

Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΗΣ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗΣ

Γ. ΣΑΠΚΑΣ

Α. ΤΖΟΥΤΖΟΠΟΥΛΟΣ

Γ. ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΕΟΥΣ

Η. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ

Κ. ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ

Ε. ΣΤΥΛΙΑΝΕΣΗ

Σ.Α. ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ

ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

Η επιστήμη που μελετά την κίνηση των σωμάτων μέσα σε υγρό μέσο καλείται υδροδυναμική. Η καρδιά της κολυμβητικής επιστήμης είναι η ανεύρεση και μελέτη των παραγόντων που επηρεάζουν την ταχεία κίνηση του ανθρώπινου σώματος μέσα σε υγρό μέσο -το νερό. Η επιστήμη που μελετά την κίνηση και προώθηση του ανθρώπινου σώματος καλείται εμβιομηχανική. Συνεπώς, η μελέτη της προώθησης του ανθρώπινου σώματος μέσα στο νερό αποτελεί συνδυασμό των πεδίων της εμβιομηχανικής και της υδροδυναμικής.

Οποιαδήποτε συζήτηση υδροδυναμικής απαιτεί προηγουμένως την κατανόηση βασικών τεχνικών θεμάτων που καθορίζουν την καλή εμβιομηχανική. Η βασική ορολογία περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

Αντίσταση θέσης

Αντίσταση θέσης είναι η αντίσταση του νερού που εξαρτάται από τη θέση του σώματος. Όσο πιο οριζόντια είναι η θέση του σώματος μέσα στο νερό, τόσο μικρότερη είναι η αντίσταση θέσης (εικόνα 1). Μια λοξή θέση του σώματος μεγαλώνει τη μετωπιαία επιφάνεια που κινείται κάθετα προς το νερό και αυξάνει την αντίσταση (εικόνα 2). Η υπερβολική πλευρική ταλάντωση στο νερό είναι ένα ακόμη παράδειγμα αύξησης της αντίστασης θέσης εξαιτίας αύξησης της μετωπιαίας επιφάνειας. Δεδομένης της ισότιμης αεροδυναμικής θέσης του σώματος, η αντίσταση θέσης είναι μέγιστη στην επιφάνεια (τη θέση επαφής νερού και αέρα). Οι περισσότερες κινήσεις, εξ ανάγκης, πρέπει να γίνονται επί ή κοντά στην επιφάνεια του νερού. Υπάρχουν λοιπόν ορισμένες περιπτώσεις στις οποίες η υποβρύχια κολύμβηση είναι σαφώς ταχύτερη από την κολύμβηση στην επιφάνεια (εικόνα 3). Έτσι, οι ισχύοντες κανόνες στην αγωνιστική κολύμβηση επιτρέπουν την υποβρύχια κολύμβηση μόνο στην εκκίνηση και στις στροφές (μία χεριά και ώθηση στον τοίχο με τα πόδια), στο ύπτιο (15 μέτρα υποβρυχίως) και στην πεταλούδα (απεριόριστο μήκος υποβρύχιας κολύμβησης), πριν βγει ο αθλητής στην επιφάνεια. Το «αντάλλαγμα» διαφαίνεται συγκρίνοντας τις ενεργειακές απαιτήσεις τού να συγκρατεί ο αθλητής την αναπνοή του για μεγάλο χρονικό διάστημα με το να κερδίζει σημαντικό προβάδισμα χάρη στη μειωμένη αντίσταση κατά την υποβρύχια κολύμβηση.

Αντίσταση κυματισμού

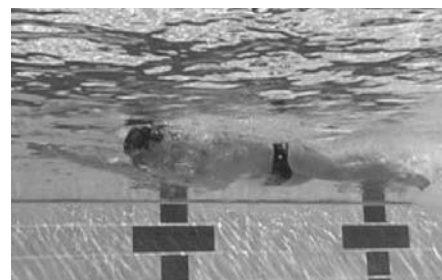
Η αντίσταση κυματισμού προκαλείται από τους στροβιλισμούς στην επιφάνεια του νερού που δημιουργούνται από την κίνηση του κολυμβητή (εικόνα 4). Οι κυματισμοί



Εικόνα 1. Εικονίζεται πλαγίως ο κολυμβητής που κολυμπά σε στυλ «πεταλούδας». Το πρόσθιο μέρος του σώματος βρίσκεται πάνω από το νερό σε γωνία 15° - 20° σε σχέση με το νερό. Τα άνω άκρα βρίσκονται ήδη εκτός του νερού και αρχίζει η επαναφορά τους.



Εικόνα 2. Πρόσθιο στυλ κολύμβησης. Τα άνω άκρα της κολυμβήτριας συγκλίνουν στη μέση γραμμή, ενώ το σώμα της έχει εξέλθει του νερού και βρίσκεται σε γωνία 40° περίπου προς την επιφάνεια του νερού.



Εικόνα 3. Το σώμα του κολυμβητή βρίσκεται εξολοκλήρου κάτω από την επιφάνεια του νερού. Τα χέρια και τα πόδια κινούνται με σκοπό να προωθηθεί το σώμα του.

ανακλώνται στα τοιχώματα και το βυθό της πισίνας, γι' αυτό οι πιο βαθιές πισίνες είναι γενικώς «ταχύτερες». Η σκέδαση του κύματος στο βυθό στις βαθιές πισίνες είναι πολύ μεγαλύτερη απ' ό,τι στις ρηχές. Δύο και τρεις διαχωριστικές γραμμές ανά διαδρομή χρησιμοποιούνται στους υψηλού επιπέδου κολυμβητικούς αγώνες, για την εξαφάνιση της αντίστασης κυματισμού μεταξύ των διαδρομών. Οι πισίνες που σχεδιάζονται για αγώνες διαθέτουν πολλά χαρακτηριστικά που μειώνουν αυτή τη μορφή αντίστασης.

Αντίσταση τριβής

Η αντίσταση τριβής οφείλεται στην επαφή του δέρματος και των τριχών του κολυμβητή με το νερό. Οι κολυμβητές ξυρίζουν τις τρίχες στο σώμα τους πριν από σημαντικούς αγώνες για να μειώσουν την επίδραση της αντίστασης τριβής, παρότι τα πραγματικά οφέλη του ξυρίσματος αμφισβητούνται. Ορισμένοι ερευνητές έχουν προτείνει ότι το ξύρισμα μειώνει την αντίσταση τριβής, ενώ άλλοι έχουν κατασκευάσει υλικά για μαγιό που μειώνουν την αντίσταση τριβής του σώματος στο νερό. Η αντίσταση θέσης και κυματισμού, όμως, είναι πολύ πιο σημαντικές από την αντίσταση τριβής.

Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΠΡΟΩΘΗΣΗ

Η δύναμη της αντίστασης χρησιμοποιείται επίσης για την προώθηση κατά τη φάση της έλξης και του χτυπή-

ματος των ποδιών. Η αρχή του Bernoulli πρώτη περιέγραψε την ανυψωτική συνιστώσα των υγρών. Η αρχή του Bernoulli εκφράζει τη σχέση μεταξύ της ταχύτητας ροής και της διαφοράς πίεσης που παράγεται στα δύο άκρα μιας αεροτομής. Στην κολύμβηση, το νερό κυλά γύρω από το χέρι κατά τη διάρκεια της φάσης της έλξης και συναντάται στο οπίσθιο χείλος του χεριού. Το νερό που κυλά γύρω από την οπίσθια επιφάνεια του χεριού έχει να διανύσει μεγαλύτερη απόσταση εξαιτίας της κυρτότητας του αντίχειρα και της παλάμης. Η προκύπτουσα δύναμη που παράγεται από αυτήν τη διαφορά πίεσης κατευθύνεται προς τη ζώνη χαμηλής πίεσης και καλείται δύναμη ανύψωσης. Η δύναμη ανύψωσης είναι κάθετη στη δύναμη αντίστασης.

ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΩΠΗΛΑΤΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ

Υπάρχουν δύο αρχές της υδροδυναμικής που φαίνεται να εφαρμόζονται εξίσου και στα τέσσερα κολυμβητικά στυλ, στην αγωνιστική ή μη κολύμβηση. Αυτές οι αρχές είναι η αεροδυναμική και η κωπηλατική κίνηση. Εάν μάθει κανείς να εφαρμόζει αυτές τις δύο αρχές, μπορεί σε γενικές γραμμές να γίνει επιτυχημένος κολυμβητής.

