

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΑΙΔΙΚΗ ΗΛΙΚΙΑ, ΓΗΡΑΝΣΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΕΣ
ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ: ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΗΣ
ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ.**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΩΝ

Γεωργία Κίτσιου

Ιωάννης Γιανναράς

ΕΠΟΠΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Παναγιώτης Κιέκκας

ΠΑΤΡΑ ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2021

Περίληψη

Η ζωή όπως την ξέρουμε μπορεί να επιβιώσει σε ένα σχετικά στενό εύρος θερμοκρασίας. Η θερμοκρασία ενός σώματος είναι η θερμική του κατάσταση που θεωρείται σαν μέτρο της ικανότητας του να μεταφέρει θερμότητα σε άλλα σώματα. Η ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος ονομάζεται θερμορύθμιση και είναι από τις σημαντικότερες λειτουργίες του σώματος μιας και είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της ομοιόστασης, άρα και της ζωής του οργανισμού.

Αισθητικά μηνύματα που υποδεικνύουν κρύο ή θερμότητα από διάφορα μέρη του σώματος, φτάνουν σε εξειδικευμένους νευρώνες του κεντρικού νευρικού συστήματος (ΚΝΣ). Στον υποθάλαμο γίνεται επεξεργασία των μηνυμάτων και ο οργανισμός αποκρίνεται ανάλογα μέσω φυσιολογικών δραστηριοτήτων για απώλεια, διατήρηση ή παραγωγή θερμότητας. Αυτές οι δραστηριότητες προωθούνται τόσο από συμπεριφορικές όσο και από αυτόνομες αντιδράσεις και περιλαμβάνουν τον ιδρώτα, αλλαγές στον μεταβολισμό, διαστολή ή συστολή των αγγείων και πολλά άλλα.

Θερμοκρασιακές διαταραχές είναι η υποθερμία, η υπερθερμία και ο πυρετός. Η μείωση της θερμοκρασίας του σώματος σε επίπεδα κάτω των 35°C, ορίζεται υποθερμία και προκύπτει από: περιβαλλοντική έκθεση, μεταβολικές διαταραχές ή είναι αποτέλεσμα θεραπευτικής παρέμβασης. Η υπερθερμία προκύπτει από μη φυσιολογική ρύθμιση της θερμοκρασίας, οδηγώντας σε εξαιρετικά αυξημένη θερμοκρασία σώματος, συχνά πάνω από 40°C. Αντίθετα, ο πυρετός προκύπτει από έναν κανονικό θερμορυθμιστικό μηχανισμό που λειτουργεί σε υψηλότερο καθορισμένο σημείο.

Σε περίπτωση υπερθερμίας, υποθερμίας ή άλλων θερμοκρασιακών διαταραχών όπως ο πυρετός ο οργανισμός κινδυνεύει από προβλήματα όπως θερμική εξάντληση, οίδημα, θερμοπληξία και πολλά άλλα. Αν όμως το άτομο πάσχει και από άλλα προβλήματα τότε η διαδικασία θερμορύθμισης γίνεται ακόμη πιο δύσκολη στη διάγνωση και τη θεραπεία της. Επιπλέον αν το άτομο είναι παιδί ή ηλικιωμένος βρίσκεται σε μεγαλύτερο κίνδυνο από μια θερμοκρασιακή διαταραχή. Τα παιδιά θεωρούνται σε υψηλότερο κίνδυνο λόγω μεγαλύτερης αναλογίας επιφάνειας σώματος προς μάζα, χαμηλότερης καρδιακής εξόδου ανά μάζα και μειωμένης ικανότητας εφίδρωσης. Ενώ οι ηλικιωμένοι κινδυνεύουν περισσότερο λόγω χρόνιων ασθενειών, αλλαγών στον βασικό μεταβολικό ρυθμό και περιορισμένη κίνηση.

Ο νοσηλευτής έχει ένα ιδιαίτερο ρόλο και μέσω της νοσηλευτικής διεργασίας μπορεί να συμβάλει στη διαχείριση των προβλημάτων που προκλήθηκαν λόγω αλλαγής της θερμοκρασίας των ατόμων που είναι είτε παιδιά είτε ηλικιωμένοι. Για αυτό πρέπει να γίνει διαχείριση της αφυδάτωσης, διόρθωση των ανωμαλιών των ηλεκτρολυτών, προώθηση της αποτελεσματικής διάχυσης της θερμότητας αυξάνοντας την κλίση της θερμοκρασίας (αγωγιμότητα) και την πίεση υδρατμών (εξάτμιση) μεταξύ του δέρματος και του περιβάλλοντος αέρα, καθώς και την ταχύτητα του αέρα. Στο τέλος παρουσιάζεται ένα κλινικό περιστατικό υποθερμίας παιδιού και κλινικό περιστατικό υπερθερμίας ηλικιωμένου και η νοσηλευτική διεργασία για διαχείριση των περιστατικών αυτών.

Summary

Life as we know it can survive in a relatively narrow temperature range. The temperature of a body is its thermal state which is considered as a measure of its ability to transfer heat to other bodies. The regulation of body temperature is called thermoregulation and is one of the most important functions of the body since it is necessary to maintain homeostasis and therefore the life of the body.

Aesthetic messages indicating cold or heat from various parts of the body reach specialized neurons in the central nervous system (CNS). In the hypothalamus the messages are processed and the body responds accordingly through normal activities for heat loss, maintenance or production. These activities are promoted by both behavioral and autonomic reactions and include sweating, changes in metabolism, dilation or contraction of blood vessels and more.

Temperature disorders are hypothermia, hyperthermia and fever. The reduction of body temperature to levels below 35°C, is defined as hypothermia and results from: environmental exposure, metabolic disorders or is the result of therapeutic intervention. Hyperthermia results from abnormal temperature regulation, leading to extremely high body temperature, often above 40°C. In contrast, fever results from a normal thermoregulatory mechanism that operates at a higher point.

In case of hyperthermia, hypothermia or other temperature disorders such as fever, the body is at risk of problems such as heat exhaustion, edema, heatstroke and many more. However, if the person suffers from other problems, then the thermoregulatory process becomes even more difficult to diagnose and treat.

In addition, if the person is a child or elderly person, they are at greater risk of a temperature disorder. Children are considered at higher risk due to a higher body-to-mass ratio, lower cardiac output per mass, and reduced sweating capacity. While the elderly are at risk due to chronic diseases, changes in basal metabolic rate and limited movement.

The nurse has a special role and through the nursing process can contribute to the management of problems caused by changes in temperature of people who are either children or the elderly. Dehydration must be managed, electrolyte abnormalities must be corrected, effective heat dissipation must be promoted by increasing the temperature gradient (conductivity) and water

vapor pressure (evaporation) between the skin and the surrounding air, as well as air velocity. At the end there is a clinical case of hypothermia of a child and hyperthermia of an elderly person and the nursing process for managing these cases.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	2
Summary	4
Περιεχόμενα	6
Εισαγωγή.....	11
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	13
1. Κεφάλαιο 1. Η θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος.....	14
1.1 Η θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος-ορισμοί	14
1.2 Χαρακτηριστικά της θερμοκρασίας σώματος	14
1.3 Παραγωγή και μετακίνηση θερμότητας	15
1.4 Τι είναι η θερμορύθμιση.....	16
1.5 Πως πραγματοποιείται η θερμορύθμιση.....	18
1.5.1 Εισερχόμενη πληροφορία της θερμορυθμιστικής απόκρισης.....	18
1.5.2 Κεντρική Επεξεργασία	19
1.5.3 Απόκριση.....	20
1.5.4 Νευρικός μηχανισμός θερμορύθμισης	21
1.5.5 Εφίδρωση	23
1.5.6 Αγγειοσυστολή- Αγγειοδιαστολή	24
1.5.7 Αλλαγές ρυθμού αναπνοής	25
1.5.8 Μεταβολισμός.....	25
1.5.9 Παραγωγή Θερμότητας.....	25
1.5.10 Ανόρθωση τριχών	27
1.5.11 Συμπεριφορά	27
1.6 Οι συνέπειες μεταβολών της θερμοκρασίας και η σημασία της θερμορύθμισης.....	28

Αύξηση θερμοκρασίας	28
Μείωση θερμοκρασίας	29
1.7 Θερμοκρασιακές αλλαγές σχετιζόμενες με τον κίρκαδικό ρυθμό	30
Κεφάλαιο 2. Η θερμορύθμιση κατά την παιδική ηλικία και κατά τη γήρανση	33
2.1 Θερμορύθμιση κατά την παιδική ηλικία	33
2.1.1 Γενικά στοιχεία	33
2.1.2 Σε Ηρεμία	34
2.1.3 Σε άσκηση	34
2.2 Θερμορύθμιση κατά την γήρανση.....	37
2.2.1 Επίδραση της γήρανσης στις αποκρίσεις έναντι των θερμοκρασιακών μεταβολών 37	
2.2.2 Επίδραση της γήρανσης στην εκδήλωση υπερ/υποθερμίας.....	40
2.2.3 Επίδραση της γήρανσης στην εκδήλωση πυρετού.....	43
2.2.4 Επίδραση της γήρανσης στην κίρκαδια ρυθμικότητα της θερμοκρασίας.....	44
Κεφάλαιο 3. Η μέτρηση της θερμοκρασίας	46
3.1 Ιστορικά στοιχεία	46
3.2 Τεχνικές θερμομέτρησης του ανθρώπινου σώματος.....	47
3.2.1 Κατηγοριοποίηση σύμφωνα με την επεμβατικότητα των τεχνικών	47
3.2.2 Κατηγοριοποίηση σύμφωνα με την αρχή λειτουργίας τους.....	49
3.2 Περιοχές μέτρησης της θερμοκρασίας	51
3.3 Ποια μέθοδος και τεχνική είναι η κατάλληλη για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του ανθρώπινου σώματος;	53
Κεφάλαιο 4. Θερμοκρασιακές Διαταραχές.....	54
4.1 Υποθερμία	54
Γενικά στοιχεία	54
Διαταραχές που επηρεάζουν την απόκριση στο κρύο.....	55

4.2	Υπερθερμία.....	55
4.2.2	Γενικά χαρακτηριστικά	55
4.2.3	Θερμικό οίδημα.....	56
4.2.4	Εξάνθημα λόγω θερμότητας	56
4.2.5	Θερμική εξάντληση.....	56
4.2.6	Θερμικές κρίμπες	56
4.2.7	Συγκοπή λόγω θερμότητας.....	57
4.2.8	Θερμοπληξία	57
4.2.9	Χρόνιες παθήσεις και υπερθερμία	58
4.3	Πυρετός	63
4.3.1	Γενικά στοιχεία	63
4.3.2	Νοσήματα που προκαλούν πυρετό.....	63
Κεφάλαιο 5. Θερμοκρασιακές διαταραχές σε παιδιά και ηλικιωμένους		64
5.1	Υποθερμία	64
5.1.1	Παιδιά.....	64
5.1.2	Ηλικιωμένοι.....	64
5.2	Υπερθερμία.....	65
5.2.1	Θερμικό οίδημα.....	65
5.2.2	Εξάνθημα λόγω θερμότητας	66
5.2.3	Θερμική εξάντληση.....	66
5.2.4	Θερμικές κρίμπες	67
5.2.5	Συγκοπική κρίση λόγω υψηλής θερμοκρασίας.....	67
5.2.6	Θερμοπληξία	67
5.3	Επιδημιολογικά στοιχεία	71
5.3.1	Παιδιά.....	71

5.3.2	Ηλικιωμένοι.....	73
5.4	Διαταραχές Σχετιζόμενες με προβλήματα υγείας.....	73
5.4.1	Πυρετός.....	73
5.4.2	Καρδιολογικά προβλήματα.....	75
5.4.3	Νευροπάθεια μικρών Ινών.....	75
5.4.4	Καρκίνος.....	76
5.4.5	Δρεπανοκυτταρική αναιμία.....	76
5.4.6	Επιληψία.....	76
5.5	Αξιολόγηση και Διάγνωση.....	76
5.5.1	Υπερθερμία.....	76
5.5.2	Υποθερμία.....	77
5.5.3	Πυρετός.....	79
Κεφάλαιο 6.	Ρόλος νοσηλεύτη στις θερμοκρασιακές μεταβολές.....	82
6.1	Υπερθερμία.....	82
6.1.1	Σε παιδιά.....	82
6.1.2	Ηλικιωμένοι.....	85
6.1.3	Θερμικό εξάνθημα.....	86
6.1.4	Θερμικό οίδημα.....	86
6.1.5	Προετοιμασία νοσηλευτών και ιδρυμάτων για περιπτώσεις υπερθερμίας.....	86
6.2	Θερμορυθμιστικές τεχνικές για νεογνά.....	87
6.3	Μέθοδοι διατήρησης σταθερής θερμοκρασίας σε νοσηλευόμενους ασθενείς.....	87
6.4	Διαχείριση πυρετού.....	88
6.4.1	Παιδιά.....	88
6.4.2	Ηλικιωμένοι.....	90
6.5	Υποθερμία.....	90

6.5.1	Παιδιά.....	90
6.5.2	Σε ηλικιωμένους.....	91
6.5.3	Κοινωνικά δίκτυα προστασίας.....	93
6.5.4	Ηλικιωμένοι σε ιδρύματα.....	93
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....		95
A.	Η Νοσηλευτική Διεργασία.....	96
B.	Κλινικό περιστατικό 1.....	97
	Πίνακες νοσηλευτικής διεργασίας.....	99
Γ.	Κλινικό Περιστατικό 2.....	101
	Πίνακες νοσηλευτικής διεργασίας για κλινικό περιστατικό 2.....	102
Συμπεράσματα.....		103
Βιβλιογραφία.....		104

Εισαγωγή

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος είναι μία από τις μυριάδες αλληλένδετες λειτουργίες που είναι απαραίτητες για τη διατήρηση της ομοιόστασης και ελέγχονται κυρίως μέσω ειδικών οδών στον εγκέφαλο. Ο εγκέφαλος είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος στο ενδεχόμενο μεταβολών στο περιβάλλον θερμοκρασίας των νευρώνων του και των πολλών ιστών από τους οποίους εξαρτάται για την επιβίωση. Συνεπώς εάν η θερμοκρασία του σώματος του κορμού αυξηθεί λόγω έκθεσης στη θερμότητα ή έντονης σωματικής δραστηριότητας, η παραγωγή θερμότητας θα πρέπει να είναι περιορισμένη. Η απώλεια θερμότητας προωθείται τόσο από συμπεριφορικές όσο και από αυτόνομες αντιδράσεις. Τα μέτρα συμπεριφοράς περιλαμβάνουν την πρόσληψη υγρών για την πρόληψη της αφυδάτωσης, τη μείωση του επιπέδου σωματικής δραστηριότητας και την αναζήτηση ενός δροσερού, σκιερού, θυελλώδεις περιβάλλοντος. Τα αυτόνομα μέτρα περιλαμβάνουν μείωση της συμπαθητικής εκροής προς την περιφέρεια.

Ανάλογα θα δράσει το σώμα σε περίπτωση μείωσης της θερμοκρασίας του σώματος. Με συμπεριφορικές και αυτόνομες αλλαγές θα γίνει προσπάθεια περιορισμού της απώλειας θερμότητας και προστασία του εσωτερικού του περιβάλλοντος.

Σε περίπτωση όμως υπερθερμίας, υποθερμίας ή άλλων θερμοκρασιακών διαταραχών ο οργανισμός κινδυνεύει από προβλήματα όπως θερμική εξάντληση, οίδημα, θερμοπληξία και πολλά άλλα. Αν όμως το άτομο πάσχει και από άλλα προβλήματα, όπως χρόνιες ασθένειες, τότε η διαδικασία θερμορύθμισης γίνεται ακόμη πιο δύσκολη.

Ο νοσηλευτής έχει ένα ιδιαίτερο ρόλο και μέσω της νοσηλευτικής διεργασίας μπορεί να συμβάλει στη διαχείριση των προβλημάτων που προκλήθηκαν λόγω θερμοκρασίας στα άτομα που είναι είτε παιδιά είτε ηλικιωμένοι.

Η παρούσα εργασία είχε σαν σκοπό να παρουσιάσει τις θερμοκρασιακές διαταραχές σε παιδιά και ηλικιωμένους. Πιο αναλυτικά να μαζευτεί υλικό σχετικά με τη θερμοκρασία, τη μέτρηση της και τη ρύθμιση της σε παιδιά και άτομα μεγάλης ηλικίας. Επίσης να συλλεγούν διαταραχές που επηρεάζουν την θερμορύθμιση και να εξηγηθεί πως την διαταράσσουν. Ακόμη έγινε αναφορά στις θεραπείες πολλών από αυτές τις διαταραχές και τον ρόλο του νοσηλευτή σε αυτές

τις θεραπείες. Τέλος έγινε παρουσίαση δυο κλινικών περιστατικών, υποθερμίας σε παιδί και υπερθερμίας σε άτομο μεγαλύτερης ηλικίας και πως έγινε η διαχείριση τους.

Πραγματοποιήθηκε ανασκόπηση ελληνικής και διεθνούς βιβλιογραφίας σε ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων και συγκεκριμένα στις βάσεις Google Scholar, PubMed, Science Direct αλλά και σε έγκυρες ιστοσελίδες που ασχολούνται με θέματα υγείας όπως οι ιστοσελίδες του Παγκόσμιου οργανισμού υγείας (WHO) και του Κέντρου Ελέγχου και Πρόληψης Ασθενειών (CDC) σε επιστημονικά τεκμηριωμένα άρθρα. Για την αναζήτηση χρησιμοποιήθηκαν οι λέξεις κλειδιά: θερμοκρασία, θερμοκρασιακές διαταραχές, παιδιά, ηλικιωμένοι

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 1. Η θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος

1.1 Η θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος-ορισμοί

Η έννοια της θερμοκρασίας φέρνει στο μυαλό μας φυσιολογικές εμπειρίες κρύου ή ζεστού. Υπάρχουν πολλοί ορισμοί για το τι είναι θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος αλλά ο πιο ορθός ορισμός δόθηκε από τον Scotsman James Clerk Maxwell. Αναφέρει πως η θερμοκρασία ενός σώματος είναι η θερμική του κατάσταση που θεωρείται σαν μέτρο της ικανότητας του να μεταφέρει θερμότητα σε άλλα σώματα. Αυτός ο ορισμός αποτελεί τη βάση όλων των κλιμάκων μέτρησης της θερμοκρασίας διεθνώς (Michalski et al., 2002).

Πριν γραφτεί ο παραπάνω ορισμός πολλοί προσπάθησαν να ορίσουν την θερμοκρασία. Στην αρχαία Ρώμη ο ιατρός Γαληνός εισήγαγε τους βαθμούς του κρύου για να γίνουν αντιληπτές οι επιδράσεις των διαφορετικών φαρμάκων στους ανθρώπινους οργανισμούς αφού θεωρούσαν πως τα φάρμακα ζεσταίνουν ή κρυώνουν τους ανθρώπους. Επίσης ο Γαληνός εισήγαγε και την θερμοκρασία που αντιστοιχούσε στους μηδέν βαθμούς Κελσίου (Michalski et al., 2002).

Στην πράξη υπάρχουν δυο τύποι μέτρησης της θερμοκρασίας του σώματος, η κεντρική θερμοκρασία σώματος, και η περιφερική. Στη θερμοφυσιολογία, τα σπλάχνα ο θώρακας, η κοιλιά και ο εγκέφαλος συχνά αναφέρονται ως το κεντρικό διαμέρισμα του σώματος και η θερμοκρασία τους θεωρείται η κεντρική θερμοκρασία. Αυτό επειδή οι περιοχή αυτή είναι θερμικά ομοιογενής με μόνο μικρές (συνήθως, μερικά δέκατα του βαθμού Κελσίου) διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ διαφορετικών θέσεων εντός των εσωτερικών οργάνων. Η θερμοκρασία επιφάνειας ορίζεται ως η θερμοκρασία εκτός της κεντρικής περιοχής δηλαδή οι περιφερικοί ιστοί. Η θερμοκρασία της επιφάνειας ποικίλει και η θερμική κλίση μπορεί να είναι απότομη (Romanovsky, 2018).

1.2 Χαρακτηριστικά της θερμοκρασίας σώματος

Η θερμοκρασία του σώματος κυμαίνεται σύμφωνα με διάφορους φυσιολογικούς και μετρολογικούς παράγοντες. Πολλές θέσεις χρησιμοποιούνται για μετρήσεις της θερμοκρασίας σώματος, όπως υπογλώσσια, μασχάλη, βουβωνική χώρα, λαιμός, ορθό, κόλπος, οισοφάγος, τύμπανο αυτιού, εξωτερικό ακουστικό κανάλι, ρινική κοιλότητα, ουροδόχος κύστη, πεπτικό

σύστημα, θώρακας και μέτωπο. Η μέτρηση μπορεί να γίνει οποιαδήποτε ώρα της ημέρας (Chen, 2019).

Για να αξιολογηθεί σωστά η θερμοκρασία προτιμάται η κεντρική θερμοκρασία η οποία υποδηλώνει ότι η θερμοκρασία σώματος μετράτε σε βαθιές θέσεις ενός σώματος και θεωρείται η θερμοκρασία λειτουργίας όλων των εσωτερικών οργάνων στο εσωτερικό του σώματος, ειδικά σε βαθιές δομές του σώματος, όπως ο εγκέφαλος, η καρδιά και το ήπαρ. Η κεντρική θερμοκρασία σώματος διατηρείται κανονικά μέσα σε ένα στενό εύρος, έτσι ώστε οι βασικές μεταβολικές αντιδράσεις να μπορούν να εμφανιστούν σωστά και οι λειτουργίες του σώματος μπορούν να βελτιστοποιηθούν αποτελεσματικά. Ανύψωση της κεντρικής θερμοκρασίας (υπερθερμία) ή μείωση (υποθερμία) μπορεί να οδηγήσει σε δυσλειτουργία του σώματος (Chen, 2019).

1.3 Παραγωγή και μετακίνηση θερμότητας

Η θερμική ισορροπία, είναι απαραίτητη για να υπάρχει σταθερή κεντρική θερμοκρασία, σχετίζεται με το σύνολο της περιεχόμενης θερμότητας του σώματος και επηρεάζεται από την παραγωγή, την προσθήκη, την αποβολή και τη διατήρηση θερμότητας. Η θερμότητα έχει οριστεί ως η μεταφορά ενέργειας από ένα σώμα με υψηλότερη θερμοκρασία προς ένα σώμα με μικρότερη θερμοκρασία. Η θερμική ενέργεια είναι το αποτέλεσμα της κίνησης μικροσκοπικών σωματιδίων που ονομάζονται άτομα, μόρια ή ιόντα σε στερεά, υγρά και αέρια και μπορεί να μεταφερθεί από το ένα αντικείμενο σε ένα άλλο (Coopersmith, 2015).

Η ύλη υπάρχει σαν στερεή, υγρή και αέρια και αποτελείται από μικροσκοπικά σωματίδια που ονομάζονται άτομα, μόρια και ιόντα. Αυτά βρίσκονται πάντα σε κίνηση και η κίνηση των σωματιδίων αυτών δημιουργεί μια μορφή ενέργειας που ονομάζεται θερμότητα (ή θερμική ενέργεια). Σε υψηλότερες θερμοκρασίες, τα σωματίδια έχουν περισσότερη ενέργεια και μέρος αυτής της ενέργειας μπορεί να μεταφερθεί σε άλλα σωματίδια που βρίσκονται σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Με τα κινούμενα σωματίδια να συγκρούονται μεταξύ τους, η ενέργεια θα μεταφερθεί αργά σε όλο το υλικό μέχρι να επιτευχθεί θερμική ισορροπία (η θερμοκρασία είναι η ίδια σε όλο το υλικό) (Coopersmith, 2015).

Η παραγωγή θερμότητας στον οργανισμό ονομάζεται αλλιώς θερμογένεση και χωρίζεται στην απαραίτητη και στη δυνητική. Η απαραίτητη περιλαμβάνει την παραγωγή ενέργειας με τη

βοήθεια του βασικού μεταβολισμού και επηρεάζεται από τον πυρετό, την ηλικία και τον ύπνο. Η δυνητική θερμογένεση περιλαμβάνει την παραγωγή ενέργειας από την άσκηση, την πέψη, τις ορμόνες, το ρίγος και την παραγωγή θερμότητας χωρίς ρίγος. Στο ανθρώπινο σώμα οι σκελετικοί μύες παράγουν μεγάλα ποσά θερμότητας μέσω του ρίγους ή της σύσπασης κατά την κίνηση (Kenney and Munce, 2003).

Η θερμική ενέργεια μεταφέρεται με διαφορετικούς τρόπους όταν δεν υπάρχει θερμομόνωση και γίνεται μέσω του δέρματος. Η αγωγή (convection), μεταφέρει θερμική ενέργεια μέσω αερίων. Καθώς ο αέρας θερμαίνεται, τα σωματίδια κερδίζουν θερμική ενέργεια επιτρέποντάς τους να κινούνται γρηγορότερα και πιο μακριά, μεταφέροντας μαζί τους την ενέργεια θερμότητας. Η αγωγή (conduction) μεταφέρει θερμική ενέργεια μέσω υγρών ή στερεών. Τα κινούμενα σωματίδια ενός θερμού υλικού μπορούν να αυξήσουν τη θερμική ενέργεια των σωματιδίων σε ένα ψυχρότερο στερεό υλικό μεταφέροντας το απευθείας από το ένα σωματίδιο στο άλλο. Δεδομένου ότι τα σωματίδια είναι πιο κοντά μεταξύ τους, τα στερεά μεταφέρουν τη θερμότητα καλύτερα από τα υγρά ή τα αέρια (Coopersmith, 2015). Η αγωγή πραγματοποιείται μέσω της διαστολής ή της σύσπασης των αγγείων του δέρματος

Η ακτινοβολία είναι μια μέθοδος μεταφοράς θερμότητας που δεν απαιτεί σωματίδια για τη μεταφορά της θερμικής ενέργειας. Αντίθετα, η θερμότητα μεταφέρεται σε υπέρυθρα κύματα (μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος). Τα κύματα θερμότητας ακτινοβολούν από ζεστά αντικείμενα προς όλες τις κατευθύνσεις, ταξιδεύοντας με την ταχύτητα του φωτός, μέχρι να χτυπήσουν ένα άλλο αντικείμενο. Όταν συμβαίνει αυτό, η θερμική ενέργεια που μεταφέρεται από τα κύματα μπορεί είτε να απορροφηθεί είτε να ανακλαστεί (Coopersmith, 2015). Αν υπάρχει σταθερή θερμοκρασία η ομοιόσταση διατηρείται μέσω της ακτινοβολίας. Η εξάτμιση υπάρχει για αποβολή θερμότητας μέσω εφίδρωσης, άδηλης αναπνοής και αποβολής υδρατμών μέσω του αναπνευστικού συστήματος (Kenney and Munce, 2003).

