

Αρχές θερμοεγκλιματισμού ενόψει των Ολυμπιακών Αγώνων

ΝΙΚΟΥ ΓΕΛΑΔΑ

*Εργαστήριο Εργοφυσιολογίας
Τομέας Βιολογίας της Άσκησης
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Πανεπιστημίου Αθηνών*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΓΕΛΑΔΑΣ Ν. Αρχές θερμοεγκλιματισμού ενόψει των Ολυμπιακών αγώνων. *Κινησιολογία*, Τόμ. 1, Νο. 1, σελ. 30-38, 1996. Οι προσεχείς Ολυμπιακοί Αγώνες διεξάγονται στην Ατλάντα των ΗΠΑ όπου αναμένεται να επικρατούν συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας ($\sim 22-27 \pm 3^\circ \text{C}$) και υγρασίας ($\sim 65-88 \pm 10\%$) και συχνής βροχόπτωσης με αρνητικές φυσιολογικές συνέπειες στους διαιτητές και στους αθλητές, ειδικά των αγωνισμάτων αντοχής. Γι'αυτό τα άτομα που θα συμμετάσχουν στους Αγώνες χρειάζεται να υποστούν θερμοεγκλιματισμό στοχεύοντας στην καλύτερη υποκειμενική και βιολογική ανοχή των αντίξωων συνθηκών. Από βιολογικής άποψης το θερμοεγκλιματισμένο άτομο ιδρώνει και αιματώνει την επιδερμίδα του γρηγορότερα και εντονότερα και χάνει λιγότερο Νάτριο με την εφίδρωση σε σχέση με τον ανεγκλιματιστό. Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος εγκλιματισμού ενόψει των Ολυμπιακών Αγώνων της Ατλάντας είναι η έκθεση του ατόμου σε υγρό και θερμό περιβάλλον πολύ υψηλής έντασης με ταυτόχρονη εξάσκηση η οποία πρέπει να έχει «όγκο» και ένταση τουλάχιστον 50% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου. Σε κανένα μέρος της Ελλάδος δεν επικρατούν κλιματολογικές πανομοιότυπες συνθήκες των συνθηκών της Ατλάντας. Η θερμοκρασία-υγρασία που επικρατεί στις πόλεις Χίο και Κέρκυρα κατά τους μήνες Μάιο και Ιούνιο προσεγγίζει τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην Ατλάντα μόνο κατά τις πρωινές ώρες. Γι'αυτό συνιστάται ο εγκλιματισμός των ελλήνων αθλητών να γίνει φορώντας ιδρωαδιαπέραστα ενδύματα που θα καλύπτουν μόνο τον κορμό του σώματός τους. Η ακριβής διάρκεια εγκλιματισμού εξαρτάται από το αγώνισμα αλλά πρέπει να είναι τουλάχιστον 2 εβδομάδων και η διάρκεια έκθεσης τουλάχιστον 1 ώρα την ημέρα. Η βιολογική προσαρμογή εγκλιματισμού σε «υγρό-θερμό» περιβάλλον αναστρέφεται μέσα σε μια εβδομάδα από τη στιγμή που το άτομο κάνει την προπόνησή του σε θερμικό ουδέτερο περιβάλλον ($20-30^\circ\text{C}$, 10-60% υγρασία). Τα οφέλη του εγκλιματισμού είναι μειωμένα όταν υπάρχει έλλειψη ύπνου, κατανάλωση οινόπνευματος και καφέ, υπονατριαιμία και αφυδάτωση. Γι'αυτό συνιστάται άφθονη κατανάλωση αθλητικών ροφημάτων πριν και κατά τη διάρκεια της προσπάθειας με σκοπό να μην υπάρχει μείωση του σωματικού βάρους. Η ποσότητα του προσλαμβανόμενου ροφήματος κατά την μυϊκή προσπάθεια εξαρτάται από το ρυθμό εφίδρωσης τ'ατόμου και κυμαίνεται από 1.5 έως 2 λίτρα την ώρα. Η βιολογική αποτελεσματικότητα του ροφήματος βελτιώνεται όταν περιέχει εκτός από νερό, 4-8% υδατάνθρακες και μικρή ποσότητα άλατος. Τα θερμοεγκλιματισμένα άτομα εξαλείφουν τα συμπτώματα της υπερθερμίας (ίλιγγος, ναυτία, ζάλη) και βρίσκονται σ'αγωνιστικό πλεονέκτημα το οποίο μπορεί να είναι καταλητικό στον καθορισμό της Ολυμπιακής νίκης.

Λέξεις κλειδιά: ΘΕΡΜΟΕΓΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ, ΑΤΛΑΝΤΑ, ΑΘΛΗΤΕΣ, ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ, ΕΝΥΔΑΤΩΣΗ

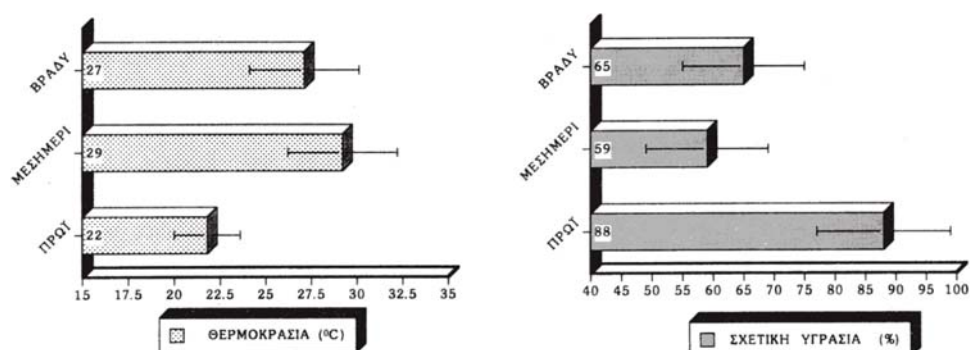
Η αθλητική επίδοση είναι συνισταμένη πολλών αλληλοεπηρεαζόμενων παραγόντων, όπως είναι οι γενετικές καταβολές, η προπόνηση, η διατροφή