Αεροδυναμική

Και στα τέσσερα στυλ της αγωνιστικής κολύμβησης, η αεροδυναμική θέση του σώματος είναι σημαντική για την προς τα πρόσω προώθηση. Η θέση σαν τορπίλη που λαμβάνει ο αθλητής κατά την είσοδο στο νερό (εικόνα



Εικόνα 4. Ελεύθερο στυλ κολύμβησης. Το σώμα του κολυμβητή βρίσκεται σε πλάγια θέση σε σχέση με την επιφάνεια του νερού, ενώ το αριστερό χέρι ετοιμάζεται να εξέλθει από το νερό. Οι αποστάσεις μεταξύ των κολυμβητών είναι ικανές ώστε να περιορίζεται, κατ' αυτόν τον τρόπο, η επίδραση του κυματισμού του νερού που προκαλείται στον ακολουθούντα από τον προπορευόμενο αθλητή.



Εικόνα 5. Εκκίνηση αθλητή στο ύπτιο στυλ κολύμβησης. Η κεφαλή και ο κορμός του σώματος βρίσκονται στην ίδια γραμμή με τα τεντωμένα άνω άκρα, ελαχιστοποιώντας, έτσι, τις αντιστάσεις κατά την είσοδο του κολυμβητή στο νερό.



Εικόνα 6. Ο κολυμβητής κολυμπά σε ελεύθερο στυλ. Το σώμα - κεφαλή έχει γωνία 40° περίπου προς την επιφάνεια του νερού. Το δεξιό άνω άκρο έχει τον αγκώνα και την πηχεοκαρπική σε γωνίες 45° περίπου.

5) και τις στροφές είναι ένα παράδειγμα αεροδυναμικής θέσης. Σημαντική σε πολλά αθλήματα, όπως στο τρέξιμο και το αγωνιστικό πατινάζ, η αεροδυναμική θέση του σώματος είναι ακόμα μεγαλύτερης σημασίας στην κολύμβηση, επειδή το σώμα αναγκάζεται να κινηθεί μέσα σε ένα μέσο πολύ μεγαλύτερης πυκνότητας.

Κωπηλατική κίνηση

Η προς τα πρόσω προώθηση στην κολύμβηση παράγεται από την κωπηλατική κίνηση των χεριών στο νερό. Η κωπηλατική κίνηση επιτυγχάνεται με την κίνηση του χεριού στο νερό σε οξεία γωνία ως προς την κατεύθυνση της κίνησης του κολυμβητή (εικόνα 6). Όπως η κίνηση ενός έλικα, η κωπηλατική κίνηση δημιουργεί μια προς τα πρόσω δύναμη, με συνέπεια την κίνηση του σώματος μέσα στο νερό. Η τιμή της δύναμης που παράγεται από το χέρι σε κάθε χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια της «χειριάς» εξαρτάται από τον προσανατολισμό του χεριού και από την ταχύτητα της κίνησής του.

ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ

Η κολύμβηση σε υψηλές ταχύτητες απαιτεί δύναμη. Αν και η κολύμβηση λαμβάνει χώρα στο νερό, δε χρησιμοποιείται το σύνολο της δύναμης του αθλητή για την προώθησή του. Η συνολική απόδοση ισχύος του κολυμβητή χρησιμοποιείται κατά δύο τρόπους: 1) για την προώθηση του αθλητή προς τα πρόσω υπερνικώντας την αντίσταση του νερού και 2) για την απόδοση ενέργειας στο νερό μέσω της μετακίνησης μαζών νερού.

Καθώς τα χέρια του κολυμβητή κινούνται μέσα στο νερό, παρέχεται στο νερό ενέργεια και αυτό κινείται. Η «ώθηση νερού που δε βρίσκεται σε κίνηση» επιτρέπει στον κολυμβητή να παράγει περισσότερη δύναμη. Ένας λόγος για τον οποίο οι κολυμβητές χρησιμοποιούν το σιγμοειδές πρότυπο κίνησης των χεριών είναι για να αγγίζουν πάντα νερό που δεν βρίσκεται σε κίνηση, ώστε να προωθούνται οι ίδιοι προς τα πρόσω.

Η συνολική απόδοση ενέργειας, συνεπώς, είναι συνδυασμός της ενέργειας που χρησιμοποιείται για την υπερνίκηση της αντίστασης του νερού και της ενέργειας που χρησιμοποιείται για να κινηθεί το νερό.

Για να παραχθεί αυτή η δύναμη κατά την κολύμβηση, το σώμα χρειάζεται ενέργεια. Η ενέργεια αυτή παράγεται από τους ασκούμενους μυς, από αερόβιες και αναερόβιες πηγές.

Ο λόγος της απόδοσης ενέργειας προς την εισροή ενέργειας καλείται συντελεστής μηχανικής απόδοσης, μετρήσεις του οποίου παρέχουν πληροφορίες για το πόσο αποτελεσματικά χρησιμοποιεί το σώμα του κολυμβητή την ενέργεια για να κινηθεί μέσα στο νερό. Οι τυπικές τιμές για τον συντελεστή μηχανικής απόδοσης στην κολύμβηση βρίσκονται μεταξύ 2% και 10%. Αυτό σημαίνει ότι το σώμα κατασπαταλά το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειάς του, η οποία εγκαταλείπει το σώμα με τη μορφή θερμότητας.

Μελέτες¹ υποστηρίζουν την άποψη ότι η κολυμβητική τεχνική διατηρείται περισσότερο κατά την κολύμβηση σε χαμηλές ταχύτητες. Σε έντονα αναερόβιες συνθήκες, σε υψηλές ταχύτητες κατά τους αγώνες, η τεχνική αρχίζει να χάνεται.

Η ορθή τεχνική (υψηλή απόδοση προώθησης) βοηθά



Εικόνα 7. Το πάνω μέρος του κορμού της κολυμβήτριας που είναι σε πρώτο πλάνο, βγαίνει με δύναμη έξω

από το νερό, ενώ το κάτω μέρος αυτού και, συγκεκριμένα η οσφυοϊερή περιοχή, είναι βυθισμένο στο νερό. Τα πόδια τινάζονται με δύναμη προς τα πίσω και εξέρχονται του νερού ενισχύοντας την προώθηση του σώματος. Τα σώματα των άλλων κολυμβητών εξακολουθούν να προωθούνται κάτω από το νερό, ενώ τα άνω άκρα τους είναι τεντωμένα και ενωμένα προς τα εμπρός, προσδίδοντας έτσι αεροδυναμικό σχήμα στο σύνολο, περιορίζοντας την αντίσταση του νερού.

τους υψηλού επιπέδου αθλητές να διατηρούν υψηλή προωθητική αποτελεσματικότητα σε μεγάλες ταχύτητες σε σχέση με τους μέσου επιπέδου αθλητές.

DRAFTING

Το drafting είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται περισσότερο στα χερσαία αθλήματα, κατά την οποία ο αθλητής που έπεται θέτει τον εαυτό του εντός των στροβιλισμών του αθλητή που προηγείται. Ο στροβιλιζόμενος αέρας, που κινείται προς τα πρόσω, πίσω από τον επικεφαλής της κούρσας, επιτρέπει στο δεύτερο αθλητή να γλιστρά μέσα στον αέρα με μικρότερη αντίσταση. Η χρήση αυτής της στρατηγικής συχνά δίνει την ευκαιρία σε έναν λιγότερο ικανό αθλητή να κρατηθεί κοντά σε έναν που είναι πολύ ταχύτερος. Το drafting είναι παρόμοιο και στην κολύμβηση, όπου ο «ρυμουλκούμενος» κολυμβητής (που κολυμπά σε γειτονικό διάδρομο) κινείται μέσα στα στροβιλιζόμενα, με προς τα πρόσω ροή, απόνερα του αθλητή που προηγείται, με λιγότερη δαπάνη ενέργειας (εικόνα 7). Παρότι μπορεί να υπάρχει κάποιο ψυχολογικό κόστος, οι έρευνες δείχνουν ότι δεν υπάρχει διαφορά στην ψυχολογία του αθλητή που κολυμπά μόνος του ή που «ρυμουλκεί» και τον δεύτερο κολυμβητή.⁶

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΜΥΩΝ ΚΑΙ ΚΟΠΩΣΗ

Έρευνες δείχνουν ότι η μυϊκή δραστηριότητα αυξάνεται με την εμφάνιση κόπωσης, σε μια προσπάθεια του οργανισμού να διατηρήσει τα πριν την εμφάνιση της κόπωσης επίπεδα δύναμης και ισχύος. Υπάρχει κάποια μείωση στην απόδοση των μυών, καθώς η πυροδοτήσή τους αυξάνεται και η δύναμή τους μειώνεται. Η αυξημένη



Εικόνα 8. Ελεύθερο στυλ κολύμβησης. Ο Scheilhaus⁶ απέδειξε ότι η συνισταμένη των δυνάμεων βρίσκεται σε έναν τρισδιάστατο φορέα, που μπορεί να έχει φορά προς οποιοδήποτε συνδυασμό κατευθύνσεων (πάνω, κάτω, πλάγια, εμπρός, πίσω).