1.4 Τι είναι η θερμορύθμιση

Η ζωή όπως την ξέρουμε μπορεί να επιβιώσει σε ένα σχετικά στενό εύρος θερμοκρασίας. Κατά τη διάρκεια της βιολογικής εξέλιξης, οι ζωικοί οργανισμοί έχουν αποκτήσει την ικανότητα να ανιχνεύουν τις θερμικές μεταβολές για να αποφύγουν τη βλάβη των ιστών και να καταλαμβάνουν συγκεκριμένα οικολογικά περιβάλλοντα. Η θερμοευαισθησία είναι μια αρχέγονη αίσθηση που επιτρέπει στους οργανισμούς να διακρίνουν το ζεστό και το κρύο από

το βέλτιστο και το οποίο έχει χρησιμεύσει ως σημαντικός παράγοντας για την εξάπλωση των ζώων σε ένα ευρύ φάσμα οικολογικών οικοτόπων. Η εμφάνιση ενδόθερμων οργανισμών, που μπορούν να παράγουν τη δική τους θερμότητα για να διατηρήσουν σταθερή θερμοκρασία σώματος, διευκόλυνε περαιτέρω την εξάπλωση της ζωής, σε κάθε γεωγραφικό πλάτος στον πλανήτη (Gracheva and Bagriantsev, 2019).

Το σώμα είναι ένα ανοιχτό σύστημα που πρέπει να προστατεύει το εσωτερικό του περιβάλλον διατηρώντας το σταθερό. Ταυτόχρονα εξαρτάται από το περιβάλλον του για την ανταλλαγή οξυγόνου, θρεπτικών ουσιών, αποβλήτων και θερμότητας. Αυτές οι απαιτήσεις χρειάζονται ιδιαίτερους φυσιολογικούς μηχανισμούς για τη διατήρηση ενός σταθερού και ισορροπημένου εσωτερικού περιβάλλοντος, δηλαδή επίτευξη της λεγόμενης ομοιόστασης (Grodzinsky and Levander, 2020b). Η κεντρική θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος φυσιολογικά διατηρείται μεταξύ 36,5-37,5°C, λόγω της ομοιόστασης (Nose et al., 2018).

Οι πολύπλοκοι φυσιολογικοί μηχανισμοί αυτορρύθμισης και οι διαδικασίες που απαιτούνται για την επίτευξη της ομοιόστασης διατηρούνται από εξειδικευμένα όργανα και συστήματα οργάνων στο σώμα. Η ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος λειτουργεί μέσω ενός νευρικού συστήματος ανάδρασης. Αισθητικά μηνύματα που υποδεικνύουν κρύο ή θερμότητα από διάφορα μέρη του σώματος, όπως το δέρμα και τα εσωτερικά όργανα, φτάνουν σε εξειδικευμένους νευρώνες που βρίσκονται στο κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ), κυρίως στον υποθάλαμο. Ο υποθάλαμος επεξεργάζεται τις εισερχόμενες αισθητηριακές πληροφορίες και μεταδίδει νευρικά και ορμονικά σήματα, ξεκινώντας διάφορα είδη φυσιολογικής δραστηριότητας. Οι φυσιολογικές δραστηριότητες αντιπροσωπεύουν, σε γενικές γραμμές, το κέρδος θερμότητας ή, εναλλακτικά, την απώλεια θερμότητας και, ως εκ τούτου, διατηρούν την κατάλληλη θερμοκρασία σώματος. Όργανα ή συστήματα οργάνων εκτός από το νευρικό σύστημα που είναι οι κύριοι παράγοντες στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος είναι το καρδιαγγειακό σύστημα, το σύστημα ελέγχου έκκρισης ιδρωτοποιών αδένων και οι σκελετικοί μύες. Τα συστήματα αυτά εξασφαλίζουν ότι ο ρυθμός απώλειας θερμότητας εξισορροπείται από την ποσότητα του κέρδους θερμότητας, ώστε να εξασφαλίζεται η κατάλληλη θερμοκρασία σώματος (Grodzinsky and Levander, 2020b).

1.5 Πως πραγματοποιείται η θερμορύθμιση

1.5.1 Εισερχόμενη πληροφορία της θερμορυθμιστικής απόκρισης

Υπάρχουν διάφορα μέρη του ΚΝΣ που εμπλέκονται στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος. Ένας από τα σημαντικότερα είναι ο υποθάλαμος και μια συγκεκριμένη περιοχή που ονομάζεται προοπτική περιοχή του πρόσθιου υποθάλαμου (POAH), η οποία θεωρείται το κύριο κέντρο ελέγχου της θερμοκρασίας. Η POAH περιέχει νευρώνες που ανιχνεύουν την τοπική θερμοκρασία μέσω κεντρομόλων νευρικών οδών και την ενσωματώνουν με άλλες θερμικές πληροφορίες που φτάνουν στην περιοχή από άλλα σημεία. Οι πληροφορίες προέρχονται από κεντρικούς και περιφερικούς θερμοϋποδοχείς, καθώς και από τη θερμοκρασία του αίματος των αγγείων που τροφοδοτούν τον υποθάλαμο. Η τοπική θερμοκρασία γίνεται αντιληπτή από το αίμα που περνά από τον υποθάλαμο. Οι πληροφορίες για τη θερμοκρασία φτάνουν από θερμοϋποδοχείς, που βρίσκονται κυρίως στο δέρμα, το νωτιαίο μυελό, τον βλεννογόνο και τις περιοχές των σπλάχνων. Η ενσωμάτωση αυτή επιτρέπει την επιλεκτική θερμορυθμιστική απόκριση, κατάλληλη τόσο για εσωτερικές όσο και για εξωτερικές αλλαγές θερμοκρασίας (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Η είσοδος στον υποθάλαμο προέρχεται από περιφερειακούς καθώς και κεντρικούς θερμοϋποδοχείς. Τόσο οι περιφερειακοί όσο και οι κεντρικοί θερμοϋποδοχείς έχουν δύο υποτύπους: εκείνους που ανταποκρίνονται στο κρύο και εκείνους που ανταποκρίνονται στο ζεστό. Οι περιφερικοί θερμοϋποδοχείς βρίσκονται στο δέρμα, και οι ψυχροί υποδοχείς είναι πιο άφθονοι από τους θερμούς υποδοχείς. Οι θερμοί κεντρικοί θερμοϋποδοχείς, που βρίσκονται στον υποθάλαμο, το νωτιαίο μυελό, τα σπλάχνα και οι μεγάλες φλέβες, είναι περισσότεροι από τους ψυχρούς θερμοϋποδοχείς (Tansey and Johnson, 2015). Οι υποδοχείς που αντιλαμβάνονται το κρύο έχουν μέγιστο ρυθμό εκπομπής σημάτων στους 25-30°C και χρησιμοποιούν εμμέλες νευρικές ίνες τύπου Αδ. Ενώ υποδοχείς αντίληψης του θερμού έχουν μέγιστο ρυθμό εκπομπής σημάτων στους 45-50°C και χρησιμοποιούν αμύελες νευρικές ίνες τύπου C (Jänig, 2018).

Οι θερμοευαίσθητοι νευρώνες στην περιοχή POAH ανταποκρίνονται όχι μόνο σε αλλαγές της θερμοκρασίας αλλά και σε μη θερμικά ερεθίσματα. Για παράδειγμα, διάφορες ενδογενείς ουσίες, όπως η ιντερλευκίνη (IL)-1 και η προσταγλανδίνη E, είναι μεσολαβητές που εμπλέκονται σε ανοσολογικές αντιδράσεις που μπορούν να ξεκινήσουν τον πυρετό. Αυτοί οι νευρώνες ανταποκρίνονται επίσης σε ερεθίσματα όπως η ζάλη λόγω κίνησης, η ναυτία, οι

ορμόνες (τεστοστερόνη, οιστρογόνα και προγεστερόνη) και τα επίπεδα γλυκόζης και ηλεκτρολυτών στο αίμα. Οι νευρώνες που είναι ευαίσθητοι στο κρύο μειώνουν την ευαισθησία τους σε χαμηλά επίπεδα γλυκόζης και αυξάνουν την ευαισθησία τους σε αυξημένη οσμωτικότητα. Η ζάλη μειώνει την αγγειοσυστολή στο δέρμα, οδηγώντας σε αυξημένη απώλεια θερμότητας, οδηγώντας σε άτομα με ναυτία σε υποθερμία ιδιαίτερα αν εισέλθουν σε κρύο νερό. Αυτοί οι παράγοντες που δεν σχετίζονται με τη θερμοκρασία αλλάζουν σε σχέση με την εποχή, το φως και τη διατροφή (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Ο ρόλος του δέρματος στη ρύθμιση της θερμοκρασίας έχει μεγάλη σημασία αφού έχει αισθητηριακές νευρικές απολήξεις με συγκεκριμένους υποδοχείς ευαίσθητους στη θερμοκρασία. Αυτοί οι υποδοχείς, έχουν έναν συγκεκριμένο τύπο καναλιών ιόντων στην κυτταρική μεμβράνη τους που ανταποκρίνονται σε ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών θερμοκρασιών. Ορισμένοι υποδοχείς είναι αλγαισθητικοί και επιφέρουν την αίσθηση του πόνου όταν διεγείρονται με υψηλές θερμοκρασίες (πάνω από 42 °C) ή χαμηλές θερμοκρασίες (κάτω από 18 °C) (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Άλλοι υποδοχείς μεταδίδουν πληροφορίες σχετικές με τις θερμοκρασίες που σχετίζονται με το αν υπάρχει κίνδυνος βλάβης των ιστών ή μεγαλύτερων απειλών για τη διατήρηση της κανονικής θερμοκρασίας του σώματος. Εκτός από τη θερμοκρασία, άλλα μη θερμικά ερεθίσματα μπορεί να επηρεάσουν αυτούς τους υποδοχείς, όπως η καψαϊκίνη, που βρίσκεται στις πιπεριές τσίλι, μια ουσία που τα θερμικά ερεθίσματα. Οι υποδοχείς που ανιχνεύουν ψυχρότερες θερμοκρασίες αντιδρούν επίσης σε ουσίες όπως η μενθόλη και το wasabi (ιαπωνικό χρένο). Άλλοι μη θερμικοί παράγοντες που ενεργοποιούν αυτούς τους υποδοχείς περιλαμβάνουν ουσίες που παράγονται κατά τη διάρκεια φλεγμονής (π.χ. ακετυλοχολίνη, ATP, κυτοκίνες) (Grodzinsky and Levander, 2020b).

1.5.2 Κεντρική Επεξεργασία

Το κλασικό μοντέλο θερμορύθμισης αναφέρει πως η περιοχή κεντρικής επεξεργασίας είναι ο υποθάλαμος αλλά συμμετέχουν επίσης το δρεπανοειδές σύστημα, το κατώτερο εγκεφαλικό στέλεχος και ο νωτιαίος μυελός. Το μοντέλο αυτό θεωρεί πως ο υποθάλαμος λειτουργεί σαν θερμοστάτης ο οποίος δέχεται τις εισερχόμενες πληροφορίες και τις συγκρίνει με μια τιμή θερμοκρασίας αναφοράς. Αν υπάρχουν τυχόν αποκλίσεις θερμοκρασίας σε σχέση με αυτή τη τιμή αναφοράς τότε δημιουργείται ένα σήμα πως υπάρχει σφάλμα με επακόλουθες κατάλληλες

αυτόνομες αντιδράσεις, όπως αλλαγή του αγγειοκινητικού τόνου, εφίδρωση ή ρίγος. Αυτός ο τύπος ελέγχου και ρύθμισης ονομάζεται σύστημα αρνητικού ελέγχου ανάδρασης (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Στον υποθάλαμο υπάρχουν κύτταρα που αντιλαμβάνονται το ζεστό και το κρύο και γίνεται σύγκριση της θερμοκρασίας του σώματος με ένα εύρος θερμοκρασιών που θεωρούνται φυσιολογικά. Αν η θερμοκρασία δεν ξεφεύγει αυτών των ορίων τότε δεν έχουμε απόκριση μέσω φυγόκεντρων κεντρικών οδών (Jänig, 2018).

Ένα άλλο, πιο πρόσφατο, διδακτικό μοντέλο είναι η «ζώνη κατωφλίου του θερμοηλεκτρικού τομέα». Αυτό το μοντέλο περιγράφει μια ζώνη θερμοκρασίας όπου δεν εμφανίζεται ούτε εφίδρωση ούτε μυϊκή συστολή. Οι διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας του σώματος μέσα σε αυτό το «παράθυρο θερμοκρασίας» προσαρμόζονται μόνο μέσω διακυμάνσεων της ροής του αίματος στο δέρμα. Μη θερμικοί παράγοντες όπως ο ύπνος, η ναυτία, η οσμωτικότητα και το οξειδίο του αζώτου επηρεάζουν το θερμορυθμιστικό σύστημα. Το μοντέλο αυτό, σε αντίθεση με το κλασικό μοντέλο, καθιστά δυνατή τη συμπερίληψη μη θερμικών παραγόντων και τον αντίκτυπό τους στη θερμορύθμιση (Grodzinsky and Levander, 2020b).

1.5.3 Απόκριση

Γενικότερα όπως προαναφέρθηκε ο υποθάλαμος θεωρείται το συντονιστικό ή κεντρικό κέντρο ολοκλήρωσης για τη θερμορύθμιση και συγκεκριμένα περιοχή POAH. Ο αντίκτυπος της ενεργοποίησης του κεντρικού θερμοϋποδοχέα είναι πιο σημαντικός όσον αφορά τη θερμοκρασία του κορμού και φαίνεται ότι η ενεργοποίηση θερμών θερμοϋποδοχών προκαλεί αναστολή των ψυχρών υποδοχέων. Ο πίνακας δείχνει φυσιολογικές και συμπεριφορικές αντιδράσεις στην ενεργοποίηση αυτών των θερμικών υποδοχέων (Tansey and Johnson, 2015).

Πίνακας 1 Η απόκριση μετά από ενεργοποίηση των υποδοχέων και επεξεργασία του σήματος
Πηγή: Tansey and Johnson (2015)

Ερέθισμα θερμοκρασίας	Υποδοχείς	Κέντρο ελέγχου	Εκτελεστικά όργανα	Απόκριση
Αύξηση	Περιφερικοί και κεντρικοί θερμοϋποδοχείς	Υποθάλαμος	1. Αιμοφόρα αγγεία δέρματος	1. Αγγειοσυστολή αρτηριών και αναστομόσεων

			<ol style="list-style-type: none"> 2. Ίδρωτοποιό αδένες 3. Ενδοκρινής ιστός 4. Συμπεριφορά 	<p>αρτηριών και φλεβών</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Ίδρώτας 3. Μειωμένος μεταβολικός ρυθμός 4. Μείωση δραστηριότητας, μειωμένη όρεξη
Μείωση	Περιφερικοί και κεντρικοί θερμοϋποδοχείς	Υποθάλαμος	<ol style="list-style-type: none"> 1. Αιμοφόρα αγγεία δέρματος 2. Μυες arrector pili 3. Σκελετικοί μύες 4. Ενδοκρινής ιστός 5. Συμπεριφορά 6. Καφέ λιπώδης ιστός 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Αγγειοσυστολή αρτηριών και αναστομόσεων αρτηριών και φλεβών 2. Ανόρθωση τριχών και παγίδευση αέρα 3. Θερμογένεση μέσω τρόμου 4. Αυξημένος μεταβολικός ρυθμός, αυξημένη όρεξη 5. Θερμογένεση χωρίς τρόμος

1.5.4 Νευρικός μηχανισμός θερμορύθμισης

Οι κύριοι θερμορυθμιστικοί παράγοντες είναι τα αιμοφόρα αγγεία του δέρματος για τον έλεγχο της απώλειας θερμότητας, ο καφέ λιπώδης ιστός και ο σκελετικός μυς για τη θερμογένεση και διάφοροι, μηχανισμοί όπως η εφίδρωση και ο αυξημένος ρυθμός αναπνοής για απώλεια θερμότητας μέσω εξάτμισης. Η ενεργοποίηση αυτών των επιδράσεων ρυθμίζεται από παράλληλες αλλά διακριτές για το αποτέλεσμα τους, βασικές απαγωγούς οδούς εντός του ΚΝΣ που επηρεάζονται έντονα από κοινά δερμικά θερμικά προσαγωγή σήματα. Οι δερμικές (και πιθανώς σπλαχνικές) θερμικές αισθητηριακές πληροφορίες ενσωματώνονται, με άγνωστο

μέχρι στιγμής τρόπο, σε συνάψεις στα νωτιαία και τριδυμικά ραχιαία κέρατα και στη συνέχεια εντός του πλευρικού παραβραχιακού πυρήνα, όπου τα σήματα ζεστού και κρύου υποβάλλονται σε επεξεργασία σε ανατομικά διακριτές περιοχές με προβολές στο προοπτικό σημείο του υποθαλάμου (Morrison and Nakamura, 2011).

Μέσα στον υποθάλαμο, διαφορετικοί, ευαίσθητοι στη θερμότητα νευρώνες, παρέχουν το υπόστρωμα όχι μόνο για την τοπική (μερικές φορές αποκαλούμενη κορμού) θερμοκρασία για να επηρεάσει την ενεργοποίηση κάθε τύπου θερμορυθμιστικού αποτελέσματος, αλλά και για θερμικές αισθητηριακές εισροές, που φθάνουν μέσω των νευρώνων πλευρικού παραβραχιακού πυρήνα, για να ενσωματωθούν με αυτές τις τοπικές επιδράσεις θερμοκρασίας για να ελέγξουν την ενεργοποίηση κάθε τύπου θερμορυθμιστικού αποτελέσματος (Morrison and Nakamura, 2011).

Η βασική προσαγωγή οδός για τη θερμορυθμιστική ενεργοποίηση της θερμογένεσης του καφέ λιπώδους ιστού και του καρδιακού ρυθμού περιλαμβάνει μια ανασταλτική είσοδο από τον υποθάλαμο σε συμπαθητικο-εκκριτικούς νευρώνες στη ραχιαία υποθαλαμική περιοχή, οι οποίοι προβάλλουν συμπαθητικούς προκινητικούς νευρώνες στον πυρήνα rostral raphe pallidus, οι οποίοι, με τη σειρά τους, παρέχουν την διεγερτική κίνηση σε συμπαθητικούς προγανγλιονικούς νευρώνες στον θωρακικό νωτιαίο μυελό που μεταδίδεται μέσω συμπαθητικών γαγγλίων σε καφέ λιποκύτταρα και στα καρδιακά κύτταρα του βηματοδότη (Morrison and Nakamura, 2011).

Η βασική απαγωγός οδός για τη δερμική αγγειοσυστολή περιλαμβάνει επίσης μια τονωτικά ενεργή αναστολή που προέρχεται από την προοπτική περιοχή του υποθαλάμου. Ωστόσο, αυτοί οι νευρώνες στέλνουν άξονες στον πυρήνα rostral raphe pallidus όπου επηρεάζουν την έκκριση των συμπαθητικών προκινητικών νευρώνων για τη δερμική αγγειοσυστολή και, κατά συνέπεια, το επίπεδο διέγερσης στους συμπαθητικούς προγανγλιονικών νευρώνων στον θωρακικό και οσφυϊκό νωτιαίο μυελό που οδηγούν την απελευθέρωση του νευροδιαβιβαστή από τα συμπαθητικά γαγγλιακά κύτταρα για να προκαλέσουν δερματική αγγειοσυστολή (Morrison and Nakamura, 2011).

1.5.5 Εφίδρωση

Η εφίδρωση είναι αναμφισβήτητα η πιο ισχυρή αυτόνομη θερμοαπόκριση στον άνθρωπο. Η πιθανή απώλεια θερμότητας που παρέχεται από την εξάτμιση του ιδρώτα προκύπτει από ένα συνδυασμό της τεράστιας ικανότητας του ανθρώπινου σώματος να ιδρώνει και της λανθάνουσας θερμότητας της εξάτμισης του ιδρώτα. Υποθέτοντας ότι όλος ο ιδρώτας που παράγεται εξατμίζεται τότε θεωρητικά αυτή η εξάτμιση μπορεί να παρέχει μεταξύ 1000 και 1700 W απώλειας θερμότητας. Αυτή η πιθανή απώλεια θερμότητας υπερτερεί κατά πολύ αυτού που μπορεί ρεαλιστικά να επιτευχθεί με την ανταλλαγή ξηρής θερμότητας. Η απώλεια θερμότητας με εξάτμιση υπερτερεί επίσης της πιθανής παραγωγής θερμότητας που μπορεί να επιτευχθεί με το ρίγος, το οποίο μπορεί να φθάσει περίπου πέντε φορές τον υπόλοιπο μεταβολικό ρυθμό (Gagnon and Crandall, 2018).

Η ενσωμάτωση των πληροφοριών από περιφερικούς και κεντρικούς θερμοϋποδοχείς έχει ως αποτέλεσμα αυξημένη δραστηριότητα των συμπαθητικών νεύρων του δέρματος – το απαγωγό νευρικό σήμα που διεγείρει την παραγωγή ιδρώτα. Η έκθεση στη θερμότητα προκαλεί συνήθως μια αρχική μείωση της δραστηριότητας των συμπαθητικών νεύρων του δέρματος από τις τιμές αναφοράς, λόγω απόσυρσης του αγγειοσυσταλτικού τόνου. Με τη συνεχή θέρμανση, παρατηρείται έντονη αύξηση της δραστηριότητας των συμπαθητικών νεύρων του δέρματος, με την αύξηση να σχετίζεται γραμμικά με την αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος. Η δραστηριότητα των συμπαθητικών νεύρων του δέρματος είναι σήμα πολλαπλών μονάδων. Κατά τη διάρκεια της έκθεσης στη θερμότητα, η δραστηριότητα των συμπαθητικών νεύρων σχετίζεται με την έκκριση ιδρώτα. Η εφίδρωση ελέγχεται μέσω της ενσωμάτωσης τόσο των θερμοκρασιών του δέρματος όσο και των θερμοκρασιών του κορμού (Gagnon and Crandall, 2018).

Οι ιδρωτοποιοί αδένες ενεργοποιούνται μέσω συμπαθητικών νεύρων, με σήματα που προέρχονται από τον υποθάλαμο. Ο κύριος νευροδιαβιβαστής είναι η ακετυλοχολίνη, αλλά οι αδρενεργικές ουσίες έχουν επίσης κάποια επιρροή. Αυτό το μάλλον ασυνήθιστο συμπαθητικό χολινεργικό νευρικό μίγμα λέγεται ότι αναπτύσσεται αμέσως μετά τη γέννηση από μηχανισμούς που είναι ακόμα άγνωστοι. Η ποσότητα του ιδρώτα που εκκρίνεται και η περιεκτικότητά του σε νάτριο ποικίλλει ανάλογα με διάφορους παράγοντες, όπως ο αριθμός των ενεργοποιημένων ιδρωτοποιών αδένων και η ικανότητά τους. Αυτό εξαρτάται επίσης από

την αερόβια ικανότητα του ατόμου, αν είναι καλά προσαρμοσμένο σε αυξημένες θερμοκρασίες σώματος, την ηλικία του και τους γενετικούς παράγοντες. Κατά τη διάρκεια της σκληρής σωματικής εργασίας, η εξάτμιση μπορεί να αυξηθεί σημαντικά. Ωστόσο, η εξατμιστική αντοχή είναι περιορισμένη, οπότε μετά από λίγες ώρες άφθονης εφίδρωσης, η ένταση θα μειωθεί. Η εξάτμιση είναι ένας πολύ σημαντικός μηχανισμός για τη διατήρηση της κανονικής θερμοκρασίας του σώματος και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 40 °C η εξάτμιση είναι ο μόνος τρόπος ανταλλαγής θερμότητας μεταξύ του σώματος και του περιβάλλοντος χώρου (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Η ποσότητα νερού στο σώμα είναι αποθήκη θερμότητας γιατί το νερό έχει υψηλή θερμοχωρητικότητα και όσο μεγαλύτερη η ποσότητα νερού στο σώμα τόσο μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας μπορεί να διατηρήσει (Sawka and Coyle, 1999).

