

Παιδί και Θερμό Περιβάλλον

ΣΤΕΛΙΟΥ ΚΟΥΝΑΛΑΚΗ και ΝΙΚΟΥ ΓΕΛΑΔΑ

Πανεπιστήμιο Αθηνών

Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού

Τομέας Αθλητιατρικής και Βιολογίας της Άσκησης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

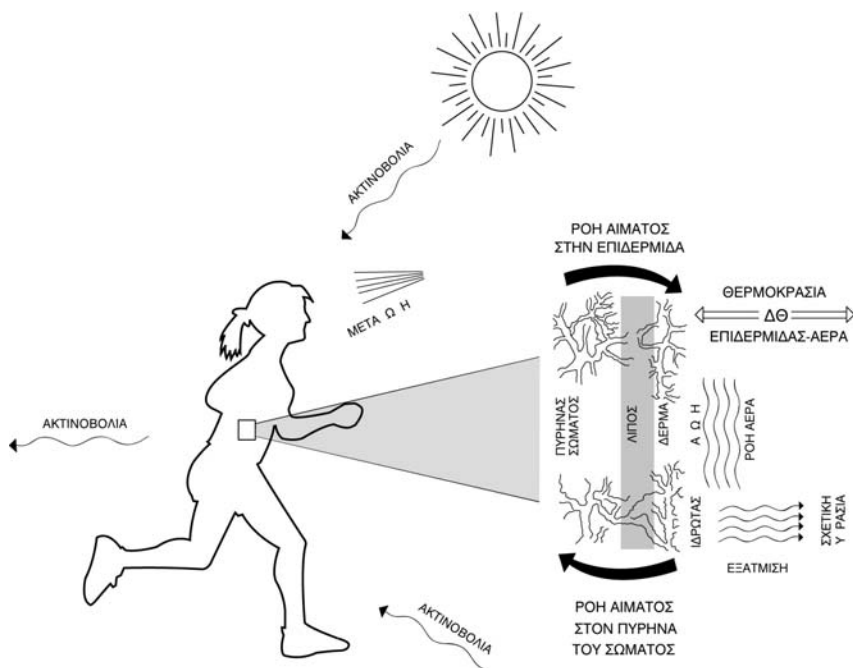
ΚΟΥΝΑΛΑΚΗΣ Σ. και ΓΕΛΑΔΑΣ Ν. Παιδί και θερμό περιβάλλον. *Κινησιολογία*, Τομ. 4, Νο 1, σελ. 1-18. Ένα σύνολο φυσικών και φυσιολογικών διαφορών από τους ενήλικες καθορίζουν την ανταπόκριση των παιδιών σε θερμικά φορτία. Ο μεγαλύτερος λόγος επιφάνειας-μάζας σώματος και η μικρότερη αιμάτωση ανά επιφάνεια σώματος ή σωματικής μάζας έχουν ως συνέπεια τα παιδιά να μειονεκτούν στη ζέστη. Επίσης, η ανεπαρκής εφιδρωτική ικανότητα και η μειωμένη κυκλοφορική απόκριση των παιδιών επιτείνουν το μειονέκτημα. Και άλλες όμως φυσιολογικές διαφορές όπως η αυξημένη παραγωγή θερμότητας και η αφυδάτωση φαίνεται να δυσκολεύουν τον οργανισμό του παιδιού στη ζέστη, ιδιαίτερα όταν αυτό υποβάλλεται σε σωματική δραστηριότητα. Παρά τις διαφορές αυτές, τα παιδιά ρυθμίζουν την θερμοκρασία του πυρήνα το ίδιο καλά με τους ενήλικες σε θερμο-ουδέτερο και σε περιβάλλον με θερμικό φορτίο όταν η διαφορά μεταξύ περιβαλλοντικής και δερματικής θερμοκρασίας δεν υπερβαίνει τους 5-7 °C. Σε υψηλότερες όμως θερμοκρασίες περιβάλλοντος η ανοχή τους μειώνεται σημαντικά. Εγκλιματισμός και πιθανόν καλή καρδιοαναπνευστική αντοχή αυξάνουν την ικανότητα ανοχής στη ζέστη στα παιδιά όπως και στους ενήλικες. Η έλλειψη εγκλιματισμού, η ανεπαρκής φυσική κατάσταση, η εθελούσια αφυδάτωση, η κυστική ίνωση, η προηγούμενη θερμική διαταραχή και η παχυσαρκία μπορεί να αποβούν κρίσιμοι παράγοντες για ένα θερμικό επεισόδιο στον παιδικό πληθυσμό. Με βάση τη μεγαλύτερη ευαισθησία των παιδιών στο θερμικό φορτίο, ο προπονητής ή ο γονέας θα πρέπει να ακολουθεί μια σειρά μέτρων πρόληψης των θερμικών διαταραχών και να έχει κατά νου τις κυριότερες διαφορές παιδιού και ενήλικα κατά την έκθεσή τους στη ζέστη.

Λέξεις κλειδιά: ΘΕΡΜΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ, ΘΕΡΜΟΡΡΥΘΜΙΣΗ, ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ, ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ

Η αποβολή ή η συσσώρευση θερμότητας εξαρτάται από τη διαφορά θερμικού φορτίου (ΘΦ) μεταξύ σώματος και περιβάλλοντος (Σχήμα 1). Όταν το σώμα έχει υψηλό ΘΦ, προσπαθεί να το αποβάλλει κυρίως από το δέρμα, μέσω εξάτμισης του ιδρώτα, αγωγής, μεταγωγής και ακτινοβολίας. Όταν το περιβαλλοντικό θερμικό φορτίο είναι υψηλότερο από αυτό του σώματος, υπάρχει διαρκής συσσώρευση θερμότητας στον οργανισμό, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα του σώματος. Ο καθορισμός του θερμικού φορτίου εξαρτάται από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, τη σχετική υγρασία και τη θερμική ακτινοβολία. Ο ανθρώπινος οργανισμός λειτουργεί σε σχετικά μικρό εύ-

ρος θερμοκρασιών (35-41°C). Η υπέρβαση του εύρους αυτού προκαλεί επιπλοκές σε ζωτικά συστήματα (καρδιαγγειακό, νευρικό) και στη χειρότερη περίπτωση οδηγεί σε θάνατο. Η άσκηση επιβαρύνει ακόμα περισσότερο τον θερμορρυθμιστικό μηχανισμό δίνοντας τροφή στο μεταβολικό καμίνι, αυξάνοντας έτσι την παραγωγή θερμότητας. Η αύξηση παραγωγής θερμότητας στον οργανισμό είναι 15-20 φορές μεγαλύτερη όταν εκτελείται άσκηση σε σύγκριση με αυτήν της ηρεμίας (Falk 1998). Τούτο, γιατί το 75-80% της χημικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για την μυϊκή συστολή μετατρέπεται σε θερμότητα (Bar-Or, 1983).

Θερμό περιβάλλον και άσκηση οδηγούν τον οργανισμό σε κάποιες αντισταθμιστικές φυσιολογι-



Σχήμα 1. Γραφική απεικόνιση μηχανισμών απόλειας κέρδους θερμότητας ασκούμενου οργανισμού με βάση τη θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος. Το μέγεθος απαλλαγής θερμότητας μέσω αγωγής, μεταγωγής και ακτινοβολίας εξαρτάται κυρίως από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δέρματος και περιβάλλοντος. Η εξάτμιση του εκκρινόμενου ιδρώτα εξαρτάται από τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος.

κές ανταποκρίσεις προκειμένου να σταματήσει η άνοδος της θερμοκρασίας πυρήνα και οι βλαβερές συνέπειες αυτής. Οι ανταποκρίσεις αυτές είναι διαφορετικές στο παιδί από ότι στον ενήλικα. Σε συνδυασμό και με τις φυσικές διαφορές του παιδιού, ο πληθυσμός αυτός πιθανόν να καθίσταται περισσότερο ευάλωτος στο θερμικό φορτίο.

Η παρούσα ανασκόπηση εξετάζει τις διαφορές (φυσικές και φυσιολογικές) παιδιού και ενήλικα που σχετίζονται με το ΘΦ, καθώς και τις διαφορετικές ανταποκρίσεις των παιδιών σε αυτό. Επίσης, συγκρίνει τις προσαρμογές του παιδιού στο ΘΦ σε σχέση με αυτές των ενηλίκων. Ακόμα, κατατάσσει τις θερμικές διαταραχές και προτείνει τρόπους πρόληψής τους για το ασκούμενο παιδί. Τέλος, αναφέρεται στους κυριότερους παράγοντες που θέτουν το παιδί σε κίνδυνο θερμικών διαταραχών.

ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΑΙΔΙΩΝ ΚΑΙ ΕΝΗΛΙΚΩΝ

ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ

Ο λόγος επιφάνειας-μάζας σώματος, το ποσοστό σωματικού λίπους και ο όγκος αίματος είναι

παράγοντες που επηρεάζουν την ανταπόκριση του οργανισμού στο ΘΦ. Ακολουθεί σύγκριση παιδιών και ενηλίκων για τις ανταποκρίσεις σε ΘΦ με βάση τις προ-αναφερόμενες φυσικές διαφορές.

Λόγος Επιφάνειας-Μάζας σώματος. Η μεταφορά θερμότητας από τον πυρήνα προς το εξωτερικό περιβάλλον και αντίστροφα, σχετίζεται με την επιφάνεια του σώματος. Η παραγωγή θερμότητας είναι ανάλογη της μυϊκής μάζας και κατ' επέκταση της σωματικής μάζας του ατόμου. Ο λόγος των δύο παραπάνω (επιφάνεια/μάζα) επηρεάζει επομένως την θερμορρυθμιστική ικανότητα του οργανισμού και παίζει σημαντικό ρόλο στην ανοχή του ΘΦ (Erstein et al., 1983). Το πηλίκο αυτό φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στην θερμορύθμιση μεταξύ ανδρών και γυναικών (Shapiro et al. 1980), αλλά και μεταξύ γυναικών με ή χωρίς μεγάλο ποσοστό σωματικού λίπους (Bar-Or et al. 1969). Τα παιδιά, αν και αυτά έχουν κατά απόλυτες τιμές μικρότερη επιφάνεια σώματος από τους ενήλικες, εντούτοις φέρουν μεγαλύτερο λόγο. Κατά τον Bar-Or (1989) ένα εξάχρονο παιδί μπορεί να έχει 50% υψηλότερο πηλίκο επιφάνειας-μάζας από έναν ενήλικα. Αυτός είναι ίσως ο λό-

γος που τα παιδιά βασίζονται περισσότερο στην απώλεια θερμότητας μέσα από αγωγή-μεταγωγή και ακτινοβολία και λιγότερο από εξάτμιση του ιδρώτα (Bar-Or et al. 1969, Davis 1981, Delamarche et al. 1990, Haymes et al. 1974). Σε μεγάλο ΘΦ (>35°C) η μεγαλύτερη τιμή επιφάνειας-μάζας σώματος είναι μειονέκτημα, γιατί απορροφούνται μεγαλύτερα ποσά θερμότητας κάνοντάς τα παιδιά λιγότερο ανεκτικά σε αυτό (Drinkwater et al. 1977, Falk and Bar-Or, 1992). Σε πειραματικές συνθήκες όμως με μεγάλη υγρασία το υψηλό ηλικίο επιφάνειας-μάζας αποτελεί πλεονέκτημα, γιατί η ευεργετική λειτουργία αποβολής θερμότητας μέσα από εξάτμιση ελαχιστοποιείται. Επίσης, σε υπομέγιστα επίπεδα άσκησης και μέτριο ΘΦ [$< 35^{\circ}\text{C}$, 30% σχετική υγρασία (ΣΥ)] ο μεγαλύτερος λόγος αποτελεί για τα παιδιά πλεονέκτημα και διευκολύνει την αποβολή θερμότητας (Doherty et al. 1986, Drinkwater et al. 1977).

Ποσοστό Σωματικού Λίπους. Το ποσοστό σωματικού λίπους μπορεί να παίξει ιδιαίτερο ρόλο στην ικανότητα ρύθμισης θερμοκρασίας στην παιδική ηλικία. Ο λιπώδης ιστός έχει χαμηλότερη ειδική θερμότητα (0.4 Kcal/g °C) (Bar-Or 1983). Αυτό σημαίνει ότι η ίδια θερμοκρασία πυρήνα σε ένα λιπώδες άτομο παρόμοιας ηλικίας θα επιτευχθεί με μικρότερο ΘΦ, εφόσον η σωματική μάζα είναι η ίδια. Επιπρόσθετα, η αύξηση πάχους του λίπους αυξάνει τη θερμομόνωση του ανθρώπινου σώματος. Η ενδομορφία κατά τον Doherty (Doherty et al. 1986) είναι ο κύριος παράγοντας μειωμένης ανοχής ΘΦ σε ζεστό (30 °C) και υγρό (80% ΣΥ) περιβάλλον στην παιδική ηλικία. Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξε ο Haymes με δοκιμαζόμενους κορίτσια στην προεφηβική ηλικία (Haymes et al. 1974). Δοκιμάζοντάς τα στο δαπεδοεργόμετρο (4,8 Km/h, 5% κλίση για 20 λεπτά), σε τέσσερις θερμοκρασίες περιβάλλοντος (21, 27, 29 και 32 °C) διαπίστωσε μεγαλύτερη θερμοκρασία πυρήνα για τα λιπώδη παιδιά σε όλες τις συνθήκες. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώθηκαν από τους ερευνητές και σε προέφηβα αγόρια (Haymes et al. 1975). Όπως και στους ενήλικες, έτσι και στα παιδιά το μεγαλύτερο ποσοστό λίπους μειώνει την ικανότητα ανοχής σε συγκεκριμένο ΘΦ. Για τα προέφηβα κορίτσια, με μικρότερο ποσοστό

σωματικού λίπους συγκριτικά με τις γυναίκες, υπάρχει θεωρητικό πλεονέκτημα στην ανοχή ΘΦ (Haymes et al. 1974). Τα αγόρια όμως όπου σύμφωνα με μερικούς ερευνητές (Visser 1973) φέρουν περισσότερο υποδόριο λίπος σε σύγκριση με τους άνδρες, μειονεκτούν κατά την έκθεσή τους στη ζέστη.