και η αγωνιστική και ψυχολογική ετοιμότητα. Η σπουδαιότητα και η συμβολή κάθε παράγοντα στη διαμόρφωση του τελικού αποτελέσματος ποικίλλει από αγώνισμα σε αγώνισμα. Ανεξαρτήτως όμως αγωνίσματος, οι αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες όσον αφορά τη θερμοκρασία και την υγρασία μπορεί να αποβούν από περιοριστικές στην αθλητική επίδοση μέχρι καταστροφικές στην υγεία του ατόμου και του αθλητή ειδικότερα. Οι αθλητές οι οποίοι θα συμμετάσχουν στους επερχόμενους Ολυμπιακούς αγώνες στην Ατλάντα των Η.Π.Α, πρέπει να είναι προετοιμασμένοι να αγωνιστούν σε πολύ υγρό και αρκετά θερμό περιβάλλον. Οι καλά προετοιμασμένοι και σωστά θερμοεγκλιματισμένοι αθλητές θα βρίσκονται σε αγωνιστικό πλεονέκτημα το οποίο μπορεί να είναι καταλυτικό στον καθορισμό της Ολυμπιακής νίκης.

Το άρθρο αυτό αποτελεί μια σύντομη ανασκόπηση της βιβλιογραφίας όσον αφορά τη θερμική ένταση, που αναμένεται να επικρατεί στην πόλη Ατλάντα των ΗΠΑ κατά την περίοδο των επερχόμενων Ολυμπιακών Αγώνων, και τις αρχές εγκλιματισμού που ισχύουν αποκλειστικά σε θερμό και υγρό περιβάλλον, χωρίς να γίνεται εκτεταμένη, ιδιαίτερη μνεία στους υποκείμενους φυσιολογικούς μηχανισμούς που επιφέρουν τα επιδιωκόμενα αγωνιστικά οφέλη.

Αξιολόγηση θερμικού κινδύνου

Η Ατλάντα κείται 300 μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, σε δασώδη περιοχή του νοτιοανατολικού διαμερίσματος των ΗΠΑ και απέχει περίπου 400 χιλιόμετρα από τον Ατλαντικό ωκεανό και τον κόλπο του Μεξικού. Οι ακριβείς κλιματολογικές συνθήκες κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο που θα διεξαχθούν οι αγώνες (19/07 - 04/08) δεν μπορούν να προβλεφθούν με απόλυτη σιγουριά, αλλά σύμφωνα με καταγεγραμμένα δεδομένα που έχει συλλέξει η Αμερικάνικη Εθνική Στατιστική Υπηρεσία από το 1945 έως το 1990, αναμένεται να επικρατούν οι θερμοκρασίες και υγρασίες που παρουσιάζει το Σχήμα 1 κατά τις πρωινές (7:00), τις μεσημεριανές (13:00) και τις βραδινές ώρες (19:00). Προβλέπεται ακόμα να επικρατεί άπνοια (ταχύτητα ανέμου 0-16 km/h) και ήπια μέχρι καταρρακτώδης παροδική βροχόπτωση, συνήθως τις απογευματινές ώρες, κατά μέσο όρο τις 8 από τις 17 ημέρες των αγώνων (National Climatic Center 1995).



Σχήμα 1. Μέσες τιμές (\pm SD) θερμοκρασίας και υγρασίας για το πρωί, το μεσημέρι και το βράδυ κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο από το 1945-1990 στην ευρύτερη περιοχή της πόλης Ατλάντας των ΗΠΑ (Δεδομένα από: National Climatic Center 1995).

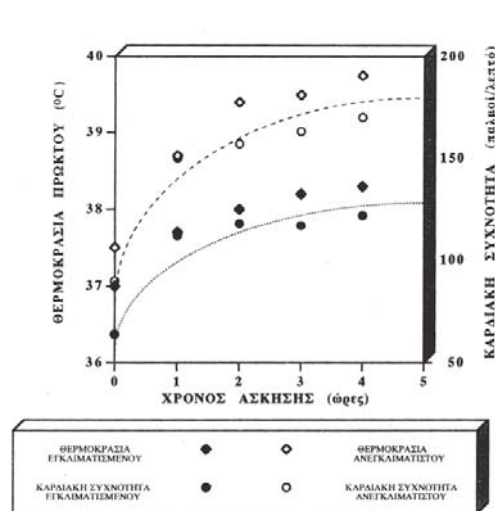
Το μέγεθος θερμικής έντασης στην οποία υποβάλλεται ένας αθλητής κατά την έντονη άσκηση εξαρτάται από την υγρασία, τη θερμοκρασία και τη θερμική ακτινοβολία του περιβάλλοντος κατά ποσοστά 70, 20 και 10%, αντίστοιχα. Το άθροισμα των τριών αυτών παραγόντων ονομάζεται Δείκτης Θερμικού Φορτίου (ΔΘΦ). Όταν ο ΔΘΦ κυμαίνεται από 18-23 °C ο κίνδυνος θερμικής κάκωσης είναι μέτριος, από 24-28 °C υψηλός και από 28 °C και πάνω το εξωτερικό θερμικό φορτίο είναι επικίνδυνο να προκαλέσει θερμοπληξία στον αθλητή (American College of Sports Medicine 1987). Με βάση τα κλιματολογικά δεδομένα της Ατλάντας προκύπτει ότι το εξωτερικό θερμικό φορτίο θα είναι μέτριο κατά τις πρωινές ώρες (Sparling 1995), λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας, παρά τις πολύ υψηλές τιμές υγρασίας. Τούτο σημαίνει ότι η παραγόμενη από το μεταβολισμό θερμότητα θα βρίσκει διέξοδο μέσω της θερμής επιδερμίδας (34 °C) η οποία θα αποβάλλεται στη θερμικά ουδέτερη ατμόσφαιρα (21.8±1.8 °C). Ταυτόχρονα θα παρατηρείται έντονη εφίδρωση, αλλά η εξάτμιση του ιδρώτα θα είναι από πολύ μειωμένη έως αδύνατη εξαιτίας της υψηλής σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος (88±11%), με αποτέλεσμα να υπάρχει πλούσια ροή ιδρώτα στο έδαφος χωρίς ανάλογη ψυκτική ωφέλεια. Μια τέτοια κατάσταση απειλεί τον αθλητή με έντονη αφυδάτωση και όλα τα αρνητικά επακόλουθα, που κυμαίνονται από μείωση της απόδοσης μέχρι θερμοπληξία. Είναι αξιοσημείωτο ότι η υψηλή ύγραση της επιδερμίδας προκαλεί δυσφορία ανεξάρτητα από τη θερμική ένταση κάτω από την οποία βρίσκεται το άτομο.