1.5.6 Αγγειοσυστολή- Αγγειοδιαστολή

Ένα ζωτικό μέρος της ρύθμισης της θερμοκρασίας του σώματος είναι οι αλλαγές στη ροή του αίματος του δέρματος. Η ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος ελέγχεται και μέσω αλλαγών στη αιμάτωση με αγγειοδιαστολή ή αγγειοσυστολή σε υποδόρια αιμοφόρα αγγεία. Σε κατάσταση ανάπαυσης και με θερμοουδέτερο περιβάλλον, η ροή του αίματος του δέρματος αντιπροσωπεύει περίπου το 5% της καρδιακής εξόδου, η οποία είναι περίπου 0,3 λίτρα/λεπτό. (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Ωστόσο, αυτές οι αυξημένες φυσιολογικές απαιτήσεις απαιτούν ένα ισχυρό και υγιές καρδιακό και κυκλοφορικό σύστημα. Η πιο κοινή αγγειακή κατασκευή στο δέρμα είναι αρτηρίες που συνδέονται με φλέβες μέσω τριχοειδών αγγείων. Λιγότερες σε αριθμό είναι οι άμεσες συνδέσεις αρτηρίας-φλέβας. Αυτά βρίσκονται κυρίως στο δέρμα άκρων όπως τα χέρια και τα δάχτυλα, τα πόδια και τα δάχτυλα των ποδιών, η μύτη, τα χείλη, τα μάγουλα και τα αυτιά. Η αγγειοσυστολή ή αγγειοδιαστολή ελέγχονται κυρίως από το συμπαθητικό νευρικό σύστημα. Η αγγειοσυστολή ελέγχεται κυρίως μέσω της νοραδρεναλίνης και των αδρενεργικών υποδοχέων α_1 και α_2 . Οι οδοί μετάδοσης σήματος για αγγειοδιαστολή δεν είναι ακόμη πλήρως κατανοητές. Μια υπόθεση είναι ότι η ενεργός αγγειοδιαστολή επιτυγχάνεται με απελευθέρωση μονοξειδίου του αζώτου με τη μεσολάβηση ακετυλοχολίνης (Kellogg Jr et al., 2003). Επηρεάζεται επίσης από τοπικές ουσίες όπως προσταγλανδίνες και νευροδιαβιβαστές όπως νευροπεπτίδιο Υ από αισθητηριακές νευρικές απολήξεις. Το φλεβικό μέρος της κυκλοφορίας

του δέρματος συμμετέχει μειώνοντας τον τόνο όταν απαιτείται απώλεια θερμότητας (Jessen, 2010).

Η διαστολή ή η σύσπαση των μυϊκών ινών συμβαίνει ανάλογα με τον ρυθμό που εκφορτίζονται τα νευρικά κύτταρα του συμπαθητικού νευρικού συστήματος. Αυτό προκαλεί ελευθέρωση νευροδιαβιβαστών που προκαλούν σύσπαση των λείων μυϊκών ινών και συστολή των αγγείων. Η αναστολή της εκφόρτισης προκαλεί απελευθέρωση του πρωτοξειδίου του αζώτου και άλλων νευροδιαβιβαστών προκαλώντας τη διαστολή των μυϊκών ινών και διόγκωση του αυλού.

1.5.7 Αλλαγές ρυθμού αναπνοής

Η θερμορύθμιση με τη βοήθεια λαχανιάσματος είναι πρωταρχικής σημασίας, καθώς μπορεί να είναι η κύρια απόκριση για απώλεια θερμότητας. Κατά τον αυξημένο ρυθμό αναπνοής μια απόκριση μάχης ή φυγής έχει την αναπνοή ως την κύρια αυτόνομη απόκριση στη διάχυση της θερμότητας ως απάντηση στις αυξήσεις της θερμοκρασία της επιφάνειας του σώματος και του κορμού. Αυτά μπορούν να επιτευχθούν μεταβάλλοντας το ρυθμό και το βάθος της αναπνοής στις δύο μορφές λαχανιάσματος, θερμική ταχύπνοια και θερμική υπέρπνοια (White, 2018)

Η ταχύπνοια χαρακτηρίζεται από γρήγορη και ρηχή αναπνοή και διακρίνεται από την υπέρπνοια στο ότι στην δεύτερη γίνονται βαθιές αναπνοές προκαλώντας αυξημένο πνευμονικό εξαερισμό. Η υπέρπνοια συνδέεται και με άνοιγμα του στόματος για μεγαλύτερη αποβολή θερμότητας (White, 2018).

1.5.8 Μεταβολισμός

Η θερμογένεση χωρίς ρίγος λαμβάνει χώρα στον καφέ λιπώδη ιστό και είναι σημαντική για τη θερμορύθμιση στα νεογέννητα και σε ορισμένα ζώα, όπως τα τρωκτικά. Η θερμογένεση αυτή πιθανότατα εμπλέκεται επίσης στη θερμογένεση υγιών ενηλίκων. Τα λιποκύτταρα σε αυτό τον ιστό έχουν μεγάλο αριθμό μιτοχονδρίων που έχουν κάποια ικανότητα να παράγουν ενέργεια με τη μορφή θερμότητας, ειδικά χρησιμοποιώντας λιπίδια. Η θερμογένεση ενεργοποιείται μέσω του συμπαθητικού νευρικού συστήματος με τη χρήση νορεπινεφρίνης και β αδρενεργικών υποδοχέων (Grodzinsky and Levander, 2020b).

1.5.9 Παραγωγή Θερμότητας

Ένας σημαντικός μηχανισμός θερμογένεσης είναι η σύσπαση στον σκελετικό μυ. Υπό ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες, ο ρυθμός παραγωγής θερμότητας μπορεί να αυξηθεί κατά πέντε

φορές περισσότερο από τα βασικά επίπεδα χωρίς να τροποποιήσει σημαντικά τη θερμοκρασία του κορμού. Σε μεγάλα θηλαστικά ή πτηνά, η σκελετική θερμογένεση που προέρχεται από μυς, με τη μορφή ρίγους που είναι η κυρίαρχη πηγή παραγωγής θερμότητας (Blondin and Haman, 2018).

Για τη θερμορύθμιση παράγεται μεγάλη ποσότητα θερμότητας με μυϊκές συσπάσεις. Το ρίγος, αποτελείται από ακούσιες μυϊκές συσπάσεις που ξεκινούν μέσω ερεθισμάτων θερμοκρασίας, κυρίως από τον κορμό και δευτερευόντως από το δέρμα. Ωστόσο, η ένταση του ρίγους βασίζεται στην ενσωμάτωση των πληροφοριών θερμοκρασίας και οι γρήγορες αλλαγές στη θερμοκρασία του δέρματος μπορεί να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στο ρίγος. Άλλοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την ένταση του τρόμου είναι η γλυκόζη του αίματος, καθώς και το ενδομυϊκό και ηπατικό απόθεμα γλυκογόνου. Η χαμηλή γλυκόζη στο αίμα φαίνεται να επηρεάζει τους νευρώνες άρα την ικανότητα του υποθάλαμου να διαβαθμίζει τις πληροφορίες που σχετίζονται με τη θερμοκρασία. Το απόθεμα γλυκογόνου μπορεί να επηρεάσει την ικανότητα δημιουργίας μυϊκής συστολής, αν και ο μεταβολισμός των λιπιδίων είναι μια καλή πηγή ενέργειας όταν εξαντλείται το στρώμα γλυκογόνου. Το ρίγος μπορεί να συμβεί σε διαφορετικά επίπεδα έντασης και μπορεί πράγματι να καταναλώσει μεγάλες ποσότητες ενέργειας, δηλαδή έως και πέντε ή έξι φορές το μεταβολικό ρυθμό στους μυς ανάπαυσης. Η ένταση του τρόμου αυξάνεται με αυξημένες απαιτήσεις για παραγωγή θερμότητας. Το ρίγος στα αρχικά στάδια δεν είναι εμφανές στο ανθρώπινο μάτι. Η θερμογένεση με τρόμο αρχίζει με τις θερμοκρασίες αέρα περιβάλλοντος ή τις θερμοκρασίες νερού 23 °C σε 26 °C ή όταν η κλίση μεταξύ του πυρήνα και της περιφερειακής θερμοκρασίας αυξάνεται πάρα πολύ (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Το ρίγος είναι ένα πολύπλοκο φυσιολογικό φαινόμενο, που περιλαμβάνει πολλές διαφορετικές δομές και μονοπάτια στο ΚΝΣ. Οι νευρώνες που προκαλούν ή καταστέλλουν το ρίγος βρίσκονται, για παράδειγμα, σε διαφορετικούς πυρήνες των βασικών γαγγλίων, του υποθάλαμου, της γέφυρας, του προμήκη και του νωτιαίου μυελού. Τρεις από τους νευροδιαβιβαστές που εμπλέκονται είναι η νοραδρεναλίνη, η ακετυλοχολίνη και η σεροτονίνη (Grodzinsky and Levander, 2020b).

1.5.10 Ανόρθωση τριχών

Ο μυς *pili arrector* είναι μια μικρή ζώνη του λείου μυός που συνδέει το θυλάκιο τρίχας με τον συνδετικό ιστό της μεμβράνης κάτω από το δέρμα και δέχεται νευρώνες από το αυτόνομο νευρικό σύστημα. Σε απάντηση στην αυξημένη συμπαθητική διέγερση, οι μύες στη βάση μικροσκοπικών τριχών του δέρματος διεγείρονται και προκαλούν τις τρίχες να γίνουν όρθιες, παγιδεύοντας τον αέρα και αυξάνοντας έτσι το μονωτικό στρώμα αέρα γύρω από το σώμα και ελαχιστοποιώντας την απώλεια θερμότητας. Η τριχοανόρθωση είναι μια γνωστή αντίδραση στο κρύο και επίσης σε ισχυρά συναισθηματικά ερεθίσματα. Η τριχοανόρθωση χρησιμοποιείται ως δείκτης αυτόνομης συμπαθητικής δραστηριότητας και θεωρείται ότι διαμεσολαβείται από $\alpha 1$ -αδρενεργικούς υποδοχείς. Δεδομένου ότι οι άνθρωποι κατέχουν σχετικά λίγες τρίχες και είναι συχνά ντυμένοι, η διατήρηση της θερμότητας μέσω της ανόρθωσης τριχών θεωρείται ασήμαντη. Ωστόσο, μπορεί να γίνει πιο σημαντική σε συνδυασμό με το ρίγος, ενισχύοντας ενδεχομένως την αποτελεσματικότητα της απόκρισης του τρόμου (Tansey and Johnson, 2015).

1.5.11 Συμπεριφορά

Οι νευρικές οδοί επεξεργάζονται τα προσαγωγά μηνύματα με τρόπο παρόμοιο με τις πρωτόγονες συμπεριφορικές αντιδράσεις στον πόνο, τη δίψα, την πείνα και την ασφυξία, αποτυπώνοντας το γεγονός ότι οι συμπεριφορικές άμυνες κατά των θερμικών αλλαγών έχουν πολύ μεγαλύτερη επίδραση στη ρύθμιση της θερμοκρασίας από ό, τι οι φυσιολογικές άμυνες. Αυτό οφείλεται στο ότι οι υποδοχείς θερμοκρασίας του επιφανειακού δέρματος έχουν μεγαλύτερη επίδραση στην αντίληψη της θερμοκρασίας και προκαλούν μεγαλύτερη απόκριση συμπεριφοράς από ότι οι υποδοχείς θερμοκρασίας του κορμού. Αντίθετα, η αίσθηση θερμοκρασίας του κορμού έχει μεγαλύτερη επίδραση στις φυσιολογικές αλλαγές από ό, τι οι υποδοχείς του δέρματος. Έτσι, οι αρχικές αλλαγές στη θερμοκρασία γίνονται αντιληπτές στο δέρμα και οδηγούν σε πρώιμες αλλαγές συμπεριφοράς, ενώ πιο σοβαρές αλλαγές θερμοκρασίας που επηρεάζουν την κεντρική θερμοκρασία προκαλούν αυτόνομες αντιδράσεις όπως εφίδρωση ή ρίγος (Zabrocki et al., 2014).

Παρά τους αναπτυξιακούς περιορισμούς, πρωτόγονες αλλαγές συμπεριφοράς παρατηρούνται ακόμη και σε βρέφη όπου η έκθεση σε αυξημένες περιβαλλοντικές θερμοκρασίες οδηγούν σε αυξημένη προτίμηση για πρόσληψη νερού έναντι του γάλακτος και τάση να διατηρείται μια

πιο ανοιχτή εκτεθειμένη στάση του σώματος. Η αποτυχία της συμπεριφορικής άμυνας οδηγεί σε θερμοπληξία όπως φαίνεται σε βρέφη που παραμένουν σε αυτοκίνητα που θερμαίνονται υπερβολικά, ή μένουν τυλιγμένα αν έχουν πυρετό ή δεν παίρνουν αρκετά υγρά. Η αποτυχία των παραπάνω θερμορυθμιστικών μηχανισμών οδηγεί στα παθολογικά γεγονότα θερμικής ασθένειας (Zabrocki et al., 2014).

1.6 Οι συνέπειες μεταβολών της θερμοκρασίας και η σημασία της θερμορύθμισης

Αύξηση θερμοκρασίας

Σημαντικές αποκλίσεις στην κυτταρική θερμοκρασία μεταβάλλουν μια ποικιλία μοριακών ιδιοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της μειωμένης απόδοσης ενζύμων και της τροποποιημένης ικανότητας διάχυσης και της ρευστότητας των μεμβρανών, οι οποίες μειώνουν τις κρίσιμες κυτταρικές λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένης της διαθεσιμότητας ενέργειας και της ροής ιόντων μεμβράνης (Zabrocki et al., 2014)..

Το θερμικό στρες προκαλεί την ενεργοποίηση ενδοθηλιακών, επιθηλιακών, τοπικών και κυκλοφορούντων κυττάρων του ανοσοποιητικού και προκαλεί την απελευθέρωση κυτοκινών και πρωτεϊνών οξείας φάσης. Οι αντιφλεγμονώδεις Th2 κυτοκίνες αυξάνονται επίσης σε περίπτωση θερμικής ασθένεια, πιθανότατα ως αντι-ρυθμιστικός μηχανισμός. Καθώς η ισορροπία αυτού του συστήματος οξείας φάσης ευνοεί την φλεγμονή αναπτύσσεται η συστηματική φλεγμονώδης απόκριση (Zabrocki et al., 2014).

Σε αυτή την απόκριση παρατηρούνται αυξημένα επίπεδα λιποπολυσακχαρίτη και άλλων ενδοτοξινών. Πιθανώς να οφείλονται σε μια εξασθενημένη ακεραιότητα του εντέρου, αυξάνει τα επίπεδα ενδοτοξίνης εμφανίζονται σε ζωικά μοντέλα κατά τη διάρκεια της θερμικής καταπόνησης. Η μειωμένη αιμοδυναμική και η σοβαρή υποογκαιμία κατά τη διάρκεια της θερμικής ασθένειας πιθανότατα επιδεινώνουν περαιτέρω την εξασθενημένη ακεραιότητα του εντέρου. Τα στοιχεία για αυτό το μοντέλο ενδοτοξίνης έχουν αποδειχθεί σε πολλές μελέτες, συμπεριλαμβανομένων των στοιχείων ότι τα αντισώματα κατά της ενδοτοξίνης βελτιώνουν τα αποτελέσματα σε ζωικά μοντέλα θερμοπληξίας. Οι πρωτεΐνες θερμικού σοκ (HSP) είναι εξαιρετικά διατηρημένες πρωτεΐνες που πιστεύεται ότι δρουν ως συνοδοί για να σταθεροποιήσουν τις κυτταρικές πρωτεΐνες και να εξασθενίσουν την τάση τους για μετουσίωση υπό θερμική καταπόνηση (Zabrocki et al., 2014).

Ο άμεσος θερμικός τραυματισμός συμβάλλει επίσης στη δυσλειτουργία ιστών και οργάνων. Ο κυτταρικός τραυματισμός εμφανίζεται σε ένα ένα κρίσιμο θερμικό μέγιστο ή πάνω από αυτό, αρχικά μέσω απόπτωσης ακολουθούμενης από πρωτεϊνική μετουσίωση. Στον άνθρωπο, αυτό συμβαίνει σε έκθεση θερμοκρασίας 41,6-42 °C για χρόνο 8 μέχρι 45 λεπτά. Οι συνέπειες τέτοιων αλλαγών στο νευρικό σύστημα των θηλαστικών περιλαμβάνουν την απώλεια συνείδησης και την αδυναμία συντονισμού και εκτέλεσης των κινήσεων. Αν και η ανάκαμψη είναι δυνατή από τέτοιες φαινομενικά μεγάλες μειώσεις στη θερμοκρασία του εγκεφάλου, πολύ λιγότερο δραματικές αυξήσεις στη θερμοκρασία του εγκεφάλου είναι ασύμβατες με τη ζωή (Bynum et al., 1978).

Ο τραυματισμός του ΚΝΣ είναι συχνά σοβαρός σε σοβαρές θερμικές ασθένειες, όπως θερμοπληξία. Οι αλλαγές στην περιφερειακή κυκλοφορία, η συστηματική υπόταση και η αλλοιωμένη αιμάτωση μπορούν να οδηγήσουν σε πολυοργανικό τραυματισμό από ανεπαρκή παροχή οξυγόνου και κάθαρση μεταβολικών υποπροϊόντων. Αυτές οι αιμοδυναμικές αλλαγές, ο συστηματική φλεγμονή, η DIC και ο άμεσος κυτταρικός τραυματισμός οδηγούν σε προοδευτική δυσλειτουργία των οργάνων πολλαπλών συστημάτων. Τέλος, τα θύματα της θερμοπληξίας επηρεάζονται περαιτέρω από τραυματισμό των σκελετικών μυών και ραβδομύλυση με προκύπτουσα νεφρική βλάβη και ανατροπές ηλεκτρολυτών (Zabrocki et al., 2014).

Μείωση θερμοκρασίας

Ο τραυματισμός λόγω της έκθεσης στο κρύο παρουσιάζει τόσο συστηματικές εκδηλώσεις υποθερμίας, όσο και περιφερικά κρυοπαγήματα. Αν και η προκαλούμενη υποθερμία ως θεραπευτική μέθοδος έχει μελετηθεί εκτενώς, ο τυχαίος τραυματισμός λόγω κρύου παραμένει λιγότερο καλά κατανοητός. Σε ανεξέλεγκτη ψύξη, η θερμοκρασία του σώματος του κορμού μπορεί να μειωθεί με ρυθμούς μεγαλύτερους από 6 °C ανά ώρα και το ρίγος είναι ανεξέλεγκτο (Putzer et al., 2010). Η γαλακτική οξέωση αναπτύσσεται καθώς ακολουθεί κυκλοφορική κατάρρευση και η παροχή οξυγόνου καθίσταται ανεπαρκής για τη διατήρηση των μεταβολικών απαιτήσεων του ιστού (Wong, 1983). Βιοχημικές διαταραχές συμβαίνουν καθώς οι θερμορυθμιστικοί μηχανισμοί αποτυγχάνουν (Tisherman et al., 1999).

Καθώς η θερμοκρασία μειώνει το μεταβολισμό ακολουθεί αντίστοιχη μειωμένη χρήση οξυγόνου και αλλαγές στην κατάσταση οξειδωσης. Κυτταρικές καταπονήσεις αναπτύσσονται

συμπεριλαμβανομένης πρωτεϊνικής μετουσίωσης, επιβράδυνση της κυτταρικής διαίρεσης, αναστολή μεταγραφής και μετάφρασης, διαταραχή του κυτταρικού κυτταροσκελετού και αλλαγές στην κυτταρική διαπερατότητα των κατιόντων (Sonna et al., 2002).

Το κυτταρικό στρες και αυξημένη έκφραση των πρωτεϊνών heat shock (HSP), συμβαίνει κατά την αναθέρμανση. Ανάλογα με τη σοβαρότητα του τραυματισμού, τα κύτταρα μπορεί να επιβιώσουν, να εισέλθουν στην απόπτωση ή να πεθάνουν από νέκρωση. Η ανάλυση μικροσυστοιχιών DNA αποκαλύπτει μεταβολές στη γονιδιακή έκφραση σε διάφορες λειτουργικές κατηγορίες, συμπεριλαμβανομένης της ανάπτυξης και της διαφοροποίησης των κυττάρων, των αυξητικών παραγόντων, της ανοσολογικής λειτουργίας, της μεταφοράς μεμβρανών, του μεταβολισμού, της μετα-μεταφραστικής επεξεργασίας, της αποικοδόμησης πρωτεϊνών και της μεταγωγής σήματος. Οι αλλαγές στη γονιδιακή έκφραση συμβαίνουν μέσω διαφόρων μηχανισμών. Το κρύο αναστέλλει άμεσα τη μεταγραφή και τη μετάφραση, καθώς και επιβραδύνει την διάσπαση του RNA σε ορισμένα είδη. Αντίθετα, οι αυξήσεις στη μεταγραφή μπορεί να μεσολαβήσουν από πρωτεΐνες ψυχρού σοκ, όπως οι ψυχρές πρωτεΐνες που δεσμεύουν το RNA (Sonna et al., 2010, Nishiyama et al., 1997).

Τα ζωικά μοντέλα ενισχύουν την κατανόησή μας για τις φυσιολογικές αλλαγές που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια τυχαίας υποθερμίας και επαναθέρμανση. Πολλά ζωικά μοντέλα περιγράφουν χαμηλή καρδιακή απόδοση λόγω μείωσης της συστολής του μυοκαρδίου μετά από σοβαρή υποθερμία. Οι επιδράσεις της καρδιακής δυσλειτουργίας υποθερμίας είναι ένα συστολικό φαινόμενο που προκαλείται από τη διακοπή της σύζευξης διέγερσης-συστολής και τις επιπτώσεις στην αλληλεπίδραση ακτινίνης-μυοσίνης (Tveita et al., 1998).

1.7 Θερμοκρασιακές αλλαγές σχετιζόμενες με τον κίρκαδικό ρυθμό

Η εξέλιξη έχει λάβει χώρα σε ένα περιβάλλον όπου η περιστροφή και η τροχιά της γης και του φεγγαριού είχε ως αποτέλεσμα συνεχείς κυκλικές διακυμάνσεις του φωτός και της θερμοκρασίας, γνωστές πλέον ως ημέρες, μήνες και εποχές. Οι αλλαγές στους κύκλους θερμοκρασίας που σχετίζονται με την ηλικία στον άνθρωπο, οι οποίοι παρά το γεγονός ότι είναι ομοιόθερμοι δεν έχουν εγκαταλείψει αυτήν την κυκλική διακύμανση. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται ανά 24 ώρες και συνεχίζει να υπάρχει ακόμα και απουσία εξωτερικών παραγόντων άρα αυτό σημαίνει ότι δημιουργείται ενδογενώς. Χαρακτηρίζεται ως κίρκαδικός ρυθμός όχι μόνο γιατί είναι ενδογενώς παραγόμενος ρυθμός αλλά και επειδή υπάρχει

εξωτερική χρονική ένδειξη και ελέγχει την περίοδο και τη φάση του ρυθμού (Refinetti and Menaker, 1992).

Η κυκλική διακύμανση της θερμοκρασίας του σώματος παράγεται ενεργά και φαίνεται να έχει σημασία για τον οργανισμό μας. Η ομοιοστατική αρχή ήταν υπήρχε εδώ και αρκετό καιρό αλλά έχει γίνει γνωστή μόνο κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετιών, ότι οι ρυθμικές διακυμάνσεις στις ανθρώπινες λειτουργίες είναι ο κανόνας και όχι η εξαίρεση. Ο κirkάδιος ρυθμός στη θερμοκρασία του σώματος είναι το αποτέλεσμα κirkάδιων ρυθμών στην παραγωγή θερμότητας και την απώλεια θερμότητας (Van Someren et al., 2002).

Η θερμοκρασία του κορμού είναι μέγιστη αργά το απόγευμα και φτάνει στο ελάχιστο νωρίς το πρωί. Η μέση θερμοκρασία του δέρματος αυξάνεται κατά τη διάρκεια της μείωσης της θερμοκρασίας του κορμού. Οι αποκλίσεις από το εύρος θερμοκρασίας που επιτρέπονται από το κirkάδιο ρολόι σε μια συγκεκριμένη ώρα της ημέρας έχουν δύο κύριες πηγές: εσωτερική παραγόμενη θερμότητα που προκύπτει από τη σωματική δραστηριότητα και την περιβαλλοντική θερμότητα ή το κρύο που μεταφέρεται από το περιβάλλον. Αυτές οι αλλαγές πρέπει να γίνουν αισθητές να υποβληθούν σε επεξεργασία και να αντιμετωπιστούν εάν είναι απαραίτητο (Van Someren et al., 2002).

Η παραγωγή ρυθμού πραγματοποιείται από πολύπλοκα συστήματα. Στα θηλαστικά, ο υπερχιασματικός πυρήνας (SCN) γίνεται αποδεκτός ως ο κεντρικός κirkαδικός βηματοδότης. Αποτελείται από ένα διμερές ζεύγος δομών που βρίσκονται στον πρόσθιο υποθάλαμο, αμέσως ραχιαία στο οπτικό χίασμα. Ο SCN παράγει αυτόνομες ταλαντώσεις και ελέγχει τους περιφερειακούς ρυθμούς με τη δημιουργία νευρικών και χυμικών σηματοδοτικών οδών. Κατά συνέπεια, η εξάλειψή του προκαλεί πλήρη απώλεια συμπεριφορικών και φυσιολογικών ρυθμών υπό συνθήκες σταθερού σκότους ή φωτός. Ο μοριακός μηχανισμός του ενδογενούς ρολογιού αποτελείται από μια σειρά βρόχων όπου οι πρωτεΐνες του ρολογιού ελέγχουν τη μεταγραφή των δικών τους γονιδίων. Για μια σειρά από περιοχές του εγκεφάλου εκτός από το SCN, και για περιφερειακά όργανα όπως το ήπαρ, τα νεφρά, οι πνεύμονες, η καρδιά και οι μύες, έχει αποδειχθεί ότι έχουν τη δυνατότητα να παράγουν δικά τους μηνύματα. Βρίσκονται υπό τον έλεγχο του SCN, αλλά μπορούν να επηρεαστούν και από άλλες περιβαλλοντικές περιοδικότητες, όπως κύκλοι διαθεσιμότητας τροφίμων ή θερμοκρασία περιβάλλοντος (Weinert, 2010).

