτημα της αναπνοής αυξάνει



Διάγραμμα 3: Συμπεριφορά παλμών κατά την διάρκεια της άπνοιας. Η αλλαγή χρωμάτων στις γραμμές του κάθε αθλητή δείχνει τον χρόνο της έναρξης των διαφραγματικών σπασμών.



Διάγραμμα 4: Ιδιαίτερη έντονη η πτώση των καρδιακών παλμών μετά την έναρξη των διαφραγματικών σπασμών στον δοκιμαζόμενο Γ, ο οποίος ξεκίνησε την προσπάθεια με υψηλό ρυθμό.

το καταδυτικό αντανακλαστικό και τη διάρκεια της άπνοιας.³³

Δεν μπορέσαμε όμως να βρούμε τη συσχέτιση με την προπόνηση στους δικούς μας δοκιμαζόμενους, αφού και ο λιγότερο προπονημένος αθλητής (B) είχε την μεγαλύτερη πτώση στους παλμούς. Επίσης, δεν ήταν εμφανής η συσχέτιση μεταξύ χαμηλών παλμών και μέγιστου χρόνου άπνοιας.

Ο Andersson (1999) σε εργασία του εξέτασε την επιρροή των διαφραγματικών σπασμών με την

καταδυτική απόκριση και δεν βρήκε να επηρεάζεται η έκφραση της καταδυτικής απόκρισης από τους σπασμούς. Ενδιαφέρον στις δικές μας παρατηρήσεις ήταν ότι σε όλους υπήρχε μια αισθητή πτώση παλμών μετά την έναρξη των διαφραγματικών σπασμών, το οποίο δεν είχε περιγραφεί στην βιβλιογραφία έως και σήμερα. Αν υποθέσουμε ότι η πτώση των καρδιακών παλμών ως έκφραση του καταδυτικού αντανακλαστικού βοηθά στην μείωση της κατανάλωσης οξυγόνου και έτσι στην επιμήκυνση της άπνοιας, θα μπορούσαμε

να συμπεράνουμε ότι η έναρξη των διαφραγματικών σπασμών βοηθά στην επίτευξη μιας μέγιστης άπνοιας, το οποίο είναι και στόχος κάθε αθλητή.

Με αυτή την εργασία δεν καταφέραμε να διευκρινίσουμε πλήρως τον ρόλο των διαφραγματικών σπασμών στην μέγιστη άπνοια, αφενός λόγω του μικρού δείγματος, αφ' ετέρου δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι ο χρόνος μιας μέγιστης εκούσιας άπνοιας εξαρτάται από χημικούς και μη χημικούς παράγοντες, από σωματικούς και ψυχολογικούς παράγοντες. Σε τι βαθμό επηρεάζει κάθε ένας από τους προαναφερόμενους παράγοντες την μέγιστη άπνοια αποτελεί ακόμα πεδίο προς διερεύνηση.

ABSTRACT

The influence of the diaphragm spasms on the decrease of the saturation and heart rate during breath holding in athletes

P. MPALANOU, G. PRIONAS, P. KARAGOUNIS,
P. MPALTOPOULOS

Introduction: Voluntary breath-holding is used by many mammals for their everyday survival and during the last few years by humans as an in-water recreational activity. During the voluntary breath-holding involuntary spasms of the diaphragm occur as a result of the accumulation of carbon dioxide in the blood. These give the impulse to terminate the breath-hold. In our research we investigated the influence of these diaphragm spasms on the decrease of the saturation and of the heart rate.

Methods: 4 high level apnea diving (freediving) athletes held their breath for the longest possible time out of the water. We measured their heart rate, saturation and the time the diaphragm spasms started.

Results: The max duration of breath holds were A: 5:56, B: 5:36, Γ: 5:34 and Δ: 3:18 minutes. We measured similar rates of decrease of the saturation on all athletes with a slow onset and an abrupt drop with the exhale. The final saturations were 61% (A), 64% (B), 57% (Γ) and 67% (Δ). During their breath-holds every member of the test group had diaphragm spasms. They started at 3:50(A), 3:11(B), 3:20(Γ) and 1:26(Δ) minutes into their breath-holds. It was noted that the pulse rate of each person decreased after the onset of the diaphragm spasms. There was however a marked difference in the pulse rate before and after the onset of the diaphragm spasms between the athletes and significant fluctuations for each athlete. (A: starting pulse rate 90 beats/minute, minimal 57bpm at 5:35 minutes of breath-holding. B: starting pulse rate 70-80bpm, minimal 26bpm after 4:44 minutes of breath-holding. Γ: starting pulse rate 100-190bpm with fluctuations in the first 3 minutes, minimal 42bpm at 4:57 minutes of breath-holding. Δ: starting pulse rate 90-100bpm, minimal 77bpm at 3:12 minutes of breath-holding).

Conclusions: The diaphragm spasms are related to the onset of the decrease of pulse rate during the voluntary breath-hold and do not seem to directly influence the decrease in oxygen saturation. We there-

fore do not find any measurable negative influence of diaphragm spasms on the maximum duration of a voluntary breath-hold.