Εικόνα 9. Πρόσθιο στυλ κολύμβησης. Τα άνω άκρα της κολυμβήτριας βρίσκονται σε προσαγωγή, ενώ το σώμα της έχει εξέλθει του νερού και βρίσκεται σε γωνία 40° περίπου προς την επιφάνεια του νερού.

μυϊκή δραστηριότητα στο ηλεκτρομυογράφημα (EMG) μεταφράζεται ως μια αύξηση στην επιστράτευση κινητικών μονάδων, στην προσπάθεια του οργανισμού να διατηρήσει σταθερές τις δυνάμεις προώθησης. Για να καθυστερήσουν τις συνέπειες της κόπωσης στο επίπεδο των μυών, οι προπονητές και οι αθλητές μπορούν να δώσουν έμφαση στην υψηλής έντασης αναερόβια προπόνηση, προκειμένου να αναπτύξουν υψηλότερα επίπεδα αντοχής στην κόπωση. Επιπροσθέτως, τόσο η χερσαία (για τους παλιότερους κολυμβητές) όσο και η αερόβια προπόνηση στο νερό χρειάζονται για να επαυξήσουν το αερόβιο υπόβαθρο των μυών.

ΜΗΚΟΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΟΣ «ΧΕΡΙΑΣ»

Η οξεία κόπωση κατά τη διάρκεια ενός αγώνα εμφανίζει ένα σταθερό πρότυπο σ' ότι αφορά το ρυθμό και το μήκος της χεριάς. Καθώς αρχίζει η κόπωση το μήκος της χεριάς μειώνεται. Αυτή η τάση έχει παρατηρηθεί σε όλα τα επίπεδα κολύμβησης. Μια ανάλυση των κολυμβητικών αγώνων έδειξε ότι οι χρόνοι επιδόσεων εμφάνιζαν ισχυρή συσχέτιση με το ρυθμό της χεριάς κατά τη διάρκεια του δεύτερου μισού του αγώνα. Κολυμβητές που πήραν μετάλλιο σε ατομικά αγωνίσματα ήταν σε θέση να αυξήσουν το ρυθμό της χεριάς τους προκειμένου να διατηρήσουν την ταχύτητά τους.

ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΕΛΚΤΙΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Για να εκτιμηθεί το ελκτικό πρότυπο κάθε χεριάς, μπορούν να μετρηθούν οι δυνάμεις που ασκούνται στο χέρι καθώς αυτό σύρεται μέσα στο νερό. Σε αυτές τις



Εικόνα 10. Στις παραπάνω εικόνες διακρίνεται σε διάφορες φάσεις η κυκλική κίνηση των χεριών των κολυμβητών.



Εικόνα 11. Διακρίνεται η κάμψη του αγκώνα κατά τη φάση της επαναφοράς.

γραφικές παραστάσεις των δυνάμεων που δρουν στο χέρι, η κορυφαία καμπύλη στο γράφημα παριστά τη συνισταμένη (ή συνολική) των δυνάμεων που παράγει το χέρι κατά τη φάση της έλξης (εικόνα 8).

Η κατώτερη καμπύλη στο γράφημα παριστά την προωθητική δύναμη. Η προωθητική συνιστώσα της δύναμης είναι το μέρος της συνολικής δύναμης που έχει φορά εντελώς προς τα πρόσω. Γενικά, η μεγάλη ταχύτητα κίνησης του χεριού βοηθά στη μεγιστοποίηση του μέτρου αυτής της δύναμης.

Η θέση του χεριού δίνει τη διεύθυνση της συνισταμένης των δυνάμεων και γι' αυτό έχει σημαντική επίδραση στη μεγιστοποίηση της προς τα πρόσω δύναμης προώθησης που παράγεται από το χέρι καθώς αυτό σύρεται στο νερό (εικόνα 9). Οι απαιτήσεις των αγώνων αναμπίβολα προκαλούν αλλαγές στη μηχανική της κίνησης που συμβάλλουν στη μείωση της απόδοσης του αθλητή.

Οι παρακάτω αναλύσεις, που ελήφθησαν από αθλητές σε επίπεδο εθνικών αγώνων, επιτρέπουν τον υπολογισμό διαφόρων παραμέτρων για τα χέρια, περιλαμβανομένων: (1) της ολικής δύναμης, (2) της ταχύτητας, (3) της γωνίας κίνησης και (4) του λόγου απόδοσης δύναμης (EFI, δύναμη προώθησης διά τη συνολική δύναμη). Κατά την εξέλιξη ενός τυπικού κολυμβητικού αγώνα μέσης απόστασης, το μέτρο των δυνάμεων των χεριών μειώνεται σημαντικά. Αυτό οφείλεται βασικά σε μείωση της γωνίας της κίνησης των χεριών και της ταχύτητάς τους ανάμεσα στα πρώτα και τα τελευταία μέτρα του αγώνα. Αυτές οι αλλαγές αντικατοπτρίζονται και στα πιο αργά «περάσματα» των αθλητών, υποδεικνύοντας ότι η εμβιομηχανική τεχνικά όντως επηρεάζει την απόδοση.

ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΚΟΛΥΜΒΗΤΙΚΩΝ ΣΤΥΛ

Η εξέταση της εμβιομηχανικής της κίνησης των χεριών σε καθένα από τα τέσσερα κολυμβητικά στυλ έχει ως ακολούθως:

Ελεύθερο

Η κίνηση των χεριών στο ελεύθερο μπορεί να διαιρε-

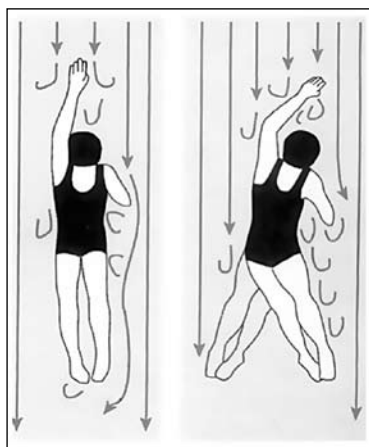
θεί σε έναν αριθμό διαφορετικών φάσεων. Για λόγους απλότητας, η κίνηση του βραχίονα θα αναλυθεί με τη χρήση των εξής πέντε φάσεων: είσοδος του χεριού στο νερό, έλξη, κυκλική κίνηση, τερματισμός και επαναφορά. Η είσοδος στο νερό ξεκινάει με τις άκρες των δακτύλων. Τα δάκτυλα εισέρχονται στο νερό επί τα εκτός και εμπρός από την κεφαλή, μεταξύ της μέσης γραμμής του σώματος και του ώμου. Το χέρι εισέρχεται στο νερό με τον αντίχειρα στραμμένο ελαφρά προς τα κάτω, για να ελαχιστοποιηθεί η αντίσταση του νερού. Για μια πιο αεροδυναμική είσοδο, ο καρπός και ο αγκώνας ακολουθούν το χέρι στην «τρύπα» που ανοίχτηκε στο νερό από τις άκρες των δακτύλων. Καθώς ο καρπός και ο αγκώνας εισέρχονται στο νερό, το χέρι τεντώνεται προς τα εμπρός μέχρι ο βραχίονας να εκταθεί εμπρός από τον κολυμβητή.