Η περίοδος των ρυθμών που παράγονται στο SCN δεν είναι ακριβώς 24 ώρες, με αποτέλεσμα να απαιτείται συνεχής διόρθωση από περιβαλλοντικούς ρυθμούς. Στα θηλαστικά, αυτό οφείλεται κυρίως στον κύκλο φωτός/σκότους. Οι πληροφορίες χρονισμού φτάνουν στο SCN μέσω διακριτών φωτοϋποδοχών αμφιβληστροειδούς και της αμφιβληστροειδούς-υποθαλαμικής οδού. Τα φωτεινά/σκοτεινά σήματα προκαλούν γονιδιακή έκφραση και έτσι εγείρουν το SCN στο περιβάλλον 24 ωρών. Επίσης, ο ρυθμός θερμοκρασίας του σώματος μπορεί να μεταφέρει πληροφορίες σε περιφερειακά συστήματα, ενεργώντας έτσι ως εσωτερικός ρυθμιστής του κερκαδικού ρυθμού (Weinert, 2010).

Οι κερκαδικές μεταβολές της θερμοκρασίας του κορμού οφείλονται πιθανώς σε μηνύματα από το SCN που ενεργεί στα θερμορυθμιστικά κέντρα μεταβάλλοντας την αγγειοδιαστολή και εφίδρωση. Ο κερκαδικός ρυθμός της θερμοκρασίας του σώματος του κορμού καθορίζεται τόσο από κερκαδικές αλλαγές στην παραγωγή θερμότητας όσο και από την απώλεια θερμότητας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα έναν εξαιρετικά αποτελεσματικό συντονισμό του ρυθμού θερμοκρασίας του σώματος (Weinert, 2010).

Κεφάλαιο 2. Η θερμορύθμιση κατά την παιδική ηλικία και κατά τη γήρανση

2.1 Θερμορύθμιση κατά την παιδική ηλικία

2.1.1 Γενικά στοιχεία

Οι αυξήσεις της θερμοκρασίας του κορμού παρέχουν το κύριο ερέθισμα για την έναρξη και τον έλεγχο των μηχανισμών απώλειας θερμότητας αποφεύγοντας έτσι την πρόωρη κόπωση και τον θερμικό τραυματισμό. Οι μηχανισμοί αυτοί έχουν τόσο αυτόνομο όσο και συμπεριφορικό χαρακτήρα. Οι αυτόνομες αποκρίσεις περιλαμβάνουν την αγγειοδιαστολή αιμοφόρων αγγείων στο δέρμα, την ενεργό αγγειοδιαστολή των διακλαδισμένων αγγείων και την ενεργοποίηση των ιδρωτοποιών αδένων. Στη συνέχεια, η θερμότητα διαχέεται κυρίως μέσω ξηρών μηχανισμών (ακτινοβολίας, μεταφοράς) και υγρών (εξάτμισης). Η ροή του αέρα μπορεί να επηρεάσει τόσο την μεταφορά θερμότητας οπότε η ικανότητα διατήρησης της ισορροπίας θερμότητας σε ένα δεδομένο περιβάλλον εξαρτάται από το μεταβολικό ρυθμό ενός ατόμου, τον εξωτερικό ρυθμό εργασίας του, τη συγκλίνουσα, ακτινοβόλο, εξατμιστική και αγωγήμη ανταλλαγή θερμότητας, η οποία μπορεί επίσης να εξαρτάται από τις καρδιαγγειακές και εφιδρωτικές ικανότητες απόκρισης κάποιου (Morrison and Sims, 2014).

Η ικανότητα των προ-εφηβικών παιδιών να ρυθμίζουν τη θερμοκρασία του σώματός τους υπό φυσιολογικές θερμοκρασιακά συνθήκες παραμένει όμοια με των ενηλίκων, αν και γίνεται μέσω διαφορετικών στρατηγικών ψύξης. Η θερμορύθμιση μεταβάλλεται σημαντικά στον παιδιατρικό πληθυσμό σε σύγκριση με τους ενήλικες όσον αφορά τόσο τις μορφολογικές όσο και τις φυσιολογικές διαφορές μεταξύ των ομάδων κατά την άσκηση. Συγκεκριμένα, τα παιδιά βασίζονται περισσότερο σε ξηρούς μηχανισμούς ανταλλαγής θερμότητας (αγωγιμότητα, μεταφορά), καθώς η παραγωγή ιδρώτα τους είναι περίπου η μισή από αυτή των ενηλίκων και ακόμη και το μέγεθος σταγόνας ιδρώτα είναι μικρότερο, με σταδιακή αύξηση της περιοχής που ιδρώνει καθώς συνεχίζεται η διαδικασία ωρίμανσης (Morrison and Sims, 2014).

Τα βρέφη και τα παιδιά μπορούν πιο εύκολα να εμφανίσουν υποθερμία από ότι οι ενήλικες επειδή έχουν μεγάλο λόγο της επιφάνειας προς τη μάζα του σώματος και επειδή έχουν μικρό πάχος δέρματος άρα και δύσκολα διατηρούν τη θερμότητα όταν έχει κρύο. Ακόμη έχουν

μικρότερη ικανότητα εμφάνισης ρίγους γιατί έχουν μικρή μυϊκή μάζα και για αυτό τους πρώτους μήνες της ζωής τους γίνεται καύση φαιού λίπους. Ακόμη τα βρέφη και τα παιδιά μπορούν πιο εύκολα να εμφανίσουν υπερθερμία επειδή έχουν μεγάλο λόγο της επιφάνειας προς τη μάζα του σώματος και μεγαλύτερη παραγωγή θερμότητας ανά μάζα σώματος σε σχέση με τους ενήλικες, και περιορισμένης εφίδρωσης (Kenney and Munce, 2003).

2.1.2 Σε Ηρεμία

Παλαιότερα θεωρείτο πως τα παιδιά βρίσκονται σε θερμορυθμιστικό μειονέκτημα όταν βρίσκονται υπό περιβαλλοντική θερμική καταπόνηση σε σύγκριση με τους ενήλικες. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε μεγαλύτερη εξάρτηση από την αυξημένη δερματική ροή του αίματος, η οποία μπορεί τελικά να μειώσει την καρδιακή απόδοση, ειδικά σε ζεστό περιβάλλον. Τα ποσοστά εμφάνισης ασθένειας στα παιδιά που να σχετίζεται με τη θερμοκρασία μπορεί να είναι υψηλότερα από ό, τι στους ενήλικες πληθυσμούς (Morrison and Sims, 2014).

Τα παιδιά θεωρούνται σε υψηλότερο κίνδυνο για θερμική ασθένεια λόγω μεγαλύτερης αναλογίας επιφάνειας σώματος προς μάζα, χαμηλότερης καρδιακής εξόδου ανά μάζα και μειωμένης ικανότητας εφίδρωσης. Η πραγματική συμβολή αυτών των παραγόντων στη θερμική ασθένεια είναι αβέβαιη. Τα βρέφη είναι γνωστό ότι έχουν χαμηλότερη συγκέντρωση αλάτων στον ιδρώτα από τους ενήλικες, αλλά μπορούν να έχουν ποσοστά εφίδρωσης περίπου 50 mL/kg/ημέρα (Cooke et al., 1950). Ο αυξημένος κίνδυνος θερμικών τραυματισμών σχετίζεται επίσης με ανώριμες άμυνες λόγω συμπεριφοράς και χαμηλότερη ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανση μικρότερης μάζας (Zabrocki et al., 2014)

2.1.3 Σε άσκηση

Κατά την άσκηση σε ένα φυσικό περιβάλλον, η ακτινοβολούμενη ενέργεια από τον ήλιο μπορεί να συμβάλει σε ένα σημαντικό φορτίο θερμότητας στο παιδί που ασκείται ενώ η αυξημένη παραγωγή θερμότητας από τους ενεργούς μύες τονίζει περαιτέρω την αύξηση της θερμοκρασίας του κορμού. Κατά τη διάρκεια της άσκησης, η θερμοκρασία του κορμού αυξάνεται σε σχέση με την άσκηση και αυτές οι αυξήσεις επιδεινώνονται από τις ζεστές, υγρές περιβαλλοντικές συνθήκες (Morrison and Sims, 2014).

Η παρατεταμένη άσκηση έχει σημαντική επίδραση στο καρδιαγγειακό σύστημα, σε τέτοιο βαθμό που οι αυξήσεις του καρδιακού ρυθμού, οι μειώσεις του όγκου του αίματος σε κάθε

χτύπο και οι αλλαγές στην κατανομή της ροής και του όγκου του αίματος είναι σημαντικές, μειώνοντας τελικά την καρδιακή παραγωγή και τη μέση αρτηριακή πίεση. Μια ανοδική μετατόπιση του καρδιακού ρυθμού, γνωστή ως καρδιαγγειακή μετατόπιση, μπορεί να συμβεί μετά από μόνο ~ 10 λεπτά άσκησης. Αυτή η μετατόπιση έχει αποδοθεί σε μια προοδευτική αύξηση της δερματικής ροής αίματος, σε μια προσπάθεια να μειωθεί η αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα. Η αύξηση του καρδιακού ρυθμού μπορεί να είναι ο υποκείμενος παράγοντας που ευθύνεται για μειωμένους όγκους αίματος σε κάθε χτύπο κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης. Πράγματι, η μείωση του καρδιακού χρόνου πλήρωσης λόγω των υψηλότερων καρδιακών παλμών που προκαλούν χαμηλότερο όγκο αίματος με την υπερθερμία να μπορεί θεωρητικά να μειώσει τον κεντρικό όγκο του αίματος και την κεντρική φλεβική πίεση, μειώνοντας την καρδιαγγειακή λειτουργία, ειδικά σε συνθήκες όπου εμφανίζεται αφυδάτωση. Η αφυδάτωση και η υψηλή θερμοκρασία του κορμού μπορούν όχι μόνο να επιδεινώσουν η μια την άλλη, αλλά μπορούν να αυξήσουν τον καρδιακό ρυθμό και να μειώσουν τον όγκο του παλμού και την καρδιακή απόδοση κατά τη διάρκεια όρθιας άσκησης (Morrison and Sims, 2014).

Η εφίδρωση είναι ένας ισχυρός μηχανισμός αποβολής θερμότητας, σε ζεστές, ξηρές συνθήκες αλλά εξαρτάται από την αθλητική κατάσταση του παιδιού και την ηλικία του. Οι πρόσθετες καρδιαγγειακές αντιδράσεις περιλαμβάνουν σημαντικές αλλαγές στην περιφερειακή ροή του αίματος, προκαλώντας σημαντικές αλλαγές όγκου στην κεντρική δεξαμενή αίματος και τα σπλάχνα λόγω της μείωσης του κεντρικού όγκου αίματος, ενώ ο συνολικός όγκος αίματος μειώνεται αργά λόγω του ιδρώτα και των αναπνευστικών απωλειών. Για να επιδεινωθούν τα πράγματα, μεγάλες ποσότητες αίματος συνεχίζουν να μεταφέρονται στην περιφέρεια με δερματική αγγειοδιαστολή στην προσπάθειά τους να εξασθενίσουν την άνοδο της θερμοκρασίας του πυρήνα και οι επακόλουθες μειώσεις στη ροή του αίματος σε ορισμένους ιστούς προκύπτουν από χαμηλότερο όγκο αίματος συνολικά, καθώς τα θερμορυθμιστικά και καρδιαγγειακά συστήματα ανταγωνίζονται για λιγότερο υγρό (Morrison and Sims, 2014).

Πολλοί νεαροί αθλητές προπονούνται και ανταγωνίζονται σε συνθήκες που θέτουν υψηλές απαιτήσεις στους θερμορυθμιστικούς μηχανισμούς του σώματός τους, ιδίως σε υψηλές συνθήκες περιβάλλοντος ή/και υγρασίας. Αυτές οι περιβαλλοντικές συνθήκες, σε συνδυασμό με το μεταβολικό κόστος της άσκησης, μπορούν να θέσουν τα παιδιά σε κίνδυνο ανισορροπίας

υγρών (δηλαδή διαταράξεις στην περιεκτικότητα σε νερό του σώματος εντός και εκτός των κυττάρων, καθώς και συγκεντρώσεις ηλεκτρολυτών ολόκληρου του σώματος). Η υποδάτωση, δηλαδή η μείωση των αποθηκών νερού ολόκληρου του σώματος λόγω των συνδυασμένων απωλειών νερού και ηλεκτρολυτών στον ιδρώτα, είναι συνήθως η κύρια ανησυχία για την υγεία κατά τη διάρκεια της άσκησης στη θερμότητα, ενώ η υπερίδρωση είναι συνήθως μια λιγότερο συχνή ανησυχία. Για τον ασκούμενο ενήλικα, έχει αποδειχθεί καλά ότι η υποίδρωση μπορεί να αυξήσει τη θερμοκρασία του δέρματος και του κορμού οδηγώντας σε αυξημένη καρδιαγγειακή καταπόνηση, ειδικά στη θερμότητα. Ο αυξημένος καρδιακός ρυθμός και η αρτηριακή πίεση κατά τη διάρκεια της άσκησης μπορούν να συμβάλουν σε μια σειρά από φυσιολογικά επιβλαβείς επιδράσεις, όπως: μειωμένη σωματική απόδοση (κυρίως κατά τη διάρκεια της άσκησης αντοχής), αυξημένη κόπωση, μειωμένο κίνητρο, σε συνδυασμό με αυξημένη τάση για τραυματισμό, συμπεριλαμβανομένης τόσο της μυοσκελετικής όσο και της ολικής θερμικής ασθένειας (Morrison and Sims, 2014).

Στα προεφηβικά παιδιά, εξακολουθεί να υπάρχει ένα ζήτημα του βαθμού στον οποίο η υποδάτωση συμβάλλει άμεσα σε αυτούς τους στρεσογόνους παράγοντες. Πράγματι, σε σύγκριση με τους ενήλικες, τα παιδιά που προεφηβικής ηλικίας βιώνουν μεγαλύτερες αναλογικές αυξήσεις στις θερμοκρασίες του κορμού και του δέρματος καθώς αφυδατώνονται. Αν και ο εγκλιματισμός θερμότητας μπορεί φυσικά να συμβεί με την επανειλημμένη έκθεση σε ζεστά περιβάλλοντα καθ' όλη τη διάρκεια μιας ζεστής θερινής περιόδου, ο εγκλιματισμός θερμότητας συμβαίνει πιο αργά στα παιδιά, ενδεχομένως προδιαθέτοντάς τους σε θερμική ασθένεια (Morrison and Sims, 2014).

Οι παράγοντες που συμβάλλουν στην αύξηση της θερμικής καταπόνησης στα παιδιά περιλαμβάνουν: χαμηλότερο ρυθμό εφίδρωσης και υψηλότερο μεταβολικό κόστος κίνησης (σε τέτοιο βαθμό ώστε να παράγεται περισσότερη θερμότητα και να διαχέεται λιγότερο για μια δεδομένη δραστηριότητα), επιπλέον της υψηλότερης αναλογίας επιφάνειας προς μάζα σώματος. Τέλος, υπάρχει μια ανησυχία για αυξημένη πιθανότητα υπονατριάμιαιας στα ενεργά παιδιά αφού με την ταχεία κατάποση νερού, η αραίωση του νατρίου στο αίμα είναι πιθανή (Morrison and Sims, 2014).

2.2 Θερμορύθμιση κατά την γήρανση

Η γήρανση επιδρά στη θερμορύθμιση με πρωτοπαθείς και δευτεροπαθείς αλλαγές στους μηχανισμούς θερμορύθμισης. Οι πρωτοπαθείς είναι συνέπεια της αύξησης της ηλικίας και υπάρχουν σε όλους τους ηλικιωμένους, ενώ οι δευτεροπαθείς οφείλονται σε παράγοντες που σχετίζονται με τη γήρανση, όπως η μείωση της σωματικής δραστηριότητας και οι παθήσεις της ηλικίας αυτής και μπορούν να προληφθούν (Kenney and Munce, 2003).

Οι θερμοϋποδοχείς δεν επηρεάζονται από την αύξηση της ηλικίας ως προς τον αριθμό και τη δομή τους. Παρόλα αυτά παρατηρείται δυσκολία αντίληψης της θερμοκρασίας ιδιαίτερα στα κάτω άκρα. Οι ηλικιωμένοι επίσης μπορούν να ανεχτούν μεγαλύτερες αποκλίσεις της θερμοκρασίας τους μέχρι να νιώσουν ενόχληση. Μείωση της ευαισθησίας παρατηρείται και στις αυτόματες αποκρίσεις και αυτό οφείλεται στην άνοδο του αντίστοιχου αισθητηριακού ουδού (Kenney and Munce, 2003).

2.2.1 Επίδραση της γήρανσης στις αποκρίσεις έναντι των θερμοκρασιακών μεταβολών

Βασικός μεταβολικός ρυθμός

Σε ηρεμία ο ανθρώπινος μεταβολικός ρυθμός παρέχει μια συνεχή εσωτερική πηγή θέρμανσης, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 60-75% των συνολικών ημερήσιων ενεργειακών δαπανών. Η σχετική θερμογενής συμβολή των διαφόρων τμημάτων του σώματος έχει εκτιμηθεί και τα εσωτερικά όργανα έχουν την μεγαλύτερη. Κατά τη διάρκεια της σωματικής δραστηριότητας οι μύες αποτελούν την πιο σημαντική πηγή παραγωγής θερμότητας. Οι κατεχολαμίνη και οι συμπαθητικομιμητικοί παράγοντες όπως η εφεδρίνη, η καφεΐνη και η θεοφυλλίνη αυξάνουν τον μεταβολικό ρυθμό ανάπαυσης στον άνθρωπο (Van Someren, 2011).

Στον άνθρωπο, ο βασικός μεταβολικός ρυθμός μειώνεται με την ηλικία, ειδικά μετά την ηλικία των περίπου 30 έως 50 ετών. Η βασική μείωση του μεταβολικού ρυθμού είναι μεγαλύτερη στους άντρες από ότι στις γυναίκες. Ακόμη σχετίζεται έντονα με τη σχετική απώλεια ιστού χωρίς λιπαρά και ιστού παραγωγής θερμότητας και με τη μείωση του επιπέδου φυσικής κατάστασης που υπάρχει σε πολλούς ηλικιωμένους. Αυξημένες συγκεντρώσεις νορεπινεφρίνης στο πλάσμα, που ενδέχεται να αυξήσουν τον βασικό μεταβολικό ρυθμό, βρίσκονται μόνο σε ενεργά άτομα. Ένας μειωμένος βασικός μεταβολικός ρυθμός είναι πιθανό

να αποτελέσει τη βάση της μείωσης της θερμοκρασίας του κορμού που σχετίζεται με την ηλικία (Van Someren, 2011).

Η ικανότητα εκδήλωσης ρίγους είναι περιορισμένη στους ηλικιωμένους, λόγω του ότι μειώνεται η ουδός της κεντρικής θερμοκρασίας στην οποία ξεκινά το ρίγος από 35,9⁰C σε 35,1⁰C σε άτομα άνω των 80 ετών. Μειώνεται επίσης η θερμογένεση μέσω ρίγους λόγω μικρότερης μυϊκής μάζας και συσπάσεων χαμηλότερης έντασης λόγω ηλικίας. Αυτό οφείλεται στον τρόπο ζωής (μείωση της σωματικής δραστηριότητας και στην ίδια την γήρανση) και σε μεταβολές του μεταβολισμού της γλυκόζης. Παρατηρούνται επίσης και αλλαγές στο ποσοστό του ύδατος και λίπους με την αύξηση της ηλικίας που προκαλούν μεταβολές που υποβοηθούν τη διατήρηση θερμότητας (Kenney and Munce, 2003).

Ο ρυθμός εκφόρτισης των νευρικών κυττάρων του συμπαθητικού μειώνεται στους ηλικιωμένους, προκαλώντας δυσκολία σύσπασης των λείων μυϊκών ινών των περιφερικών αγγείων σε σύγκριση με άτομα μικρότερης ηλικίας. Αυτό οδηγεί σε μείωση της απώλειας θερμότητας σε ψυχρό περιβάλλον. Σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας παρατηρείται επίσης περιορισμός του πάχους του υποδόριου ιστού. Συνεπώς ελαττώνεται η συστολή και διαστολή των αγγείων.

Εφίδρωση

Η παραγωγή ιδρώτα μειώνεται με την αύξηση της ηλικίας λόγω της απόκρισης των ιδρωτοποιών αδένων στην παθητική θέρμανση του σώματος λόγω αύξησης της ουδού της κεντρικής θερμοκρασίας για την έναρξη της έκκρισης ιδρώτα. Ακόμη παρατηρείται μείωση της ποσότητας ιδρώτα που παράγεται από κάθε ιδρωτοποιό αδένα, και του αριθμού και της πυκνότητας των ενεργών αδένων. Τέλος η αφυδάτωση που παρατηρείται σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας προκαλεί τη μείωση της παραγόμενης ποσότητας ιδρώτα (Kenney and Munce, 2003).

Δίαιτα

Η πέψη των τροφίμων αυξάνει τις ανάγκες το μεταβολισμού και συνεπώς τη θερμοκρασία του κορμού. Γίνεται ακόμη πιο έντονη και μακρύτερη αν γίνεται κατάποση πρωτεΐνης από ό, τι για κατάποση υδατανθράκων και λίπους. Αλλαγές που σχετίζονται με την ηλικία είναι πως η πρόσληψη τροφής μειώνεται με την αύξηση της ηλικίας. Η θερμική επίδραση των τροφίμων

μπορεί να μειωθεί στους ηλικιωμένους, πιθανώς ως αποτέλεσμα μιας εξασθενημένης συμπαθητικής απόκρισης στην κατάποση της τροφής. Η μεταβλητότητα των αποτελεσμάτων μπορεί να σχετίζεται με δευτερογενή επίδραση της γήρανσης, δεδομένου ότι η θερμική επίδραση των τροφίμων μειώνεται σε άτομα με υψηλό ποσοστό σωματικού λίπους και χαμηλό επίπεδο φυσικής κατάστασης και αυθόρμητη σωματική δραστηριότητα (Van Someren, 2011).

Βασική σωματική δραστηριότητα και στάση του σώματος

Ελάχιστη, σωματική δραστηριότητα έχει ως αποτελέσματα την παραγωγή θερμότητας από μυϊκή δραστηριότητα. Ακόμη και η αλλαγή της στάσης του σώματος από ύπτια σε όρθια θέση αυξάνει τη θερμοκρασία του κορμού, και πολύ περισσότερο για να σταθεί παρά για να καθίσει ένα ηλικιωμένο άτομο. Σε σύγκριση με τις συνθήκες συνεχούς ύπνου και ανάπαυσης στο κρεβάτι, συμβαίνουν αλλαγές στη θερμοκρασία του κορμού λόγω εγρήγορσης, όρθιας στάσης και του επιπέδου δραστηριότητας. Αν είναι ξύπνιος και όρθιος χωρίς καμία δραστηριότητα, αυξάνει τη θερμοκρασία του κορμού. Αντίθετα έχει αναφερθεί πως μειωμένο επίπεδο σωματικής δραστηριότητας μειώνει τον ημερήσιο κερκαδικό ρυθμό της θερμοκρασίας (Van Someren, 2011).

Χρόνιες ασθένειες

Σε ηλικιωμένα άτομα με υπέρταση όταν ασκούνται σε ένα θερμό περιβάλλον παρουσιάζουν μειωμένη ροή αίματος, καρδιακή παροχή, και όγκο παλμού. Η παχυσαρκία επίσης επηρεάζει την αντοχή στη θερμότητα σε ηλικιωμένα άτομα. Η ροή του αίματος στην επιφάνεια του δέρματος είναι επίσης μειωμένη σε αυτά τα άτομα. Τα άτομα αυτά μπορούν να αναπτύξουν υψηλότερες θερμοκρασίες για συγκεκριμένα βαθμό άσκησης ή στρες θερμότητας. Ακόμη η παχυσαρκία μειώνει την πυκνότητα των ιδρωτοποιών αδένων (Brody, 1994).

Σε άτομα ηλικιωμένα με αφυδάτωση βρήκαν χαμηλότερη μέγιστη ωσμωτικότητα των ούρων και μειωμένη ποσότητα νερού να αναπληρώνεται για αντικατάσταση των υγρών. Συνεπώς επηρεάζεται η ικανότητα του ατόμου να ανταποκρίνεται στο θερμικό στρες. Καρδιακή νόσος μπορεί να επηρεάσει την ικανότητα για θερμορύθμιση. Νεαρά άτομα μπορεί να αυξήσουν την καρδιακή τους παροχή σε ένα δωμάτιο που θερμαίνεται αλλά σε άτομα με καρδιακή ανεπάρκεια έχουν δύσκολα να αυξήσουν την καρδιακή παροχή για να συμβάλει στη θερμορύθμιση (Brody, 1994).

Πολλά φάρμακα επηρεάζουν την ικανότητα του ατόμου για θερμορύθμιση όπως για παράδειγμα τα αντιχολινεργικά, τα αντισταμινικά και τα κυκλικά αντικαταθλιπτικά μπορούν να μειώσουν την εφίδρωση. Τα νευροληπτικά που μπορεί να έχουν αντιχολινεργικές ιδιότητες μπορεί να είναι η αιτία για διαταραχές στη λειτουργία του υποθαλάμου. Μπορεί να προκαλέσουν δυστονία και αυξημένη παραγωγή θερμότητας. Τα διεγερτικά του ΚΝΣ και το λίθιο μπορεί να αυξήσουν την παραγωγή θερμότητας και να επηρεάσουν τη λειτουργία του υποθαλάμου. Οι β αποκλειστές επηρεάζουν αρνητικά την ικανότητα της καρδιάς να αυξάνει την καρδιακή παροχή. Τα διουρητικά αυξάνουν τον όγκο του αίματος μέσα στα αγγεία και την ικανότητα συλλογής ούρων. Πολλές χρόνιες ασθένειες που υποφέρουν τα ηλικιωμένα άτομα και προϋποθέτουν την χρήση φαρμάκων οδηγούν σε διαταραχές της θερμορύθμισης (Brody, 1994).