Το εξωτερικό θερμικό φορτίο κατά τις μεσημεριανές ώρες προβλέπεται να είναι από υψηλό έως επικίνδυνο (Sparling 1995). Η υψηλή θερμοκρασία του περιβάλλοντος (29.2±3 °C) προσεγγίζει τη θερμοκρασία της επιδερμίδας (34 °C) ελαχιστοποιώντας έτσι την ικανότητα της επιδερμίδας να θερμαίνει τον αέρα που την περιβάλλει και να αποτρέπεται η ψύξη του ανθρώπινου σώματος. Σε αυτή την περίπτωση η θερμορύθμιση του αθλητή βασίζεται σχεδόν αποκλειστικά στην εξάτμιση του παραγόμενου ιδρώτα, η οποία όμως θα είναι και αυτή περιορισμένη λόγω της υψηλής σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος (59±10%). Ανάλογη θα είναι η κατάσταση κατά τις βραδινές ώρες (Sparling 1995), αφού κατά τις ώρες αυτές αναμένεται μικρή πτώση της θερμοκρασίας και μικρή αύξηση της σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος. Όταν το εξωτερικό θερμικό φορτίο κυμαίνεται από υψηλό έως επικίνδυνο η θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος εύκολα ξεπερνά τους 38.5 °C και η αφυδάτωση το 3% του σωματικού βάρους. Η καθαυτό υπέρβαση των προαναφερθέντων τιμών σωματικής θερμοκρασίας και αφυδάτωσης μειώνει την απόδοση σημαντικά και οδηγεί, δια ανατροφοδοτούμενης συνεργιστικής αλληλεπίδρασης, στην παραπέρα υπέρβαση των τιμών αυτών. Είναι αξιοσημείωτο ότι ύστερα από αγώνα σε υγρό περιβάλλον έχει καταγραφεί σε αθλητές σωματική θερμοκρασία 42-43 °C (Sutton 1984) και αφυδάτωση ίση με 8.1-10% του σωματικού βάρους (Armstrong et al. 1986, Wyndham and Strydom 1969), τιμές οι οποίες είναι άκρως απειλητικές για την υπόσταση της ζωής.

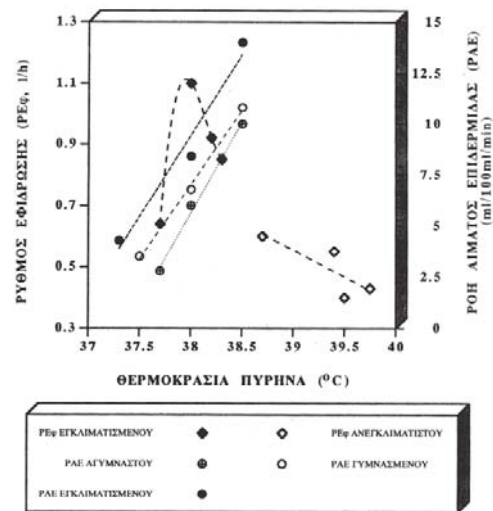
Ομοιοστατικές προσαρμογές

Ο πρώιμος εγκλιματισμός σε "ζέστη και υγρασία" αποτελεί την πρώτη γραμμή άμυνας στις αναμενόμενες καιρικές συνθήκες της Ατλάντας. Εγκλιματισμός είναι η λειτουργική βελτίωση του θερμορυθμιστικού συστήματος, το οποίο ανταποκρίνεται σε συγκεκριμένη ένταση και διάρκειας υγρό και θερμό εξωτερικό ερέθισμα, με σκοπό την επιβίωση του οργανισμού.

Συγκεκριμένα, όπως δείχνει το Σχήμα 2 η αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα του σώματος και της καρδιακής συχνότητας είναι σημαντικά ηπιότερη (κάτω γραμμή) κατά τη διάρκεια 4ωρης άσκησης σε βαθμιδοεργόμετρο ύστερα από ένα πρόγραμμα εγκλιματισμού σε υγρό και θερμό περιβάλλον (Wyndham et al. 1964). Τούτο καθίσταται δυνατόν με τη βελτιστοποίηση των μηχανισμών θερμικής απώλειας του ανθρώπινου σώματος, δηλαδή της εφίδρωσης και της αιμάτωσης της επιδερμίδας. Τα εγκλιματισμένα άτομα έχουν σημαντικά υψηλότερη εφίδρωση από τα ανεγκλιματίστα όταν ασκούνται σε θερμό και υγρό περιβάλλον (Wyndham et al. 1964), παρά τη χαμηλότερη θερμοκρασία σώματος (Σχήμα 3).



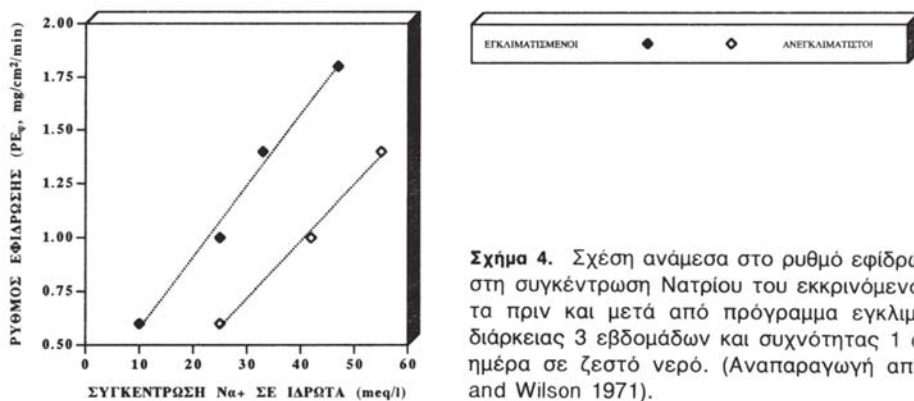
Σχήμα 2. Θερμοκρασία πρωκτού και καρδιακή συχνότητα κατά τη διάρκεια 4ώρου βαθμιδοεργομέτρησης δοκιμαζομένων ατόμων πριν και μετά από εγκλιματισμό σε θερμό και υγρό περιβάλλον. (Αναπαραγωγή από: Wyndham et al. 1964).