Η φάση της έλξης ξεκινά στο τέλος της προς τα πρόσω έκτασης του άνω άκρου, καθώς ο καρπός κάμπτεται περί τις 40° και η παλάμη στρέφεται προς τα έξω. Το χέρι τότε πιέζει προς τα κάτω και έξω, σε εξώτερη θέση από αυτή του ώμου. Η φάση της έλξης συνεχίζεται ως το απώτατο σημείο της προς τα κάτω κίνησης. Αυτό το σημείο, στο συγκεκριμένο τύπο κίνησης, μπορεί να βρίσκεται ως και 65 εκατοστά από την επιφάνεια του νερού για τους άντρες και 50 εκατοστά για τις γυναίκες.

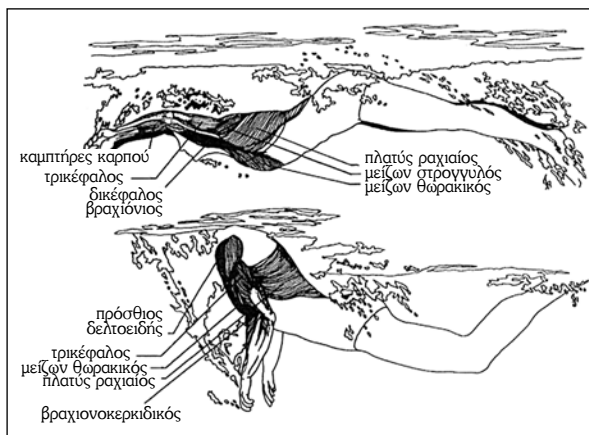
Για ορισμένους κολυμβητές, το τέλος της φάσης έλξης είναι επίσης το βαθύτερο σημείο στην κίνησή τους. Για άλλους, το βαθύτερο σημείο απαντά κατά τη φάση της κυκλικής κίνησης (εικόνα 10).

Η φάση της κυκλικής κίνησης βρίσκεται μεταξύ του τέλους της φάσης έλξης και του σημείου της κίνησης με το πιο μικρό άνοιγμα χεριών. Στην αρχή της κυκλικής κίνησης, η παλάμη στρέφεται προς τα έσω και το άνω άκρο διαγράφει καμπύλη προς τα έσω, προς τον θώρακα του κολυμβητή. Στο στενότερο σημείο της κίνησης το χέρι βρίσκεται κοντά στη μέση γραμμή του σώματος.

Η φάση του τερματισμού της κίνησης ξεκινά ως μια προς τα έξω και πίσω κυκλική κίνηση του χεριού καθώς εξέρχεται από την κάτω πλευρά του σώματος. Καθώς η φάση αυτή συνεχίζεται, πραγματοποιείται καμπύλη προς τα άνω και πίσω προς την επιφάνεια του νερού. Η φάση τερματισμού τελειώνει καθώς το χέρι εξέρχεται από το



Εικόνα 12. Σωστό «αποτελεσματικό» στυλ ελεύθερης κολύμβησης. Οι πλάγιες κινήσεις δημιουργούν αντίσταση κυματισμού.



Εικόνα 13. Στο στυλ πεταλούδας, η μυϊκή δραστηριότητα είναι μέγιστη στη φάση της έλξης και της προς τα κάτω κίνησης (A) και λιγότερο στη φάση της κυκλικής και της προς τα πάνω κίνησης (B). παρουσιάζονται οι ενεργοποιούμενοι μύες.

νερό. Η φάση επαναφοράς διαρκεί από την έξοδο του χεριού από το νερό μέχρι την επόμενη είσοδό του. Οι αγκώνες πρέπει να βρίσκονται λυγισμένοι ψηλά έξω από το νερό. Κλειδί αυτής της φάσης είναι η χαλάρωση του βραχίονα, όσο το δυνατόν περισσότερο, για να επιτραπεί η πραγματική επαναφορά (αποκατάσταση της θέσης). Ανατομικά, η κίνηση κατά την άρθρωση του ώμου (γληνοβραχιόνια άρθρωση) μπορεί να απλοποιηθεί σε δύο γενικές κινήσεις: απαγωγή και προσαγωγή και έσω και έξω στροφή. Κατά τη φάση της επαναφοράς, η γληνοβραχιόνια άρθρωση βρίσκεται σε απαγωγή και έξω στροφή, ενώ κατά τη φάση της έλξης και της κυκλικής κίνησης βρίσκεται σε προσαγωγή και έσω στροφή.

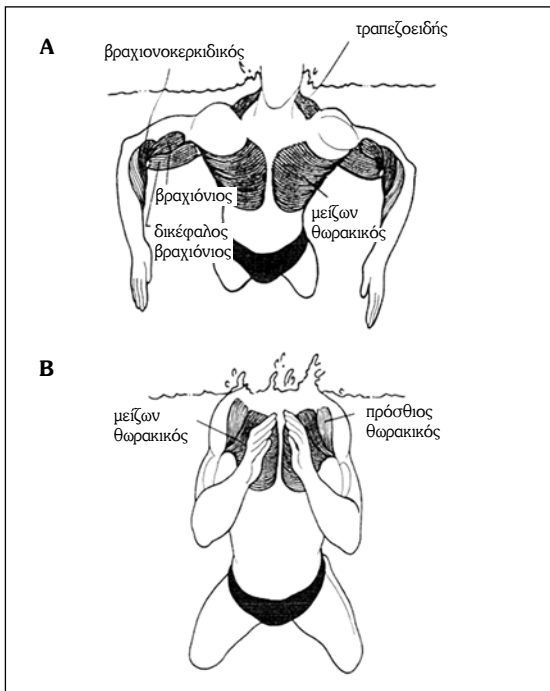
Κατά την επαναφορά, ο δελτοειδής και οι στροφοείς μύες (υπερακάνθιος, υπακάνθιος, υποπλάτιος και ελάσσων στρουνγύλος) φέρουν τον ώμο σε θέση πάνω από την κεφαλή και σε έξω στροφή. Κατά την έλξη μέσα στο νερό, ο πλατύς ραχιαίος και ο μείζων θωρακικός απάγουν ισχυρά και στρέφουν προς τα έσω τη γληνοβραχιόνια άρθρωση.

Είναι σαφές ότι κατά τη διάρκεια της κίνησης του κολυμβητή, δίνεται μεγάλη έμφαση στη σχεδόν «σφαιρική» κίνηση της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης. Όσο μεγαλύτερη η ελαστικότητα της άρθρωσης, τόσο πιο ικανός είναι ο αθλητής να παράγει δύναμη καθ' όλη τη διάρκεια της φάσης της έλξης. Δυστυχώς, το εύρος της ελαστικότητας κινείται στα όρια της αστάθειας της άρθρωσης, κατά την οποία η θέση της κεφαλής του βραχιονίου μπορεί να καταστεί ασταθής σε σχέση με την ωμογλήνη. Η σταθεροποίηση της ωμοπλάτης (μέρος της οποίας είναι και η ωμογλήνη) από τον ανελκτήρα της ωμοπλάτης, τον ρομβοειδή και τον τραπεζοειδή μυ και η σταθεροποίηση της βραχιόνιας κεφαλής από τους στροφοείς είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της φυσιολογικής σχέσης της κεφαλής του βραχιονίου με την ωμογλήνη.

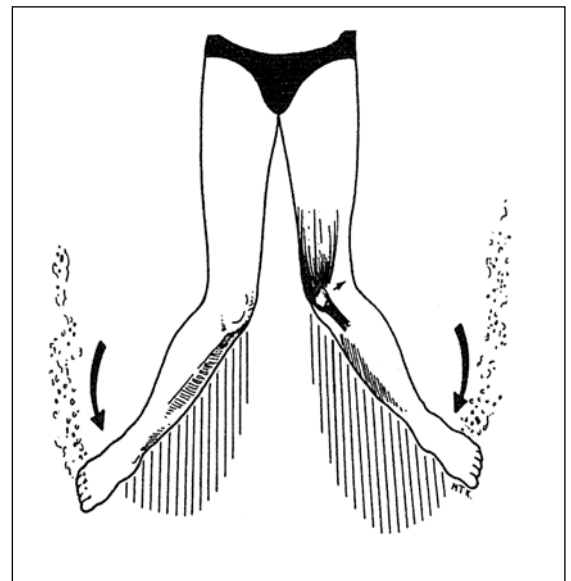
Ταυτόχρονα με την κίνηση των ώμων, οι αγκώνες κάμπτονται και εκτείνονται σε κάθε κύκλο. Η ενεργός ισχυρή κάμψη από τον κορακοβραχιόνιο και τον δικέφαλο βραχιόνιο μυ, επιτρέπει στο χέρι να παρακολουθήσει το πρώτο μισό της γνωστής σιγμοειδούς κίνησης κάτω από το νερό, ενώ η έκταση του αγκώνα από τον τρικέφαλο βραχιόνιο επιτρέπει την ώθηση και τερματισμό της σιγμοειδούς κίνησης κάτω από το νερό. Ο αγκώνας κάμπτεται και εκτείνεται επίσης κατά την φάση της επαναφοράς (εικόνα 11).