Όγκος Αίματος. Η αγωγή θερμότητας από τον πυρήνα στην περιφέρεια εξαρτάται έμμεσα και από τον όγκο αίματος, ο οποίος στα παιδιά είναι μικρότερος ακόμα και ανά επιφάνεια σώματος ή σωματική μάζα (Astrand 1952). Αυτό σημαίνει μειωμένη μεταφορά θερμότητας περιφερικά και επομένως μείωση της ανοχής στη ζέστη (Drinkwater et al. 1977). Το παραπάνω υποστήριξε και ο Falk (Falk and Bar-Or 1992), εξετάζοντας παιδιά σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης. Σημείωσε ότι η κυκλοφορία στην περιφέρεια γινόταν σε βάρος των εσωτερικών οργάνων και των μυών λόγω μειωμένου όγκου αίματος (Falk and Bar-Or, 1992).

Τα παιδιά μειονεκτούν σε ικανότητα αποβολής θερμότητας λόγω των παραπάνω φυσικών διαφορών που έχουν με τους ενήλικες. Κρισιμότερη είναι μάλλον η διαφορά που παρατηρείται στον όγκο αίματος σε συνδυασμό με τον λόγο επιφάνειας-μάζας σώματος. Συνδυασμός, που μεταφράζεται σε μεγάλη εκτιθέμενη επιφάνεια στη ζέστη με ανεπαρκή μεταφορά και αποβολή αυτής που παράγεται ενδογενώς.

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ

Οι φυσιολογικές διαφορές παιδιών και ενηλίκων στο θερμό περιβάλλον εστιάζονται στο μεταβολισμό, στην κυκλοφορική και ορμονική ανταπόκριση, καθώς και στην εφίδρωση και την ικανότητα ρύθμισης των υγρών του σώματος.

Μεταβολισμός. Η μεταβολική ενέργεια ενός παιδιού ανά κιλό σωματικής μάζας είναι μεγαλύτερη από αυτή του ενήλικα κατά το βάδισμα ή το τρέξιμο (Astrand 1952) με αποτέλεσμα η θερμική τους επιβάρυνση σε θερμοουδέτερο ή ζεστό κλίμα να είναι μεγαλύτερη.

Κατά τον Bar-Or (1989) ένα εξάχρονο κορίτσι καταναλώνει 20% περισσότερη ενέργεια από ένα δεκαεξάχρονο σε σταθερή δρομική δοκιμασία 10 χιλιομέτρων την ώρα. Επομένως η παραγωγή θερμότητας ανά κιλό σωματικής μάζας είναι με-

γαλύτερη με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται ο μηχανισμός αποβολής της.

Ο Drinkwater και οι συνεργάτες του (1977) όμως διαπίστωσαν ότι στην ίδια σχετική ένταση προσπάθειας (30% $\dot{V}O_{2max}$) δεν υπήρχαν διαφορές στην παραγωγή θερμότητας μεταξύ προέφηβων κοριτσιών και γυναικών. Και οι δύο ομάδες είχαν περπατήσει από μία ώρα σε τρεις περιβαλλοντικές συνθήκες: 28 °C και 45% ΣΥ, 35 °C και 65% ΣΥ, και τέλος 48 °C και 10% ΣΥ. Σε μια νεότερη έρευνα των Davis και των συνεργατών του (1981) διαπιστώθηκε ότι στο ίδιο ποσοστό της $\dot{V}O_{2max}$ υπάρχει 44% μικρότερη παραγωγή μεταβολικής θερμότητας σε παιδιά, σε σύγκριση με τους ενήλικες.

Κυκλοφορική απόκριση. Η μεταφορά θερμότητας από τον πυρήνα προς την περιφέρεια γίνεται κυρίως μέσα από την κυκλοφορία του αίματος. Η δυνατότητα επομένως του καρδιαγγειακού για αποβολή θερμότητας καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την ικανότητα για θερμορύθμιση στο ζεστό περιβάλλον.

Η καρδιακή παροχή έχει βρεθεί ότι σε υπομέγιστη άσκηση είναι μικρότερη στα παιδιά (Bar-Or et al. 1971, Eriksson et al. 1971) όπως και ο όγκος παλμού (Drinkwater et al. 1977, Jokinen et al. 1990). Ο μικρότερος όγκος παλμού αντισταθμίζεται εν μέρει από αύξηση της καρδιακής συχνότητας, χωρίς όμως να ικανοποιεί τις κυκλοφορικές απαιτήσεις των παιδιών (Jokinen et al. 1990). Η αυξημένη καρδιακή συχνότητα είναι μάλλον το αποτέλεσμα της προσπάθειας διατήρησης της καρδιακής παροχής καθώς ο όγκος παλμού έχει πτωτική πορεία (Bar-Or et al. 1971, Carlson and Rossignol 1989, Drinkwater et al. 1977, Jokinen et al. 1990, Tsuzuki et al. 1995). Επιβαρυντικός εδώ είναι και ο παράγοντας επιφάνεια/μάζα σώματος. Αυτό σημαίνει περισσότερο αίμα στην περιφέρεια και μεγαλύτερη δυσκολία επαναφοράς του φλεβικού αίματος.

Παρά τη μικρότερη καρδιακή παροχή, η ροή αίματος στην περιφέρεια είναι μεγαλύτερη στα παιδιά κατά την άσκησή τους σε θερμό περιβάλλον [Falk and Bar-Or, 1992, Wagner et al. 1972, Shibasaki et al. 1997 (a)]. Η εξήγηση πιθανόν να βρίσκεται στο ότι βασίζονται περισσότερο στην αγωγή-μεταγωγή παρά στην εξάτμιση του ιδρώτα

για την αποβολή θερμότητας (Delamarche et al. 1990, Haymes et al. 1974). Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται με την αυξημένη δερματική θερμοκρασία, η οποία είναι μεγαλύτερη από αυτήν των ενηλίκων στο ίδιο ΘΦ (Davis 1981, Tsuzuki et al. 1995, Wagner et al. 1972) καθώς και την αυξημένη αγγειοδιαστολική τους δραστηριότητα (Shibasaki et al. 1997a). Ο Shibasaki και οι συνεργάτες του (1999) μετά από μελέτη σε 8 προέφηβα παιδιά και 11 νεαρούς άνδρες που εμβύθησαν τα πόδια τους σε θερμό νερό (42 °C) υποστήριξαν ότι η ροή δέρματος στην επιδερμίδα είναι διαφορετική και οι διαφορές αποδίδονται στην ωρίμανση. Πιο συγκεκριμένα, τα παιδιά είχαν μεγαλύτερη αιμάτωση στον κορμό, γεγονός που αποδίδεται στην μεγαλύτερη απόσυρση του συμπαθητικού συστήματος και ενεργοποίηση του παρασυμπαθητικού για τοπική αγγειοδιαστολή.

Επίσης, τόσο η συστολική, όσο και η διαστολική πίεση βρέθηκε μικρότερη στα παιδιά κάτω των δέκα ετών όταν εκτέθηκαν για δέκα λεπτά σε Φινλανδική σάουνα (70 °C Db, 20% ΣΥ) (Jokinen et al. 1990). Οι Jokinen και Valimaki (1991) σημείωσαν ότι οι ηλεκτροκαρδιογραφικές αλλαγές ήταν πολύ μεγαλύτερες στα μικρά παιδιά, παρά σε αυτά άνω των 15 ετών όταν εκτέθηκαν στις παραπάνω συνθήκες. Πρόσθεσαν ότι η έκθεση αυτή φέρνει το κυκλοφορικό σύστημα των παιδιών υπό αξιοσημείωτη ένταση.

Ο συνδυασμός μικρής καρδιακής παροχής, αγγειοδιαστολής και αύξησης της αιμάτωσης της περιφέρειας και μικρότερης αναλογικά συστολικής και διαστολικής πίεσης είναι οι λόγοι μικρότερης ανοχής του καρδιαγγειακού συστήματος των παιδιών. Όλοι αυτοί οι λόγοι όπως επισημαίνει ο Falk (1998) μπορεί να έχουν ως συνέπεια τη μείωση της αιμάτωσης στους μύες και τον εγκέφαλο με αποτέλεσμα τη διακοπή της προσπάθειας ή την κατάρρευση του οργανισμού.

Κατά τη βάδιση ή το τρέξιμο σε δοσμένη ένταση προσπάθειας (% $\dot{V}O_{2max}$) η καρδιακή συχνότητα των παιδιών φαίνεται να είναι υψηλότερη από των ενηλίκων (Drinkwater et al. 1977, Bar-Or et al. 1971, Wagner et al. 1972). Ο Falk (Falk and Bar-Or 1992, Falk et al. 1992) δεν διαπίστωσε διαφορές σε καρδιακή συχνότητα και θερμοκρασία δέρματος σε παιδιά και ενήλικες μετά από άσκη-

ση σε ΘΦ (ποδηλάτιση στο 50% $\dot{V}O_{2max}$, 42 °C, 20% ΣΥ). Κατά τον ίδιο ερευνητή τα διαφορετικά ευρήματα που παρατηρούνται στην βιβλιογραφία οφείλονται στην ποικιλότητα των πειραματικών συνθηκών οι οποίες κάνουν δύσκολη την συγκρισιμότητά τους. Είναι πρόδηλη η δυσκολία εξαγωγής συμπερασμάτων που αφορούν την λειτουργία του καρδιαγγειακού συστήματος κάτω από ΘΦ, στην παιδική ηλικία.

Ορμονική ανταπόκριση. Οι ορμόνες που έχουν αναφερθεί ότι συνδέονται με τη θερμορρύθμιση κατά την ανάπτυξη είναι η προλακτίνη, οι κατεχολαμίνες, η σωματοτροπίνη, η τεστοστερόνη και η αλδοστερόνη (Boisvert et al. 1988, Falk et al. 1991, Jokinen et al. 1991, Main et al. 1991, Rees and Shuster, 1981).

Ουσιαστικό ρόλο στην θερμορρύθμιση κατά την ανάπτυξη φαίνεται να κατέχει η προλακτίνη. Ενήλικες που εκτέθηκαν σε ζεστό περιβάλλον αυξάνουν τα επίπεδά της. Αυτό συνέβη τόσο κατά την ηρεμία σε γυναίκες (Laatikainen et al. 1988), όσο και κατά την ηρεμία και την άσκηση στους άνδρες (Melin et al. 1988). Επίσης, η ορμόνη αυτή συμβάλλει στη ρύθμιση του επιπέδου χλωρίου στον ιδρώτα (Robertson et al. 1986). Κατά τον Melin και τους συνεργάτες του (1988) τα επίπεδα προλακτίνης συνδέονται άμεσα με την αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα του σώματος κατά την άσκηση. Ο Boisvert και οι συνεργάτες του (1988) υποστήριξαν ότι η αύξησή της αναχαιτίζεται με την ψύξη του προσώπου. Τα επίπεδα προλακτίνης στο πλάσμα αυξάνονται στα παιδιά όμοια με αυτά των ενηλίκων (Jokinen et al. 1991, Falk et al. 1991). Η αύξηση αυτή κατά τον Jokinen και τους συνεργάτες του (1991) πλησιάζει το 50% της μέγιστης τιμής της μετά από δέκα λεπτά παραμονής των παιδιών σε Φινλανδική σάουνα (70 °C Db, 20% ΣΥ). Επίσης κατά την άσκησή τους σε θερμό περιβάλλον (ποδηλάτιση στο 50% $\dot{V}O_{2max}$, 42 °C, 20% ΣΥ), ο Falk και οι συνεργάτες του (1991a) επεσήμαναν όχι μόνο ότι αυξάνονται τα επίπεδά της στο πλάσμα, αλλά ότι συνδέεται και με το επίπεδο ωριμότητας των παιδιών. Διαφορές στην προλακτίνη βρέθηκαν και από τον Apter και τους συνεργάτες του (1978) τόσο σε διαφορετικές φάσεις ωρίμανσης, όσο ανάμεσα και στα δύο φύλα. Τόνισαν όμως ότι στο θέμα αυτό υπάρχει α-

νάγκη διεξοδικότερης έρευνας μιας και καταγράφονται αντιφατικά συμπεράσματα σε σχέση με την επίδραση του φύλου. Είναι απαραίτητη η αποσαφήνιση του ρόλου της προλακτίνης στην σύσταση του ιδρώτα και τη λειτουργία των ιδρωτοποιών αδένων των παιδιών καθώς επίσης και η σπουδαιότητά της στην θερμορρύθμιση κατά την αύξησή της στο πλάσμα.