Σχήμα 3. Σχέση ανάμεσα στο ρυθμό εφίδρωσης και τη θερμοκρασία πρωκτού 10 δοκιμαζομένων κατά τη διάρκεια 4ώρου βαθμιδοεργομέτρησης πριν και μετά από εγκλιματισμό σε θερμό και υγρό περιβάλλον. (Τροποποιημένη αναπαραγωγή από: Wyndham et al. 1964). Επίσης, ροή αιμάτωσης της επιδερμίδας ανά θερμοκρασία οισοφάγου κατά την άσκηση σε θερμο-ουδέτερο περιβάλλον (25 °C) πριν από προπόνηση και ύστερα από προπόνηση σε θερμο-ουδέτερο και σε θερμό και υγρό περιβάλλον. (Αναπαραγωγή από: Roberts et al. 1977).

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η εξάτμιση του ιδρώτα και η ψυκτική του δυνατότητα είναι μικρή σε υγρό περιβάλλον, η δε αύξηση της εφίδρωσης φαίνεται ότι είναι επιλεκτική σε περιοχές πλούσιες σε ιδρωτοποιούς αδένες (Höfler 1968) εξυπηρετώντας την ύγρανση, δια ροής, τμημάτων της επιδερμίδας του σώματος τα οποία είναι φτωχά σε ιδρωτοποιούς αδένες. Έτσι μεγιστοποιείται η σωματική επιφάνεια που συμμετέχει στην περιορισμένη εξάτμιση. Πρέπει να σημειωθεί όμως ότι δι'αυτού του φαινομένου σημαντική ποσότητα ιδρώτα ρέει τελικά στο έδαφος, ειδικά στα εγκλιματισμένα άτομα, και αποτελεί σπατάλη των υγρών του πλάσματος και των κυττάρων που είναι απαραίτητα για την καλή λειτουργία του οργανισμού. Η διαφαινόμενη αυτή σπατάλη μετριαζεται από το γεγονός ότι, όπως δείχνει και το Σχήμα 3, ο ρυθμός εφίδρωσης μειώνεται με την πάροδο του χρόνου αν και η θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος, που αποτελεί το κύριο ερέθισμα στη

λειτουργία των ιδρωτοποιών αδένων, εξακολουθεί να αυξάνεται (Wyndham et al. 1964). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *ιδρωμείωση* (Nadel and Stolwijk 1973) και οφείλεται κύρια στην υψηλή υγρανση της επιδερμίδας, που επιφέρει διόγκωση της κεράτινης στοιβάδας του δέρματος και απόφραξη των αγωγών των ιδρωτοποιών αδένων (Brown and Sargent 1965), και δευτερευόντως στην πιθανή αφυδάτωση που είναι γνωστό ότι αναστέλλει την εφιδρωτική λειτουργία (Montain et al 1995). Ένα άλλο φαινόμενο που συμβάλλει στη διαφύλαξη των ενδοαγγειακών υγρών και απεικονίζεται στο Σχήμα 4 είναι ότι η απώλεια Νατρίου στον ιδρώτα του θερμοεγκλιματισμένου ατόμου παρουσιάζεται σημαντικά χαμηλότερη από την απώλεια Νατρίου του ανεγκλιματιστού (Allan and Wilson 1971). Θεωρητικά, η εξάτμιση του ιδρώτα σε πολύ υγρό περιβάλλον μεγιστοποιείται, επίσης, με την αύξηση της θερμοκρασίας της επιδερμίδας. Για να γίνει αυτό χρειάζεται η θερμική αγωγιμότητα ανάμεσα στον πυρήνα του σώματος και την επιδερμίδα να είναι υψηλή. Αυτό είναι δυνατόν με την αύξηση της ροής αίματος στην επιδερμίδα (ΡΑΕ). Πράγματι, όταν η ΡΑΕ εκφράστηκε ανά θερμοκρασία πυρήνα σώματος (οισοφάγου) κατά τη διάρκεια 15λεπτης άσκησης σε θερμικά ουδέτερο περιβάλλον (25 °C) σε μια ομάδα δοκιμαζομένων πριν προπονηθούν, μετά από 10-ήμερη προπόνηση και ύστερα από 10-ήμερη προπόνηση σε υγρό και θερμό περιβάλλον, αποδείχθηκε ότι ο "υγρός" θερμοεγκλιματισμός αυξάνει σημαντικά το κατώφλι ΡΑΕ και τείνει να αυξήσει το ρυθμό ΡΑΕ ανά βαθμό ανύψωσης της θερμοκρασίας του πυρήνα του σώματος (Roberts et al 1977, Σχήμα 3).



Σχήμα 4. Σχέση ανάμεσα στο ρυθμό εφίδρωσης και στη συγκέντρωση Νατρίου του εκκρινόμενου ιδρώτα πριν και μετά από πρόγραμμα εγκλιματισμού διάρκειας 3 εβδομάδων και συχνότητας 1 ώρα την ημέρα σε ζεστό νερό. (Αναπαραγωγή από: Allan and Wilson 1971).