Key words: diaphragm spasms, voluntary breath holding, oxygen saturation, heart rate.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adamczyk, W., Tafil-Klawe, M., Chesy, G., Klawe, J.J., Szeliga-Wczyzla & Zlomanczuk, P (2006): *Effects of training on the ventilatory response to hypoxia*. Journal of Physiology and Pharmacology 2006, 57, Supp 4, 7-14.
- Agostoni, E. (1962), *Diaphragm activity during breath holding: factors related to its onset*. J Appl Physiol 1962 18 (1): 30-36.
- Andersson ,J.P.A. et al (2004), *Cardiovascular and respiratory responses to apneas with and without face immersion in exercising humans*, J. Appl. Physiol 98: 1005-1010
- Andersson ,J.P.A. et al (2002), *Diving response and arterial oxygen saturation during apnea and exercise in breath-hold divers*, J. Appl. Physiol 93: 882-886.
- Andersson ,J.P.A. et al (1998). *Effects of lung volume and involuntary breathing movements on the human diving response*. Eur J Appl Physiol (1998) 77: 19-24.
- Andersson J.P.A. and Schagatay E. (1998). *Arterial oxygen desaturation during apnea in humans*. Undersea Hyper Med 25 (1): 21-25, 1998.
- Andersson J.P.A. and Schagatay E. (1998). *Effects of lung volume and involuntary breathing movements on the human diving response*. Eur J Appl Physiol (1998) 77: 19-24.
- Arborelius, M. et al (1972). *Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water*. Aerospace Med. 43 (6) : 592-598. 1972
- Bert, P. (1870). «Lecons sur la Physiologie de la Respiration.» Bailliere, Paris.
- Bohr, C. (1897). Overs. Kgl. Danske Videnskab. Selskab. Føhr. 2, 207.
- Bosco, G. et al (2004). *Voluntary breath holding in the morning and in the evening*. Clinical-Science (2004), 106, 347-352.
- Coetsee, M.F. et al (1988). *The effect of Breathhold on Lactate Accumulation, PO₂, PCO₂ and pH of Blood*. Aviat. Space environ Med 1988; 59:540-543
- Craig, W.B. et al (1968). *Oxygen consumption and carbon dioxide production during breath -hold diving*. J Appl Physiol. 1968, 24 (2): 190-202
- Elsner et al (1983). *Diving and Asphyxia-A comparative study of animals and Men*, Cambridge 1983: Cambridge University Press.
- Ferrigno, M et al (1986): *Cardiac performance in humans during breath holding*. J. Appl. Physiol. 60 (6) ; 1871-1877, 1986.
- Ferrigno, M et al (1997). *Cardiovascular changes during deep breath-hold dives in a pressure chamber*. J. Appl. Physiol. 83 (4): 1282-1290, 1997.
- Folinsbee, L (1974). *Cardiovascular response to apneic immersion in cool and warm water*. J Appl. Physiol. 36 (2) : 226-232, 1974.
- Heistad, D.D. et al (1970). *Simulated diving during hypoxia in man*. J Appl Physiol 1970, 28: 652-656
- Hong S.K. et al (1971). *Alveolar Gas exchange and cardiovascular functions during breath holding with air*. J Appl Physiol 1971, 30: 540-547.
- Irving L (1963). *Bradycardia in human divers*. J. Appl. Physiol. 1963, 18 (3): 489-491
- Jay, O., White, M.D. (2006): *Maximum effort breath-hold times for males and females of similar pulmonary capacities during sudden face-only immersion at water temperature from 0 to 33 degrees C*. Appl Physiol Nutr Metab. 2006 Oct; 31(5): 549-56.
- Jorfeldt L et al (1978). *Lactate release in relation to tissue lactate in human skeletal muscle during exercise*. J Appl Physiol: Respirat. Environ. Exercise Physiol. 44 (3): 350-352, 1978.

23. Joulia F et al (2003). *Breath-hold training of humans reduces oxidative stress and blood acidosis after static and dynamic apnea*. *Respir Phxsiol and Neurobiol* 137 :19-27, 2003.
24. Lindholm P. et al (1999). *Oxygen-conserving effects of apnea in exercising men*, *J. Appl. Physiol.* 87(6):2122-2127.
25. Lindholm, P. et al (2002) *Pulmonary gas exchange during apnoea in exercising men*, *Eur J Appl Physiol* 2002, 86: 487-491
26. Lindholm, P., Lundgren C.E.,(2006). *Aveolar gas composition before and after maximal breath-holds in competitive divers*. *Undresea Hyperb Med nov-Dec:33(6): 463-7*
27. Matheson, G.O. et al (1988), *Breath holding during intense exercise: arterial blood gases, pH, and lactat*. *J Appl Physiol* 1988, 64 (5): 1947-1952.
28. Mougios et al (1993). *Effect of water temperature on performance, lactate production and heart rate at swimming of maximal and submaximal intensity*. *J Sports Med Phys Fitness* 1993; 33: 27-33.
29. Pan Ai-Wu et al (1997). *Blood flow in the carotid artery during breath-holding in relation to diving bradycardia*. *Eur J Appl Physiol* 1997, 75: 388-395.
30. Rigg, J.R., Rebuck, A.S., Campbell, E.J., (1974): *A study of factors influencing relief if discomfort in breath-holding in normal subjects*. *Clin. Sci. Mol. Med.* 47, 193-199.
31. Schagatay, E. et al (1988). *Diving response and apneic time in humans*. *Undersea Hyper Med* 1998, 25 (1): 13-19.
32. Schagatay, E. et al (1999). *Effect of repeated apneas on apneic time and diving response in non-divers*. *Undersea Hyper Med* 1999; 26 (3) : 143-149.
33. Schagatay, E. et al (2000). *Effects of physical and apnea training on apneic time and the diving response in humans*. *Eur J Appl Physiol* 2000, 82: 161-169
34. Scholander, P.F. et al (1962) *Physiological adaption to Diving in Animals and Man*, *The Harvey Lecture* 1962, 57: 93-110
35. Sterba, J.A. et al (1988). *Breath-hold duration in man and the diving response induced by face immersion*. *Undersea Biomedical Research*, Vol. 15, No. 5, 1988.
36. Whitelaw, W.A. et al (1987) *Effect of lung volume on breath holding*. *J Appl Physiol* 62(5): 1962-1969, 1987