Οι μύες της ραχιαίας και παλαμιαίας επιφάνειας του αντιβραχίου (καμπτήρες και εκτείνοντες τον καρπό), όπως και οι αυτόχθονες μύες της άκρας χείρας είναι αποφασιστικής σημασίας για τη σωστή θέση του χεριού κατά τη φάση εισόδου και κίνησής του στο νερό. Όπως φάνηκε προηγουμένως, αυτή η θέση του χεριού είναι σημαντική για τον καθορισμό της προς τα πρόσω προωθητικής δύναμης κατά την κολύμβηση.

Δεν είναι εύκολο να υποτιμήσει κανείς την επίδραση της περιστροφής του κορμού κατά την κίνηση στο ελεύθερο. Σε κάθε κύκλο, το άνω μέρος του σώματος περιστρέφεται σχεδόν κατά 160° (εικόνα 10), ώστε κατά την επαναφορά ο ώμος να βρίσκεται εξ ολοκλήρου έξω από το νερό, ενώ κατά τη φάση έλξης ο ώμος να βρίσκεται βαθιά στο νερό. Αυτή η περιστροφή του κορμού παράγει μεγάλες δυνάμεις που σπρώχνουν το χέρι και το βραχίονα μέσα στο νερό και είναι αποτέλεσμα της δράσης των μεγάλων παρασπονδυλικών μυών της ράχης, αλλά και των κοιλιακών μυών. Η δύναμη των μηριαίων και γαστροκνημίων, μέσω του χτυπήματος των κάτω άκρων στο νερό είναι επί τούτου συντονισμένη ώστε να ενισχύει και να παρέχει ενέργεια στην περιστροφή του σώματος και συνεπώς στη δύναμη έλξης. Ίσως η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ των κολυμβητών υψηλού επιπέδου και των αρχαρίων είναι η έλλειψη περιστροφής του σώματος και κατά συνέπεια ισχύος στους δεύτερους



Εικόνα 14. Παρουσιάζονται οι μύες που ενεργοποιούνται κατά την προς τα κάτω και την κυκλική κίνηση (A) και επαναφορά (B).



Εικόνα 15. Το τίναγμα περιλαμβάνει την έκταση των γονάτων και τη φάση έλξης του νερού (σκιαγραφημένη περιοχή).

(εικόνα 12). Τα πιο συνηθισμένα πρότυπα χτυπήματος των ποδιών που χρησιμοποιούνται στο ελεύθερο, αυτά των έξι και των δύο χτυπημάτων (φτερουγίσματα), διαφέρουν μόνο στο συγχρονισμό. Η κίνηση δύο χτυπημάτων έχει μία προς τα κάτω και μία προς τα πάνω κίνηση κάθε ποδιού σε κάθε κύκλο. Η κίνηση 6 χτυπημάτων έχει τρεις προς τα κάτω και τρεις προς τα πάνω κινήσεις σε κάθε κύκλο. Η φάση της προς τα κάτω κίνησης του ποδιού είναι η φάση προώθησης και η προς τα άνω χρησιμεύει ως φάση επαναφοράς για τα πόδια. Αυτά τα προς τα άνω και κάτω χτυπήματα των ποδιών διαθέτουν επίσης και πλάγια συνιστώσα για την υποβοήθηση της περιστροφής του κορμού.

Η προς τα άνω κίνηση ή φάση επαναφοράς του ποδιού είναι κυρίως κίνηση έκτασης του μηρού. Το γόνατο παραμένει σε πλήρη έκταση και η ποδοκνημική βρίσκεται σε ελαφρά πελματιαία κάμψη. Οι κύριοι μύες που συμβάλλουν στην έκταση του μηρού είναι οι γλουτιαίοι και οι ιγνυακοί (περιλαμβανομένων του δικέφαλου μηριαίου, του ημιτενοντώδους και ημιμυενώδους, καθώς και του ισχνού προσαγωγού). Η ποδοκνημική κάμπτεται με τη δράση του υποκνημιδίου και του γαστροκνημίου, καθώς και του οπίσθιου κνημιαίου, του μακρού περνιαίου και του βραχέος περνιαίου μυός.

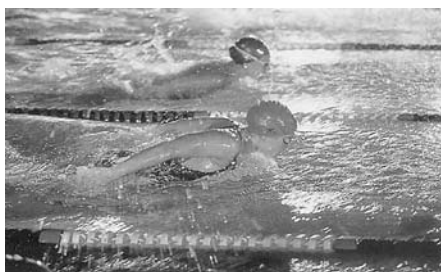
Η προς τα κάτω κίνηση του ποδιού προκαλείται από την κάμψη του μηρού. Το πόδι καθυστερεί ως προς το μηρό κατά την έναρξη της κίνησης εξαιτίας κάμψης του γόνατος. Το γόνατο συνεχίζει την προς τα κάτω κίνηση εκτεινόμενο και η ποδοκνημική παραμένει σε πελματιαία κάμψη. Οι λαγονοποϊίτες και ο ορθός μηριαίος από

την ομάδα του τετρακεφάλου είναι ισχυροί καμπτήρες του μηρού. Η έκταση του γόνατος προκαλείται από τους τετρακεφάλους και η πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής από τον υποκνημίδιο, το γαστροκνήμιο, τον οπίσθιο κνημιαίο, τον μακρό περνιαίο και τον βραχύ περνιαίο μυ. Η αντίσταση του νερού κατά την προς τα κάτω κίνηση βοηθά επίσης την πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής.

Πεταλούδα

Με εξαίρεση την προφανή έλλειψη περιστροφής του σώματος, οι βασικές κινήσεις και η προς τα πρόσω προωθητική κίνηση του ώμου, του αγκώνα και του καρπού στην πεταλούδα είναι σχεδόν όμοιες με του ελεύθερου (εικόνα 13). Η κίνηση του ώμου περιορίζεται και πάλι σε προσαγωγή, απαγωγή, έσω και έξω στροφή. Αυτή πάλι συνοδεύεται από σύγχρονη κάμψη και έκταση του αγκώνα και διατήρηση σταθερής της θέσης του καρπού και του χεριού, που χρειάζονται για να δημιουργηθεί η προς τα πρόσω προώθηση και να παραχθεί το σιγμοειδές πρότυπο της καμπυλοειδούς κίνησης του σώματος μέσα στο νερό. Στην προκειμένη περίπτωση, βεβαίως, και τα δύο άνω άκρα δουλεύουν ταυτόχρονα, παρά διαδοχικά όπως συμβαίνει στο ελεύθερο (εικόνα 14).

Η έλλειψη περιστροφής του σώματος αντισταθμίζεται από την άρση του σώματος έξω από το νερό, που ακολουθείται από την κατάδυση και των δύο ώμων αμέσως μετά τη φάση εισόδου του χεριού στο νερό. Και πάλι, οι μεγάλοι μύες του κορμού (παρασπονδυλικοί και κοιλια-



Εικόνα 16. Φαίνεται, από πλάγια θέση, η προς τα πίσω κίνηση των άκρων που ολοκληρώνει την προώθηση του σώματος.



Εικόνα 17. Στυλ κολύμβησης πεταλούδα. Τα άνω άκρα είναι πλήρως τεντωμένα στα πλάγια.



Εικόνα 18. Στυλ κολύμβησης πεταλούδα. Παρατηρείται η εκτίναξη του πάνω μέρους του κορμού έξω από το νερό, ενώ βυθίζεται το κάτω μέρος, ιδίως η οσφυοϊερά περιοχή. Τα άνω άκρα ερχόμενα προς τα πίσω ωθούν με δύναμη τον καρπό προς τα εμπρός και έξω από το νερό.