Τα επίπεδα κατεχολαμινών στο πλάσμα στην έκθεση σε ΘΦ φαίνεται να επηρεάζουν την ωσμωμοριακότητά του και επομένως την θερμοκρασία του σώματος τόσο στην ηρεμία σε σάουνα (Laatikainen et al. 1988), όσο και σε άσκηση (Melin et al. 1988). Στην παιδική ηλικία οι κατεχολαμίνες δεν φαίνεται να αλλάζουν την συγκέντρωσή της στο πλάσμα κατά την δεκάλεπτη έκθεση των παιδιών σε σάουνα (Jokinen et al. 1991).

Ο βαθμός εφίδρωσης των παιδιών συνδέεται με τα επίπεδα αυξητικής ορμόνης (Main et al. 1991) αλλά η δράση της χρήζει παραπέρα έρευνας. Το ίδιο συμβαίνει και με την τεστοστερόνη όπου σε μια έρευνα (Rees and Shuster, 1981) δεν φαίνεται να επιδρά στη εφίδρωση, ενώ σε μια άλλη (Kawahata, 1960) τα αποτελέσματα ήταν αντίθετα.

Η αλδοστερόνη πλάσματος αυξάνεται κατά την έκθεση των παιδιών σε ΘΦ σε ηρεμία (Jokinen et al. 1991) ή σε άσκηση (Falk et al. 1991). Όμως η αύξηση της συγκέντρωσής της δεν φαίνεται να συνδέεται με την ωρίμανση. Η λειτουργία της σχετίζεται με τη ρύθμιση ηλεκτρολυτών στο πλάσμα. Η απόκριση των εκκρινών αδένων στην αλδοστερόνη αυξάνεται στο ΘΦ με αποτέλεσμα την αύξηση επαναρρόφησης ηλεκτρολυτών από τον ιδρώτα (Kirby and Convertino, 1986).

Ο πιθανός ρόλος των ορμονών κατά τις διαφορετικές φάσεις ανάπτυξης του παιδιού που σχετίζεται με τις ανταποκρίσεις τους στο ΘΦ χρειάζεται παραπέρα ενδελεχή διερεύνηση.

Εφίδρωση. Η εφίδρωση συμβάλλει ενεργά στην ικανότητα του ατόμου για αποβολή θερμότητας μέσα από την εξάτμιση. Το μέγεθος εφίδρωσης και η σύσταση του αποβαλλόμενου ιδρώτα είναι τα δύο στοιχεία που συμβάλλουν ουσιαστικά στη θερμορρύθμισή του. Θα πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι η εξάτμιση του ιδρώτα περιορίζεται ή αυξάνεται ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία και υγρασία).

Είναι καλά τεκμηριωμένο ότι τα παιδιά ιδρώνουν λιγότερο από τους ενήλικες, σε συγκεκριμένο θερμικό και μεταβολικό φορτίο (Bar-Or 1989, Delamarche et al. 1990, Falk et al. 1992, Falk and Bar-Or, 1992, Main et al. 1991, Rees and Shuster 1981) ακόμα και ανά μονάδα επιφάνειας σώματος (Drinkwater et al. 1977, Meyer et al. 1992, Wagner et al. 1972). Οι διαφορές στο μέγεθος εφίδρωσης μεταξύ παιδιών και ενηλίκων οφείλονται σε διαφορές στα χαρακτηριστικά (τύπος, μέγεθος) και στον αριθμό των ενεργοποιούμενων αδένων, καθώς και στο διαφορετικό κατώφλι έναρξης της εφίδρωσης.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΔΕΝΩΝ.

Τύπος αδένων. Έχουν αναφερθεί δύο τύποι αδένων: οι εκκριτικοί και οι απεκκριτικοί (Sato and Sato, 1987). Οι εκκριτικοί βρίσκονται σε αφθονία σε όλο το σώμα, ενώ οι απεκκριτικοί στις μασχάλες και στην ηβική χώρα. Οι πρώτοι εκκρίνουν ένα ορώδες υγρό, ενώ οι δεύτεροι ένα γαλακτώδες, πλούσιο σε πρωτεΐνες υγρό. Ο Sato και οι συνεργάτες του (Sato et al 1987) επεσήμαναν και έναν τρίτο τύπο αδένων, τον αποεκκριτικό, ο οποίος μοιράζεται χαρακτηριστικά των άλλων δύο και βρίσκεται στην μασχαλιαία χώρα. Η εμφάνισή του ολοκληρώνεται με την ενηλικίωση, φτάνοντας το 45% των αδένων στην περιοχή αυτή. Κατά τους ίδιους ερευνητές μάλιστα, αυτός ο τύπος διαφέρει λειτουργικά και φαρμακολογικά και συμβάλλει σημαντικά στην εφίδρωση της μασχάλης (Sato and Sato 1987). Παρακάτω θα μας απασχολήσουν μόνο οι εκκριτικοί αδένες, οι οποίοι αποτελούν την πλειοψηφία και έχουν τον κύριο λόγο στην εφιδρωτική ικανότητα.

Μέγεθος αδένων. Οι αδένες των παιδιών φαίνεται να είναι πιο μικροί από των ενηλίκων (Wolf et al. 1970) και μάλιστα το μέγεθος εκάστου από αυτούς σχετίζεται με το επίπεδο μεταβολισμού του. Ο Wolfe και οι συνεργάτες του (1970) παρατήρησαν αύξηση στην παραγωγή γαλακτικού οξέος στον ιδρώτα, ανάλογα με το μέγεθος του αδένου. Οι Sato και Sato (1983) πρόσθεσαν ότι η υπερτροφία και το μήκος σώματος του αδένου είναι ανάλογα με το μέγεθος εφίδρωσης και την ανταπόκρισή τους σε χοληνεργικά ερεθίσματα. Το μικρότερο μέγεθος, αλλά και ο χαμηλότερος μετα-

βολισμός των αδένων που παρατηρείται στα παιδιά είναι δύο από τους λόγους για τους οποίους ιδρώνουν λιγότερο.

Αριθμός ενεργοποιούμενων αδένων. Από τα 2-2.3 εκατομμύρια αδένες που υπάρχουν στο σώμα ενεργοποιούνται σε δεδομένη στιγμή το 1-1.7 (Bar-Or 1983). Σε άτομα που έχουν μεγάλο λόγο επιφάνειας-μάζας σώματος η αναλογία ανά μονάδα επιφάνειας είναι πολύ μεγαλύτερη (Bar-Or et al 1968). Το ερώτημα που τίθεται είναι αν η μικρότερη εφίδρωση που παρατηρείται στα παιδιά οφείλεται στην ενεργοποίηση λιγότερων αδένων ή στη μικρότερη παραγωγή ιδρώτα ανά αδένου. Ο Inbar (1980) αναφέρει ότι η παραγωγή ιδρώτα ανά αδένου είναι πολύ μεγαλύτερη στους ενήλικες από ότι στα παιδιά 8-10 ετών. Ο Huebner και οι συνεργάτες του νωρίτερα (1966) είχαν καταλήξει στο ίδιο συμπέρασμα συγκριτικά σε ασθενείς με κυστική ίνωση, μετά από ιοντοφόρηση με φιλοκαρπίνη. Παρόμοια ο Falk και οι συνεργάτες του (1992) σημείωσαν ότι ο αριθμός των αδένων ανά τετραγωνικό εκατοστό επιφάνειας στα προέφηβα παιδιά ήταν μεγαλύτερος σε σύγκριση με τα έφηβα. Επεσήμαναν ότι η παραγωγή ιδρώτα ανά αδένων των παιδιών αυτών ήταν σημαντικά μικρότερη. Η παραγωγή ιδρώτα ανά αδένου είναι μικρότερη στα παιδιά και αυτό μάλλον οφείλεται στο μέγεθος των αδένων. Ωστόσο, είναι υπό διερεύνηση και ο ρόλος των ορμονών στην ενεργοποίηση και λειτουργία των αδένων.

Ο Shibasaki και οι συνεργάτες του (1997b), προτείνουν ότι η μικρότερη εφίδρωση που παρατηρείται στο υπόλοιπο σώμα των παιδιών κατά την βύθιση των ποδιών τους σε νερό 42 °C οφείλεται σε μη ανεπτυγμένους περιφερικούς παράγοντες (αδένες και γύρω ιστοί), παρά σε κεντρικές εντολές που αφορούν την εφίδρωση. Η εντολή μπορεί να δίνεται, αλλά να μην υπάρχει ενεργοποίηση στην περιφέρεια. Και αυτή η θεωρία όμως είναι υπό εξέταση.

Ευαισθησία εφίδρωσης. Κατά τον Bar-Or (1989) υπάρχουν δύο δείκτες ευαισθησίας για την έναρξη της εφίδρωσης: α) η θερμοκρασία του ορθού στην οποία αρχίζει η εφίδρωση και β) η αύξηση του ιδρώτα μετά από δεδομένη αύξηση στον πυρήνα πάνω από συγκεκριμένο κατώφλι (π.χ. 37 °C). Τα παιδιά φαίνεται να παράγουν λιγότερο ιδρώτα με

την ίδια αύξηση στον πυρήνα σε σύγκριση με τους ενήλικες (Inbar 1980, Delmarche et al. 1990). Η εφίδρωση σύμφωνα με τον Araki και τους συνεργάτες του (1979) αρχίζει στα παιδιά σε θερμοκρασία ορθού (+0,7 °C, ενώ στους ενήλικες στους +0.2 °C). Οι Anderson και Mekjavic (1996), παρότι συμφώνησαν ότι ο ιδρώτας των παιδιών ήταν μειωμένος σε σύγκριση με των ενηλίκων στο ίδιο ΘΦ, εντούτοις το κατώφλι έναρξης εφίδρωσης (συγκεκριμένη θερμοκρασία ορθού) κυμαινόταν στα ίδια επίπεδα απόκλισης σε σχέση με την θερμοκρασία ηρεμίας τους.

Η ευαισθησία των αδένων για εφίδρωση αυξάνει τόσο σε χοληνεργικά (Sato and Sato 1983) όσο και σε αδρενεργικά (Wada 1950) ερεθίσματα κατά την ωρίμανση. Ο Falk (1998) αναφέρει ότι εφόσον είναι δεδομένη η υψηλότερη θερμοκρασία στην επιδερμίδα των παιδιών σε σύγκριση με των ενηλίκων στο ίδιο ΘΦ, είναι λογικό να καθυστερεί η έναρξη εφίδρωσής τους. Και αυτό γιατί, για την παραγωγή και εξάτμιση του ιδρώτα θα πρέπει να υπάρχει διαφορά δερματικής και περιβαλλοντικής θερμοκρασίας.

ΣΥΣΤΑΣΗ ΙΔΡΩΤΑ

Γαλακτικό οξύ. Το γαλακτικό οξύ στον ιδρώτα –προϊόν της αναερόβιας γλυκόλυσης– έχει χρησιμοποιηθεί ως δείκτης μεταβολισμού του ιδρωτοποιού αδένου (Falk et al. 1991b, Wolf et al. 1970). Κατά τον Falk και τους συνεργάτες του (1991b) η συγκέντρωση γαλακτικού οξέος ανά αδένου σχετίζεται αρνητικά με το μέγεθος εφίδρωσης. Ο αναερόβιος μεταβολισμός των αδένων αλλά και το μέγεθος εφίδρωσης σημειώνει ο ερευνητής ότι βελτιώνονται με την ωρίμανση. Το μεγαλύτερο ποσοστό γαλακτικού ανά περιοχή που βρέθηκε στον ιδρώτα των παιδιών αποδίδεται στον μεγαλύτερο αριθμό ενεργοποιημένων αδένων που έχουν ανά τετραγωνικό εκατοστό επιφάνειας σώματος.