2.2.2 Επίδραση της γήρανσης στην εκδήλωση υπερ/υποθερμίας

Υπερθερμία

Σε ηλικιωμένους η ικανότητα για την αίσθηση της ζέστης μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας και επίσης υπάρχουν μεγαλύτερα όρια για αγγειοδιαστολή και εφίδρωση. Ακόμη μπορεί να έχουν μειωμένη εφίδρωση σε απόκριση στη αύξηση της θερμοκρασίας. Επιπλέον η μεταφορά θερμότητας από τον κορμό προς την περιφέρεια μπορεί να επηρεαστεί σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας (Brody, 1994).

Υποθερμία

Σε ένα κρύο περιβάλλον, πρέπει να ληφθούν μέτρα για να αποφευχθεί η πτώση της κεντρικής θερμοκρασίας. Η θερμογένεση ξεκινά μόνο εάν το σώμα ψύχεται κάτω από ένα κρίσιμο όριο, κάτω από το οποίο η ένταση της δράσης αυξάνεται με ένα ορισμένο κέρδος, που αναφέρεται επίσης ως "ευαισθησία", με περαιτέρω ψύξη (Van Someren, 2011).

Οι ασθενείς που χειρουργούνται έχουν υψηλό κίνδυνο υποθερμίας αφού η χορήγηση γενικής ή τοπικής αναισθησίας προκαλεί αγγειοδιαστολή διαταράσσοντας τη θερμορύθμιση αυξάνοντας τη θερμοκρασία των άκρων και μειώνοντας την κεντρική θερμοκρασία. Αυτό μαζί με τη χαμηλή θερμοκρασία του χειρουργείου οδηγεί σε υψηλό κίνδυνο διεγχειρητικής και μετεγχειρητικής υποθερμίας (Sessler and Todd, 2000).

Σωματική δραστηριότητα

Η σωματική δραστηριότητα αυξάνει την παραγωγή μεταβολικής θερμότητας και τη θερμοκρασία. Αλλαγές που σχετίζονται με την ηλικία είναι πως η μέτρια σωματική δραστηριότητα αυξάνει τη βασική θερμοκρασία των ηλικιωμένων λιγότερο από ό, τι στους νέους. Αυτό δεν μπορεί να αποδοθεί σε δευτερογενή μείωση του επιπέδου φυσικής κατάστασης που σχετίζεται με την ηλικία. Εν ολίγοις, η θερμογενής συμβολή της σωματικής δραστηριότητας εξασθενεί ακόμη και στους γυμνασμένους ηλικιωμένους (Van Someren, 2011).

Η θερμογένεση με ρίγος

Η θερμογένεση που εμφανίζεται σαν ρίγος, οφείλεται στους σκελετικούς μύες και μπορεί να αυξήσει το μεταβολικό ρυθμό. Στους ηλικιωμένους το ρίγος αρχίζει σε χαμηλότερο όριο θερμοκρασίας κορμού. Η παραγωγή θερμότητας μπορεί επίσης να είναι μικρότερη λόγω τόσο μικρότερης μυϊκής μάζας όσο και του μειωμένου επιπέδου συστολής σε σύγκριση με τους νέους. Η επίδραση της ηλικίας μπορεί να είναι πιο εμφανής στους άντρες από ότι στις γυναίκες. Συνοπτικά, το χαμηλότερο όριο θερμοκρασίας και η μειωμένη αποτελεσματικότητα του τρόμου μπορεί να συμβάλει σε χαμηλότερη θερμοκρασία κορμού κατά τη διάρκεια της έκθεσης στο κρύο, ειδικά σε ηλικιωμένους άνδρες (Van Someren, 2011).

Χημική θερμογένεση- απουσία ρίγους

Η θερμογένεση χωρίς ρίγος δεν περιλαμβάνει συστολή των σκελετικών μυών αλλά καύση καφέ λιπώδους ιστού, που προκαλείται από συμπαθητική δραστηριότητα. Αν και εδώ και πολύ καιρό θεωρείται ότι είναι μικρής σημασίας για τον άνθρωπο κάποιες μελέτες δείχνουν σημαντικές ποσότητες μεταβολικά ενεργού καφέ λιπώδους ιστού, περισσότερο μεταξύ των γυναικών παρά των ανδρών. Ο καφέ λιπώδης ιστός ενεργοποιείται με ψυχρή έκθεση, αλλά λιγότερο σε παχύσαρκους ανθρώπους. Ο καφέ λιπώδης ιστός μειώνεται με την ηλικία και είναι ιδιαίτερα χαμηλός σε ηλικιωμένους με υψηλό δείκτη μάζας σώματος. Αυτό μπορεί να συνεπάγεται την εξασθενημένη αύξηση του μεταβολικού ρυθμού που προκαλείται από το κρύο στους ηλικιωμένους, η οποία δεν φαίνεται να είναι δευτερεύουσα σε μειωμένο επίπεδο φυσικής κατάστασης. Εν ολίγοις, η σημασία της καφετής λιπώδους θερμογένεσης ιστού μπορεί να μην είναι τόσο αμελητέα στον άνθρωπο όσο νομίζαμε προηγουμένως (Van Someren, 2011).

Η χυμική απόκριση σε ένα κρύο περιβάλλον δεν περιορίζεται σε αυξημένη συμπαθητική παραγωγή που προκαλεί αποσύνδεση πρωτεΐνης σε καφέ λιπώδη ιστό. Πρώτον, η συμπαθητική απελευθέρωση της νορεπινεφρίνης και της επινεφρίνης από το μυελό των επινεφριδίων στην κυκλοφορία του αίματος προκαλεί γλυκογένεση στα μυϊκά και ηπατικά κύτταρα. Επιπλέον, η θυροξίνη ενισχύει το μεταβολικό ρυθμό των περισσότερων κυτταρικών χημικών αντιδράσεων. Άλλοι παράγοντες που αυξάνουν το μεταβολικό ρυθμό περιλαμβάνουν την τεστοστερόνη, αυξητική ορμόνη, γλυκαγόνη, ινσουλίνη, ACTH, και δεϋδροεπιανδροστερόνη (DHEA) αλλάζουν με τη γήρανση. Παραδείγματα είναι η έντονα μειωμένη έκκριση αυξητικής ορμόνης κατά τη διάρκεια του ύπνου και η μείωση της DHEA (Van Someren, 2011).

Αλλαγές συμπεριφοράς

Ο άνθρωπος εξαρτάται και από μέτρα συμπεριφοράς για την πρόληψη της υποθερμίας σε ένα κρύο περιβάλλον, επειδή έχει περιορισμένες αυτόνομες δυνατότητες. Παραδείγματα μέτρων συμπεριφοράς είναι οι αλλαγές ένδυσης, στρωμάτων κρεβατιού και θέρμανσης. Σε αντίθεση με τις περισσότερες αυτόνομες θερμορυθμιστικές αντιδράσεις, η θερμορύθμιση μέσω συμπεριφοράς δεν αναβάλλεται μέχρι να εμφανιστεί πτώση της θερμοκρασίας του κορμού. Οι ηλικιωμένοι ρυθμίζουν τη θερμοκρασία περιβάλλοντος εσωτερικού χώρου με μικρότερη ακρίβεια και ανέχονται μεγαλύτερες αποκλίσεις από τον μέσο όρο πριν από τη λήψη μέτρων (Van Someren, 2011).

Ικανότητα θερμομόνωσης σώματος

Η επαναλαμβανόμενη έκθεση του δέρματος στο κρύο αυξάνει τις τοπικές υποδόριες εναποθέσεις λίπους και έτσι ενισχύει τη θερμομόνωση και την κατακράτηση θερμότητας. Οι μειώσεις της παραγωγής θερμότητας που σχετίζονται με την ηλικία και η συνολική περιεκτικότητα του σώματος σε νερό εξασθενούν τόσο τη θερμική ικανότητα προσωρινής αποθήκευσης και η μείωση του μονωτικού υποδόριου ιστού συμβάλλει περαιτέρω σε αυτό. Συνοπτικά, η μειωμένη «δεξαμενή θερμότητας» και ο μονωτικός υποδόριος ιστός καθιστούν την ηλικία πιο ευάλωτη σε αποκλίσεις από το καθορισμένο σημείο και μπορεί να μειώσει τη σταθερότητα της θερμοκρασίας (Van Someren, 2011).

Περιφερική αγγειοσυστολή

Η περιφερική αγγειοσυστολή είναι μια σημαντική αυτόνομη απόκριση στην έκθεση στο κρύο, η οποία περιορίζει τη μεταφορά θερμότητας από τον κορμό στο περιβάλλον μέσω του

δέρματος. Η περιφερική αγγειοσυστολή εξαρτάται περισσότερο από τον κορμό παρά από τη θερμοκρασία του δέρματος. Η δερματική αγγειοσυστολή ελέγχεται κυρίως μέσω του συμπαθητικού τμήματος του αυτόνομου νευρικού συστήματος. Η συμπαθητική ενεργοποίηση προάγει την αγγειοσυστολή. Κατά τη διάρκεια του ψυχρού στρες, η νορεπινεφρίνη απελευθερώνεται από συμπαθητικές νευρικές απολήξεις και προκαλεί αγγειοσυστολή ή αγγειοδιαστολή. Όταν εκτίθεται το άτομο σε κρύο, αυξημένη συμπαθητική παραγωγή στο μυελό των επινεφριδίων το προκαλεί να απελευθερώσει περισσότερη επινεφρίνη καθώς και κάποια νορεπινεφρίνη στην κυκλοφορία του αίματος. Όπως προαναφέρθηκε, η νορεπινεφρίνη είναι ένας ισχυρός αγγειοσυσταλτικός παράγοντας, όπως και η επινεφρίνη αλλά σε μικρότερο βαθμό. Άλλοι ισχυροί αγγειοσυσταλτικοί παράγοντες είναι η αγγειοτενσίνη, που δρα σε όλα τα αρτηρίδια και η βαζοπρεσίνη. Υπό φυσιολογικές συνθήκες περιβάλλοντος οι ηλικιωμένοι έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία δέρματος στα άκρα, υποδηλώνοντας ενισχυμένη αγγειοσυστολή. Η αγγειοσυσταλτική αντίδραση στην έκθεση στο κρύο, ωστόσο, εξασθενεί στους ηλικιωμένους, περισσότερο στους άνδρες παρά στις γυναίκες, και αυτός μπορεί να είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας που εμπλέκεται στην κακή ψυχρή άμυνα. Το όριο για την αγγειοσυστολή που προκαλείται από το κρύο βρίσκεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία κορμού στους ηλικιωμένους και η μέγιστη αγγειοσυστολή μειώνεται, πιθανώς λόγω της εξασθενημένης απελευθέρωσης νορεπινεφρίνης. Ο μηχανισμός στον οποίο στηρίζεται η μειωμένη αγγειοσυστολή που προκαλείται από το κρύο είναι πιθανότατα λόγω αυξημένης αρτηριακής ακαμψίας των τοιχωμάτων. Έχει επίσης αποδειχθεί μείωση της πυκνότητας α-αδρενεργικών υποδοχέων λείων μυών, η οποία, ωστόσο, αντισταθμίζεται από αυξημένη δραστηριότητα του συμπαθητικού νευρικού συστήματος, αφήνοντας το καθαρό αποτέλεσμα αμετάβλητο. Εν ολίγοις, η καθυστερημένη και βραδύτερη εξελισσόμενη αγγειοσυσταλτική απόκριση σε ένα κρύο περιβάλλον θα συμβάλει σε μια χαμηλότερη και πιο μεταβλητή θερμοκρασία σώματος στους ηλικιωμένους (Van Someren, 2011).

2.2.3 Επίδραση της γήρανσης στην εκδήλωση πυρετού

Άτομα αδύναμα και ηλικιωμένα με γνωστική και σωματική παρακμή θεωρούνται ευάλωτη ομάδα. Σε αυτόν τον πληθυσμό, τα σημεία και τα συμπτώματα της λοίμωξης είναι συχνά άτυπα, ενώ μπορεί να λείπουν συγκεκριμένα συμπτώματα, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει καθυστερήσεις στη διάγνωση και τη θεραπεία. Επίσης, η πολυπλοκότητα της ανίχνευσης λοιμώξεων σε κατοίκους γηροκομείων περιπλέκεται όταν συνυπάρχουν χρόνιες ασθένειες που

συγγέουν την κλινική εικόνα. Καθώς τα άτυπα σημεία και συμπτώματα είναι κοινά σε ευπαθή ηλικιωμένα άτομα, η αυξημένη θερμοκρασία του σώματος είναι ένα σημαντικό σημάδι μόλυνσης. Οι έρευνες δείχνουν ότι οι υποομάδες ηλικιωμένων ατόμων μπορεί να έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία σώματος λόγω αλλαγών που σχετίζονται με την ηλικία και αδυναμία. Μια χαμηλότερη θερμοκρασία στον πυρετό λόγω της χαμηλότερης αρχικής θερμοκρασίας του σώματος, σε συνδυασμό με τη συννοσηρότητα και την καθυστερημένη ανοσολογική ανταπόκριση, μπορεί να συμβάλει στην καθυστερημένη διάγνωση και θεραπεία και συνεπώς στη θνησιμότητα. Οπότε σε ηλικιωμένα άτομα η θερμοκρασία πρέπει να καθορίζεται κάθε πρωί και να χρησιμοποιείται σαν βάση (Grodzinsky and Levander, 2020b). Η έκπτωση της θερμορυθμιστικής ικανότητας λόγω ηλικίας, περιορίζει την ικανότητα αύξησης της κεντρικής θερμοκρασίας σε περίπτωση πυρετού. Σε αυτό συμβάλλει και η περιορισμένη λειτουργικότητα του ανοσοποιητικού συστήματος λόγω γήρανσης. Συνεπώς ηλικία θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την αξιολόγηση της θερμοκρασίας των ασθενών (Tal et al., 2002).

2.2.4 Επίδραση της γήρανσης στην κirkάδια ρυθμικότητα της θερμοκρασίας

Ο κirkάδιος (ρυθμός στη θερμοκρασία του σώματος ελέγχεται από τον υπερχιασματικό πυρήνα του υποθαλάμου, που αντιπροσωπεύει το βιολογικό ρολόι του εγκεφάλου. Ο πυρήνας αυτός αποτελείται στην πραγματικότητα από δύο μικρούς πυρήνες που βρίσκονται στο κάτω μέρος του πρόσθιου υποθάλαμου ακριβώς πάνω από το οπτικό χίασμα και χωρίζονται από την τρίτη κοιλία. Οι προβολές εντός του υποθάλαμου, ιδίως η υποπαρακοιλιακή ζώνη, εμπλέκονται στην κirkαδική διαμόρφωση της θερμορύθμισης (Van Someren, 2011).

Μια προβολή πολλών συνάψεων στο επίφυση παράγει μελατονίνη και είναι σημαντική για την κirkαδική ρύθμιση της θερμοκρασίας. Υπό τον έλεγχο του υπερχιασματικού πυρήνα, η μελατονίνη εκκρίνεται μόνο κατά τη διάρκεια της νύχτας και στον άνθρωπο προκαλεί ισχυρή περιφερική αγγειοδιαστολή. Αυτή η ιδιότητα της μελατονίνης για αποβολή θερμότητας μπορεί να αντιπροσωπεύει μεγάλο μέρος του κirkαδικού ρυθμού στη θερμοκρασία του κορμού υπό συνθήκες ανάπαυσης. Η μελατονίνη μπορεί να δράσει και μέσω των δύο υποδοχέων μελατονίνης POAH και υποδοχέων στα αγγεία (Van Someren, 2011).

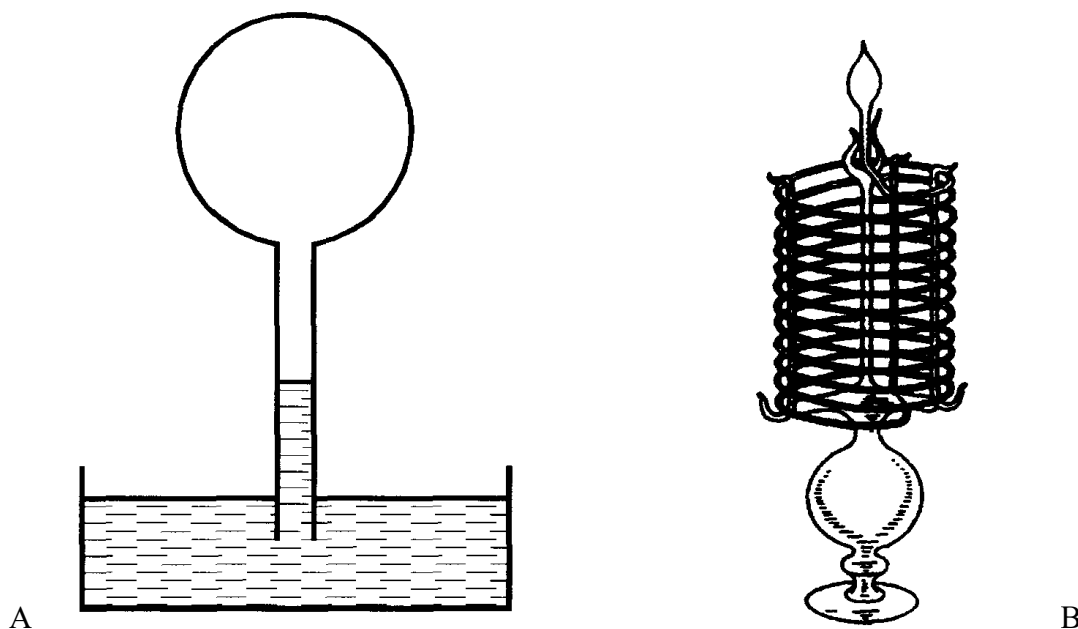
Το κirkάδιο πλάτος της θερμοκρασίας του ανθρώπινου σώματος μειώνεται από την παιδική ηλικία στη γήρανση - οι εκτιμήσεις κυμαίνονται από μια μείωση περίπου 10 έως 50%. Επιπλέον, πολλές μελέτες έχουν επιβεβαιώσει μια προηγμένη φάση και φαίνεται ότι ειδικά η

νωρίς το πρωί αυξανόμενη φάση του πρωκτικού ρυθμού είναι. Το ελάχιστο νυκτερινής θερμοκρασίας στους ηλικιωμένους παραμένει πράγματι έως 0,3-0,4°C υψηλότερο από το ελάχιστο στους νέους ενήλικες, ειδικά σε ηλικιωμένα άτομα που δεν κοιμούνται πολλές ώρες. Οι αλλαγές που σχετίζονται με την ηλικία μπορεί να προκύψουν από μεταβολές στον υπερχιασματικό πυρήνα. Έτσι, ο αριθμός των νευρώνων που εκφράζουν την αγγειοπρεσίνη και το mRNA μειώνεται στα γηρατειά (Van Someren, 2011).

Κεφάλαιο 3. Η μέτρηση της θερμοκρασίας

3.1 Ιστορικά στοιχεία

Η πρώτη συσκευή που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση της ζέστης και του κρύου εφευρέθηκε από τον Γαλιλαίο 500 χρόνια πριν. Αυτό το εργαλείο (Εικόνα 1A) αποτελείται από ένα γυάλινο στρογγυλό μέρος που συνδέεται με ένα μακρύ σωλήνα που βυθίζεται σε έγχρωμο υγρό. Μετά από θέρμανση του δοχείου που περιέχει το υγρό και επακόλουθη μείωση της θερμοκρασίας του παρατηρείται εισρόφηση του υγρού στο δοχείο. Έτσι η στήλη του υγρού στο δοχείο ανεβαίνει λόγω της αλλαγής θερμοκρασίας. Το όργανο ονομάστηκε θερμοσκόπιο γιατί δεν ήταν γνωστό αν ήταν βαθμονομημένο (Michalski et al., 2002).



Εικόνα 1 Συσκευές μέτρησης της θερμότητας (θερμοσκόπιο και θερμόμετρο)

Θερμόμετρο δημιουργήθηκε 100 χρόνια αργότερα από την Ακαδημία επιστημών της Φλωρεντίας (Εικόνα 1 B) που αποτελείτο από ένα σπειροειδές σωλήνα με κλειστό το ένα το άκρο και βαθμονόμηση. Ακολούθησαν θερμόμετρα με τυποποιημένα σημεία μέτρησης τα οποία θεωρήθηκε πως έπρεπε να είναι το σημείο που λιώνει ο πάγος ως χαμηλότερο σημείο και το σημείο που βράζει το νερό ως υψηλότερο. Περεταίρω ανάπτυξη του θερμόμετρου με υδράργυρο πραγματοποιήθηκε από το φυσικό Κέλσιο. Αυτός έδωσε τους βαθμούς 0 στη

θερμοκρασία του νερού που βράζει και 100 στη θερμοκρασία του πάγου που λιώνει (Michalski et al., 2002).

Παρά την πληθώρα των οργάνων που έχουν γίνει διαθέσιμα τα τελευταία 40 χρόνια, εξακολουθεί να υπάρχει σημαντική διαμάχη ως προς το καταλληλότερο θερμόμετρο και το καλύτερο σημείο μέτρησης. Τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογία αυτή έχει βελτιωθεί ώστε να παρέχει εξαιρετικά ακριβείς συσκευές μέτρησης θερμότητας ικανές να μετρούν από μερικούς βαθμούς πάνω από το απόλυτο μηδέν έως υψηλές θερμοκρασίες άνω των 1600 °C (2912 °F). (Grodzinsky and Levander, 2020a).

3.2 Τεχνικές θερμομέτρησης του ανθρώπινου σώματος

Η αξιολόγηση και εκτίμηση της θερμοκρασίας του ανθρώπινου σώματος έχει μεγάλη επίδραση στις αποφάσεις της νοσηλευτικής φροντίδας και στην ιατρική διάγνωση, θεραπεία και εργαστηριακούς ελέγχους. Σήμερα υπάρχει η γενική αποδοχή πως υπάρχει ένα εύρος θερμοκρασιών στο ανθρώπινο σώμα και όχι μια σταθερή θερμοκρασία (Michalski et al., 2002).

Όλα τα θερμόμετρα πρέπει να πληρούν κάποια κριτήρια για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ιατρική. Τα κριτήρια είναι η εγκυρότητα δηλαδή να είναι ικανά να παρέχουν την πραγματική τιμή θερμοκρασίας σε σχέση με την τιμή της πνευμονικής αρτηρίας, η ακρίβεια δηλαδή η ικανότητα να ανιχνεύουν ακόμα και μικρές αλλαγές της θερμοκρασίας και τέλος η αξιοπιστία δηλαδή οι μετρήσεις να έχουν σταθερότητα στη διάρκεια του χρόνου. Στο κλινικό περιβάλλον μια μέθοδος για να είναι κατάλληλη εκτιμάται και πόσο ασφαλής είναι, πόσο κοστίζει, αν μετρά συνεχόμενα και πόσο άνετη για τον ασθενή είναι (Holtzclaw, 1998).

Σε γενικές γραμμές, υπάρχουν ηλεκτρονικά θερμόμετρα, θερμίστορες, τα θερμικά ζεύγη και τα θερμόμετρα υπέρυθρης ακτινοβολίας. Ακόμη υπάρχουν θερμόμετρα αφής που πρέπει να αγγίζουν το σώμα για τη μέτρηση της θερμοκρασίας. Αυτά που δεν έχουν καμία επαφή που είναι θερμόμετρα μπορούν να μετρήσουν τη θερμοκρασία σωμάτων χωρίς να αγγίζουν το δέρμα (Grodzinsky and Levander, 2020a).

3.2.1 Κατηγοριοποίηση σύμφωνα με την επεμβατικότητα των τεχνικών

Οι μέθοδοι θερμομέτρησης του ανθρώπινου σώματος μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε επεμβατικές και μη επεμβατικές. Επεμβατικές θεωρούνται όσες μέθοδοι μετρούν θερμοκρασία στο εσωτερικό του σώματος και περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία της πνευμονικής αρτηρίας,

χρησιμοποιώντας καθετήρα για τη μέτρηση της θερμοκρασία ορθού, με τη χρήση θερμόμετρου ορθού και τη θερμοκρασία της ουροδόχου κύστης, χρησιμοποιώντας έναν καθετήρα ούρων. Οι μη επεμβατικές μέθοδοι μέτρησης της θερμοκρασίας περιλαμβάνουν τη χρήση του μετώπου, μασχάλης, στόματος και τυμπάνου για μέτρηση της θερμοκρασίας (Smith et al., 2019).

Μη επεμβατικά

Το πιο κοινό είδος θερμόμετρου επαφής χρησιμοποιεί ηλεκτρονικούς αισθητήρες θερμότητας για την καταγραφή της θερμοκρασίας του σώματος. Αυτά τα θερμόμετρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο μέτωπο, το στόμα, τη μασχάλη ή το ορθό (πρωκτού). Τα περισσότερα ηλεκτρονικά θερμόμετρα έχουν μια ψηφιακή οθόνη που δείχνει την ένδειξη θερμοκρασίας. Οι θερμοκρασίες του ορθού παρέχουν τις πιο ακριβείς ενδείξεις για βρέφη, ειδικά για βρέφη ηλικίας 3 μηνών και κάτω, καθώς και για παιδιά ηλικίας έως 3 ετών. Οι θερμοκρασίες που λαμβάνονται από τη μασχάλη είναι συνήθως οι λιγότερο ακριβείς. Για μεγαλύτερα παιδιά και ενήλικες, οι μετρήσεις από το στόμα είναι συνήθως ακριβείς, εφόσον το στόμα είναι κλειστό και το θερμόμετρο είναι στη θέση του. Τα απομακρυσμένα θερμόμετρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο μέτωπο (κροταφική αρτηρία) ή στο αυτί (τυμπανικό) (Mayo Clinic, 2020). Τα θερμόμετρα υπέρυθρης ακτινοβολίας μετρούν την εκπομπή θερμότητας με τη μορφή ακτινοβολίας στο υπέρυθρο μήκος κύματος (Holtzclaw, 1998).