κοί μύες) παίζουν αποφασιστικό ρόλο στην παραγωγή της συντονισμένης κυματοειδούς κίνησης του σώματος που θέτει τα άνω άκρα σε σταθερή θέση για τη φάση της έλξης.

Τα δύο πόδια κλωτσούν ταυτόχρονα σε ρυθμό δύο χτυπημάτων ανά χερί. Το προς τα κάτω χτύπημα των ποδιών μπορεί να προωθεί το σώμα εμπρός με τη σωστή πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής. Η προς τα άνω κίνηση είναι βασικά κίνηση έκτασης του μηρού. Τα γόνατα παραμένουν σε έκταση και οι ποδοκνημικές σε ελαφρά πελματιαία κάμψη (εικόνα 15). Οι μύες που συμβάλλουν στην έκταση των μηρών είναι ο μείζων, μέσος και ελάσσων γλουτιαίος και οι ιγνυακοί. Οι ποδοκνημικές κάμπτονται με τη δράση του γαστροκνημίου και του υποκνημιδίου, καθώς και του οπίσθιου κνημιαίου, μακρού περονιαίου και βραχέος περονιαίου μύος.

Η προς τα κάτω κίνηση των ποδιών είναι κίνηση κάμψης των μηρών. Τα γόνατα κάμπτονται στην αρχή της κίνησης και στη συνέχεια εκτείνονται για να ολοκληρωθεί η κίνηση. Η πελματιαία κάμψη των ποδοκνημικών είναι αποφασιστικής σημασίας κατά την προς τα κάτω κίνηση για τη μεγιστοποίηση της προώθησης. Οι λαγονοποϊτες και οι ορθοί μηριαίοι των τετρακεφάλων είναι ισχυροί καμπτήρες του μηρού. Η έκταση των γονάτων επιτυγχάνεται με τη δράση των τετρακεφάλων και η πελματιαία κάμψη με τη δράση του γαστροκνημίου, των πελματιαίων, του οπίσθιου κνημιαίου, του μακρού και του βραχέος περονιαίου μύος. Η αντίσταση από το νερό κατά την προς τα κάτω κίνηση βοηθά επίσης στην πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής.

Συγχρονισμός

Το πρώτο προς τα κάτω χτύπημα των ποδιών γίνεται

κατά τη φάση της εισόδου και της έλξης της χεριάς. Το δεύτερο προς τα κάτω χτύπημα γίνεται κατά τη φάση ολοκλήρωσης της χεριάς. Έρευνες σε παγκοσμίου κλάσης κολυμβητές πεταλούδας δείχνουν ότι πρέπει να δίνεται και στα δύο χτυπήματα η ίδια σημασία σ' ότι αφορά το μήκος και το βάθος του χτυπήματος. Μπορεί να παραχθεί και από τα δύο χτυπήματα ισότιμη προώθηση.

Κολυμβητές που έμεναν πιο χαμηλά (μικρότερη γωνία του κορμού) στο νερό ήταν σε θέση να εκτείνουν τους αγκώνες τους περισσότερο κατά τη φάση ολοκλήρωσης της κίνησης (εικόνα 16).

Επιπρόσθετα η μεγαλύτερη γωνία των αγκώνων συσχετίστηκε θετικά με την αποδοτικότητα της φάσης ολοκλήρωσης δείχνοντας ότι μπορούν να παραχθούν μεγαλύτερες δυνάμεις προώθησης από αθλητές που ήταν σε θέση να εκτείνουν τους αγκώνες τους περισσότερο (150° αντί για 100°) (εικόνα 17). Ο συνδυασμός αυτών των ευρημάτων υποδεικνύει ότι η χαμηλότερη θέση στο νερό είναι πιο αποτελεσματική στην κίνηση της πεταλούδας. Προκειμένου να παραμείνει ο κορμός του αθλητή χαμηλότερα στο νερό, ο κατακόρυφος κυματισμός πρέπει να περιορίζεται σε ορισμένη έκταση.

Σε μια άλλη μελέτη¹, μελετήθηκαν τα κυματοειδή χαρακτηριστικά της κίνησης της πεταλούδας. Τα ευρήματα αυτής της μελέτης υποδηλώνουν ισχυρά ότι η υψηλού επιπέδου πεταλούδα είναι από τη φύση της κυματοειδής. Τα κυματοειδή χαρακτηριστικά έχουν δύο συνιστώσες: 1) ένα ενός χρόνου ημιτονοειδές κύμα (αρμονική), που γίνεται εμφανές στο κεφάλι και τους ώμους και 2) ένα 2 χρόνων ημιτονοειδές κύμα, που έχει διπλάσια ακριβώς συχνότητα από την πρώτη αρμονική στους μηρούς τα γόνατα και τις ποδοκνημικές (εικόνα 18). Ως και 99% των προτύπων κυματισμών σε υψηλού επιπέδου κολυμβητές περιέχονταν στις δύο πρώτες αρμονικές (ενός και δύο



Εικόνα 19. «Ύπτιο» στυλ. Παρατηρείται η αρμονική εναλλαγή των άνω άκρων, βύθιση και επαναφορά, κατά τη διάρκεια της κολύμβησης. Η συνεχής κίνηση των άκρων ποδών ενισχύει την προώθηση του σώματος. Το πάνω μέρος του κορμού εξέρχεται από το νερό, ενώ το κάτω μέρος είναι βυθισμένο. Το σώμα ταλαντεύεται ελαφρώς αμφοτεροπλευρώς, διατηρώντας όμως ευθεία πορεία.

χρόνων κύματα). Οι κολυμβητές θεωρούνταν λιγότερο αρμονικοί εάν περισσότερο από 7% της κυματοειδούς κίνησης μπορούσε να διαιρεθεί με ένα τριών χρόνων ημιτονοειδές κύμα. Θεωρητικά, ημιτονοειδές κύμα τριών χρόνων μπορεί να συμβεί μόνο εάν ο συγχρονισμός της κίνησης της πεταλούδας δεν είναι σωστός. Ένα παράδειγμα αυτού μπορεί να είναι η άνιση έμφαση στα δύο χτυπήματα. Ο συσχετισμός των αρμονικών προτύπων κυματισμού με τις επιδόσεις των αθλητών αποκάλυψε ότι οι κολυμβητές που είχαν τις ταχύτερες επιδόσεις ήταν ταυτόχρονα οι περισσότερο αρμονικοί (πάνω από 95% των κυματοειδών κινήσεων τους διαιρούνταν σε κύματα ενός ή δύο χρόνων).

Επιπλέον, η πρόοδος των ενός ή δύο χρόνων ταλαντώσεων (ή κυματισμών) υποδεικνύει ότι αυτά τα κύματα διατρέχουν το σώμα από το κεφάλι ως τα πόδια με μεγαλύτερη ταχύτητα από την ταχύτητα της προς τα πρόσω κίνησης του αθλητή. Αυτή η μεγαλύτερη ταχύτητα του κύματος σημαίνει ότι η μετάδοση του κύματος στο νερό στη θέση των ποδιών μπορεί να προκαλεί αντίδραση που αναγκάζει σε προς τα πρόσω κίνηση τον αθλητή και συμβάλλει στην προώθησή του.

Τα δεδομένα από τις παραπάνω μελέτες υπογραμμίζουν τη σημασία της κυματοειδούς κίνησης, όμως η κυματοειδής αυτή κίνηση δε θα πρέπει να είναι υπερβολική. Ένα σύνθημα πρόβλημα των αρχάριων κολυμβητών είναι η πολύ μικρή ταλάντωση. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι δεν κατευθύνουν την κυματοειδή κίνηση κινώντας το κεφάλι τους προς τα κάτω κατά την είσοδο των βραχιόνων. Υπερβολικός κυματισμός μπορεί να οφείλεται σε υπερβολική άρση της κεφαλής κατά την αναπνοή. Οι κολυμβητές πρέπει να συγκεντρώνονται στην προς τα πρόσω κίνηση του κεφαλιού όταν παίρνουν ανάσα.