Ηλεκτρολύτες. Η συγκέντρωση νατρίου και χλωρίου φαίνεται να είναι μεγαλύτερη στον ιδρώτα των ενηλίκων από ότι των παιδιών (Araki et al. 1979, Meyer et al. 1992, Tsuzuki et al. 1995) ενώ το αντίθετο φαίνεται να συμβαίνει με το κάλιο (Meyer et al. 1992). Ο Tsuzuki και οι συνεργάτες του (1995) τόνισαν ότι ο μηχανισμός επαναρ-

ρόφησης του νατρίου από τους αδένες των παιδιών συγκριτικά με των μητέρων τους ήταν πιο ισχυρός. Ο Meyer και οι συνεργάτες του (1992) απέδωσαν τη μικρότερη συγκέντρωση νατρίου και χλωρίου σε δύο παράγοντες. Ο πρώτος σχετίζεται με την ευαισθησία του σώματος του αδένου στα επίπεδα αλδοστερόνης του πλάσματος, η οποία διεγείρει την επαναρρόφηση νατρίου σε αυτό. Ο δεύτερος έχει να κάνει με την υπόθεση ότι η συγκέντρωση ηλεκτρολυτών είναι αποτέλεσμα του βαθμού εφίδρωσης. Όσο περισσότερος ο ιδρώτας, τόσο λιγότερος ο χρόνος επαναρρόφησης νατρίου από το σώμα του αδένου. Όμως και οι δύο παραπάνω παράγοντες χρήζουν παραπέρα μελέτης καθώς το πεδίο μελέτης δεν έχει πλήρως αποσαφηνιστεί. Σε μια έρευνα για παράδειγμα, δεν φάνηκε τα επίπεδα αλδοστερόνης να σχετίζονται με το επίπεδο βιολογικής ωριμότητας (Falk et al. 1991). Επίσης και στο δεύτερο παράγοντα, δηλαδή στη σχέση βαθμού εφίδρωσης και επαναρρόφησης ηλεκτρολυτών υπάρχουν αντιφατικά αποτελέσματα (Hjelm et al. 1986). Τα αποτελέσματα αυτά είναι μάλλον απόρροια διαφορετικών μεθοδολογικών προσεγγίσεων συλλογής και ανάλυσης του ιδρώτα.

Είναι πάντως τεκμηριωμένο ότι τα παιδιά χάνουν λιγότερο νάτριο και χλώριο με τον ιδρώτα τους, χωρίς να έχουν ξεκαθαριστεί οι αιτίες του φαινομένου. Κατά τον Meyer (1992) μπορεί να υπάρχει κάποιος προστατευτικός μηχανισμός στα παιδιά, ώστε να μην χάνουν ηλεκτρολύτες. Για τον ίδιο, αυτό μπορεί να εξηγηθεί και το μικρότερο μέγεθος εφίδρωσής τους. Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι υπάρχουν ενδείξεις (Sens et al. 1985) για διαφορές στην πρωτεϊνική σύσταση του ιδρώτα σχετιζόμενες με την ωρίμανση και που ίσως παίζουν κάποιο ρόλο στην θερμορρύθμιση.

Ρύθμιση Υγρών. Κατά την έκθεση του οργανισμού σε θερμό περιβάλλον σε ηρεμία και πολύ περισσότερο σε άσκηση, υπάρχει μεγάλη απώλεια υγρών κυρίως μέσα από το μηχανισμό της εφίδρωσης. Στους ενήλικες (Pugh et al. 1967) αλλά και στα παιδιά (Bar-Or et al. 1980, Bar-Or et al. 1992, Wilk et al. 1998) αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ένα φαινόμενο που ονομάζεται εθελούσια αφυδάτωση. Εθελούσια γιατί, παρά την ελεύθερη παροχή υγρών, τα άτομα δεν αισθάνονται την ανάγκη

για αναπλήρωση των υγρών τους και άρα η δίψα είναι ένα ανεπαρκές ερέθισμα υπό συνθήκες ζέστης. Ακραία, αλλά χαρακτηριστική η περίπτωση μαραθωνοδρόμου, ο οποίος κέρδισε την κούρσα τερματίζοντας με απώλειες υγρών 6.7% του σωματικού του βάρους (Pugh et al. 1967). Σε συνδυασμό με την θέση του Αμερικάνικου κολεγίου αθλητιατρικής (ACSM, 1996) που αναφέρει ότι 1% αφυδάτωση επιβαρύνει το καρδιαγγειακό και εμποδίζει την μεταφορά και αποβολή θερμότητας, γίνεται αντιληπτή η αναγκαιότητα για αναπλήρωση υγρών.

Για τους ενήλικες είναι γεγονός ότι η αφυδάτωση επηρεάζει την ωσμωμοριακότητα του πλάσματος μειώνοντας τη δερματική κυκλοφορία και το βαθμό εφίδρωσης αυξάνοντας την θερμοκρασία του πυρήνα και την καρδιακή συχνότητα (Fortney et al. 1984, Sawka et al. 1985 για ανασκόπηση δεξ Sawka and Montain 2000). Στα παιδιά δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα στο πεδίο αυτό και δεν θα πρέπει να υποθέσουμε αβίαστα ότι οι φυσιολογικοί μηχανισμοί είναι απόλυτα ίδιοι. Η θερμοκρασία του πυρήνα έχει δείχθει ότι αυξάνεται περισσότερο στα παιδιά στο ίδιο % ποσοστό αφυδάτωσης ανά κιλό σωματικού βάρους (Bar-Or et al. 1980) σε σύγκριση με τους ενήλικες. Πάντως, με δεδομένο ότι τα παιδιά βασίζονται περισσότερο στην αγωγή-μεταγωγή παρά στην εξάτμιση, υποθέτουμε με επιφυλάξεις ότι οι επιπτώσεις της αφυδάτωσης στην ωσμωμοριακότητα του πλάσματος και επομένως στην δερματική κυκλοφορία είναι κρισιμότερες.

Η εθελούσια αφυδάτωση στα παιδιά μπορεί να μειωθεί ή και να προληφθεί (Bar-Or and Wilk 1996, Rivera-Brown et al. 1999, Wilk et al. 1998, Wilk and Bar-Or, 1996). Οι ερευνητές συμφωνούν ότι ο τρόπος πρόληψης είναι ο εμπλουτισμός του νερού με υδατάνθρακες και ηλεκτρολύτες. Αναλυτικότερα, οι Wilk και Bar-Or (1996) σημείωσαν ότι μετά από τέσσερα εικοσάλεπτα (50 % $\dot{V}O_2\max$) σε ζεστό περιβάλλον (35 °C, 45-50% ΣΥ) η εθελούσια αφυδάτωση προλαμβάνονταν με εμπλουτισμό του νερού με 6% υδατάνθρακες και 18 mmol/l NaCl. Οι ίδιοι συγγραφείς επιβεβαίωσαν τα παραπάνω και σε μεταγενέστερες εργασίες τους σε περιβάλλον με υψηλότερη υγρασία (50-55% και 60-65% ΣΥ) (Wilk et al. 1998) καθώς και μεγαλύ-

τερη διάρκεια άσκησης (180 λεπτά) (Bar-Or and Wilk 1996). Τα ίδια ποσοστά για υδατάνθρακες και ηλεκτρολύτες για την αποφυγή της αφυδάτωσης αναφέρει και η Rivera-Brown και οι συνεργάτες της (1999) για εγκλιματισμένα παιδιά που ασκούσαν (τέσσερα 20-λεπτα στο 60% της $\dot{V}O_2\max$) σε τροπικό κλίμα (WBGT 30.4 ± 1.0 °C). Ο Meyer και οι συνεργάτες του αντίθετα (1995a) διαπίστωσαν μηδενική επίδραση των ηλεκτρολυτών στην θερμορρύθμιση όταν έδιναν 6% υδατάνθρακες και διαφορετικά ποσοστά χλωρίου και νατρίου κατά την ποδηλάτιση σε θερμό περιβάλλον. Τόνισαν ότι η συγκέντρωση νατρίου στο πλάσμα δεν επηρεάστηκε από την επιπλέον πρόσληψή του μέσα από τα υγρά. Επιπλέον, οι υδατάνθρακες από μόνοι τους δεν επηρέασαν την απόδοση όταν οι δοκιμαζόμενοι ποδηλάτησαν στο 90% της $\dot{V}O_2\max$ μέχρι εξάντλησης μετά από 55 λεπτά διακοπτόμενης άσκησης στην ζέστη (35 °C, 45% σχετική υγρασία). Η διάρκεια της άσκησης όμως ήταν μικρή και δεν αναμενόταν πρόβλημα αναπλήρωσης υδατανθράκων. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα παιδιά ενυδατώνονταν συνεχώς και αναγκαστικά και άρα δεν αναπτυσσόταν το φαινόμενο της εθελούσιας αφυδάτωσης. Συνεχίζοντας την προηγούμενη εργασία τους οι παραπάνω ερευνητές (Meyer et al. 1995) τόνισαν ότι η σύσταση του προσλαμβανόμενου υγρού δεν έχει επιπτώσεις στο αίσθημα της δίψας ή στην αίσθηση πλήρωσης του στομάχου. Επιπλέον δεν έχει επίδραση στην συμπεριφορά πρόσληψης υγρών κατά την αποκατάσταση.

Συνοψίζοντας, η μεταβολική απόκριση των παιδιών στην ίδια % $\dot{V}O_2\max$ ανά κιλό σωματικής μάζας είναι μεγαλύτερη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη παραγωγή θερμότητας στην ίδια σχετική επιβάρυνση. Ακόμα, τα παιδιά φαίνεται να βασίζονται λιγότερο στον εφιδρωτικό μηχανισμό, γεγονός που τους δυσχεραίνει την αποβολή θερμότητας. Υστερεί επίσης η κυκλοφορική τους απόκριση στο ΘΦ με αποτέλεσμα τον περιορισμό της μεταφοράς ζέστης προς το δέρμα για την αποβολή της. Η αφυδάτωση έχει μάλλον κρίσιμες επιπτώσεις στον μηχανισμό των παιδιών για την ρύθμιση της θερμοκρασίας τους. Οι ορμόνες και ιδιαίτερα η προλακτίνη και η αλδοστερόνη συνδέονται με την θερμορρύθμιση και την

ωρίμανση χωρίς αυτό να έχει τεκμηριωθεί πλήρως. Οι φυσιολογικές αυτές διαφορές φαίνεται να φέρνουν τον παιδικό οργανισμό σε θερμορρυθμιστικό μειονέκτημα. Είναι απαραίτητο να τονιστεί ότι υπάρχει διαφορετική μεθοδολογική προσέγγιση από τους ερευνητές και το γεγονός αυτό κάνει την συγκρισιμότητα των ερευνών δύσκολη. Η ποικιλότητα των συνθηκών δοκιμασίας και περιβάλλοντος αποβαίνει καθοριστική για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

Οι παραπάνω φυσικές και φυσιολογικές διαφορές των παιδιών είναι ικανές να επηρεάσουν τη δυνατότητα που έχουν για ρύθμιση της θερμοκρασίας τους; Αρκετές έρευνες υποστηρίζουν ότι τα παιδιά ρυθμίζουν το ίδιο καλά τη θερμοκρασία του σώματός τους, όσο και οι ενήλικες (Anderson and Mekjavic 1996, Davis 1981, Delamarche et al. 1990, Drinkwater et al. 1977, Gullestad, 1975, Piekarski et al. 1986, Shibaski et al. 1997a). Άλλες όμως παρουσιάζουν διαφορετικά δεδομένα (Carlson and Rossignol 1989, Drinkwater et al. 1977, Falk and Bar-Or, 1992, Haymes et al. 1974, Wagner et al. 1972,). Οι διαφορετικές απόψεις σε ότι αφορά την ικανότητα θερμορρύθμισης των παιδιών κατά την άσκηση, σχετίζεται με την έκθεση αυτών σε ποικίλες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Θερμο-ουδέτερο περιβάλλον. Όταν η περιβαλλοντική θερμοκρασία είναι η ίδια ή λίγο υψηλότερη από τη θερμοκρασία του δέρματος, τα παιδιά διαθέτουν καλή θερμορρυθμιστική ικανότητα, αποτελεσματική όσο και των ενηλίκων για τουλάχιστον μία ώρα άσκησης σε μέτρια ένταση (Haymes et al. 1974, Piekarski et al. 1986, Haymes et al. 1975, Doherty et al. 1986). Ο Drinkwater και οι συνεργάτες του (1977) υποστήριξαν ότι σε συνθήκες 28 °C με σχετική υγρασία 45%, τα δωδεκάχρονα κορίτσια και οι εικοσάχρονες γυναίκες μπορούσαν να αντέξουν 100 λεπτά άσκησης το ίδιο καλά. Τόνισε ότι, ενώ οι γυναίκες βασίζονταν περισσότερο στην εφίδρωση για την αποβολή θερμότητας, τα κορίτσια μάχονταν την ανύψωση της θερμοκρασίας του πυρήνα μέσα από την αγωγή, μεταγωγή και ακτινοβολία. Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξε και ο Davis (1981) με δο-

κιμαζόμενους προέφηβα κορίτσια, έφηβα κορίτσια και άνδρες σε συνθήκες 21 °C και 67% σχετικής υγρασίας. Μέσα από διαφορετικούς μηχανισμούς αποβολής θερμότητας, τα άτομα έδειξαν την ίδια ανύψωση στην θερμοκρασία του ορθού (1.2 °C). Ο Gullestad (1975) συμπέρανε ότι τα εντεκάχρονα παιδιά ρυθμίζουν τη θερμοκρασία του σώματός τους το ίδιο καλά, όπως οι ενήλικες όταν ασκούνται με σταθερό φορτίο σε θερμοουδέτερο περιβάλλον. Οι Anderson και Mekjavic (1996) ανέφεραν σχετικά ότι τα παιδιά (11.4 ± 1.2 χρόνων) ρύθμισαν τη θερμοκρασία του πυρήνα τους το ίδιο καλά όπως και οι ενήλικες κατά την εικοσάλεπτη άσκησή τους και την άμεση εμβύθιση των ποδιών τους σε νερό 28 °C με το τέλος της. Τόνισαν όμως όπως νωρίτερα και ο Davis, ότι οι θερμορρυθμιστικές στρατηγικές ήταν διαφορετικές και είχαν να κάνουν με το επίπεδο σωματικής ωριμότητας.