Επεμβατικά

Ενώ η άμεση μέτρηση της θερμοκρασίας του εγκεφάλου σε κλινικές ρυθμίσεις είναι ανέφικτη, η θερμοκρασία της πνευμονικής αρτηρίας, όπως μετράται από θερμίστορ σε καθετήρα πνευμονικής αρτηρίας, θεωρείται το χρυσό πρότυπο για τον ακριβή προσδιορισμό της κεντρικής θερμοκρασίας σε κλινικές ρυθμίσεις όπου είναι δυνατές επεμβατικές μετρήσεις. Η παρακολούθηση της θερμοκρασίας του οισοφάγου κατά τη διάρκεια των διαδικασιών ραδιοσυχνότητας αριστερού κόλπου για κολπική μαρμαρυγή, για παράδειγμα, έχει αποδειχθεί ότι μειώνει τον κίνδυνο θερμικού τραυματισμού του οισοφάγου. Για τη συντριπτική πλειοψηφία των ασθενών που δεν έχουν καθετήρες η θερμομέτρηση του ορθού έχει εξελιχθεί ως η πρότυπη μέθοδος για τον προσδιορισμό της κεντρικής θερμοκρασίας. Ωστόσο, η θερμομετρία του ορθού δεν είναι ιδανική, καθώς οι θερμοκρασίες του ορθού μπορεί να καθυστερήσουν να δείξουν τις μεταβαλλόμενες θερμοκρασίες στο αίμα και σε άλλα βαθιά

όργανα. Η θερμομετρία του ορθού προκαλεί επίσης σωματική και ψυχολογική δυσφορία και έχουν καταγραφεί περιπτώσεις μη λοιμογόνου μετάδοσης παθογόνων παραγόντων που μεταδίδονται με κόπρανα και, πολύ σπάνια, τραυματικός τραυματισμός στο ορθό (Cheshire, 2016).

3.2.2 Κατηγοριοποίηση σύμφωνα με την αρχή λειτουργίας τους

Ηλεκτρονικά θερμόμετρα

Τα θερμόμετρα αυτά μετατρέπουν τη θερμική ενέργεια σε ηλεκτρικό σήμα και έχουν μικρή εγκυρότητα, γιατί η εκτίμηση τους βασίζεται στην αρχική άνοδο της θερμοκρασίας (Holtzclaw, 1998).

Θερμίστορες και θερμόμετρα υπέρυθρης ακτινοβολίας

Είναι θερμόμετρα που χρησιμοποιούνται στους καθετήρες, και μετρούν την θερμοκρασία σύμφωνα με τη μεταβολή της ηλεκτρικής τους αντίστασης ανάλογα με τη μεταβολή της θερμοκρασίας, και είναι αρκετά ευαίσθητα στις αλλαγές της θερμοκρασίας. Τα θερμικά ζεύγη μετρούν την θερμοκρασία σύμφωνα με τη θερμοηλεκτρική διαφοράς δυναμικού μεταξύ δυο ηλεκτροδίων αυτού στην περιοχή μέτρησης και αυτού στην περιοχή αναφοράς. Αυτά ενώνονται με monitor και μετρούν τη θερμοκρασία σε πραγματικό χρόνο (Holtzclaw, 1998).

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μέτρηση της θερμοκρασίας της ουροδόχου κύστης. Ενώνεται στον ουροκαθετήρα και θεωρείται έγκυρη μέθοδος, άνετη και εύκολη στην εφαρμογή, με μειονέκτημα το κόστος και πως δεν μπορεί να εφαρμοστεί εκτός ουροκαθετήρα (Moran et al., 2007). Μπορεί να γίνει εφαρμογή θερμίστορα και στον οισοφάγο και δίνει έγκυρες και αξιόπιστες μετρήσεις. Αλλά έχει μειονεκτήματα όπως ψηλές τιμές αν υπάρχει τραύμα στη περιοχή ή δυσκολία τοποθέτησης του άκρου του (Lefrant et al., 2003).

Τα θερμόμετρα που μετρούν θερμοκρασία χωρίς επαφή χρησιμοποιούν τις ιδιότητες των θερμίστορων για τη μέτρηση της θερμοκρασίας έμμεσα (Davie and Amoore, 2010).

Θερμόμετρα κροταφικής αρτηρίας

Τα θερμόμετρα μετώπου από απόσταση χρησιμοποιούν υπέρυθρο σαρωτή για τη μέτρηση της θερμοκρασίας της κροταφικής αρτηρίας στο μέτωπο. Ένα απομακρυσμένο θερμόμετρο κροταφικής αρτηρίας μπορεί να καταγράψει γρήγορα τη θερμοκρασία ενός ατόμου και είναι

εύκολα ανεκτό και είναι κατάλληλο για παιδιά οποιασδήποτε ηλικίας. Παρόλα αυτά μπορεί να είναι πιο ακριβό από άλλου τύπου (Mayo Clinic, 2020).

Αυτός ο τύπος θερμομέτρου μπορεί να είναι λιγότερο ακριβής από άλλους τύπους. Το άμεσο ηλιακό φως, οι κρύες θερμοκρασίες ή το ιδρωμένο μέτωπο μπορούν να επηρεάσουν τις ενδείξεις θερμοκρασίας. Οι παραλλαγές στην τεχνική του χρήστη, όπως η συγκράτηση του σαρωτή πολύ μακριά από το μέτωπο, μπορεί επίσης να επηρεάσουν την ακρίβεια (Mayo Clinic, 2020).

Θερμόμετρα υδραργύρου

Τα θερμομέτρα υδραργύρου χρησιμοποιούν υδράργυρο εγκλωβισμένο σε γυαλί για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του σώματος. Τα θερμομέτρα υδραργύρου δεν συνιστώνται πλέον επειδή μπορούν να σπάσουν και να επιτρέψουν στον υδράργυρο — που είναι τοξικός — να διαφύγει. (Mayo Clinic, 2020).

Ραδιόμετρο τυμπανικής μεμβράνης

Το πρώτο ραδιόμετρο χωρίς επαφή που σχεδιάστηκε για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του σώματος στο εσωτερικό κανάλι του αυτιού εφευρέθηκε το 1964 από τον Theodor Benzinger. Σχεδιάστηκε σαν μη επεμβατική μέθοδος (Mayo Clinic, 2020).

Όταν τοποθετούνται σωστά, τα υπέρυθρα θερμομέτρα αυτιών είναι γρήγορα και γενικά άνετα για παιδιά και ενήλικες. Είναι κατάλληλα για βρέφη ηλικίας άνω των 6 μηνών, μεγαλύτερα παιδιά και ενήλικες. Τα υπέρυθρα θερμομέτρα αυτιών δεν συνιστώνται για τα νεογέννητα. Το κερί αυτιών μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια της θερμοκρασίας που λαμβάνεται (Mayo Clinic, 2020).



Εικόνα 2 Ραδιόμετρο τυμπανικής μεμβράνης Πηγή: (Grodzinsky and Levander, 2020b)

3.2 Περιοχές μέτρησης της θερμοκρασίας

Ο υποθάλαμος είναι το σημείο όπου καθορίζεται η θερμοκρασία του σώματος και όπου καταγράφεται η υψηλότερη θερμοκρασία. Δεδομένου ότι ο υποθάλαμος είναι απρόσιτος, η θερμοκρασία του σώματος ορίζεται γενικά ως η θερμοκρασία που μετρείται στην πνευμονική αρτηρία. Άλλες τυποποιημένες θέσεις (Πίνακας 1) παρακολούθησης της κεντρικής θερμοκρασίας (οισοφάγος, ουροδόχος κύστη και ρινοφαρυγγικός) είναι ακριβείς εντός 0,1-0,2 °C της θερμοκρασίας του σώματος και είναι χρήσιμα υποκατάστατα για τη βαθιά θερμοκρασία του σώματος. Κατά τη διάρκεια της αναισθησίας, οι θερμοκρασίες της ουροδόχου κύστης συσχετίζονται καλά με τη θερμοκρασία του οισοφάγου και των πνευμονικών αρτηριών (El-Radhi et al., 2019).

Δεδομένου ότι αυτές οι τοποθεσίες μέτρησης βαθιών ιστών είναι κλινικά απρόσιτες, οι γιατροί έχουν χρησιμοποιήσει το ορθό ως πρακτικό σημείο για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας του σώματος με την πεποίθηση ότι αυτή η περιοχή αντικατοπτρίζει με μεγαλύτερη ακρίβεια την κεντρική θερμοκρασία. Οποιαδήποτε μέτρηση θερμοκρασίας θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την κανονική διακύμανση της θερμοκρασίας έως 1 °C με μέγιστο 5-7 μ.μ. και ελάχιστη μεταξύ 2 και 6 π.μ.. Αυτή η ημερήσια διακύμανση, η οποία αρχίζει να αναπτύσσεται σε ηλικία

4 μηνών, μπορεί να είναι τόσο μεγάλη που μια "κανονική" θερμοκρασία σε ένα άτομο είναι αδύνατο να εντοπιστεί, αλλά μάλλον μια σειρά και ένας μέσος όρος των θερμοκρασιών του σώματος (El-Radhi et al., 2019).

Πίνακας 2 Περιοχές μέτρησης θερμοκρασίας, είδος θερμομέτρου και τιμές θερμοκρασίας
Πηγή: El-Radhi et al. (2019).

Περιοχή	Είδος θερμομέτρου	Φυσιολογική Τιμή	Μέσος όρος	Πυρετός
Μασχάλη	Ηλεκτρονικό, tempa dot	34,7-37,3	36,4	>37,4
Υπογλώσσια	ηλεκτρονικό, tempa dot	35,5-37,5	36,6	>37,6
Πρωκτός	ηλεκτρονικό, tempa dot	36,6-37,9	37,0	>38,0
Αυτί	Υπέρυθρης ακτινοβολίας	35,7-37,5	36,6	>37,6

Η μέτρηση της θερμοκρασίας στο ορθό δίνει έγκυρες τιμές θερμοκρασίας αλλά χαρακτηρίζεται από μειονεκτήματα, όπως αλλοίωση των θερμοκρασιών λόγω θερμότητας από την τοπική χλωρίδα, δεν νιώθει άνετα ο ασθενής, ο κίνδυνος τραυματισμού του ορθού αλλά και ο κίνδυνος εξάπλωσης παθογόνων μικροβίων που βρίσκονται στην περιοχή. Τα θερμόμετρα οπίσθιας υπογλώσσιας κοιλότητας είναι μη επεμβατικά δεν προκαλούν ιδιαίτερη δυσφορία στον ασθενή, εύκολα στη χρήση και στην εφαρμογή με υψηλή εγκυρότητα. Μειονεκτήματά είναι οι μη αξιόπιστες μετρήσεις αν γίνεται εισπνοή αερίων ή λήψης υγρών με διαφορετική θερμοκρασία αλλά και ο κίνδυνος τραυματισμού (Lawson et al., 2007).

Η χρήση της τυμπανικής μεμβράνης για τη μέτρηση της θερμοκρασίας μέσω υπέρυθρης ακτινοβολίας θεωρείται πως μετρά τη θερμοκρασία του υποθαλάμου. Τα θερμόμετρα τυμπανικής μεμβράνης είναι εύκολα στη χρήση, άνετα και μετρούν γρήγορα αλλά δεν θεωρούνται ιδιαίτερα έγκυρα και αξιόπιστα. Για τη μέτρηση μέσω τυμπανικής μεμβράνης υπάρχουν και καθετήρες αλλά υπάρχει κίνδυνος ρήξης της, δεν είναι άνετοι στη χρήση, αλλά

μειώνεται η εγκυρότητα αν υπάρχει φλεγμονή ή απόφραξη του ακουστικού πόρου (Lawson et al., 2007).

Η μέτρηση της θερμοκρασίας της μασχालιαίας αρτηρίας είναι η πιο κοινή μέθοδος που χρησιμοποιείται, αλλά δεν είναι έγκυρη και αξιόπιστη γιατί μετρά τη θερμοκρασία στους επιφανειακούς ιστούς. Δεν συνίσταται σε βαριά ασθενείς γιατί επηρεάζεται από τη σύσπαση των αγγείων (O'Grady et al., 2008).

Η υπέρυθη ακτινοβολία μπορεί να εφαρμόζεται για να μετρά τη θερμοκρασία στο δέρμα πάνω από την κροταφική αρτηρία αλλά επίσης δεν έχει μεγάλη εγκυρότητα για αυτό δεν προτείνεται για ασθενείς της ΜΕΘ (O'Grady et al., 2008).

3.3 Ποια μέθοδος και τεχνική είναι η κατάλληλη για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του ανθρώπινου σώματος;

Όπως έγινε εμφανές από τα παραπάνω υπάρχει ποικιλία συσκευών και περιοχών θερμομέτρησης. Παρόλα αυτά οι μέθοδοι έχουν μειονεκτήματα λόγω προβλημάτων ασφάλειας, εγκυρότητας, αξιοπιστίας, άνεσης και άλλων χαρακτηριστικών τους. Δεν υπάρχουν αντικειμενικά κριτήρια για την επιλογή της καλύτερης μεθόδου αλλά η μέτρηση τριών περιοχών του ανθρώπινου σώματος, της ουροδόχου κύστης, του οισοφάγου και του ορθού είναι αρκετά έγκυρες και αξιόπιστες. Επιπλέον οι μετρήσεις της θερμοκρασίας της τυμπανικής μεμβράνης και της στοματικής κοιλότητας θεωρούνται καλές εναλλακτικές λύσεις. Τέλος οι μετρήσεις της θερμοκρασίας μασχालιαίας αρτηρίας και της κροταφικής δεν θεωρούνται αρκετά έγκυρες και για αυτό πρέπει να αποφεύγονται αν οι ασθενείς είναι σοβαρά άρρωστοι (El-Radhi et al., 2019, Lawson et al., 2007, O'Grady et al., 2008).

Σε κλινικά περιβάλλοντα προτιμώνται δυο είδη θερμομέτρων, τα ηλεκτρονικά και τα υπέρυθρης ακτινοβολίας. Τα ηλεκτρονικά θερμόμετρα χρησιμοποιούν τις ιδιότητες θερμίστορ για τη έμμεση μέτρηση της θερμοκρασίας και έχουν υψηλή ευαισθησία σε ένα στενό εύρος θερμοκρασίας. Τα υπέρυθρης ακτινοβολίας (τυμπανικά) έχουν πολλά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και περιλαμβάνουν αλγόριθμους που μετατρέπουν την θερμοκρασία ως ορθού, κεντρική, στόματος ή μασχάλης (Davie and Amoore, 2010).

Το ιδανικό θερμόμετρο θα εξαλείψει τους παράγοντες που εξαρτώνται από το χρήστη, ελαχιστοποιώντας τις επιπτώσεις της λανθασμένης τοποθέτησης ή/και εξαλείφοντας τα σφάλματα που προκαλούνται από την επιλογή του εσφαλμένου τρόπου λειτουργίας. Μια τέτοια διάταξη θα επέτρεπε την ακριβή μέτρηση της θερμοκρασίας άμεσα. Ωστόσο, όλα τα σύγχρονα κλινικά θερμόμετρα έχουν τους δικούς τους παράγοντες που εξαρτώνται από τους χρήστες και έχουν εκφραστεί ανησυχίες σχετικά με την ικανότητα των χρηστών. Οπότε οι νοσηλευτές χρειάζονται την κατάλληλη εκπαίδευση στη χρήση θερμομέτρων (Davie and Amoore, 2010).

Κεφάλαιο 4. Θερμοκρασιακές Διαταραχές

Τα κλινικά σύνδρομα των ασθενειών που σχετίζονται με τη θερμότητα περιλαμβάνουν ήπιες μορφές θερμικού οιδήματος, κρίσιμες θερμότητας και συγκοπή, καθώς και τις πιο σοβαρές μορφές θερμικής εξάντλησης και θερμοπληξίας.

4.1 Υποθερμία

Γενικά στοιχεία

Η μείωση της θερμοκρασίας του σώματος σε επίπεδα κάτω των 35°C, ορίζεται υποθερμία και προκύπτει από: περιβαλλοντική έκθεση, μεταβολικές διαταραχές ή είναι αποτέλεσμα θεραπευτικής παρέμβασης (Gomez, 2014). Ο βαθμός υποθερμίας μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σαν ήπιος όπου η θερμοκρασία είναι 32–35 °C, μέτριος με θερμοκρασία 28–31.9 °C, ή σοβαρός με θερμοκρασία σώματος <28 °C (Wong, 1983).

Η υποθερμία προκαλεί επίσης αλλαγές στα αγγεία των ιστών καθώς και μειωμένη καρδιακή παροχή. Η περιφερική αγγειοσυστολή εμφανίζεται ως απάντηση στην συμπαθητική ενεργοποίηση, προκαλώντας μειωμένη ροή στο αίμα των ιστών κατά τη διάρκεια της υποθερμίας. Μετά την αναθέρμανση, το αίμα ρέει στον σκελετικό μυ αποκαθίσταται πριν από την αιμάτωση στα εσωτερικά όργανα. Ο όγκος του πλάσματος μειώνεται και η τριχοειδής διαρροή εμφανίζεται στο πλαίσιο της τροποποιημένης περιφερειακής αιματοχυσίας. Αυτές οι

αλλαγές μπορεί να συμβάλουν περαιτέρω στην κατάρρευση του κυκλοφορικού μετά από υποθερμία (Tveita et al., 1996).

Διαταραχές που επηρεάζουν την απόκριση στο κρύο

Πολλές νευρολογικές διαταραχές μπορούν ενδεχομένως να επηρεάσουν την ανταπόκριση του ασθενούς στο κρύο. Οποιαδήποτε διαταραχή που περιορίζει την κινητικότητα, όπως η νόσος του Πάρκινσον, το εγκεφαλικό επεισόδιο, ο τραυματισμός του νωτιαίου μυελού ή η μυοπάθεια, μπορεί να περιορίσει την ικανότητα παραγωγής θερμότητας από μυϊκή συστολή ή μπορεί να καθυστερήσει τις προσπάθειες για την προστασία σε κρύο καιρό (Meiman et al., 2015). Επιπλέον, νευρολογικές διαταραχές που μειώνουν την αίσθηση του κρυολογήματος ή προκαλούν ακατάλληλη δερματική αγγειοδιαστολή, όπως ορισμένες περιφερικές νευροπάθειες και μυελοπάθειες, μπορεί να μειώσουν τη θερμορυθμιστική περιφερική αγγειοσυστολή ή την επίγνωση ενός ψυχρού περιβάλλοντος (Petroni et al., 2014).

Επιπλέον, ορισμένες διαταραχές του ΚΝΣ, όπως η εγκεφαλοπάθεια του Wernicke, μπορεί να επηρεάσουν τη δημιουργία μιας θερμορυθμιστικής απόκρισης στον υποθάλαμο. Η υποθερμία μπορεί να συμβεί και σε παθήσεις όπως η υποθαλαμική απομυελινοποίηση στην πολλαπλή σκλήρυνση. Ακόμη, κάποιος με επιληψία μετά από γενικευμένη κρίση μπορεί προσωρινά να μην είναι σε θέση να απομακρυνθεί από ένα κρύο περιβάλλον. Ο κίνδυνος υποθερμίας είναι μεγαλύτερος σε άτομα με άνοια ή που έχουν καταναλώσει αλκοόλ ή ηρεμιστικά φάρμακα (Cheshire, 2016).

4.2 Υπερθερμία

4.2.2 Γενικά χαρακτηριστικά

Λόγω θερμικής καταπόνησης (π.χ. ζεστός καιρός, άσκηση), η κανονική θερμοκρασία του σώματος διατηρείται κυρίως με αυξημένη ροή αίματος στο δέρμα (π.χ. μεταφορά) και απώλεια ιδρώτα (π.χ. εξάτμιση). Το τελευταίο αποτελεί μια εξαιρετικά αποτελεσματική και ισχυρή διαδικασία, που αντιπροσωπεύει περίπου το 70% της απώλειας θερμότητας του σώματος κατά τη διάρκεια περιόδων θερμικής καταπόνησης (Gomez, 2014).

Η υπερθερμία προκύπτει από μη φυσιολογική ρύθμιση της θερμοκρασίας, οδηγώντας σε εξαιρετικά αυξημένη θερμοκρασία σώματος, συχνά πάνω από 40°C. Αντίθετα, ο πυρετός προκύπτει από έναν κανονικό θερμορυθμιστικό μηχανισμό που λειτουργεί σε υψηλότερο

καθορισμένο σημείο. Το πρώτο οδηγεί σε συγκεκριμένα κλινικά σύνδρομα τα οποία μοιράζονται την αδυναμία του θερμορυθμιστικού μηχανισμού να διατηρήσει σταθερή θερμοκρασία σώματος ως απάντηση σε θερμικό στρες, ή την επίδραση ορισμένων φαρμάκων. Τέτοια είναι το θερμικό εξάνθημα, οι κράμπες, η θερμική εξάντληση και η θερμοπληξία που θα περιγραφούν παρακάτω (Gomez, 2014).

4.2.3 Θερμικό οίδημα

Το θερμικό οίδημα εμφανίζεται σε άτομα που δεν εγκλιματίζονται σε ακραίες θερμοκρασίες, προκαλώντας παροδική περιφερειακή διαστολή και εξαρτώμενο οίδημα.

4.2.4 Εξάνθημα λόγω θερμότητας

Υπάρχουν διάφορα προβλήματα υγείας που προκύπτουν από την ανώμαλη θερμορύθμιση ως απάντηση στο περιβαλλοντικό στρες ή το στρες γενικότερα. Το εξάνθημα θερμότητας είναι το ηπιότερο από αυτά και προκύπτει από πολύ άφθονη εφίδρωση ως απάντηση σε πολύ ζεστό και υγρό καιρό, οδηγώντας σε απόφραξη των εκφορητικών πόρων των ιδρωτοποιών (Gomez, 2014).

4.2.5 Θερμική εξάντληση

Η θερμική εξάντληση είναι η πιο κοινή κατάσταση που σχετίζεται με τη θερμότητα και προκύπτει από την μείωση του όγκου του αίματος. Κατά τη θερμική εξάντληση παρουσιάζεται μια θερμοκρασία σώματος μεταξύ 38 και 40 °C. Αυτοί οι ασθενείς αναπτύσσουν ένα κλινικό σύνδρομο που χαρακτηρίζεται από ήπιες αλλαγές ψυχικής κατάστασης, συμπεριλαμβανομένης της σύγχυσης, της ζάλης και της κόπωσης, πονοκεφάλων, κράμπες, ρίγη, ναυτία, έμετος και ταχυκαρδία. Μπορεί να εμφανιστεί επίσης ταχύπνοια, στατική υπόταση, κόκκινο δέρμα με ενεργό εφίδρωση. Ο βαθμός νευρολογικής δυσλειτουργίας, εάν υπάρχει, είναι συνήθως πολύ ήπιος (Gomez, 2014, Zabrocki et al., 2014).

4.2.6 Θερμικές κράμπες

Οι κράμπες λόγω θερμότητας είναι ακούσιες σπασμωδικές συσπάσεις μεγάλων μυϊκών ομάδων σε αντίθεση με έναν απομονωμένο μυϊκό σπασμό / κράμπες που μπορεί επίσης να συμβεί κατά τη διάρκεια ή μετά την άσκηση. Αυτή η κατάσταση οφείλεται σε σχετική ανεπάρκεια νατρίου, καλίου, γλωριούχου ή μαγνησίου. Άλλα συμπτώματα μπορεί να περιλαμβάνουν ναυτία, έμετο, κόπωση, αδυναμία, εφίδρωση και ταχυκαρδία. Οι κράμπες που σχετίζονται με την άσκηση δεν

σχετίζονται απαραίτητα με την αυξημένη θερμοκρασία του σώματος, δεν συμβαίνει με παθητική θέρμανση σε ηρεμία και μπορεί να υπάρχει κατά τη διάρκεια της άσκησης σε δροσερά, ελεγχόμενα με θερμοκρασία περιβάλλοντα. Η θεραπεία, όπως περιγράφεται παρακάτω, είναι η ίδια και για τις δύο (Leiva and Church, 2020).

4.2.7 Συγκοπή λόγω θερμότητας

Η συγκοπή είναι προσωρινή, αυτοπεριοριζόμενη ζάλη, αδυναμία ή απώλεια συνείδησης κατά τη διάρκεια παρατεταμένων αλλαγών στάσης ή θέσης σε ένα ζεστό περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένης της σωματικής δραστηριότητας. Η σκέψη είναι ότι οφείλεται σε συνδυασμό αφυδάτωσης, συγκέντρωσης αίματος στο φλεβικό σύστημα, μειωμένης καρδιακής πλήρωσης και χαμηλής αρτηριακής πίεσης, η οποία οδηγεί σε μειωμένη εγκεφαλική ροή αίματος (Leiva and Church, 2020).

4.2.8 Θερμοπληξία

Η θερμοπληξία, σε αντίθεση με τα άλλα προβλήματα λόγω υπερθερμίας, είναι μια κατάσταση που προκαλεί σοβαρά προβλήματα και χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλές αυξήσεις της θερμοκρασίας του σώματος ($\geq 41^{\circ}\text{C}$) συνοδευόμενες από σοβαρή νευρολογική δυσλειτουργία, μείωση όγκου, αιμοδυναμική αστάθεια, ραβδομυόλυση, πολυοργανική ανεπάρκεια και διάχυτη ενδοαγγειακή πήξη. Η αποτυχία των οργάνων εκδηλώνεται με οξεία νεφρική και ηπατική δυσλειτουργία. Η αδυναμία παραγωγής ιδρώτα είναι ένα κοινό χαρακτηριστικό αυτής της κατάστασης, αλλά δεν εμφανίζεται πάντα (Gomez, 2014).

Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι θερμοπληξίας η κλασική και η ασκητική. Η κλασική θερμοπληξία προκύπτει από την έκθεση σε πολύ υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος εντός περιορισμένων χώρων. Αυτό είναι πιο συνηθισμένο στους ηλικιωμένους και σε όσους λαμβάνουν ψυχιατρικά φάρμακα ή χρησιμοποιούν αλκοόλ ή ναρκωτικά. Η ασκητική θερμοπληξία προκύπτει από έντονη σωματική δραστηριότητα σε ένα πολύ ζεστό περιβάλλον. Συνήθως παρατηρείται σε αθλητές και στρατιωτικό προσωπικό και είναι συνήθως πιο σοβαρό, με υψηλότερη συχνότητα πολυοργανικής αποτυχίας (Gomez, 2014).

Διαφοροποιείται από την εξάντληση λόγω θερμότητας γιατί εμφανίζονται πιο σοβαρές μεταβολές της ψυχικής κατάστασης, συμπεριλαμβανομένου του λήθαργου, της αποξένωσης, της επιληψίας, κίνδυνος για κόμα. Η πρόσθετη συμπτωματολογία ποικίλει και σοβαρές

περιπτώσεις προχωρούν σε πολυοργανική ανεπάρκεια. Τα στοιχεία υπερθερμίας, αν και θεωρούνται απαραίτητα για τη διάγνωση μπορεί να απουσιάζουν κατά τη στιγμή της παρουσίας, πιθανώς λόγω εσφαλμένων ή καθυστερημένων μετρήσεων (Zabrocki et al., 2014).

4.2.9 Χρόνιες παθήσεις και υπερθερμία

Χρόνιες παθήσεις, συχνά παρούσες ταυτόχρονα, μπορούν να αυξήσουν τον κίνδυνο για επιδείνωση της κατάστασης σε περιπτώσεις υπερθερμίας. Αυτές οι παθολογίες περιλαμβάνουν καρδιακές, εγκεφαλοαγγειακές, νευρολογικές, αναπνευστικές και νεφρικές παθήσεις. Οι σοβαρές καρδιακές και αναπνευστικές παθήσεις (π.χ. καρδιακή ανεπάρκεια και χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια) επιδεινώνονται κατά τη διάρκεια των κυμάτων καύσωνα, επειδή η αγγειοδιαστολή και ο υπεραερισμός που προκαλεί ο ανθρώπινος οργανισμός να αντιδράσει στη θερμότητα και την υγρασία αυξάνουν τον καρδιακό και πνευμονικό φόρτο εργασίας. Η αφυδάτωση που προκαλείται από τα κύματα καύσωνα μπορεί να εμποδίσει την απόχρεμψη, να μειώσει την εγκεφαλική αιμάτωση και να περιορίσει τη λειτουργία των νεφρών, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την επιδείνωση της πνευμονοπάθειας, της εγκεφαλικής ισχαιμικής νόσου και της νεφρικής ανεπάρκειας, αντίστοιχα. Η αντισταθμιστική εφίδρωση, η οποία προκαλείται από την έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες, έχει ως αποτελέσματα την απώλεια υγρών και αλάτων. όταν ένα άτομο είναι αφυδατωμένο, κάτι που συμβαίνει συχνά μεταξύ των ηλικιωμένων, η αντισταθμιστική εφίδρωση οδηγεί σε αύξηση της συγκέντρωσης των αιμοσφαιρίων και, ενδεχομένως, στεφανιαία, εγκεφαλική ή πνευμονική θρόμβωση και διάχυτη ενδοαγγειακή πήξη. Τα κύματα καύσωνα μπορούν επίσης να επιδεινώσουν παθολογικές καταστάσεις και συμπτώματα που δεν είναι θανατηφόρα καθαυτά, όπως η δύσπνοια και ο υψηλός πυρετός διαφόρων προελεύσεων (Conti, 2019).

Καρδιολογικά προβλήματα

Τα υγιή άτομα έχουν μεγάλη ικανότητα να ανέχονται το περιβαλλοντικό θερμικό στρες, τα άτομα με καρδιακή ανεπάρκεια φαίνονται ιδιαίτερα ευαίσθητα σε ασθένειες κατά τη διάρκεια της έκθεσης στην περιβαλλοντική θερμότητα. Αυτό αποδεικνύεται από τη σημαντική αύξηση των ασθενειών και του θανάτου κατά τη διάρκεια των κυμάτων καύσωνα και κατά τους καλοκαιρινούς μήνες για αυτούς τους ασθενείς. Η έκθεση στην περιβαλλοντική θερμότητα προκαλεί αντανακλαστικές αυξήσεις στην εφίδρωση και τη ροή του αίματος του δέρματος για

τη διευκόλυνση του διασκεδασμού θερμότητας. Αυτές οι αντιδράσεις που διαχέουν θερμότητα διαμεσολαβούνται από αυτόνομες και καρδιαγγειακές προσαρμογές και εάν αυτές οι προσαρμογές εξασθενούν, ο θερμορυθμιστικός έλεγχος μπορεί να διακυβευτεί. Στην καρδιακή ανεπάρκεια η μεταβολή της αυτόνομης και καρδιαγγειακής λειτουργίας, έχει τη δυνατότητα να μειώσει τις θερμορυθμιστικές αντιδράσεις. Επιπλέον, η φαρμακολογική διαχείριση των ασθενών με καρδιακή ανεπάρκεια μπορεί να θέσει σε περαιτέρω κίνδυνο τις θερμορυθμιστικές αντιδράσεις. Κατά συνέπεια, οι ασθενείς μπορεί να διατρέχουν υψηλότερο κίνδυνο ασθένειας που σχετίζεται με τη θερμότητα όταν εκτίθενται σε θερμά κλίματα ειδικά αν ασκούνται (Balmain et al., 2017).

Ανοσοβιολογικού συστήματος

Όταν η έναρξη είναι οξεία ή υποξεία, θα πρέπει να εξετάζεται το ενδεχόμενο αυτοάνοσης αιτιολογίας. Άλλες περιπτώσεις οφείλονται σε επίκτητη ιδιοπαθή γενικευμένη ανίδρωση, η οποία είναι μια διαταραχή με ανοσοδιαμεσολαβημένη διαταραχή που χαρακτηρίζεται από απουσία εφίδρωσης, κνίδωση, αυξημένα επίπεδα IgE, ατροφία και εκφυλισμό των ιδρωτοποιών αδένων, βιοψίες των οποίων δείχνουν διείσδυση από λεμφοκύτταρα και κύτταρα ιστού. Βιοψίες δέρματος σε ορισμένους ασθενείς έχουν δείξει απόφραξη των αγωγών από μια άμορφη ηωσινοφιλική ουσία (Cheshire, 2016).

Η χρόνια ιδιοπαθής ανίδρωση είναι ένα σύνδρομο που χαρακτηρίζεται από θερμική δυσανεξία, στο οποίο οι ασθενείς γίνονται ζεστοί, κοκκινισμένοι, ζαλισμένοι, με δύσπνοια και αδύναμοι ως απάντηση στο θερμικό στρες ή την άσκηση, αλλά δεν ιδρώνουν και διακρίνεται από γενικευμένη αυτόνομη αποτυχία από την απουσία ορθοστατικής υπότασης, σωματικής νευροπάθειας ή άλλων νευρολογικών ελλειμμάτων. Έχει συσχετιστεί με υπερθερμία και θερμοπληξία και μπορεί σε συμβεί σε άτομα όλων των ηλικιών (Cheshire, 2016).

Νευροπάθεια μικρών Ινών

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα κλινικά σημαντικού θερμορυθμιστικού ελλείμματος σε έναν ασθενή με φυσιολογική θερμοκρασία (παιδί ή ηλικιωμένο) είναι η νευροπάθεια μικρών ινών. Πολλές περιφερικές νευροπάθειες επηρεάζουν επιλεκτικά ή δυσανάλογα τις αυτόνομες ίνες, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που ενσωματώνουν τους εκκριτικούς αδένες. Συμπτώματα της νευροπάθειας μικρών ινών είναι περιφερική καύση, της υπεραλγησίας και της αλλοδύσια, περιφερική ανίδρωση.

Η διαβητική νευροπάθεια είναι η πιο διαδεδομένη περιφερική νευροπάθεια στις ανεπτυγμένες χώρες και η περιφερική ανίδρωση ήταν το πιο κοινό μοτίβο, με την εγγύς έκταση της ανίδρωσης να εξελίσσεται με τη διάρκεια της νευροπάθειας. Η διαφορική διάγνωση των μη διαβητικών μικρο-αισθητήριων ινών και των αυτόνομων νευροπαθειών είναι εκτεταμένη και κυμαίνονται από ιδιοπαθείς, αυτοάνοσες, παρανεοπλαστικές, κληρονομικές, τοξικές και σχετιζόμενες με τα ναρκωτικά, έως εκφυλιστικές στην αιτιολογία. Συγκεκριμένα, το σύνδρομο Sjögren συνήθως μειώνει τη λειτουργία των sudomotor (για έκκριση ιδρώτα) και μπορεί να προκαλέσει γενικευμένη ανίδρωση (Cheshire, 2016).

Αυτόνομες διαταραχές που επηρεάζουν την απόκριση στη ζέστη

Αυτόνομες διαταραχές μπορούν να προκαλέσουν εκτεταμένη ανίδρωση με αποτέλεσμα μια εξασθενημένη ικανότητα απελευθέρωσης της θερμότητας. Ωστόσο, δεν θα εμφανίσουν όλοι οι ανιδρωτικοί ασθενείς ασθένειες που σχετίζονται με τη θερμότητα, καθώς η ανίδρωση μπορεί να παραμείνει ασυμπτωματική απουσία θερμικής καταπόνησης. Η εκτεταμένη ανίδρωση ως οφείλεται συχνά σε χολινεργική νευροπάθεια, η οποία μπορεί να συνοδεύεται από άλλα σημεία ή συμπτώματα όπως σύνδρομο sicca, μη φυσιολογικές αντιδράσεις του αναπνευστικού φωτός ή εντερική ψευδο-απόφραξη (Cheshire, 2016).

Σε άλλες περιπτώσεις ανίδρωσης οι ιδρωτοποιοί αδένες είναι μορφολογικά φυσιολογικοί και η μικρονευρογραφία παρουσιάζει αυξημένη συμπαθητική δραστηριότητας του δέρματος που συνάδει με ελλιπή χολινεργική μετάδοση. Μια άλλη χολινεργική νευροπάθεια είναι το σύνδρομο Ross,. Η ανίδρωση, η οποία μπορεί να είναι αρκετά εκτεταμένη για να προκαλέσει δυσανεξία στη θερμότητα, εμφανίζεται συχνά ασύμμετρα δίπλα σε περιοχές διατηρημένης ή αντισταθμιστικής εφίδρωσης(Cheshire, 2016).

Διάφορες άλλες αυτόνομες νευροπάθειες αυξάνουν επίσης τις δυνατότητες ανάπτυξης υπερθερμίας. Σοβαρή διαβητική αυτόνομη νευροπάθεια προκαλεί περιστασιακά δυσανεξία στη θερμότητα. Περιφερική ή γενικευμένη ανίδρωση με δυσανεξία στη θερμότητα μπορεί επίσης να συμβεί μαζί με ξηροστομία και ξηροφθαλμία ως μέρος μιας αυτόνομης νευροπάθειας στο σύνδρομο Sjögren. Γενικευμένη ανίδρωση με δυσανεξία στη θερμότητα εμφανίζεται συχνά στη νόσο του Fabry, η οποία είναι μια διαταραχή που συνδέεται με το X χρωματόσωμα (Cheshire, 2016).

Οι ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε διμερή χειρουργική αυχενική συμπαθεκτομή μπορεί να μην ανέχονται τη θερμότητα, ιδιαίτερα εάν εξαλειφθεί το νευρικό τμήμα που αφορά τους ιδρωτοποιούς αδένες του προσώπου (Santelli et al., 2014). Επιπλέον, η εκτεταμένη ανίδρωση είναι χαρακτηριστική και της ατροφίας πολλαπλών συστημάτων και αποτυχία του αυτόνομου νευρικού συστήματος. Η διατομή του νωτιαίου μυελού μειώνει τη θερμορυθμιστική εφίδρωση κάτω από το επίπεδο της βλάβης. Η παραγωγή θερμότητας από τις έντονες μυϊκές συσπάσεις μιας επιληπτικής κρίσης μπορεί να συμβάλει στην υπερθερμία υπό τις υπάρχουσες συνθήκες εξωτερικής θερμικής καταπόνησης και μπορεί να περιπλέξει περαιτέρω την επιληπτική κατάσταση κατάστασης. Η μυϊκή ακαμψία στη νόσο του Πάρκινσον, αντίθετα, δεν προκαλεί υπερθερμία (Santelli et al., 2014).

Φαρμακευτική αγωγή

Επίσης σε πιθανό κίνδυνο είναι οι ασθενείς που λαμβάνουν φάρμακα που αναστέλλουν την εφίδρωση. Οι αναστολείς της ανθρακικής ανυδράσης, όπως το τοπραμάτη, η ζονισαμίδη και η ακεταζολαμίδη, αναστέλλουν την παραγωγή ιδρώτα. Έχουν υπάρξει αναφορές για αναστολείς της ανθρακικής ανυδράσης που προκαλούν παροδική υποιδρωσία με θερμική δυσανεξία σε παιδιά, τα οποία είναι περίπου δέκα φορές πιο ευαίσθητα στην υποιδρωτική δράση των φαρμάκων από ό, τι οι ενήλικες (Incecik et al., 2012).

Άλλα κοινά παραδείγματα φαρμάκων που αναστέλλουν την εφίδρωση είναι οι αντιχολινεργικοί παράγοντες M3, οι οποίοι περιλαμβάνουν αντισπασμωδικά της ουροδόχου κύστης, τρικυκλικά αντικαταθλιπτικά και νευροληπτικά. Αυτά τα φάρμακα εμποδίζουν τη σύνδεση της ακετυλοχολίνης με τον υποδοχέα M3 στη διασταύρωση νευροκρίνης, η οποία αποτρέπει την εισροή εξωκυττάριου ασβεστίου που προκαλεί την εκροή ιόντων καλίου και χλωριούχου που ευθύνονται για την εκροή ισοτονικού υγρού (Cheshire, 2016).

Η υπερθερμία είναι ένα από τα βασικά σημάδια του συνδρόμου σεροτονίνης, με τα άλλα να είναι διέγερση, τρόμος, μυοκλονός, μυϊκή ακαμψία, υπερρεφλεξία και υπεριδρωσία. Αυτό το σχετιζόμενο με τη δόση, δυνητικά θανατηφόρο σύνδρομο εμφανίζεται σε ασθενείς που λαμβάνουν αναστολείς επαναπρόσληψης που σχετίζονται με τη σεροτονίνη ή σε συνδυασμό με άλλα φάρμακα, όπως η μεμεπεριδίνη, η φαιντανύλη ή η τραμαδόλη, που ενισχύουν τη διαθεσιμότητα σεροτονίνης στον εγκέφαλο (Paden et al., 2013).

Η ψυχαγωγική κατάχρηση ψυχοκινητικών διεγερτικών, όπως η κοκαΐνη, η αμφεταμίνες, η μεθαμφεταμίνη (ΜΕΘ), η 3,4-μεθυλενδιοξυοξυ-μεθαμφεταμίνη (MDMA ή «έκσταση»), ή η ηρωΐνη, προκαλούν συχνά υπερθερμία. Η αυξημένη θερμοκρασία του σώματος είναι ένα σχεδόν καθολικό σημάδι παρουσίασης σε τέτοιες περιπτώσεις (Matsumoto et al., 2014). Οι μηχανισμοί της υπερθερμίας δεν έχουν αποσαφηνιστεί πλήρως, αλλά πιθανότατα περιλαμβάνουν συνδυασμό κεντρικών και περιφερειακών επιδράσεων. Η έκθεση σε αυτά τα φάρμακα προκαλεί την απελευθέρωση ντοπαμίνης, σεροτονίνης και νορεπινεφρίνης στο κεντρικό νευρικό σύστημα, με άμεση επίδραση στις περιοχές του εγκεφάλου που εμπλέκονται στη θερμορύθμιση, όπως ο υποθάλαμος, στους οποίους βρίσκονται α1 και β αδρενουποδοχείς (Cheshire, 2016).

Επιπλέον, τα ψυχοκινητικά διεγερτικά αυξάνουν έντονα το μεταβολισμό του εγκεφάλου αυξάνοντας την απελευθέρωση νευροδιαβιβαστών μονοαμινών, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει παθολογική υπερθερμία του εγκεφάλου που υπερβαίνει τη συστηματική υπερθερμία. Όταν συνδυάζεται με δυναμικά υπερθερμικές περιβαλλοντικές συνθήκες όπως η θερμότητα και η άσκηση, τα διεγερτικά που μοιάζουν με αμφεταμίνες μπορούν να προκαλέσουν θερμοπληξία (Matsumoto et al., 2014).

Μια άλλη αιτία της υπερθερμίας είναι νευροληπτικό κακοήθες σύνδρομο, το οποίο είναι μια δυναμικά θανατηφόρα, ιδιοσυγκρασιακή κατάσταση που εμφανίζεται στο 0,2% των ασθενών που λαμβάνουν ανταγωνιστές υποδοχέων ντοπαμίνης 2, ιδιαίτερα αλοπεριδόλη, αριπιπραζόλη ή φλουπεντιξόλη (Su et al., 2014). Έχει επίσης περιγραφεί υπερθερμία που προκύπτει από οξεία δηλητηρίαση από λίθιο (Gill et al., 2003).

Η κακοήθης υπερθερμία είναι μια αυτοσωμική κυρίαρχα κληρονομική διαταραχή της ρύθμισης του ασβεστίου των σκελετικών μυών που σε ποσοστό έως και 70% των περιπτώσεων σχετίζεται με μεταλλάξεις του υποδοχέα ryanodine κωδικοποίησης ryr1 τύπου 1. Μετά την έκθεση σε πτητικούς αναισθητικούς παράγοντες, είτε μόνοι είτε σε συνδυασμό με αποπόλωση του μυοχαλαρωτικού, τα γενετικά προδιατεθειμένα άτομα αναπτύσσουν ανεξέλεγκτη υπερμετάλλευση των σκελετικών μυών προκαλώντας υπερθερμία, μυϊκή ακαμψία, ταχυκαρδία, οξέωση και υπερκαλιαιμία. Η ραβδομυόλυση με επακόλουθη ανύψωση στην κινάση κρεατίνης μπορεί να οδηγήσει σε νεφρική ανεπάρκεια (Gomez, 2014, Larach et al., 2014).

4.3 Πυρετός

4.3.1 Γενικά στοιχεία

Το Αμερικανικό Κολλέγιο Ιατρικής Κρίσιμης Φροντίδας, η Διεθνής Στατιστική Ταξινόμηση Ασθενειών και η Εταιρεία Λοιμωδών Νόσων της Αμερικής ορίζουν τον πυρετό ως κεντρική θερμοκρασία 38,3 °C ή υψηλότερη, δηλαδή ακριβώς πάνω από το ανώτατο όριο μιας κανονικής ανθρώπινης θερμοκρασίας, ανεξάρτητα από το αίτιο της (O'Grady et al., 2008).

Τα αίτια του περιλαμβάνουν σήψη, φλεγμονή, φάρμακα, εγκεφαλικό τραύμα ή ενδοκρινής πυρετός. Ο πυρετός μπορεί να προκαλέσει ανεπανόρθωτη ζημιά μέσω των παθοφυσιολογικών του μηχανισμών όπως άμεση κυτταρική βλάβη, τοπικές επιδράσεις, π.χ. διέγερση κυτοκινών και φλεγμονώδης αντίδραση και συστηματικές επιδράσεις, όπως βακτηριακή μετατόπιση του εντέρου (Walter et al., 2016).

4.3.2 Νοσήματα που προκαλούν πυρετό

Η παρουσία πυρετού στην σε καρκινοπαθείς συνήθως υποδεικνύει λοίμωξη, αν και η μετάγγιση, η θρόμβωση και τα φάρμακα είναι επίσης ένοχα για την ύπαρξη πυρετού. Ωστόσο, ιδιαίτερα σε ορισμένους τύπους όγκων, ο πυρετός μπορεί επίσης να είναι ένα παρανεοπλαστικό σύνδρομο, που προκαλείται από την ίδια την κακοήθεια. Αυτό μπορεί να είναι μια δύσκολη διάγνωση και παρουσιάζει μια θεραπευτική πρόκληση όταν η υποκείμενη κακοήθεια δεν αντιμετωπίζεται εύκολα (Foggo and Cavenagh, 2015).

Κεφάλαιο 5. Θερμοκρασιακές διαταραχές σε παιδιά και ηλικιωμένους

5.1 Υποθερμία

5.1.1 Παιδιά

Η ανταπόκριση του ανθρώπινου σώματος σε σημαντική μείωση της θερμοκρασίας δεν είναι τόσο αποτελεσματική όσο στις αυξήσεις της θερμοκρασίας. Η απόκριση του οργανισμού περιλαμβάνει: δερματική αγγειοσυστολή και ρίγος. Δυστυχώς, αυτοί οι προσαρμοστικοί μηχανισμοί σε παιδιά είναι αποτελεσματικοί μόνο σε περιπτώσεις ήπιας υποθερμίας και απαιτούν συμπεριφορικές αντιδράσεις (π.χ. φορώντας ζεστά ρούχα, μετακίνηση) στο κρύο περιβάλλον, προκειμένου να προστατευτεί το παιδί με επιτυχία (Gomez, 2014).

Τα μικρά παιδιά έχουν μια μεγάλη αναλογία επιφάνειας προς το βάρος τους, ένα πολύ λεπτό απομονωμένο στρώμα από δέρμα και ένα χαμηλό όριο για αγγειοσυστολή, επομένως χάνουν εύκολα θερμότητα αλλά δεν μπορούν να την αντικαταστήσουν με παρόμοια ευκολία, κυρίως λόγω των μικρότερων μεταβολικών πόρων τους. Η υποθερμία μπορεί να αναπτυχθεί γρήγορα και εμφανίζεται σαν παραισθήσεις, απώλεια συνείδησης, κώμα και θάνατος μπορεί να ακολουθήσουν. Ωστόσο, τα μικρά παιδιά συνήθως ανέχονται ακόμη και σοβαρή υποθερμία πολύ καλύτερα από τους ενήλικες. Ενώ στους ενήλικες το κρίσιμο, απειλητικό για τη ζωή επίπεδο υποθερμικού T_c είναι περίπου 28°C , τα μικρά παιδιά μπορούν να ανεχτούν, ακόμη και από πολύ πιο έντονη τυχαία ή προκαλούμενη υποθερμία (Székely and Garai, 2018).

5.1.2 Ηλικιωμένοι

Η υποθερμία στους ηλικιωμένους αναπτύσσεται ανεξάρτητα από το πόσο χαμηλή είναι η θερμοκρασία περιβάλλοντος, δηλαδή χωρίς έντονο κρύο. Παρά την υποθερμία οι ασθενείς δεν τρέμουν, είναι ζεστοί στην αφή και δεν έχουν υποκειμενική αίσθηση του κρύου. Η ανωμαλία των κεντρικών θερμορυθμιστικών μηχανισμών σε ηλικιωμένους θεωρείται σοβαρή βλάβη στον εγκέφαλο ή το νωτιαίο μυελό ή λόγω πιο διακριτών βλαβών των αντίστοιχων υποθαλάμιων κέντρων. Ωστόσο, διατηρούνται τα αγγειακά αντανακλαστικά. Μια ρυθμιστική ανωμαλία μπορεί να γίνει αντιληπτή αν κατά την θέρμανση του κορμού η αύξηση της ροής του αίματος

στα χέρια φτάνει σε ασυνήθιστα χαμηλά όρια, ενώ, αντίθετα, κατά την ψύξη δεν παρατηρείται ούτε ρίγος ούτε αύξηση του μεταβολικού ρυθμού (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Μια διαφορετική ανωμαλία, αλλά και κεντρικής προέλευσης, είναι η επεισοδιακή αυθόρμητη υποθερμία με υπεριδρωσία. Το ρίγος απουσιάζει, παρά την υποθερμία. Μπορεί να συμβεί σε οποιαδήποτε ηλικία, τόσο σε νέους όσο και σε ηλικιωμένους. Περιστασιακά υπάρχει υποψία υποθαλαμικού όγκου. Αν και μερικές φορές ονομάζεται διεγκεφαλική επιληψία, η έκφραση της επιληψίας δεν υποστηρίζεται λόγω της απουσίας επιληπτικών κρίσεων (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Η μακροχρόνια σκλήρυνση κατά πλάκας και το σύνδρομο παρακείμενης ποικιλοθερμίας περιγράφηκαν και βρέθηκε πως το όριο εφίδρωσης ήταν έντονα αυξημένο, ενώ η αγγειοσυστολή και ιδιαίτερα τα όρια του τρόμου ήταν πολύ κάτω από τα φυσιολογικά επίπεδα. Η πιθανότητα παρόμοιου συνδρόμου ποικιλοθερμίας θα πρέπει πάντα να εξετάζεται μετά από γενική αναισθησία, ιδιαίτερα σε ηλικιωμένους ασθενείς (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Ορισμένες κεντρικές ή περιφερικές νευρικές διαταραχές μπορεί να συνοδεύονται από υποθερμία, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις αυτές είναι ανεξάρτητες από την ηλικία. Αυτές οι καταστάσεις περιλαμβάνουν σκλήρυνση κατά πλάκας, υποθαλαμική βλάβη, συριγγομυελία, τετραπληγία, ακόμη και μείζονα καταθλιπτική διαταραχή, σχιζοφρένεια, άνοια Αλτσχάιμερ ή διαβητική περιφερική νευροπάθεια, υπέρταση με αυξημένο αγγειοσυσταλτικό τόνο και καθυστερημένα στάδια καρδιακής ανεπάρκειας. Ο υποσιτισμός μπορεί επίσης να οδηγήσει σε υποθερμία όχι μόνο στους ηλικιωμένους και έχει ιδιαίτερη σημασία στη σαρκωπενία που σχετίζεται με την ηλικία (Grodzinsky and Levander, 2020b).