Ύπτιο

Παραδόξως, όταν κάποιος μελετά τις κινήσεις και τα πρότυπα επιστράτευσης των μυών των άνω άκρων κατά το ύπτιο, βρίσκει μεγάλη ομοιότητα με αυτά του ελεύθερου και της πεταλούδας. Και πάλι, η κίνηση των άνω άκρων μπορεί να διακριθεί σε φάση εισόδου των χεριών, σε φάση έλξης, φάση ολοκλήρωσης και φάση επαναφοράς. Η κίνηση των ώμων, όπως και στο ελεύθερο

αντιπροσωπεύεται από απαγωγή και έξω στροφή κατά την εκτός του νερού φάση επαναφοράς, ενώ και πάλι η προωθητική ισχύς παράγεται από ισχυρή προσαγωγή και έσω στροφή κατά την γληνοβραχιόνια άρθρωση. Κατά τη φάση της έλξης, οι αγκώνες εκτείνονται ισχυρά. Το χέρι και πάλι εμφανίζει μία κωπηλατική κίνηση, παράγοντας μια συνισταμένη δύναμη ανύψωσης στη ραχιαία επιφάνεια του χεριού (εικόνα 19).

Και εδώ, η περιστροφή του σώματος είναι σημαντική. Οι προπονητές συνήθως συμβουλεύουν τους αρχάριους που κολυμπούν ύπτιο να «καθοδηγούν την κίνηση με τον ώμο» κατά τη φάση της επαναφοράς. «Οδηγώντας» την κίνηση με το βραχίονα που επαναφέρεται, ο αντίθετος ώμος θα μπει βαθιά στο νερό, επιτρέποντας στο χέρι να διαγράψει μια σιγμοειδή καμπύλη, παράγοντας έτσι τη γνωστή προς τα πρόσω δύναμη ανύψωσης.

Η χρήση των ποδιών και του κορμού είναι πολύ παρόμοια με το ελεύθερο, με χτυπήματα τεσσάρων ή έξι χρόνων. Η προώθηση του σώματος παράγεται με την κάμψη και έκταση του γόνατος και της ποδοκνημικής, σε συντονισμό με την περιστροφική κίνηση του σώματος. Και πάλι, οι κύριες μυϊκές ομάδες που είναι σε χρήση είναι οι γλουτιαίοι, οι τετρακέφαλοι και ιγνυακοί του μηρού και οι πρόσθιοι και οπίσθιοι μύες της γαστροκνημίας (πρόσθιος και οπίσθιος κνημιαίος, μακρός και βραχύς περονιαίος, γαστροκνήμιος και υποκνημίδιος μύς).

Πρόσθιο

Η κίνηση του προσθίου μπορεί να διακριθεί στις ακόλουθες φάσεις: 1) εξωτερική καμπύλη, 2) εσωτερική καμπύλη και 3) επαναφορά. Η εξωτερική καμπύλη κίνηση αρχίζει με τα χέρια τεντωμένα προς τα εμπρός μπροστά από τον κορμό και τους βραχίονες σε πλήρη έκταση. Οι παλάμες των χεριών στρέφονται προς τα έξω, ο καρπός κάμπτεται ελαφρά και οι βραχίονες αρχίζουν να διαγράφουν καμπύλη προς τα έξω και ελαφρά προς τα άνω. Τα χέρια φέρονται περίπου στις 40° σε σχέση με τη γραμμή της κίνησης των χεριών. Αυτή η προς τα έξω καμπυλοειδής κίνηση συνεχίζεται μέχρι τα χέρια να φτάσουν περί τα 30 με 40 εκατοστά πιο έξω από τους ώμους.

Η φάση της εσωτερικής καμπύλης κίνησης αρχίζει



Εικόνα 20. Απεικονίζονται οι διάφορες φάσεις του πρόσθιου στυλ κολύμβησης.

όταν οι παλάμες στρέφονται προς τα έξω. Η προς τα έξω κίνηση είναι μια πλάγια προς τα έξω κωπηλατική κίνηση με κατεύθυνση προς τους ώμους. Τα χέρια φέρονται απότομα όπως σε να κωπηλατούν περίπου στις 40° ως 50° σε σχέση με την γραμμή κίνησης των χεριών. Η φάση της εσωτερικής καμπύλης κίνησης τελειώνει καθώς τα χέρια συναντούνται κάτω από το σώμα (εικόνα 20).

Η αεροδυναμική των χεριών είναι θεμελιώδους σημασίας κατά τη φάση επαναφοράς. Καθώς τα χέρια συναντώνται στο τέλος της εσωτερικής καμπύλης, αρχίζουν να κινούνται προς τα εμπρός μαζί με τις άκρες των δακτύλων μπροστά. Αυτή η φάση διαρκεί μέχρι οι βραχίονες να βρεθούν σε πλήρη έκταση εμπρός από το σώμα του κολυμβητή και να είναι σε θέση να ξεκινήσουν τη φάση της εξωτερικής καμπύλης.

Η κίνηση της εξωτερικής καμπύλης είναι μια πλάγια προς τα έξω κυκλική κίνηση με τα χέρια (ξεκινώντας με τους βραχίονες ψηλότερα από το κεφάλι). Η προς τα έξω στροφή των ώμων διατηρεί την προς τα έξω φορά των παλαμών. Η οπίσθια μοίρα του δελτοειδούς, ο υπακάνθιος και ο ελάσσων στρογγύλος μυς βοηθούν την πλάγια κίνηση, ενώ η πρόσθια μοίρα του δελτοειδούς και ο μείζων θωρακικός βοηθούν στην έξω στροφή του ώμου. Ο τρικέφαλος βραχιόνιος δρα για να διατηρήσει τον αγκώνα σε σχετική έκταση και οι καμπήρες του καρπού (ωλένιος και κερκιδικός καμπήρας του καρπού, εν τω βάθει κοινός καμπήρας των δακτύλων) διατηρούν τον καρπό σε σχετική κάμψη έναντι της αντίστασης του νερού.

Κατά την έναρξη της εσωτερικής καμπύλης κίνησης, ο υπτιασμός του πήχη από τον δικέφαλο βραχιόνιο και τον υπτιαστή μυ, καθώς και η έξω στροφή του ώμου (οπίσθια μοίρα του δελτοειδούς, υπακάνθιος και ελάσσων στρογγύλος μυς), στρέφουν την παλάμη προς τα έξω. Η κίνηση προσαγωγής του ώμου πραγματοποιείται με τη δράση του μείζονα θωρακικού, του πλατύ ραχιαίου καθώς και της πρόσθιας μοίρας του δελτοειδούς. Ο δικέφαλος βραχιόνιος και κορακοβραχιόνιος μυς κάμπτουν τον αγκώνα μέχρι να ολοκληρωθεί αυτή η φάση όταν τα χέρια ενώνονται κάτω από τον κορμό.

Ο υπτιασμός του πήχη συνεχίζεται και κατά την έναρξη

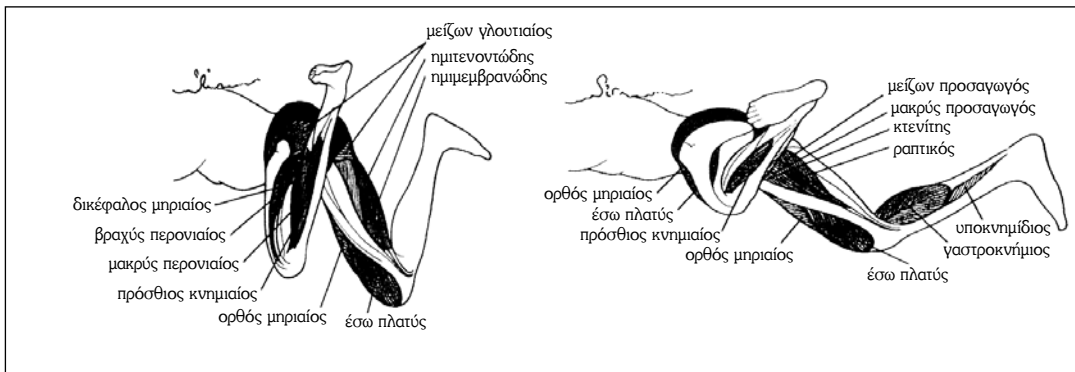
της φάσης επαναφοράς για να στραφούν τα χέρια το ένα προς το άλλο (δικέφαλος βραχιόνιος και υπτιαστής). Η προς τα πρόσω επαναφορά του βραχίονα απαιτεί τη δράση της πρόσθιας μοίρας του δελτοειδούς, του μείζονα θωρακικού και της μακράς κεφαλής του δικεφάλου βραχιονίου για την κάμψη του ώμου. Ο τρικέφαλος βραχιόνιος εκτείνει τον αγκώνα καθ' όλη αυτήν τη φάση.