Περιβάλλον με θερμικό φορτίο. Παρόμοια είναι τα συμπεράσματα και στο θερμό περιβάλλον όταν η διαφορά δερματικής και περιβαλλοντικής θερμοκρασίας κυμαίνεται μεταξύ 5 και 7 °C (Doherty et al. 1986, Drinkwater et al. 1977, Haymes et al. 1974, Haymes et al. 1975). Κατά τον Doherty και τους συνεργάτες του (1986) τα προέφηβα αγόρια μπορούν να ρυθμίσουν ικανοποιητικά την θερμοκρασία του πυρήνα τους σε θερμό και υγρό περιβάλλον (30 °C, 80% ΣΥ). Για τους ερευνητές, ο επιβαρυντικός παράγοντας του συστήματος αποβολής θερμότητας φαίνεται να είναι μονάχα η ενδομορφία. Παρόμοιες παρατηρήσεις είχαν γίνει νωρίτερα από τον Haymes και τους συνεργάτες του (1975), οι οποίοι τόνισαν το ρόλο της ενδομορφίας για την ανοχή των παιδιών στη ζέστη υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες.

Ενδιαφέρουσα είναι η σύγκριση του Bar-Or (1989) μεταξύ δύο ερευνών με κορίτσια 9-11 χρόνων (Haymes et al. 1974) και γυναίκες 19-21 χρόνων (Bar-Or et al. 1969). Όλες οι δοκιμαζόμενες περπατούσαν τρία εικοσάλεπτα με ταχύτητα 4.8 χιλιόμετρα την ώρα, χωρίς να παρατηρηθούν διαφορές στην θερμοκρασία του ορθού και την αποθήκευση θερμότητας. Μάλιστα, η ανταπόκριση της θερμοκρασίας πυρήνα σώματος κοριτσιών και γυναικών ήταν παρόμοια. Ο Delamarche δοκιμάζοντας 11 αγόρια (10-12 ετών) σε θερμοθάλα-

μο (Db 20 °C) στο 60% της $\dot{V}O_2\max$ για 60 λεπτά δεν διαπίστωσε διαφορές στην αύξηση της θερμοκρασίας του ορθού σε σχέση με αυτήν των ενηλίκων. Επεσήμανε όμως την διαφορετική βαρύτητα στον τρόπο που χρησιμοποιούν τα παιδιά (αγωγή-μεταγωγή-ακτινοβολία) συγκριτικά με τους ενήλικες (εξάτμιση) για την αποβολή θερμότητας.

Στο πολύ θερμό περιβάλλον, η ανοχή των παιδιών στην ζέστη είναι μικρότερη από αυτή των ενηλίκων (Drinkwater et al. 1977, Jokinen et al. 1990, Haymes et al. 1974, Haymes et al. 1975, Tsuzuki et al. 1995, Wagner et al. 1972). Ο Drinkwater (Drinkwater et al. 1977) αναφέρει ότι τα συμπτώματα των κοριτσιών που σταμάτησαν ήταν ζαλάδα και ναυτία. Ο χρόνος άσκησής τους (100 λεπτά) στους 35 °C ολοκληρώθηκε στα δύο και στους 48 °C στο ένα από τα πέντε κορίτσια. Ο ερευνητής πρότεινε την κυκλοφορική αστάθεια που παρατήρησε σε αυτά, σαν τον πρωτεύοντα παράγοντα μικρότερης ανοχής στη ζέστη. Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξαν ο Jokinen και οι συνεργάτες του (Jokinen et al. 1990) δοκιμάζοντας παιδιά και ενήλικες στην Φιλανδική σάουνα (70 °C Db, 20% ΣΥ). Τόνισαν ότι η υψηλή θερμοκρασία επιφέρει σημαντικότερες απαιτήσεις στο κυκλοφορικό σύστημα των παιδιών ειδικά ηλικίας κάτω των πέντε ετών λόγω της σημαντικής μείωσης στον όγκο παλμού τους (32.9%). Και ο Wagner νωρίτερα (Wagner et al. 1972) σημείωνε ότι τα παιδιά συμπλήρωναν λιγότερα λεπτά άσκησης (5.6 Km/h, 0% κλίση) και σταματούσαν με μεγαλύτερη θερμοκρασία στο δέρμα τους σε συνθήκες 49 °C και 17% σχετική υγρασία. Επίσης σε μια νεότερη έρευνα, οι Tsuzuki-Hayakawa και συνεργάτες σημείωσαν αυξημένη θερμοκρασία πυρήνα παιδιών στο ζεστό περιβάλλον (35 °C, 70% ΣΥ), σε σχέση με τη θερμοκρασία των μητέρων τους. Αντίθετα, οι Falk και Bar-Or (1992) ανέφεραν όμοια θερμοκρασία ορθού κατά την ποδηλάτιση (50% $VO_2\max$) σε προέφηβα, έφηβα και μετέφηβα παιδιά (42 °C, 20% ΣΥ). Ακόμα σε μια επόμενη μελέτη των ίδιων ερευνητών (Falk et al. 1992) δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στη θερμοκρασία του ορθού με βάση τα διαφορετικά στάδια ωρίμανσης. Ο Shibasaki και οι συνεργάτες του (1997a) κατέληξαν σε παρόμοια συμπεράσματα.

Σε ένταση 40% της $\dot{V}O_2\max$ για 45 λεπτά σε θερμό περιβάλλον (30 °C 45% ΣΥ) δεν παρατήρησαν διαφορές σχετιζόμενες με την ηλικία τόσο στη θερμοκρασία του ορθού, όσο και στην καρδιακή συχνότητα. Σημείωσαν ότι μόνο οι απόλυτες τιμές ήταν σημαντικά υψηλότερες για τα παιδιά λόγω μεγαλύτερων αρχικών τιμών. Στην περίπτωση αυτή βέβαια, το ΘΦ δεν ήταν υψηλό και ίσως να είναι αυτός ο λόγος ικανοποιητικής απόκρισης των παιδιών.

Ενδιαφέροντα αποτελέσματα έδωσε η μακροχρόνια έρευνα του Piekarski και των συνεργατών του (Piekarski et al. 1986). Μέτρησαν τέσσερα παιδιά σε θερμοθάλαμο ενώ περπατούσαν (4Km/h, 0% κλίση) και κάθονταν, σε θερμοκρασίες από 25-55 °C, από τα δέκα έως τα 16 τους χρόνια. Ανέφεραν ότι η θερμοκρασία του ορθού και η καρδιακή συχνότητα μειώνονταν καθώς αυξανόταν η ηλικία, ενώ το αντίθετο συνέβαινε με την εφίδρωση. Όμως, συμφωνώντας με τον Shibasaki, τόνισαν ότι αυτό δεν ίσχυε αν λαμβάνονταν υπόψη οι αρχικές τιμές. Πάντως, πέρα από τις αρχικές τιμές, η θεωρία του ανεστραμμένου U των Drinkwater και Horvath (Drinkwater and Horvath, 1979) που αφορά την σχέση ανοχής στη ζέστη και την ηλικία φαίνεται να ισχύει. Χρειάζεται παραπέρα έρευνα για να διαπιστωθεί εάν τελικά ο τρόπος της άσκησης σε ζεστό περιβάλλον επηρεάζει σημαντικά την θερμορρυθμιστική συμπεριφορά των παιδιών.

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ

Ο εγκλιματισμός και η προπόνηση επιφέρουν στους ενήλικες προσαρμογές που μπορεί να βελτιώσουν την ανοχή του οργανισμού στο θερμό περιβάλλον (Falk 1996). Ενδιαφέρον παρουσιάζει η απόκριση των παιδιών στους δύο αυτούς τρόπους βελτίωσης της ανοχής συγκεκριμένου ΘΦ.

Εγκλιματισμός. Ο εγκλιματισμός αναφέρεται στην διαδικασία προσαρμογής του οργανισμού στο θερμό περιβάλλον μέσα από τις επαναλαμβανόμενες εκθέσεις του σε αυτό. Κατά τον Bar-Or (1983) και τον Falk (1996) οι κύριες φυσιολογικές αλλαγές σε ενήλικες αλλά και παιδιά εστιάζονται: α) στην πτώση της καρδιακής συχνότητας, της θερμοκρασίας του ορθού και της δερματικής θερ-

μοκρασίας σε δεδομένο έργο, β) στην αύξηση του βαθμού και της ευαισθησίας εφίδρωσης και γ) στην πτώση της συγκέντρωσης ηλεκτρολυτών στον ιδρώτα. Ο βαθμός μεταβολών των παραπάνω παραμέτρων με τον εγκλιματισμό είναι παρόμοιος για παιδιά και ενήλικες (Bar-Or 1983, Inbar 1980).

Η κύρια διαφορά στην παιδική ηλικία έγκειται στο εύρος εγκλιματισμού (Bar-Or 1983). Τα παιδιά χρειάζονται περισσότερες εκθέσεις στο περιβάλλον (πάνω από διπλάσιες) για τα ίδια αποτελέσματα. Ο Inbar (1980) αναφέρει καλύτερες προσαρμογές στους ενήλικες σε ίδιο αριθμό εκθέσεων (δύο εβδομάδες) από ότι σε παιδιά 8-10 ετών. Το ίδιο υποστήριξαν και ο Wagner και οι συνεργάτες του (Wagner et al. 1972) σε παιδιά 10-16 ετών σε πρόγραμμα εγκλιματισμού οκτώ ημερών στην ζέστη (48 °C, 17% ΣΥ). Αν αναλογιστούμε ότι οι ενήλικες θέλουν για τον πλήρη εγκλιματισμό τους 8-14 ημέρες, (Armstrong and Maresh, 1991) τότε θα πρέπει να υποθέσουμε ότι για τα παιδιά ο χρόνος θα είναι περισσότερος. Σε μια ενδιαφέρουσα μελέτη του Inbar και των συνεργατών του (1981) υπήρξε σύγκριση δύο μεθόδων για εγκλιματισμό σε παιδιά 8-10 ετών: έκθεσης σε θερμό περιβάλλον (43 °C, 24 °WB) και άσκησης σε θερμοουδέτερο (65% $\dot{V}O_2\max$). Τα αποτελέσματα σε ότι αφορά τον εγκλιματισμό ήταν παρόμοια. Τόνισαν όμως οι ερευνητές ότι οι φυσιολογικές προσαρμογές στην κάθε περίπτωση ήταν διαφορετικές.

Σε ότι αφορά την απώλεια εγκλιματισμού στα παιδιά, είναι άγνωστο αν τα πλεονεκτήματά του χάνονται στο ίδιο χρονικό διάστημα με των ενηλίκων.

Προπόνηση. Η προπόνηση επιφέρει στους ενήλικες προσαρμογές οι οποίες σχετίζονται με την καρδιακή λειτουργία και μπορούν να προάγουν την ανοχή στο θερμό περιβάλλον. Όμως η επίδραση της προπόνησης στο θερμορρυθμιστικό σύστημα των παιδιών δεν είναι σαφής. Ο Delamarche και οι συνεργάτες του (1990) υποστήριξαν ότι οι θερμοφυσιολογικές αντιδράσεις δεν σχετίζονται με την μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου στα παιδιά σε αντίθεση με τους ενήλικες. Παρόμοια συμπεράσματα διατύπωσαν ο Doherty και οι συνεργάτες του (1986), προτείνοντας ότι η

μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου έχει μικρή συσχέτιση με την θερμοκρασία του ορθού σε ζεστό και υγρό περιβάλλον. Ο Araki και οι συνεργάτες του (1980), αν και βρήκαν βελτίωση του έργου με την προπόνηση, ωστόσο αυτή η βελτίωση είχε πολύ μικρή επίδραση στην θερμορρυθμισμό των παιδιών σε σύγκριση με εκείνη των ενηλίκων. Οι Matsushita και Araki (1980) είχαν σε μια προηγούμενη έρευνα τονίσει τα παραπάνω δίνοντας έμφαση στο ότι η επίδραση της προπόνησης στην θερμορρυθμισμό ήταν αμφίβολη. Ο Inbar και οι συνεργάτες του (1981) αντίθετα έδειξαν ότι η καλή φυσική κατάσταση μπορεί να έχει ευεργετικές επιπτώσεις στο θερμορρυθμιστικό σύστημα των παιδιών. Η διαφορετική απόκριση όμως της θερμοκρασίας του ορθού και της καρδιακής συχνότητας όπως πρότειναν οι ερευνητές αντικατόπτριζε τους διαφορετικούς μηχανισμούς βελτίωσης του συστήματος αυτού συγκριτικά με τον εγκλιματισμό.