Αρχές θερμοεγκλιματισμού

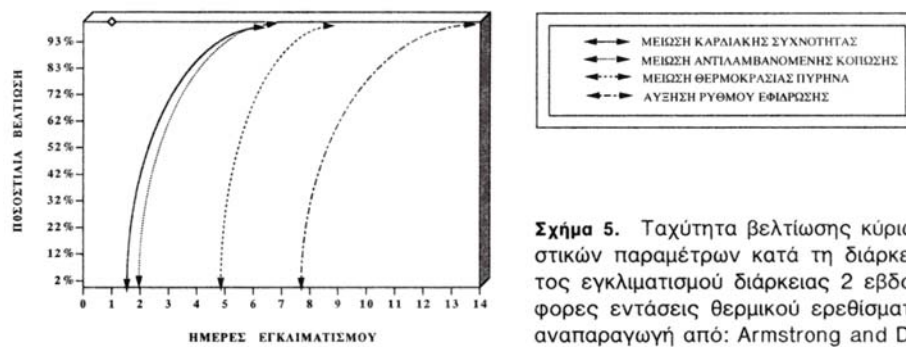
Ο αποτελεσματικός και έγκαιρος εγκλιματισμός εξαρτάται από το είδος, την ένταση, τη συχνότητα και τη διάρκεια του εξωτερικού ερεθίσματος, την ένταση της προπόνησης, τη διάρκεια απεγκλιματισμού (απώλεια προσαρμογών λόγω απομάκρυνσης από το αντίξοο εξωτερικό ερέθισμα) και τον τρόπο ζωής και διατροφής του ατόμου.

Χαρακτηριστικά προγράμματος. Ο θερμοεγκλιματισμός σε ξηρό περιβάλλον επιφέρει βιολογικές προσαρμογές παρόμοιες με τον θερμοεγκλιματισμό σε υγρό περιβάλλον (Armstrong and Maresh 1991), αλλά οι λειτουργικοί

μηχανισμοί οι οποίοι επιστρατεύονται δεν είναι ταυτόσημοι (Epstein 1995), γεγονός που υποδηλώνει ότι οι αθλητές οι οποίοι θα συμμετάσχουν στους Ολυμπιακούς αγώνες της Ατλάντας πρέπει να προετοιμασθούν σε υγρό περιβάλλον για να αποκομίσουν τα μέγιστα αγωνιστικά οφέλη. Στην Ελλάδα δεν υπάρχει γεωγραφική περιοχή στην οποία να επικρατούν κλιματολογικές συνθήκες ανάλογες των συνθηκών της Ατλάντας. Σύμφωνα με κλιματολογικά δεδομένα (1959-1992) της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Προσωπική επικοινωνία 1996) η Κέρκυρα και η Χίος είναι οι πόλεις με την υψηλότερη, κατά μέσο όρο, υγρασία στην ελληνική επικράτεια τόσο κατά το μήνα Μάιο όσο και τον Ιούνιο (69.5, 68.2, και 63.5, 63.7 %, αντίστοιχα). Ενώ οι τιμές υγρασίας είναι σχετικά ικανοποιητικές για εγκλιματισμό, οι θερμοκρασίες του περιβάλλοντος είναι σχετικά ήπιες (19.6, 19.4 και 23.8, 24 °C, αντίστοιχα), σε σύγκριση με τις τιμές της Ατλάντας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το θερμικό φορτίο (συνδυασμός θερμοκρασίας και υγρασίας) να είναι στις ελληνικές πόλεις χαμηλό κατά το μήνα Μάιο και ήπιο κατά τον μήνα Ιούνιο προσομοιάζοντας τις κλιματολογικές συνθήκες της Ατλάντας μόνο για τα αγωνίσματα που θα λάβουν χώρα κατά τις πρωινές ώρες. Μια ικανοποιητική και αποτελεσματική μεθοδολογία προσομοίωσης των συνθηκών της υγρής και θερμικά υψηλής έως επικίνδυνης Ατλάντας είναι η προπόνηση με ιδρωαδιαπέραστο ρουχισμό, που να μην καλύπτει όμως το κάτω μέρος των χεριών και των ποδιών των αθλητών (Epstein 1995).

Το επιλεγόμενο θερμικό φορτίο για εγκλιματισμό σε υγρό περιβάλλον πρέπει να είναι το υψηλότερο αναμενόμενο κατά τον αγώνα. Οι επερχόμενες βιολογικές προσαρμογές ακολουθούν συνεχή και βαθμιαία πορεία (Armstrong and Dziados 1986). Οι προσαρμογές της καρδιακής συχνότητας και του δείκτη αντίληψης της κόπωσης κορυφώνονται κατά τη διάρκεια της πρώτης εβδομάδας εγκλιματισμού και γρηγορότερα από τη θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος και την εφίδρωση, που προσαρμόζονται συνήθως κατά τη διάρκεια της δεύτερης εβδομάδας έκθεσης σε υγρό θερμικό φορτίο (Σχήμα 5). Διάρκεια εγκλιματισμού δύο εβδομάδων είναι ικανοποιητική για να επέλθει το 95% των αναμενόμενων προσαρμογών, υπό την προϋπόθεση ότι ο αθλητής εκτίθεται στο εξωτερικό ερέθισμα τουλάχιστον μία ώρα ημερησίως. Εντούτοις, φαίνεται ότι ιθαγενή άτομα των "υγρών" περιοχών του πλανήτη είναι καλύτερα εγκλιματισμένα από άτομα των εύκρατων ζωνών τα οποία έχουν εκτεθεί σε θερμή και υγρή ατμόσφαιρα για 2-3 εβδομάδες (Kuno 1956). Γι' αυτό συνιστάται οι αθλητές αντοχής (δρομείς, ποδοσφαιριστές κ.λ.π.) να θερμοεγκλιματίζονται για τουλάχιστον 8-12 εβδομάδες (Gisolfi 1973). Ο θερμοεγκλιματισμός είναι αποτελεσματικότερος όταν συνδυάζεται με άσκηση παρά όταν γίνεται παθητικά (Armstrong and Pandolt 1988). Η ένταση της άσκησης πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το 50% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου του ατόμου χωρίς να είναι γνωστή η ακριβής τιμή της (Houmard et al. 1990). Φαίνεται όμως ότι σε αυτή την περίπτωση, η υψηλή προπονητική ποσότητα είναι σπουδαιότερος παράγοντας από την ένταση της άσκησης (Armstrong and Maresh 1991).

Απεγκλιματισμός. Τα βιολογικά οφέλη του εγκλιματισμού σε αντίξοες συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας χάνονται μετά την απομάκρυνση του ατόμου από το αντίξοο περιβάλλον, με την ίδια σχεδόν σειρά και τρόπο με τους οποίους αποκτώνται (Σχήμα 5), δηλ. αδιαλείπτως και βαθμιαία η προσαρμογή της καρδιακής συχνότητας αναστρέφεται πρώτη και της εφίδρωσης τελευταία (Williams et al 1967).