Η κίνηση των ποδιών μπορεί να διακριθεί σε φάση επαναφοράς, προς τα έξω καμπύλη κίνηση και προς τα έξω καμπύλη κίνηση (εικόνα 21). Η επαναφορά των ποδιών ξεκινά κατά τη φάση της εσωτερικής καμπύλης κίνησης των χεριών. Τα πόδια πρέπει να ανακτήσουν τη θέση τους εγγύς μιας ευθείας γραμμής, όσο πιο κοντά γίνεται στον κορμό. Τα γόνατα και οι μηροί κάμπτονται και τα πόδια έλκονται προς τον κορμό. Αφού τα πόδια βρεθούν κοντά στον κορμό, στρέφονται προς τα έξω, ώστε η έξω επιφάνειά τους να στρέφεται μακριά από τον κολυμβητή.

Η έξω στροφή των ποδιών είναι μεγάλης σημασίας σε αυτό το σημείο, για τη μεγιστοποίηση της προώθησης από την κίνηση των ποδιών, μέσω αύξησης της επιφάνειας επαφής τους με το νερό. Τα πόδια αρχίζουν να σπρώχνουν ελαφρά προς τα έξω, κάτω και πίσω. Η οριζόντια απόσταση των γονάτων κατά την προς τα έξω καμπύλη κίνηση πρέπει να είναι λίγο μεγαλύτερη από αυτή των μηρών.

Η προς τα έξω καμπύλη συνιστώσα της κίνησης των ποδιών ξεκινά στο ευρύτερο σημείο της κίνησης. Η κίνηση των ποδιών συνεχίζεται προς τα πίσω και κάτω, και τώρα πια προς τα έξω. Η φάση τελειώνει όταν τα πόδια συναντηθούν και τα γόνατα είναι τεταμένα.

Κατά τη φάση επαναφοράς, τα πόδια φέρονται προς τον κορμό με τη συνδυασμένη δράση των καμπήρων της κνήμης (ιγνυακός, γαστροκνήμιος, ραπτικός και ισχνός προσαγωγός) και του μηρού (λαγονοψοϊτής και ορθός μηριαίος). Αυτές οι δύο κινήσεις συνδυασμένες επιτρέπουν στα πόδια να διατηρούνται κοντά στην επιφάνεια του νερού χωρίς να την αγγίζουν. Η δράση του μακρού και βραχέος περωναίου στρέφει τα πόδια προς τα έξω, ενώ η ελαφρά έξω στροφή των μηρών (λαγονοψοϊτής, τείνων την πλατεία περιτονία και οι πρόσθιας ίνες του μεσαίου και ελάσσονος γλουτιαίου)



Εικόνα 21. Στο πρόσθιο στυλ κολύμβησης ποικίλει η δράση των μυών των ποδιών που είναι ενεργείς στη φάση της έλξης και της προς τα κάτω κίνησης.

βοηθά στη μεγιστοποίηση του εύρους αυτής της κίνησης. Ο πρόσθιος κνημιαίος και ο μακρός εκτείνων τα δάχτυλα προκαλούν ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής, προετοιμάζοντας έτσι την προς τα έξω καμπύλη κίνηση, που είναι ένας συνδυασμός έκτασης του μηρού και του γόνατος και επιτυγχάνεται με τη δράση των ιγνυακών και των τετρακεφάλων αντίστοιχα.

Η έκταση του μηρού και του γόνατος (ιγνυακός και τετρακέφαλος) συνεχίζεται καθ' όλη τη φάση της προς τα έξω καμπύλης κίνησης. Τα κάτω άκρα προσάγονται από το μηρό μέσω συσπάσεων του μείζονος προσαγωγού, του μακρού προσαγωγού, του βραχέος προσαγωγού, του κτενίτη και του ισχνού προσαγωγού. Η φάση περιλαμβάνει επίσης και ελαφρά έξω στροφή των μηρών καθώς τα πόδια ενώνονται (μείζων γλουτιαίος, ραπτικός και οι οπίσθιες ίνες του μεσαίου και ελάσσονος γλουτιαίου). Για να ολοκληρωθεί η κίνηση των ποδιών σε αεροδυναμική θέση, τα πόδια κάμπτονται πελματιαία, κίνηση εκτελούμενη από τον γαστροκνήμιο, τον υποκνημίδιο, τον οπίσθιο κνημιαίο, τον μακρό και βραχύ περνιαίο μυ. Επίσης οι κνήμες ανυψώνονται ελαφρά (ιγνυακός) ώστε να έρχονται στην ίδια ευθεία με την κίνηση του υπολοίπου σώματος.

Κατά τα τελευταία 20 χρόνια, ο κυματισμός του σώματος προσέλαβε ιδιαίτερη σημασία για την κίνηση του προσθίου. Όπως και στην πεταλούδα, η περιστροφή του σώματος είναι αμελητέα και στο πρόσθιο. Η διατήρηση του σώματος στην επιφάνεια του νερού στην κάθε χεριά αυξάνει την αντίσταση θέσης του αθλητή επειδή η αντίσταση στην επιφάνεια του νερού είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι πάνω ή κάτω από αυτή. Οι υψηλού επιπέδου κολυμβητές προσθίου πλέον σηκώνουν το άνω μέρος του σώματος σε κάθε κύκλο (και για την αναπνοή) και στη συνέχεια βυθίζονται τους ώμους κάτω από την επιφάνεια του νερού κατά τη φάση του χιτυπήματος των ποδιών. Για το λόγο αυτό, ο πραγματικός χρόνος της μέγιστης αντίστασης θέσης στην επιφάνεια ελαχιστοποιείται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, όχι μόνο τη μείωση της ολικής αντίστασης θέσης της επιφάνειας, αλλά και την προσομοίωση των

κυματισμών της πεταλούδας, που ενισχύει περαιτέρω την προώθηση.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η γρήγορη κολύμβηση, είτε σε πισίνα είτε στην ανοιχτή θάλασσα είτε στο πόλο και τη συγχρονισμένη κολύμβηση, απαιτεί τη μεγιστοποίηση της απόδοσης με την οποία το ανθρώπινο σώμα μπορεί να κινείται στο υγρό στοιχείο. Πληθώρα παραγόντων επηρεάζει την ικανότητα του αθλητή να κολυμπήσει γρήγορα και, συνεπώς, την τελική έκβαση του αγώνα.

Η φυσιολογία και εμβιομηχανική είναι τα σύγχρονα εργαλεία, που χρησιμοποιούνται από τους ειδικούς άθλησης για να καθορίσουν ποιοι παράγοντες είναι σημαντικοί για γρήγορο κολύμπι και τελικά για να καθορίσουν τον τρόπο με τον οποίο ο κολυμβητής μπορεί να χρησιμοποιήσει προς όφελός του αυτούς τους παράγοντες ώστε να βελτιώσει την απόδοσή του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Cappaert JM. The importance of propelling and mechanical efficiencies. In: Troup IP, editor. International Center for Aquatic Research Annual. Colorado Springs: U.S. Swimming Press; 1991. p. 75-80.
2. Rodeo S. Swimming the breaststroke - a kinesiological analysis and considerations for strength training. Natl Strength Condition Assoc J 1984; 6(4): 4-6, 74, 76, 80.
3. Rodeo S. The Butterfly: A kinesiological analysis and strength training program. Natl Strength Condition Assoc J 1985; 7(4):4-10,73.
4. Rodeo SA. Knee pain in competitive swimming. Clin Sports Med 1999; 18(2):379, 287.
5. Schleihauf RE. A hydrodynamic analysis of swimming propulsion. In: Hollander AP, Huijing PA, De Groot G, editors. Swimming HI. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, Inc; 1979. p. 173-83.
6. Troup JP. International Center for Aquatic Research Annual, 1989-1990. Colorado Springs, CO: US Swimming Press; 1990.