Οι δύο παραπάνω διαδικασίες αποσκοπούν στην καλύτερη ανταπόκριση του παιδιού στο ΘΦ. Κατά τον εγκλιματισμό υπάρχει βελτίωση στη θερμορρυθμισμό των παιδιών και άρα προσαρμογές που συνδέονται με αυτή τη λειτουργία. Οι θερμορρυθμιστικές επιδράσεις της προπόνησης όμως δεν φαίνεται να είναι ξεκάθαρες. Περισσότερες έρευνες στο θέμα θα δώσουν απάντηση στο ερώτημα εάν και στην παιδική ηλικία η καλή φυσική κατάσταση αυξάνει την ανοχή των παιδιών στην ζέστη.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΘΕΤΟΥΝ ΤΟ ΠΑΙΔΙ ΣΕ ΚΙΝΔΥΝΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ

Το παιδί θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με ιδιαίτερη προσοχή όταν εκτίθεται στο ΘΦ, γιατί όπως προαναφέρθηκε το σύστημα θερμορρυθμιστικής του έχει ιδιαιτερότητες σε σύγκριση με των ενηλίκων. Επίσης, υπάρχουν ομάδες παιδιών με συγκεκριμένα προβλήματα (κυστική ίνωση, παχυσαρκία) που βρίσκονται σε μεγαλύτερο κίνδυνο για θερμικές διαταραχές (ΘΔ). Οι παράγοντες υψηλού κινδύνου για ΘΔ μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε λειτουργικούς-φυσιολογικούς (έλλειψη εγκλιματισμού, χαμηλή φυσική κατάσταση) και σε αυτούς που συνδέονται με συγκεκρι-

μένες παθήσεις (κυστική ίνωση, ιστορικό προηγούμενης ΘΔ, παχυσαρκία). Ο Bar-Or (1983) σημείωσε και άλλες παθήσεις όπως νευρική ανορεξία, καρδιαγγειακά νοσήματα, ζαχαρώδη διαβήτη πυρετό και διανοητική καθυστέρηση. Βάσιμα συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν για τις συνέπειες των παραπάνω ασθενειών στην παιδική ηλικία αν γνωρίζουμε τις διαταραχές που προκαλούν στον ανθρώπινο οργανισμό. Παρακάτω αναλύονται οι κυριότεροι από τους παράγοντες και οι συνέπειες που έχουν για το θερμορρυθμιστικό σύστημα του παιδιού.

Έλλειψη Εγκλιματισμού. Ο ανεπαρκής εγκλιματισμός μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τον ανθρώπινο οργανισμό που ασκείται σε ζεστό περιβάλλον (Armstrong and Maresh, 1991). Το ανεγκλιματιστο παιδί θα εμφανίσει υψηλότερη καρδιακή συχνότητα, μεγαλύτερη θερμοκρασία πυρήνα και μικρότερη ευαισθησία εφίδρωσης. Στα παιδιά όπως προαναφέρθηκε, ο χρόνος για εγκλιματισμό είναι μεγαλύτερος. Επομένως θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στον ασκούμενο οργανισμό, ιδιαίτερα στις περιόδους προετοιμασίας, όπου και έχουν αναφερθεί αρκετά ανεπιθύμητα περιστατικά (Bar-Or 1983).

Ανεπαρκής Φυσική Κατάσταση. Το παιδί με την καλύτερη φυσική κατάσταση μπορεί να εκτελέσει τις κινήσεις με μικρότερο μεταβολικό κόστος (Araki et al. 1980). Είναι όμως αμφίβολης σπουδαιότητας οι φυσιολογικές ανταποκρίσεις στην ζέστη (καρδιαγγειακές προσαρμογές, αυξημένος όγκος παλμού) (Araki et al. 1980, Matsushita and Araki, 1980). Επίσης, υψηλή μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου για το παιδί, δεν σημαίνει απαραίτητα και αυξημένη ανοχή στο θερμό περιβάλλον. Σε ό,τι αφορά την αρνητική επίδραση του ΘΦ στην αναερόβια ικανότητα, οι Dotan και Bar-Or (1980) έδειξαν ότι κάτι τέτοιο δεν υφίσταται. Επομένως η βελτίωσή της ή όχι δεν φαίνεται να παίζει κάποιο ρόλο στην θερμορύθμιση. Ο ρόλος της υψηλής φυσικής κατάστασης ως παράγοντας πρόκλησης θερμικού επεισοδίου, με την έννοια ικανότητας παραγωγής υψηλών ποσοτήτων θερμότητας, χρήζει παραπέρα μελέτης.

Εθελοούσια Αφυδάτωση. Από την στιγμή που το παιδί θα περιέλθει σε κατάσταση αφυδάτωσης είναι πολύ δύσκολο η κατάσταση αυτή να διορθω-

θεί στη διάρκεια της άσκησης. Επιπλέον, μπορεί να έχει πιο δραματικές συνέπειες στα παιδιά (Bar-Or et al. 1980). Οι συνέπειες αυτές αναφέρονται κυρίως στη μείωση του όγκου πλάσματος, την υπερωσμωτικότητα του, και τη διπλάσια σχεδόν (Bar-Or et al. 1980) αύξηση στη δερματική και την πρωκτική θερμοκρασία. Ο μειωμένος όγκος πλάσματος επιβαρύνει πολύ περισσότερο τα παιδιά, γιατί βασίζονται στη μεταφορά και αποβολή θερμότητας μέσα από την αγωγή-μεταγωγή με κύριο μεταφορέα το αίμα. Η κατάσταση αυτή μπορεί να οδηγήσει σε θερμικό επεισόδιο με σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία του παιδιού.

Κυστική Ίνωση. Τα άτομα που πάσχουν από κυστική ίνωση εκκρίνουν υψηλά ποσοστά ηλεκτρολυτών στον ιδρώτα τους (τουλάχιστον τριπλάσια ποσότητα) (Huebner et al. 1966). Κατά τον Orenstein και τους συνεργάτες του (1983) οι ασθενείς με κυστική ίνωση έχουν κανονική θερμοκρασία, καρδιακή συχνότητα, ορμονικές και νεφρικές ανταποκρίσεις όταν ασκούνται σε θερμικό φορτίο (90 λεπτά σε 39 °C). Ωστόσο, χάνουν πολλούς ηλεκτρολύτες με τον ιδρώτα τους, με αποτέλεσμα κατά τους ερευνητές να υπάρχει χαμηλή συγκέντρωσή τους στο πλάσμα. Αυτό όμως σημαίνει ότι δεν υπάρχει υπερωσμωτικότητά του λόγω εφίδρωσης και επομένως δεν υπάρχει το αίσθημα της δίψας (Bar-Or et al. 1992, Fortney et al. 1984). Ο Bar-Or και οι συνεργάτες του (1992) εξέτασαν σε οκτώ υγιή και οκτώ παιδιά με κυστική ίνωση την ανοχή τους στη ζέστη κατά την άσκηση (31-33 °C, 43-47% ΣΥ, 45% $\dot{V}O_{2max}$) με εθελούσια αφυδάτωση. Συμπέραναν ότι τα παιδιά με κυστική ίνωση υποεκτιμούν τις ανάγκες του οργανισμού τους για αναπλήρωση υγρών με αποτέλεσμα να οδηγούνται σε υπερβολική αφυδάτωση. Η Kriemler και οι συνεργάτες της (1999) σε μια έρευνα σε παιδιά με κυστική ίνωση, βρήκαν ότι αυτά υποενυδατώνονται κατά την άσκηση, ακόμα και όταν τους δίνεται προς κατανάλωση διάλυμα υδατανθράκων και 30 mmol/l NaCl. Όταν όμως κατά τους ίδιους ερευνητές η δόση NaCl αυξήθηκε (50 mmol/l), η αφυδάτωση μπόρεσε να προληφθεί.

Προηγούμενη Θερμική Διαταραχή. Υπάρχουν ενδείξεις ότι άτομα που έχουν υποστεί θερμικό επεισόδιο, άσχετα από την αιτία πρόκλησης, έχουν

επιρρέπεια στην πρόκληση νέου (Erstein 1990). Η αιτία δεν έχει ξεκαθαριστεί ακόμα. Ο Erstein (1990) τόνισε ότι η ικανότητα του ατόμου για ανοχή στη ζέστη θα πρέπει να εξετάζεται 8-12 εβδομάδες μετά το επεισόδιο για να εντοπιστεί αν υπάρχουν επιπλοκές στο θερμορρυθμιστικό σύστημα. Η προσοχή πάντως για νέο επεισόδιο πρέπει να είναι ιδιαίτερα τεταμένη στον παιδικό πληθυσμό.

Παχυσαρκία. Η παχυσαρκία είναι παράγοντας μικρότερης ανοχής στη ζέστη (Haymes et al. 1974, Bar-Or et al. 1969). Ο Haymes έδειξε ότι τούτο ισχύει για τα προέφηβα κορίτσια (Haymes et al. 1974) χωρίς να αναφέρει κάτι παρόμοιο και για τα αγόρια (Haymes et al. 1975). Ο Doherty (Doherty et al. 1986) συνέδεσε τον κίνδυνο για υπερθερμία με την ενδομορφία (μεγάλο ποσοστό σωματικού λίπους). Το στρώμα λίπους λειτουργεί σαν μονωτικό υλικό εμποδίζοντας την αποβολή θερμότητας μέσα από την αγωγή και μεταγωγή, από τις κυριότερες οδούς αποβολής θερμότητας για τα παιδιά. Επίσης η χαμηλή ειδική θερμότητα του λίπους επιτρέπει την μεγαλύτερη ανύψωση της θερμοκρασίας του πυρήνα στο ζεστό περιβάλλον. Ένα δεδομένο φορτίο ζέστης μπορεί να ανυψώσει την θερμοκρασία ενός γραμμαρίου λίπους σε διπλάσιο σχεδόν βαθμό από ότι ένα γραμμάριο άλιπης σωματικής μάζας (Bar-Or 1983). Επιπλέον, τα παχύσαρκα παιδιά έχουν συνήθως χαμηλή φυσική δραστηριότητα, η οποία μπορεί να λειτουργεί ως συνεργικός παράγοντας μείωσης της θερμορρυθμιστικής τους ικανότητας.

ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ, ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΨΗ

Οι θερμικές διαταραχές (ΘΔ) ξεκινούν από μια απλή κρίση και φτάνουν σε ακραίες περιπτώσεις σε θάνατο (Hales 1997). Στις διαφορετικές αυτές μορφές αντιστοιχούν διαφορετικά συμπτώματα και διαφορετικές αιτίες και αποκρίσεις του οργανισμού. Ανάλογα με τη σοβαρότητά τους ο Falk (1996) διακρίνει τρία είδη: κρίση, εξάντληση και θερμοπληξία με διαβαθμίσεις σοβαρότητας στο κάθε είδος και ανάλογες επιπλοκές. Τα συμπτώματα ΘΔ επιδεινώνονται σε τρεις άξονες: αύξηση της θερμοκρασίας του ορθού, απώ-

λεια νερού και ηλεκτρολυτών και αιμοδυναμικές επιπλοκές (πτώση όγκου πλάσματος, όγκου παλμού, καρδιακής παροχής και αύξηση της αρτηριακής πίεσης).

Στους παραπάνω άξονες κινούνται και οι προτάσεις για την πρόληψή τους. Το Αμερικάνικο κολλέγιο αθλητιατρικής και η Αμερικανική Ακαδημία παιδιατρικής έχουν εκδώσει διακηρύξεις για την πρόληψη των θερμικών διαταραχών (ACSM 1975, ACSM 1976, American Academy of Pediatrics 1982, American Academy of Pediatrics 2000) καταδεικνύοντας τη σοβαρότητα του θέματος. Παρακάτω εκτίθενται οι κυριότερες από αυτές τις θέσεις που αφορούν το παιδί:

- Ο ρουχισμός του παιδιού να είναι ελαφρύς για τη διευκόλυνση της εξάτμισης του ιδρώτα, και ανοικτών χρωμάτων, για την αποτροπή απορρόφησης της ακτινοβολίας. Συνιστάται καπέλο και αποφυγή υπερβολικών περιδέσεων.
- Υποχρεωτική πλήρης ενυδάτωση πριν την δραστηριότητα (300-400 ml υγρού, 20-30 λεπτά πριν για ένα παιδί 10-12 ετών 42-45 κιλών) και ενθάρρυνσή του για περιοδική λήψη υγρών (90-135 ml /15 λεπτά) (Bar-Or, 1983). Σε αυτό το σημείο όμως χρειάζεται προσοχή, γιατί ένας μεγάλος όγκος υγρών μπορεί να επιταχύνει την εκκένωση του στομάχου δημιουργώντας δυσάρεστα συναισθήματα (Costill and Saltin, 1974). Η σύσταση των υγρών να περιέχει υδατάνθρακες (6%) και να μην είναι υπερβολικό σε συγκέντρωση ηλεκτρολυτών (0.3 g/l NaCl, 0.28 g/l K). Τα παιδιά χάνουν λιγότερους ηλεκτρολύτες και για το λόγο αυτό ίσως να απαιτούνται υγρά με μικρότερα ποσοστά, χωρίς αυτό να έχει τεκμηριωθεί πλήρως. Επιπλέον, κάποιες συγκεκριμένες γεύσεις (πορτοκάλι ή ανανάς) αυξάνουν την κατανάλωση υγρών αναχαπίζοντας την εθελούσια αφυδάτωση (Rivera-Brown et al. 1999, Wilk et al. 1998).
- Ο προπονητής θα πρέπει να είναι σίγουρος για το σωστό εγκλιματισμό των παιδιών και να έχει υπόψη του ότι οι απαραίτητες εκθέσεις για το παιδί είναι περισσότερες (πάνω από 3-6 φορές την εβδομάδα για δύο εβδομάδες). Δεν πρέπει επίσης να λησμονά ότι αύξη-