Σχήμα 5. Ταχύτητα βελτίωσης κύριων θερμορυθμιστικών παραμέτρων κατά τη διάρκεια προγράμματος εγκλιματισμού διάρκειας 2 εβδομάδων με διάφορες εντάσεις θερμικού ερεθίσματος. (Ελεύθερη αναπαραγωγή από: Armstrong and Dziados 1986).

Ο ρυθμός απεγκλιματισμού όμως όλων των φυσιολογικών παραμέτρων είναι σημαντικά υψηλότερος από το ρυθμό εγκλιματισμού, ειδικά όταν αναφέρεται σε υγρό περιβάλλον. Η χρονική διάρκεια μέσα στην οποία το άτομο απεγκλιματίζεται πλήρως ποικίλλει από μελέτη σε μελέτη και από άτομο σε άτομο (Pandolf et al. 1977). Λόγοι πρακτικής όμως υποδεικνύουν ότι μέσα σε μία εβδομάδα είναι δυνατόν να αναστραφούν σημαντικά όλες σχεδόν οι βιολογικές προσαρμογές εγκλιματισμού σε θερμό και υγρό περιβάλλον όταν η προπόνηση διεξάγεται πια σε θερμικά ουδέτερο περιβάλλον (Wyndham and Jacobs 1957).

Προϋποθέσεις. Τα οφέλη του εγκλιματισμού είναι μειωμένα ή η ταχύτητα απεγκλιματισμού αυξημένη σε ένα άτομο όταν υπάρχει έλλειψη ύπνου, κατανάλωση οιοπνεύματος (Wenger 1988) και καφέ (Shomer et al. 1994), υπονατριαιμία (Machle and Hatch 1947), αφυδάτωση (Sawka et al. 1983). Η κατάσταση υπονατριαιμίας είναι συνηθισμένη κατά τη διάρκεια θερμοεγκλιματισμού, λόγω της αυξημένης εφίδρωσης και της μακροσκελούς προπόνησης (>3 ωρών) στην οποία υποβάλλονται οι αθλητές ολυμπιακού επιπέδου. Η υπονατριαιμία αναστέλλει τις θερμορυθμιστικές προσαρμογές και προκαλεί προβλήματα στη μυϊκή συστολή (κράμπες, ατονία). Γι' αυτό σε αυτές τις περιπτώσεις συνιστάται αυξημένη κατανάλωση άλατος με την τροφή (περίπου μισή κουταλιά του γλυκού σε μισό λίτρο ύδατος), διατατικές ασκήσεις και χειρομάλαξη (Eichner 1995). Η αφυδάτωση, όπως έχει προαναφερθεί αναστέλλει τον θερμοεγκλιματισμό, συμβάλλει στην υπέρμετρη ανύψωση της θερμοκρασίας του πυρήνα του σώματος και μπορεί να οδηγήσει το άτομο σε θερμοπληξία με απρόβλεπτες συνέπειες για τη ζωή του. Θεωρείται ως δεδομένο ότι με την αφυδάτωση η απόδοση του αθλητή είναι σημαντικά μειωμένη (Sawka and Pandolf 1990). Για το λόγο αυτό συνιστάται (American College of Sports Medicine 1996) κατανάλωση μισού λίτρου ύδατος 1-2 ώρες πριν από την έναρξη της προσπάθειας. Κατά τη διάρκεια της άσκησης, ο αθλητής πρέπει να καταναλώνει υγρά, θερμοκρασίας 15-20°C, σε τακτά χρονικά διαστήματα (ανά περίπου 20 λεπτά) με στόχο να διατηρήσει αναλλοίωτο το σωματικό του βάρος. Η ποσότητα του προσλαμβανόμενου υγρού είναι συνάρτηση του ρυθμού εφίδρωσης του ατόμου, η οποία ανάλογα το άτομο και το εξωτερικό θερμικό φορτίο, κυμαίνεται από 0.5-3.7 λίτρα την ώρα (Armstrong et al. 1986). Από αυτή την παρατήρηση προκύπτει ότι σε υγρό και θερμό περιβάλλον ο αθλητής πρέπει να καταναλώνει κατά μέσο όρο περίπου 1.5-2 λίτρα υγρών ανά ώρα. Αρκετοί όμως αθλητές παρουσιάζουν γαστρεντερικές ενοχλήσεις ύστερα από κατανάλωση 1200 ml υγρών την ώρα

(Noakes 1993). Η ακριβής ποσότητα κατανάλωσης υγρών ανά συγκεκριμένο άτομο πρέπει να καθορίζεται με βάση το σωματικό βάρος πριν και μετά από την προπόνηση και τον αγώνα. Συνήθως, ακόμα και ο αθλητής ο οποίος καταναλώνει άφθονα υγρά κατά τη διάρκεια της άσκησης έχει μειωμένο σωματικό βάρος ύστερα από την προπόνηση ή και τον αγώνα, εάν η διάρκεια της προσπάθειας ξεπερνά τα 30 λεπτά. Σ' αυτή την περίπτωση ο αθλητής είναι υποχρεωμένος να επαναφέρει το σωματικό του βάρος σε προαγωνιστικό επίπεδο μέχρι το επόμενο αγωνιστικό/προπονητικό ερέθισμα με κατανάλωση υγρών και τροφών οι οποίες όχι μόνο είναι πλούσιες σε νερό, αλλά βοηθούν το ανθρώπινο σώμα να κατακρατήσει τα προσλαμβανόμενα υγρά (π.χ. ρύζι, το οποίο είναι πλούσιο επίσης σε Na και K). Κατά τη διάρκεια της άσκησης σε ένα πρόγραμμα θερμοεγκλιματισμού, το κύριο μέλημα είναι να προληφθεί η αφυδάτωση και αυτό μπορεί να γίνει με άφθονη πρόσληψη ύδατος. Είναι όμως προτιμότερο το προσλαμβανόμενο υγρό να περιέχει 4-8% υδατάνθρακες (σουκρόζη ή γλυκόζη ή μαλτοδεξτρίνη) όταν η διάρκεια της προπόνησης ή του αγώνα ξεπερνά τη 1 ώρα και η ένταση του ερεθίσματος είναι υψηλή. Αυτό συνιστάται κύρια για να μη μειωθεί η υψηλή οξειδωση των υδατανθράκων η οποία απειλείται από την υψηλή ένταση της άσκησης, αλλά και την υπερθερμία (Hargreaves et al. 1996). Διαφαίνεται επίσης ότι εμπλουτίζοντας το προσλαμβανόμενο ποτό με 4-8% υδατάνθρακες διευκολύνεται η διαπέραση του προσλαμβανόμενου ύδατος από τον εντερικό σωλήνα στο πλάσμα του αίματος (Gisolfi 1991). Τα αθλητικά εμπορικά ροφήματα περιέχουν επίσης μικρή ποσότητα ηλεκτρολυτών, κύρια για να είναι πιο εύγευστα και να αυξάνεται η κατανάλωση τους, έτσι ώστε να μεγιστοποιούνται τα αναμενόμενα οφέλη στην ισορροπία υγρών του σώματος και στο μεταβολισμό των υδατανθράκων (Gisolfi 1991). Μια πρόσφατη μελέτη (Mittleman et al. 1995) έδειξε επίσης ότι η χορήγηση μείγματος διαλύματος αμινοξέων (Λευκίνη, Ισολευκίνη, Βαλίνη) σε μέτρια γυμνασμένα άτομα βελτιώνει σημαντικά την απόδοση σε αντίξοο θερμικά περιβάλλον πιθανόν λόγω μείωσης της σεροτονίνης στον εγκέφαλο και αναστολής του αισθήματος κόπωσης που παρατηρείται κάτω από αυτές τις συνθήκες. Η πρακτική εφαρμογή όμως αυτών των θετικών ευρημάτων χρειάζεται παραπέρα πειραματική διερεύνηση για αθλητές υψηλού επιπέδου αφού το αίσθημα της κόπωσης αποτελεί την ασφαλιστική δικλείδα πρόληψης της θερμοπληξίας.

Κατά τη φάση του θερμοεγκλιματισμού πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στο ρουχισμό του αθλητή (Pascoe et al. 1994). Αν το εξωτερικό θερμικό φορτίο είναι ηπιότερο από το αναμενόμενο στην Ατλάντα, ο αθλητής πρέπει να φορά ενδύματα σκούρου χρώματος με μικρή ιδρωδιαπερατότητα έτσι ώστε η επιδερμίδα να είναι συνεχώς υγρή, τηρώντας όμως όλες τις παραπάνω προϋποθέσεις για να μην οδηγηθεί το άτομο σε θερμοπληξία. Στην περίπτωση που ο θερμοεγκλιματισμός πραγματοποιηθεί στην περιοχή της Ατλάντας, ο ρουχισμός πρέπει να είναι ελαφρύς, ανοικτού χρώματος με διαπερατές στον ιδρώτα ίνες (π.χ. βαμβακερές), (Montain et al. 1994) και η επιδερμίδα να παραμένει ασκούπιστη. Αντίθετα, κατά τη διάρκεια του αγώνα, είναι καλό να σκουπίζεται, εάν είναι δυνατόν, η επιδερμίδα του προσώπου και του στήθους όταν η υγρανση τους είναι πολύ υψηλή για παρατεταμένο χρονικό διάστημα (περίπου 15 λεπτά). Εν κατακλείδι, οι αθλητές οι οποίοι θα μεταβούν στην Ατλάντα πρέπει να κάνουν χρήση του τεχνητού κλιματισμού σε κλειστούς χώρους (air condition) μόνο κατά την μεσημεριανή και βραδινή κατάκλιση.

Οι αθλητές της Ολυμπιακής ομάδας πρέπει να προβούν σε εγκλιματισμό σε υγρό και θερμό περιβάλλον πριν αγωνισθούν στην Ατλάντα τηρώντας όλες τις