Πίνακας 1. Τροποποίηση της αθλητικής δραστηριότητας με βάση τον δείκτη θερμικού φορτίου (WBGT)

WBGT (°C)	ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ	ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ
>28	Πολύ υψηλός	Διακοπή αθλητικών δραστηριοτήτων
23-28	Υψηλός	Διακοπή δραστηριοτήτων στα άτομα υψηλού κινδύνου (απροπόνητοι, ενεγκλιμάτιστοι, παχύσαρκοι, ιστορικό θερμικών διαταραχών) Αύξηση περιόδων ξεκούρασης στα υπόλοιπα άτομα Μείωση έντασης άσκησης Αύξηση ενυδάτωσης
18-23	Μέτριος	Αύξηση περιόδων ξεκούρασης και υγρών
10-18	Χαμηλός	Σε ετοιμότητα για συμπτώματα θερμικών διαταραχών Όλες οι δραστηριότητες επιτρέπονται

WBGT=(0.1 x Θ_{ατμ}) + (0.7 x Θ_{υγρ}) + (0.2 x Θ_{ακτ}) (βλέπε McArdle et al, 2001)

ση εφίδρωσης ως αποτέλεσμα εγκλιματισμού σημαίνει και μεγαλύτερη απώλεια υγρών. Επίσης το προπονητικό πρόγραμμα θα πρέπει να είναι λιγότερο αυστηρό δεδομένου ότι η υποκειμενική δυσκολία σε δοσμένο ΘΦ είναι μικρότερη στα παιδιά (Bar-Or, 1989).

- Η αποθάρρυνση από τον προπονητή για απώλεια βάρους μέσα από την απώλεια υγρών είναι πολύ σημαντική. Τα ρούχα εφίδρωσης, τα διουρητικά ή τα εμετικά φάρμακα μπορεί να αποδειχθούν παράγοντες πρόκλησης θερμικού επεισοδίου.
- Ο προπονητής θα πρέπει να ενημερώσει τα παιδιά-αθλητές του για τα συμπτώματα και την πρόληψη των ΘΔ και να τονίσει τις συνέπειες για τον ανθρώπινο οργανισμό.
- Να ακολουθεί τις συμβουλές του παραπάνω Πίνακα 1 για την έναρξη της δραστηριότητας.
- Τέλος θα πρέπει οι προπονητές να αναλογιστούν αν η υγεία ενός παιδιού αξίζει να θυσιάστεί στο βωμό της νίκης και της προσωπικής τους ανάδειξης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ένα σύνολο χαρακτηριστικών, φυσικών και φυσιολογικών, επιβάλλουν τη διαφορετική αντιμετώπιση του παιδιού όταν αυτό βρίσκεται σε υψηλό θερμικό φορτίο. Η σύνοψή τους παρουσιάζεται στον Πίνακα 2. Παρατίθενται επίσης οι συνέπειες των χαρακτηριστικών αυτών στην θερμορυθμιστική ικανότητα των παιδιών. Τα παιδιά διαφέρουν από τους ενήλικες σε ότι αφορά τις θερμορυθμιστικές τους αποκρίσεις στην ζέστη. Πιο συγκεκριμένα:

1. Τα παιδιά θερμορυθμίζονται το ίδιο καλά με τους ενήλικες σε θερμοουδέτερο ή θερμό περιβάλλον αλλά υστερούν όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες είναι ακραίες. Η μικρότερη ανοχή σχετίζεται κυρίως με καρδιαγγειακές προσαρμογές. Επιπλέον, τα παιδιά βασίζονται σε διαφορετικούς μηχανισμούς αποβολής θερμότητας σε σύγκριση με εκείνους των ενηλίκων.

Πίνακας 2. Φυσικές, φυσιολογικές και θερμορρυθμιστικές διαφορές παιδιών από ενήλικες

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΔΙΑΦΟΡΑ		ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΘΕΡΜΟΥΥΘΜΙΣΗ	
Φυσικά Χαρακτηριστικά				
Λόγος επιφάνειας-μάζας	Μεγαλύτερος		Αυξημένη θερμοκρασία σώματος στο ίδιο ΘΦ	
Ποσοστό σωματικού λίπους	Μικρότερο (κορίτσια)	Μεγαλύτερο (αγόρια) (??)	Μικρότερη αύξηση Θ. πυρήνα/Kg σωματικής μάζας στο ίδιο ΘΦ	Μεγαλύτερη(??) αύξηση Θ. πυρήνα/Kg σωματικής μάζας στο ίδιο ΘΦ
Όγκος αίματος	Μικρότερος		Ανεπάρκεια στην τροφοδοσία με αίμα της περιφέρειας, των μυών και του εγκεφάλου	
Φυσιολογικά Χαρακτηριστικά				
Μεταβολισμός	Αυξημένος		Ενεργειακό κόστος κατά το περπάτημα ή τρέξιμο-αύξηση παραγωγής θερμότητας ανά κιλό σωματικού βάρους	
Κυκλοφορία				
Καρδιακή Παροχή Όγκος παλμού	Μικρότερα (σε υπομέγιστη προσπάθεια)		Ανεπαρκής μεταφορά θερμότητας προς την περιφέρεια	
Ορμόνες	Μικρότερη έκκριση (??)		Επιπτώσεις (??) σε ρύθμιση υγρών και ηλεκτρολυτών	
Εφίδρωση				
Αδένες	Μικρότεροι		Μειωμένη παραγωγή ιδρώτα	
Ευαισθησία	Μειωμένη		Υψηλό κατώφλι εφίδρωσης Μειωμένη παραγωγή ιδρώτα	
(??): Επιφυλάξεις, δεν υπάρχουν ξεκάθαρα συμπεράσματα, ΘΦ: Θερμικό φορτίο, Θ: Θερμοκρασία				

- Ο βαθμός εφίδρωσης των παιδιών είναι μικρότερος. Αυτό δεν οφείλεται στον μικρότερο αριθμό αδένων, αλλά σε άλλους παράγοντες (ευαισθησία ενεργοποίησης, μέγεθος, μεταβολική ικανότητα).
- Οι απώλειες ηλεκτρολυτών με τον ιδρώτα είναι μικρότερες στα παιδιά. Συνδυασμός ηλε-

- κτρολυτών και υδατανθράκων μπορεί να αποτρέψει την αφυδάτωση, μειώνοντας τον κίνδυνο θερμικών διαταραχών.
- Παιδιά που δεν εγκλιματίζονται, ενυδατώνονται, και έχουν χαμηλή φυσική κατάσταση, καθώς και αυτά με συγκεκριμένες παθήσεις (κυστική ίνωση, παχυσαρκία, προηγούμενο

θερμικό επεισόδιο) είναι περισσότερο επιρρεπής σε θερμικές διαταραχές. Με την κατάλληλη αντιμετώπιση όμως, αυτές μπορούν να αποφευχθούν.

Το θέμα παιδί και θερμορύθμιση στο ζεστό περιβάλλον έχει ακόμα αρκετές πτυχές προς διερεύνηση. Πιο συγκεκριμένα:

- Η επίδραση των ορμονών στην εφιδρωτική λειτουργία είναι ακόμα σχεδόν άγνωστη. Δεν γνωρίζουμε επίσης το συγκεκριμένο τρόπο με τον οποίο δρα η ανάπτυξη στην λειτουργία αυτή.
- Επίσης είναι αμφίβολο εάν η προπόνηση βελτιώνει την ανοχή στο ΘΦ μέσα κυρίως από καρδιαγγειακές βελτιώσεις.
- Γόνιμο προς έρευνα είναι και το πεδίο θερμορρύθμιση και γένος στην παιδική ηλικία, όπου οι έρευνες είναι ελάχιστες. Σε συνδυασμό με διαχρονικές έρευνες για την επίδραση της ανάπτυξης, θα δοθεί φως στο ρόλο του φύλου και της ηλικίας σε ότι αφορά την ικανότητα ρύθμισης της θερμοκρασίας του σώματος.
- Ο βαθμός απώλειας εγκλιματισμού είναι ά-

γνωστος στα παιδιά, όπως επίσης και οι επιδράσεις της αφυδάτωσης στο θερμορυθμιστικό τους σύστημα.

- Χρηζουν επιπλέον διερεύνησης οι αλλαγές στην αίσθηση της δίψας κατά την ωρίμανση καθώς και η αντιληπτικότητα των παιδιών στο ΘΦ.

Θα πρέπει να έχουμε κατά νου ότι το παιδί χρειάζεται πάντα τη φροντίδα και την επίβλεψη του ενήλικα, πολύ περισσότερο όταν αυτό δοκιμάζεται μέσα από προπονητικά ερεθίσματα. Η προαγωγή της υγείας του καθώς και η θωράκισή της θα πρέπει να είναι ο κύριος στόχος όσων ασχολούνται με την εκγύμναση στην ευαίσθητη αυτή ομάδα του πληθυσμού. Η εστίαση επομένως των ερευνών σε θέματα που έχουν σχέση με την υγεία των παιδιών δεν είναι πολυτέλεια, αλλά αναγκαιότητα. Η θερμορύθμιση αποτελεί ένα από τα θέματα αυτά και παρέχει γόνιμο έδαφος για νέα ευρήματα, τα οποία θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα στην αθλητική επιστήμη. Γεγονός πάντως είναι ότι το παιδί δεν θα πρέπει να αντιμετωπίζεται σαν μικρογραφία του ενήλικα ούτε σε θέματα που άπτονται της θερμορρυθμιστικής του ικανότητας κατά την ηρεμία και την άσκηση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS, COMMITTEE OF SPORTS MEDICINE. Climatic heat stress and the exercising child. *Pediatrics* 69: 808-809, 1979.
- AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS, COMMITTEE OF SPORTS MEDICINE. Climatic heat stress and the exercising child and adolescent. *Pediatrics* 106: 158-159, 2000.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Position stand on the prevention of thermal injuries during distance running. *Med Sci Sports* 7(1): vi-ix, 1975.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Position stand on weight loss in wrestlers. *Med Sci Sports* 8(1): xi-xiii, 1976.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Position stand on exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc* 28 (1): i-vii, 1996.
- ANDERSON G and MEKJAVIC I. Thermoregulatory responses of circum-pubertal children. *Eur J Appl Physiol* 74:404-410, 1996.
- ARAKI T, TODA Y, MATSUSHITA K and TSUJINO A. Age differences in sweating during muscular exercise. *J Phys Fitness Jap* 28:239-248, 1980.
- ARAKI T, TSUJITA J, MATSUSHITA K and HORI S. Thermoregulatory responses of prepubertal boys to heat and cold in relation to physical training. *J Human Ergol* 9: 69-80, 1980.
- ARMSTRONG L and MARESH C. The induction and decay of heat acclimatization in trained athletes. *Sports Med* 12 (5): 302-312, 1991.
- ASTRAND PO. *Experimental studies of physical work capacity in relation to sex and age*. Copenhagen: Munksgaard, 1952.
- BAR-OR O. *Climate and the exercising child*. In *Pediatric sports medicine for the practitioner*. New York: Springer, Verlag, 1983, p. 259-299.
- BAR-OR O. Temperature regulation during exercise in children and adolescents. In: *Perspectives in exercise science and sports medicine Vol. 2: Youth exercise and sport*. Gisolfi CV and Lamp DR (eds.), Indianapolis: Benchmark Press, p. 335-362, 1989.
- BAR-OR O, BLIMKIE C, HAY J, MACDOUGAL D, WARD D and WILSON M. Voluntary dehydration and heat intolerance in cystic fibrosis. *Lancet* 339: 696-699, 1992
- BAR-OR O, DOTAN R, INBAR O, ROTHSTEIN A and ZONDER A. Voluntary hypohydration in 10- to 12-year-old boys. *J Appl*