προσπαιτούμενες προϋποθέσεις που αναφέρθηκαν προηγούμενα, για να αποκομίσουν τα μέγιστα βιολογικά και αγωνιστικά οφέλη χωρίς να διακυβεύσουν την υγεία τους και εξαλείφοντας τα συμπτώματα υπερθερμίας (ίλιγγος, ναυτία, ζάλη, ορθοστατική υπόταση, εμετός). Πρέπει όμως να αναμένουν, ειδικά οι αθλητές αντοχής, ότι η αποδοσή τους θα είναι μειωμένη σε σύγκριση με την απόδοση που θα είχαν σε εύκρατο περιβάλλον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ALLAN, J.R., and C.G. WILSON. Influence of acclimatization on sweat sodium concentration. *J. Appl. Physiol.* 30:708-712, 1971.
- AMERICAN COLLEGE of SPORTS MEDICINE. Position stand on exercise and fluid replacement. *Med. Sci. Sports Exerc.* 28:i-vii, 1996.
- AMERICAN COLLEGE of SPORTS MEDICINE. Prevention of thermal injuries during distance running *Med Sci Sports Exerc.* 19:529-533, 1987.
- ARMSTRONG, L.E. and K.B. PANDOLF. Physical training, cardiorespiratory fitness and exercise-heat tolerance. In: *Human performances physiology and environmental medicine at terrestrial extremes.* K.B. Pandolf, U.N. Sawton R.R. Gonzalez (Eds.). Benchmark: Indianapolis IN 1988.
- ARMSTRONG, L.E., and C.M. MARESH. The Induction and decay of heat acclimatization in trained athletes. *Sports Medicine*, 12:303-312, 1991.
- ARMSTRONG, L.E., R.W. HUBBARD, B.H. JONES and J.I. DANIELS. Preparing Alberto Salazar for the heat of the 1984 Olympic Marathon. *Physian Sport Med* 14:73-81, 1986.
- ARMSTRONG, L.E., and J.E. DZIADOS. Effects of heat exposure on the exercising adult In: *Sports physical therapy*, D.B. Bernhardt (ed.), NY: Churchill Livingstone, 1986.
- BROWN, W.K., and F. SARGENT. Hydromiosis. *Arch. Environm. Health* 11:442-453, 1965.
- EICHNER, E.R., Treatment of suspect heat illness. In: *Dehydration, Rehydration and Exercise in the Heat.* An International Conference, Abstracts of invited presentations, 1-5 Nov, Nottigham, England, 1995.
- EPSTEIN, Y. Acclimation and acclimatization:Preparation for exercise in the heat. In: *Dehydration, Rehydration and Exercise in the Heat.* An International Conference, Abstracts of invited presentations, 1-5 Nov, Nottigham, England, 1995.
- GISOLFI, C.V. Work-heat tolerance derived from interval training. *J. Appl. Physiol.* 35:349-354, 1973.
- GISOLFI, S.V., K.J. SPRANGER. R.W. SUMMERS, H.B. SCHEBL, and T.L. BLEILER. Effects of cycle exercise on intestinal absorption in humans. *J. Appl. Physiol.* 71:2518-2527, 1991.
- HARGREAVES, M., P. DILLO, D. ANGUS, and M. FEBBRAIO. Effect of fluid ingestion on muscle metabolism during prolonged exercise *J. Appl. Physiol.* 80:363-366. 1996.
- HÖFLER, W. Changes in regional distribution of sweating during acclimatization to heat. *J. Appl. Physiol.* 25:503-506, 1968.
- HOUMARD, J.A., D.L. COSTILL, J.D. DAVIS, J.B. MITCHEL, D.D. PASCOE et al. The influence of exercise intensity on heat acclimatization in trained subjects. *Med. Sc. Sports. Exer.* 22:615-620, 1990.
- KUNO, Y. The acclimatization of the human sweat apparatus to heat. In: Y. KUVU (ed.). *Human Perspiration.* Springfield IL. C.C. Thauas 1956. p. 518-335.
- MACHLE. W. and T.F. HATCH. Heat: man's exchanges and physiological responses. *Physiol. Rev.* 27:200-227. 1947.
- MITTLEMAN, K., C. MILLER, M. RICCI, and L. FAKHZZADEH. Branched-chain amino acids supplementantion during prolonged exercise in heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27(5), Abstract, 1995.
- MONTAIN, S.J., M.N. SAWKA, B.S. CADA-RETTE, M.D. QUIGLEY and J.M. McKAY. Physiological tolerance to uncompensable heat stress: effects of exercise intensity protective clothing, and climate. *J. Appl. Physiol.* 77:216-222, 1994.
- MONTAIN, S.J., W.A. LATZKA, and M.N. SAWKA. Control of thermoregulatory sweating is altered by hydration level and exercise intensity. *J. Appl. Physiol.* 79:1434-1439, 1995.
- NADEL, E.R., and I.A.T., STOLWIJK. Effect of skin wettedness on sweat gland response. *J. Appl. Physiol.* 35:689-694, 1973.
- NATIONAL CLIMATIC DATA CENTER. *Monthly Summaries of local (Atlanta) Climatological data for 1945-1990 Asheville.* NC National Climatic Data Center, 1995.
- NOAKES, T.D. Fluid replacement during exercise, *Exerc. and Sports Rev.*, 21:297-330, 1993.
- ΠΡΟΣΩΠΙΚΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ, Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 1996.
- PANDOLF, K.H., K.L. BURSE and R.F. GALOMAN. Role of physical fitness in heat acclimatization,

- decay and reinduction *Ergonom.*, 20:399-408, 1977.
- PASCOE, D.D., L.A. SHANLEY and E.W. SMITH Clothing and Exercise: I. Biophysics of heat transfer between the individual, clothing and Environment. *Sports Med.* 18:38-54, 1994.
- ROBERTS, M.F., C.B. WEENER, J.A. STOLWIJK, and E.R. NADEL. Skin blood flow and sweating changes following exercise training and heat acclimatization of men to heat. *J. Appl. Physiol.* 43:133-137, 1977.
- SAWKA, M.N. and K.B. PANDOLF. Effects of body water loss on physiological function and exercise performance. In: *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*. Vol. 3. Fluid Homeostasis during Exercise. C.V. Gisolfi and D.R. Lamb (Eds.). Carmel, IN: Benchmark Press, Inc. 1990, p. 1-38.
- SAWKA, M.N., M.M. TONER, R.D. FRANCESCONI, and K.B. PANDOLF. Hypohydration and exercise effects of heat acclimation gender and environment. *J. Appl. Physiol.* 55:1147-1152, 1983.
- SHOMER, N.H., J.R. MICKELSON, and C.F. LOUIS. Caffeine stimulation of malignant hyperthermia susceptible sarcoplasmic reticulum Ca⁺⁺ release channel. *Am. J. Physiol.* 267:1253-1261, 1994.
- SPARLLNG, P.B. Expected environmental conditions for the 1996 summer Olympic Games in Atlanta. *Clin. J. Sports. Med.* 1-5, 1995.
- SUTTON I.R. Heat Illness. In: *Sports Medicine*, R.H. Strauss (ed.). Philadelphia, WB Saunders, 1984, p. 307-322.
- WENGER, C.B. Human heat acclimatization. In: *Human Performance Physiology and Environmental Medicine at terrestrial Extremes*, K.B., Pandolf, M.N. Sawka and R.R. Gon/alez (ed.). Indianapolis: Benchmark, 1988, p. 153-107.
- WILLIAMS C.G., C.H. WYNDHAM. J.F. MORRISON. Rate of lose of acclimatization in summer and winter. *J. Appl. Physiol.* 22:21-26, 1967.
- WYNDHAM. C.H., and N.B. STRYDOM. The danger of inadequate water intake during marathon running. *S. Afr. Mel. J.* 43:893-896, 1969.
- WYNDHAM, C.H., N.B. STRYDOM, J.F. MORRISON, C.G. WILLIAMS, G.D.E. ROEDEL, M.J.E. VON RADOGN, L.D. HOLOS WORTH, C.H. VanGRAAN, A.I. VAN RESNBURG, and A. MUNRO. Heat reactions of Caucasians and Bantu in South Africa. *J. Appl. Physiol.* 14:598-606, 1964.
- WYNDHAM C.H. and G.E. JACOBS. Lose of acclimatization after six days of work in cool conditions on the surface of a mine. *J. AppL Physiol.* 11:197-199, 1957.