- Physiol* 48 (1): 104-108, 1980.
- BAR-OR O, LUNDEGREN H, MAGNUSSON L and BUSKIRK E. Distribution of heat-activated sweat glands in obese and lean men and women. *Human Biology* 40: 235-248, 1968.
- BAR-OR O, LUNDEGREN H and BUSKIRK E. Heat tolerance of exercising obese and lean women. *J Appl Physiol* 26(4): 403-409, 1969.
- BAR-OR O, SHEPHARD R and ALLEN C. Cardiac output of 10- to 13-yr-old boys and girls during submaximal exercise. *J Appl Physiol* 30 (2): 219-223, 1971.
- BAR-OR O and WILK B. Water and electrolyte replenishment in the exercising child. *Int J Sport Nutr* 6 (2): 93-99, 1996.
- BOISVERT P, BRISSON G, PERONNET F, FORTIER M and SENECA L. Inhibiting action of selective face cooling and of bromocriptine mesylate on blood prolactin response induced by exercise. *Endocrinology* 119: 2439, 1986.
- CARLSON J and ROSSIGNOL P. The child exercising in the heat. *Sports Coach*, April-June, 16-21, 1989.
- COSTILL D and SALTIN B. Factors limiting gastric emptying during rest and exercise. *J Appl Physiol* 37 (5): 679-683, 1974.
- DAVIS C. Thermal responses to exercise in children. *Ergonomics* 24 (1): 55-61, 1981.
- DELAMARCHE P, BITTEL J, LACOUR J and FLANDROIS R. Thermoregulation at rest and during exercise in prepubertal boys. *Eur J Appl Physiol* 60: 436-440, 1990.
- DOHERTY D, ECKERSON J and HAYWARD J. Physique and thermoregulation in prepubertal males during exercise in a warm, humid environment. *Am J Phys Anthr* 70: 19-23, 1976.
- DOTAN R and BAR-OR O. Climatic heat stress and performance in the Wingate anaerobic test. *Eur J Appl Physiol* 44: 237-243, 1980.
- DRINKWATER B and HORVATH S. Heat tolerance and aging. *Med Sci Sports* 11(1): 49-55, 1979.
- DRINKWATER B, KUPPRAT I, DENTON J, CRIST J and HORVATH S. Response of prepubertal girls and college women to work in the heat. *J Appl Physiol* 43(6): 1046-1053, 1977.
- EPSTEIN Y. Heat intolerance: predisposing factor of residual injury? *Med Sci Sports Exerc* 22 (1): 29-35, 1990.
- EPSTEIN Y, SHAPIRO Y and BRILL S. Role of surface area-to-mass ratio and work efficiency in heat intolerance. *J Appl Physiol* 54 (3): 831-836, 1983.
- ERIKSSON B, GRIMBY G and SALTIN B. Cardiac output and arterial blood gases during exercise in prepubertal boys. *J Appl Physiol* 31 (3): 348-352, 1971.
- FALK B. Physiological and health aspects of exercise in hot and cold climates. In: *Encyclopedia of Sports Medicine: the child and adolescent athlete*. Bar-Or O (ed.), Oxford: Blackwell Scientific, p. 326-352, 1996.
- FALK B. Effects of thermal stress during rest and exercise in the pediatric population. *Sports Med* 25 (4): 221-240, 1998.
- FALK B and BAR-OR O. Thermoregulatory responses of pre-, mid-, and late-pubertal boys to exercise in dry heat. *Med Sci Sports Exerc* 24 (6): 688-694, 1992.
- FALK B, BAR-OR O, CALVERT R and MACDOUGALL J. Sweat gland response to exercise in the heat among pre-, mid-, and late-pubertal boys. *Med Sci Sports Exerc* 24 (3): 313-319, 1992.
- FALK B, BAR-OR O and MACDOUGALL J. Aldosterone and prolactin response to exercise in the heat in circumpubertal boys. *J Appl Physiol* 71 (5): 1741-1745, 1991a.
- FALK B, BAR-OR O, MACDOUGALL J, MCGILLIS L, CALVERT R and MEYER F. Sweat lactate in exercising children and adolescents of varying physical maturity. *J Appl Physiol* 71 (5): 1735-1740, 1991b.
- FORTNEY S, WENGER C, BOVE J and NADEL E. Effect of hyperosmolality on control of blood flow and sweating. *J Appl Physiol* 57 (6): 1688-1695, 1984.
- GULLESTAD R. Temperature regulation in children during exercise. *Acta Paediat Scand* 64: 257-263, 1975.
- HALES R. Hyperthermia and heat illness. Pathophysiological implications for avoidance and treatment. In: *Thermoregulation*. Blatteis CM (ed.), New York: The N.Y. Academy of Science Annals, 813: 534-544, 1997.
- HAYMES E, BUSKIRK E, HODGSON J, LUNDEGREN H and NICHOLAS W. Heat tolerance of exercising lean and heavy prepubertal girls. *J Appl Physiol* 36 (5): 566-571, 1974.
- HAYMES E, MCCORMICK R and BUSKIRK E. Heat tolerance of exercising lean and obese prepubertal boys. *J Appl Physiol* 39 (3): 457-461, 1975.
- HJELM M, BROWN P and BRIDDON A. Sweat sodium related to amount of sweat after sweat test in children with and without cystic fibrosis. *Acta Paediat Scand* 75: 652-656, 1986.
- HUEBNER D, LOBECK C and MCSHERRY N. Density and secretory activity of eccrine sweat glands in patients with cystic fibrosis and in healthy controls. *Pediatrics* 38 (4) 613-618. 1966.
- INBAR O. Acclimatization to dry and hot environment in young adults and children 8-10 years old. University of Oregon, Eugene, Oregon (2 fiches 10x15 cm), 1980.
- INBAR O, BAR-OR O, DOTAN R and GUTIN B. Conditioning versus exercise in heat as methods for acclimatizing 8- to 10-yr-old boys to dry heat. *J Appl Physiol* 50 (2): 406-411, 1981.
- JOKINEN E and VALIMAKI I. Children in sauna: Electrocardiographic abnormalities. *Acta Paediat Scand* 80: 370-374, 1991.
- JOKINEN E, VALIMAKI I, ANTILA K, SEPPANEN A and TUOMINEN J. Children in sauna: cardiovascular adjustment. *Pediatrics* 86 (2): 282-288, 1990.
- JOKINEN E, VALIMAKI I, MARNIEMI J, SEPPANEN A, IRJALA K and SIMELL O. Children in sauna: hormonal adjustments to intensive short thermal stress. *Acta Physiol Scand* 142: 437-442, 1991.
- KIRBY C and CONVERTINO V. Plasma aldosterone and sweat sodium concentrations after exercise and heat acclimation. *J Appl Physiol* 61 (3): 967-970, 1986.
- KRABE S, CHRISTENSEN T, WORM J, CHRISTIANSEN C, and TRANSBOL I. Relationship between haemoglobin and serum testosterone in normal children and adolescents and in boys with delayed puberty. *Acta Paediat Scand* 67: 655-658, 1978.
- KRIEMLER S, WILK B, SCHURER W, WILSON W and BAR-OR O. Preventing Dehydration in children with cystic fibrosis who exercise in the heat. *Med Sci Sports Exerc* 1 (6): 774-779, 1999.
- LAATIKAINEN T, SALMINEN K, KOHVAKKA A and PETTERSSON J. Response of plasma endorphins, prolactin and catecholamines in women to intense heat in a sauna. *Eur J Appl Physiol* 57: 98-102, 1988.
- MAIN K, NILSSON K and SKAKKEBAEK N. Influence of sex and growth hormone deficiency on sweating. *Scand J Clin Lab Investigation* 51:475-480, 1991.
- MALINA R and BOUCHARD C. *Adipose Tissue changes during growth*. In: *Growth, maturation and physical activity*. Champaign: Human Kinetics, 1991, p. 133-148.
- MATSUSHITA K and ARAKI T. The effect of physical training on thermoregulatory responses of pre-adolescent boys to heat and cold. *J Phys Fitness Jap* 29: 69-74, 1980.
- MCARDLE WD, KATCH FI and KATCH VL. Φυσιολογία της Άσκησης. Κλεισούρας Β (επιμ.), Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Πασχάλιδη, 2001.

- MELIN B, CURE M, PEQUIGNOT J and BITTEL J. Body temperature and plasma prolactin and nor epinephrine relationships during exercise in a warm environment: effect of dehydration. *Eur J Appl Physiol* 58: 146-151, 1988.
- MEYER F, BAR-OR O, MACDOUGALL D and HEIGENHAUSER G. Sweat electrolyte loss during exercise in the heat: effects of gender and maturation. *Med Sci Sports Exerc* 24 (7): 776-781, 1992.
- MEYER F, BAR-OR O, MACDOUGALL D and HEIGENHAUSER G. Drink composition and electrolyte balance of children exercising in the heat. *Med Sci Sports Exerc* 27 (6): 882-887, 1995a.
- MEYER F, BAR-OR O and WILK B. Children perceptual responses to ingesting drinks of different compositions during and following exercise in the heat. *Int J Sport Nutr* 5: 13-24, 1995b.
- ORENSTEIN D, HENKE K, COSTILL D, DOERSHUK C, LEMON P, and STERN R. Exercise and heat stress in cystic fibrosis patients. *Pediatric Research* 17: 267-269, 1983.
- PIEKARSKI C, MORFELD P, KAMPMANN B, ILMARINEN R and WENZEL H. *Heat stress reactions of the growing child*. In: Children and exercise XII. J Rutenfraz J, Mocellin R and Klimt F (eds.), Human Kinetics, Champaign IL, 1986, p. 403-412.
- PUGH L, CORBETT J and JOHNSON R. Rectal temperatures, weight losses and sweat rates in marathon running. *J Appl Physiol* 23 (3): 347-352, 1967.
- REES J and SHUSTER S. Pubertal induction of sweat gland activity. *Clin Sci* 60: 689-692, 1981.
- RIVERA-BROWN A, GUTIERREZ R, GUTIERREZ J, FRONTERA W, BAR-OR O. Drink composition, voluntary drinking, and fluid balance in exercising, trained, heat acclimatized boys. *J Appl Physiol* 86 (1): 78-84, 1999.
- ROBERTSON M, BOYAJIAN J, PATTERSON K and ROBERTSON W. Modulation of the chloride concentration of human sweat by prolactin. *Endocrinology* 119: 2439-2444, 1986.
- SATO K and SATO F. Individual variations in structure and function of human eccrine sweat gland. *Am J Physiol* 245:R203-R208, 1983.
- SATO K and SATO F. Sweat secretion by human axillary apoeccrine sweat gland in vitro. *Am. J. Physiol.* 252:R181-R187, 1987.
- SATO K, LEIDAL R, and SATO F. Morphology and development of an apoeccrine sweat gland in human axillae. *Am J Physiol.* 252:R166-R180, 1987.
- SAWKA M and MONTAIN S. Fluid and electrolyte supplementation for exercise heat stress. *Am J Clin Nutr* 72 (suppl): 564S-572S, 2000.
- SAWKA M, YOUNG A, FRANCESCO R, MUZA S and PANDOLF K. Thermoregulatory and blood responses during exercise at graded hypo hydration levels. *J Appl Physiol* 59 (5): 1394-1401, 1985.
- SENS D, SIMMONS M and SPICER S. The analysis of human sweat proteins by bioelectric focusing. I. Sweat collection utilizing the macroduct system demonstrates the presence of previously unrecognized sex-related proteins. *Pediatric Research* 19 (8): 873-878, 1985.
- SHAPIRO Y, PANDOLF K, AVELLINI B, PIMENTAL N and GOLDMAN R. Physiological responses of men and women to humid and dry heat. *J Appl Physiol* 49 (1): 1-8, 1980.
- SHIBASAKI M, INOUE Y and KONDO N. Mechanisms of underdeveloped sweating responses in prepubertal boys. *Eur J Appl Physiol* 76 (4): 340-345, 1997a.
- SHIBASAKI M, INOUE Y and KONDO N. and A. IWATA. Thermoregulatory responses of prepubertal boys and young men during moderate exercise. *Eur J Appl Physiol* 75 (3): 212-218, 1997b.
- SHIBASAKI M, INOUE Y and KONDO N, AOKI K and IWATA A. Relationship between skin blood flow and sweating rate in prepubertal boys and young men. *Acta Physiol Scand* 167 (2): 105-110, 1997c.
- SJODIN B and SVEDENHAG J. Oxygen uptake during running as related to body mass in circumpubertal boys: a longitudinal study. *Eur J Appl Physiol* 65: 150-157, 1992.
- TSUZUKI-HAYAKAWA K, TOCHIHARA Y and OHNAKA T. Thermoregulation during heat exposure of young children compared to their mothers. *Eur J Appl Physiol* 72:12-17, 1995.
- VISSER H. Some physiological and clinical aspects of puberty. *Arch Dis Child* 48:169-182, 1973.
- WADA M. Sudorific action of adrenalin on the human sweat glands and determination of their excitability. *Science* 111: 376-377, 1950.
- WAGNER J, ROBINSON S, TZANKOFF S and MARINO R. Heat tolerance and acclimatization to work in the heat in relation to age. *J Appl Physiol* 33 (5): 616-622, 1972.
- WILK B and BAR-OR O. Effect of drink flavor and NaCl on voluntary drinking and hydration in boys exercising in the heat. *J Appl Physiol* 80 (4): 1112-1117, 1996.
- WILK B, KRIEMLER S, KELLER H and BAR-OR O. Consistency in preventing voluntary dehydration in boys who drink a flavored carbohydrate-NaCl beverage during exercise in the heat. *Int J Sport Nutr* 8 (1): 1-9, 1998.
- WOLFE S, CAGE C, EPSTEIN M, TICE L, MILLER H and GORDON R. Metabolic studies of isolated human eccrine sweat glands. *J Clin Invest* 49: 1880-1884, 1970.