5.2 Υπερθερμία

5.2.1 Θερμικό οίδημα

Το οίδημα θερμότητας είναι κοινό σε ηλικιωμένους ενήλικες και μπορεί να βελτιωθεί με ανύψωση των ποδιών ή περιοδική άσκηση και εγκλιματισμό (Bailes and Reeve, 2007).

5.2.2 Εξάνθημα λόγω θερμότητας

Παιδιά

Πιο συχνά βρίσκεται στα παιδιά, η κατάσταση εκδηλώνεται ως ένα σύμπλεγμα μικρών σπυριών ή φουσκάλων, συνήθως στο λαιμό, το στήθος, τον αγκώνα και τη βουβωνική χώρα (Gomez, 2014).

Ηλικιωμένοι

Το θερμικό εξάνθημα είναι μια γενικά καλοήθης δερματική διαταραχή που εμφανίζεται σε ασθενείς όλων των ηλικιών και φύλων που εκτίθενται σε υγρά, ζεστά κλίματα. Εξαφανίζεται ή υποχωρεί αυθόρμητα αν ο ασθενής μετακινηθεί σε μια ψυχρότερη, ξηρότερη ατμόσφαιρα. Σε περιπτώσεις όπου ένα εξάνθημα δεν υποχωρεί γρήγορα, θα πρέπει να συνιστάται διαβούλευση με δερματολόγο για να αποκλειστούν άλλες πιο σοβαρές καταστάσεις που μπορεί να το μιμηθούν. Η πιο σοβαρή επιπλοκή που μπορεί να προκύψει από το θερμικό εξάνθημα είναι η ανίδρωση, οδηγώντας σε κακή θερμορύθμιση και θερμική εξάντληση (Guerra et al., 2020).



Εικόνα 4 Εξάνθημα λόγω θερμότητας σε ηλικιωμένο Πηγή: Guerra et al. (2020)

5.2.3 Θερμική εξάντληση

Παιδιά

Τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι ενήλικες και τα άτομα με χρόνιες παθήσεις επιδεικνύουν λιγότερη ανοχή στη θερμότητα λόγω της μειωμένης ικανότητας να διαχέουν θερμότητα και να

διατηρούν επαρκή ενυδάτωση. Κατά συνέπεια, διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο να αντιμετωπίσουν θερμική εξάντληση ακόμη και κατά τη διάρκεια μιας σύντομης έκθεσης σε αυξημένη θερμοκρασία περιβάλλοντος ή κατά την εκτέλεση άσκησης σε μέτριες συνθήκες θερμικής καταπόνησης (Kenny et al., 2018).

Ηλικιωμένοι

Τα κύματα καύσωνα μπορούν επίσης να επιδεινώσουν παθολογικές καταστάσεις και συμπτώματα που δεν είναι θανατηφόρα καθαυτά, όπως ο υψηλός πυρετός διαφόρων προελεύσεων στους ηλικιωμένους. Θα πρέπει να δοθεί έμφαση στους ηλικιωμένους που είναι κλινήρεις και οι οποίοι είναι αδύναμοι ως αποτέλεσμα διαφόρων μορφών σοβαρής ψυχοφυσικής επιδείνωσης (π.χ. γεροντική εξάντληση), η οποία μπορεί να επιδεινωθεί εάν δεν παρασχεθεί επαρκής φροντίδα (Conti, 2019).

5.2.4 Θερμικές κρίμπες

Σε ένα θερμό περιβάλλον οι κρίμπες θεωρείται ένα ήπιο πρόβλημα που μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρό (θερμική εξάντληση, θερμοπληξία) για οποιαδήποτε ηλικιακή ομάδα. Τα παιδιά και οι ηλικιωμένοι είναι ιδιαίτερα επιρρεπή στις θερμικές κρίμπες (Gutierrez and Tanner, 1995).

5.2.5 Συγκοπική κρίση λόγω υψηλής θερμοκρασίας

Όπως και οι κρίμπες η συγκοπή μπορεί να προκληθεί σε όλες τις ηλικιακές ομάδες και μπορεί να οδηγήσει σε χειρότερα προβλήματα αν δεν γίνει άμεση αντιμετώπιση του (Hoffman, 2001).

5.2.6 Θερμοπληξία

Παιδιά

Στον παιδιατρικό πληθυσμό, η θερμοπληξία παρατηρείται κυρίως σε εφήβους που ασχολούνται με τον αθλητισμό ή την αναψυχή. Περιπτώσεις εκτός αυτού του πληθυσμού μπορεί να εμφανιστούν με παράνομη χρήση ναρκωτικών, μια συγκεχυμένη επίδραση φαρμάκων όπως τα αντιχολινεργικά ή η μειωμένη παραγωγή ιδρώτα. Η κλασική θερμοπληξία στα παιδιά εμφανίζεται σε βρέφη ή ασθενείς που δεν μπορούν να κινηθούν και να φροντίσουν τον εαυτό τους συχνά επειδή οι φροντιστές αποτυγχάνουν να παρέχουν τις απαραίτητες προσαρμογές συμπεριφοράς στην περιβαλλοντική έκθεση που είναι απαραίτητες για τη θερμορύθμιση, όπως τα βρέφη που αφήνονται σε αυτοκίνητα ή δεν φροντίζονται σωστά κατά τη διάρκεια των κυμάτων καύσωνα. Οι τραυματισμοί που σχετίζονται με τη θερμότητα έχουν επίσης περιγραφεί

σε βρέφη που ήταν υπερβολικά τυλιγμένα, τοποθετημένα κάτω από ηλεκτρικές κουβέρτες και σε συνθήκες όπως η οικογενειακή δυσσαυτονομία και η κυστική ίνωση (Zabrocki et al., 2014).

Κάθε χρόνο, παιδιά που μένουν αφύλακτα σε σταθμευμένα μηχανοκίνητα οχήματα πεθαίνουν από θερμοπληξία. Οι θερμοκρασίες στο εσωτερικό των σταθμευμένων οχημάτων αυξάνονται ραγδαία ειδικά τα πρώτα 15 με 30 λεπτά. Σε μέρες με ψηλές θερμοκρασίες σε σταθμευμένο αυτοκίνητο η θερμοκρασία μπορεί να φτάσει τις τιμές 57 °C–78 °C, και ακόμα και αν δεν είναι ζέστη μπορεί να φτάσει τους 47 °C και πολύ υψηλότερες αν το αυτοκίνητο είναι σταθμευμένο στον ήλιο και έχει ζέστη. Το άνοιγμα των παραθύρων δεν εμποδίζει αυτή την άνοδο. Η αστική διαβίωση αποτελεί επίσης παράγοντα κινδύνου για ασθένειες που σχετίζονται με τη θερμότητα. Υψηλότερα ποσοστά νοσηρότητας και θνησιμότητας που σχετίζονται με τη θερμότητα εμφανίζονται σε κατοίκους πόλεων που διαμένουν στους τελευταίους ορόφους πολυκατοικιών ή που δεν έχουν πρόσβαση στον κλιματισμό. Το φαινόμενο αυτό αναφέρεται σε πρότυπα ανάπτυξης της πόλης, όπως η αντικατάσταση δέντρων με επιφάνειες από σκυρόδεμα, που προκαλούν στις αστικές περιοχές να διατηρούν τη θερμότητα καθ' όλη τη διάρκεια της βραδιάς σε σύγκριση με τις προαστιακές και αγροτικές περιοχές (Cheshire, 2016).

Η ευαισθησία του εγκεφάλου στην υπερθερμία είναι εμφανής στην παρουσία δυσλειτουργίας του ΚΝΣ σε θερμοπληξία, η οποία μπορεί να κυμαίνεται από διέγερση έως σύγχυση ή κόμα. Για βρέφη με θερμοπληξία, η ψυχική κατάσταση μπορεί να σχετίζεται περισσότερο με την αρχική κατάσταση αφυδάτωσης παρά με την υπερπυρεξία. Πολλές περιπτώσεις παρουσιάζουν βελτίωση της ψυχικής κατάστασης λίγο μετά την αρχική θεραπεία του σοκ και της υπερπυρεξίας. Περίπου το 40 % των ασθενών με θερμοπληξία έχουν επιληπτική δραστηριότητα, συχνά σοβαρή. Οι επιληπτικές κρίσεις περιγράφονται επίσης πολύ συχνά σε ασθενείς που διαγιγνώσκονται με θερμοπληξία μεγάλης έντασης. Ενδείξεις εγκεφαλικού οιδήματος μπορεί να υπάρχουν κατά τη στιγμή της εισαγωγής σε σοβαρές περιπτώσεις, αν και πολλές θανατηφόρες περιπτώσεις δεν είχαν εγκεφαλικό οίδημα κατά την αυτοψία (Zabrocki et al., 2014).

Διαφορετικοί βαθμοί αφυδάτωσης υπάρχουν σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις θερμοπληξίας και σχετίζονται με οποιονδήποτε συνδυασμό αυξημένων αναπόφευκτων απωλειών, γαστρεντερικών απωλειών και κακής πρόσληψης. Τα παιδιά με θερμοπληξία έχουν απαιτήσεις

μεταξύ 80 και 260 mL/ kg υγρών για ανάνηψη κατά τη διάρκεια των πρώτων 12 ωρών (Danks et al., 2004).

Ανάλογα με τη σοβαρότητα της υπερθερμίας και της αφυδάτωσης, οι ασθενείς παρουσιάζουν μια σειρά από ευρήματα όπως κακή περιφερική αιμάτωση. Αιμοδυναμικές μελέτες σε ενήλικες δείχνουν αυξημένο καρδιακό δείκτη με χαμηλή φλεβική συστηματική αντίσταση (SVR) έως μια υποδυναμική κατάσταση με χαμηλό καρδιακό δείκτη και αυξημένη SVR. Οι ασθενείς με μεσοβαρή θερμοπληξία περιγράφονται συνήθως με σχετικά φυσιολογική αρτηριακή πίεση κατά την παρουσίαση με υπόταση που αναπτύσσεται εντός του πρώτου 24 h. Ενώ διαταραχές καρδιακής αγωγιμότητας αναφέρονται σε ενήλικες ασθενείς, αυτό δεν αναφέρεται σε παιδιά ανεξάρτητα από ανωμαλίες ηλεκτρολυτών (Akhtar et al., 1993, Costrini et al., 1979).

Η οξεία αναπνευστική ανεπάρκεια είναι συχνή και μπορεί να σχετίζεται με υπερθερμία, τραυματισμό του ΚΝΣ, αυξημένες απαιτήσεις εξαερισμού, σύνδρομο οξείας αναπνευστικής δυσχέρειας (ARDS) ή αναρρόφηση. Η ταχύπνοια είναι μια κοινή απάντηση στην υπερθερμία και την αυξημένη παραγωγή/οξέωση διοξειδίου του άνθρακα, επομένως ένας υπερθερμικός ασθενής με φυσιολογική ή επιβραδυνόμενη αναπνοή μπορεί να είναι δυσοίωνη. Οι απαιτήσεις μεταβολικού οξυγόνου είναι αυξημένες και ο χαμηλός κορεσμός του αρτηριακού οξυγόνου μπορεί να οφείλεται σε ανεπαρκή αποζημίωση, πρωτοπαθή αναπνευστική νόσο ή μπορεί να είναι ψευδής από κακή περιφερική αιμάτωση. Σημάδια ιογενούς ανώτερης αναπνευστικής νόσου υπάρχουν συχνά στη σοβαρή θερμοπληξία (Zabrocki et al., 2014).

Τα βρέφη με θερμοπληξία έχουν συνήθως κακή περιφερική κυκλοφορία και ζεστό μαλακό δέρμα. Πολλοί ασθενείς με σοβαρή θερμοπληξία έχουν κοκκινισμένο, ζεστό ξηρό δέρμα που υποδηλώνει μια κατάσταση αφυδάτωσης που προκύπτει από την εξάντληση των δυνατοτήτων εφίδρωσης του δέρματος. Η παρουσία ξηρού δέρματος είναι συνήθως λανθασμένη ως απαραίτητο χαρακτηριστικό της σοβαρής θερμοπληξίας ωστόσο οι ασθενείς συχνά έχουν ενεργό εφίδρωση κατά την παρουσίαση (Smith et al., 1997).

Εμετός ή/ και υδατοστεγής διάρροια είναι συνήθη στη θερμοπληξία και η έναρξη του εμέτου μπορεί να προηγούνται ταχείας επιδείνωσης. Η ηπατομεγαλία υπάρχει σε περισσότερους από τους μισούς ασθενείς με μεσοβαρή θερμοπληξία (Jardine and Bratton, 1995). Οι περισσότεροι ασθενείς έχουν τρανσαμινίτιδα με ήπιες έως μέτριες διαταραχές στη ηπατική λειτουργία. Αυτό

συνήθως επιδεινώνεται κατά τη διάρκεια αρκετών ημερών και επιλύεται σε 1-2 εβδομάδες (Lubanda et al., 2004).

Ολιγοουρία ή ανουρία είναι κοινές σε θερμοπληξία. Συνήθως δείχνουν μια κατάσταση αφυδάτωσης, αν και η εξέλιξη της νεφρικής ανεπάρκειας παρατηρείται στο 25-30 % των ασθενών με ακραία θερμοπληξία από υποαιμάτωση, ραβδομύλυση ή/και άμεσο θερμικό τραυματισμό. Οι περισσότεροι ασθενείς έχουν βελτίωση της νεφρικής λειτουργίας εντός 1-2 ημερών (Zabrocki et al., 2014).

Ηλικιωμένοι

Η μειωμένη θερμική ευαισθησία, οι μειωμένες αντιδράσεις εφίδρωσης και η πιο μέτρια αγγειοδιαστολή του δέρματος οφείλονται κυρίως σε μεταβλημένες κεντρικές λειτουργίες των ηλικιωμένων. Σε θερμοπληξία επηρεάζεται ο εγκέφαλος (ιδιαίτερα εάν η επιλεκτική ψύξη του εγκεφάλου δεν μπορεί να δράσει), και προκαλούνται βαθύ κώμα, μη ανταπόκριση των μυών στα ερεθίσματα και απουσία αντανακλαστικών εγκεφαλικού στελέχους (Székely and Garai, 2018).

Σε ένα ζεστό περιβάλλον η καρδιακή έξοδος πρέπει να αυξηθεί προκειμένου να διατηρηθεί μια κάπως αυξημένη ροή αίματος στο δέρμα. Ωστόσο, στους ηλικιωμένους η φλεβική επιστροφή συχνά τίθεται σε κίνδυνο λόγω μειωμένου φλεβικού τόνου. Περισσότερο αίμα παραμένει στάσιμο στο δέρμα για να συμβάλει στη θερμορύθμιση. Ως αποτέλεσμα η μειωμένη φλεβική αρτηριακή πίεση επιστροφής μειώνεται σταδιακά και μπορεί να είναι δύσκολο να διατηρηθεί η εγκεφαλική ροή του αίματος κατά συνέπεια, μπορεί εύκολα να αναπτυχθεί συγκοπή (Székely and Garai, 2018).

Σε ηλικιωμένους που προσπαθούν να διατηρήσουν αυξημένη καρδιακή απόδοση, η καρδιά μπορεί να λειτουργήσει μόνο σύμφωνα με τον μηχανισμό Frank-Starling: αυξάνοντας τον ενδοδιαστολικό όγκο και την πίεση της κοιλίας. Η πίεση είναι επίσης αυξημένη στους κόλπους, οδηγώντας σε τάση κολπικής μαρμαρυγής. Εάν η αύξηση της ενδοστολικής πίεσης στο τέλος της διαστολής είναι αρκετά σοβαρή, αναπτύσσεται θερμική απορρύθμιση της λειτουργίας της καρδιάς και μπορεί να συνοδεύεται από συμπτώματα καρδιακής ανεπάρκειας με αποτέλεσμα συμφόρηση (κυρίως στους πνεύμονες) και υποαιμάτωση των μυών και των στεφανιαίων αρτηριών (Székely and Garai, 2018).

Ακόμη και χωρίς καρδιακή ανεπάρκεια, η διαρκής θερμή έκθεση μπορεί να οδηγήσει σε περιφερικό οίδημα σε ηλικιωμένους. Οι ηλικιωμένοι τείνουν να καταναλώνουν λιγότερο νερό από ό, τι χρειάζονται έτσι σε ένα ζεστό περιβάλλον ο ρυθμός ιδρώτα αυξάνεται και χάνεται περισσότερο υγρό με κίνδυνο για υποογκαιμία και υπερνατριαιμία. Η γρήγορη ανάπτυξη υπερνατριαιμίας και υπερτονικότητας προκαλεί συρρίκνωση των εγκεφαλικών κυττάρων και βλάβη των ενδοκρανιακών αγγείων. Σύγχυση, απώλεια όρεξης, ευερεθιστότητα, λήθαργος και τελικά κόμα μπορεί να αναπτυχθεί. Η άμυνα θερμότητας γίνεται ανεπαρκής και το Tc αρχίζει να αυξάνεται. Η αντικατάσταση υγρών πρέπει να είναι αργή για να αποφευχθεί η διόγκωση αυτών των κυττάρων (Székely and Garai, 2018).

5.3 Επιδημιολογικά στοιχεία

5.3.1 Παιδιά

Υπερθερμία

Η πραγματική επίπτωση της θερμοπληξίας δεν είναι γνωστή, καθώς δεν υπάρχει τρέχουσα βάση δεδομένων παρακολούθησης. Τα επιδημιολογικά δεδομένα προέρχονται από σειρές περιπτώσεων και βάσεις δεδομένων δημόσιας ασφάλειας που συλλέγουν πληροφορίες από ειδήσεις και αστυνομικές αναφορές. Οι ασθένειες που σχετίζονται με τη θερμότητα παρουσιάζουν χρονική και γεωγραφική διακύμανση. Κατά τη διάρκεια του 2004-2018, στις Ηνωμένες Πολιτείες σημειώθηκαν κατά μέσο όρο 702 θάνατοι που σχετίζονται με τη θερμότητα (415 με τη θερμότητα ως υποκείμενη αιτία και 287 ως αιτία που συνέβαλε) στις ετησίως. Η φυσική έκθεση στη θερμότητα ήταν μια αιτία θανάτου που αποδόθηκε σε ορισμένες χρόνιες ιατρικές παθήσεις, δηλητηρίαση από αλκοόλ και υπερβολική δόση ναρκωτικών (Vaidyanathan et al., 2020).

Έως και δεκαπλάσια υψηλότερα ποσοστά αναφέρονται σε χώρες με πιο ακραία κλίματα. Η αύξηση των ασθενειών που σχετίζονται με τη θερμότητα κατά τη διάρκεια των κυμάτων καύσωνα είναι σημαντική (Nitschke et al., 2007).

Οι περισσότερες περιπτώσεις θερμοπληξίας αφορούν ηλικιωμένους ή άτομα με ειδικές ανάγκες, με προβλήματα καύσωνα, αν και τα βρέφη θεωρούνται επίσης ότι διατρέχουν υψηλότερο κίνδυνο. Μια έρευνα των επισκέψεων στα επείγοντα υπολόγισε περίπου 26.000 περιπτώσεις ασκούμενων τραυματισμών που σχετίζονται με τη θερμότητα σε ασθενείς ηλικίας ≤ 19 ετών με επίπτωση 4,3 περιπτώσεις ανά 100.000 αν και λιγότερο από το 10 % αυτών

απαιτούσε νοσηλεία και λιγότερο από το 2 % διαγνώστηκε με θερμοπληξία (Nelson et al., 2011).

Παρά τη σχετικά χαμηλή συχνότητα εμφάνισης θερμοπληξίας σε παιδιά, η θνησιμότητα είναι υψηλή. Ακόμη οι περισσότερες περιπτώσεις μπορούν να προληφθούν πλήρως. Υπάρχουν περίπου 30 θάνατοι ετησίως στις Ηνωμένες Πολιτείες από θερμοπληξία στα παιδιά που μένουν κλεισμένα σε αυτοκίνητο (Null, 2009). Μια έρευνα των εκθέσεων μέσων ενημέρωσης από το 1995 ως το 2002 βρήκε 171 παιδικούς θανάτους στις ΗΠΑ που να σχετίζονται με παιδιά που έμειναν αφύλακτα στα αυτοκίνητα (Guard and Gallagher, 2005). Περισσότεροι από τους μισούς αφορούσαν φροντιστές που είχαν αφήσει άθελά τους το παιδί στο αυτοκίνητο, το 27 % αναφέρθηκαν ως σκόπιμα ατυχήματα όπου ο φροντιστής δεν γνώριζε τους εγγενείς κινδύνους.

Υποθερμία

Η συχνότητα εμφάνισης τυχαίας υποθερμίας στον παιδιατρικό πληθυσμό δεν είναι καλά τεκμηριωμένη. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, η υποθερμία συμβάλλει σε περίπου 600 θανάτους ετησίως, ή 0,23 θανάτους ανά 100.000 άτομα (CDC, 2005). Τραυματισμοί λόγω κρύου συμβαίνουν συχνότερα στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη, με την Αλάσκα και τη Μοντάνα να έχουν τον υψηλότερο κίνδυνο υποθερμικής σχετιζόμενης θνησιμότητας στις Ηνωμένες Πολιτείες (Sonna et al., 2002).

Τόσο οι αγροτικοί όσο και οι αστικοί πληθυσμοί μπορούν να επηρεαστούν. Αν και η συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας >65 ετών και της θνησιμότητας που σχετίζεται με την υποθερμία έχει επικυρωθεί στατιστικά, μια συσχέτιση με νεαρή ηλικία δεν έχει αποδειχθεί στις ΗΠΑ. Άλλοι παράγοντες που σχετίζονται με την περιβαλλοντική βλάβη λόγω κρύου περιλαμβάνουν κατάχρηση ουσιών, κατάποση κρύου υγρού, αλλοιωμένη ψυχική κατάσταση και εμφάνιση σε κρύο υγρό (CDC, 2005).

Αν και η υποθερμία ως απομονωμένος μηχανισμός τραυματισμού μπορεί να είναι ασυνήθιστη στην παιδιατρική, ο αντίκτυπός της στα αποτελέσματα των τραυμάτων θα πρέπει να εκτιμηθεί. Μια ανασκόπηση των παιδιατρικών ασθενών που εισήχθησαν σε αγροτικό ιατρικό κέντρο αποκάλυψε ότι 182 από τους 1.629 (11,1 %) ασθενείς που εισήχθησαν είχαν επίσης θερμοκρασία εισαγωγής <36 °C. Σε αυτή την έρευνα, η υποθερμία κατά την εισαγωγή συσχετίστηκε με θνησιμότητα (Waibel et al., 2010).

5.3.2 Ηλικιωμένοι

Μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε με δεδομένα από τις ΗΠΑ βρήκε πως οι επισκέψεις στα νοσηλευτικά ιδρύματα για υπερθερμία ήταν περισσότερες από ότι για υποθερμία αλλά οι επισκέψεις για υποθερμία κατέληγαν σε μεγαλύτερους ρυθμούς θανάτων (0,50 ανά 100 000 έναντι 0,06 ανά 100 000), υψηλότερα ποσοστά νοσηλείας (5,29 ανά 100 000 έναντι 1,76 ανά 100 000), μεγαλύτερες διαμονές στο νοσοκομείο (διάμεση ημέρα = 4 έναντι 2) και υψηλότερο συνολικό κόστος υγειονομικής περίθαλψης (98 εκατομμύρια δολάρια έναντι 36 εκατομμυρίων δολαρίων). Η μελέτη υπογράμμισε το μέγεθος αυτών των συνθηκών που μπορούν να προληφθούν σε ηλικιωμένα άτομα και άτομα με ειδικές ανάγκες και την επιβάρυνση του συστήματος υγείας (Noe et al., 2012).

Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια καύσωνα στην Ευρώπη τον Αύγουστο του 2003, το 29% των σχεδόν 1500 θυμάτων διαγνώστηκε ότι είχε θερμοπληξία, υπερθερμία ή αφυδάτωση (Bouchama, 2004).

Ο πυρετός είναι ένα από τα πιο συνηθισμένα παράπονα ασθενών στο Τμήμα Επειγόντων Περιστατικών, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 15% των επισκέψεων σε ηλικιωμένους (DeWitt et al., 2017)

5.4 Διαταραχές Σχετιζόμενες με προβλήματα υγείας

5.4.1 Πυρετός

Παιδιά

Ο πυρετός είναι ένας από τους πιο συνηθισμένους λόγους για τους γονείς να έρθουν σε επαφή με επαγγελματίες υγείας. Τα βρέφη με αυξημένη θερμοκρασία σώματος διατρέχουν κίνδυνο σοβαρών βακτηριακών λοιμώξεων, συμπεριλαμβανομένων βακτηριαιμίας, μηνιγγίτιδας, λοιμώξεων του ουροποιητικού συστήματος και πνευμονίας. Ένα από τα πιο συνηθισμένα καθημερινά προβλήματα που αντιμετωπίζει ο γιατρός έκτακτης ανάγκης είναι η διαχείριση του εμπύρετου παιδιού (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Η παρανόηση της αυξημένης θερμοκρασίας του σώματος που αξιολογείται ως πυρετός και ο φόβος του πυρετού, επηρεάζονται από τη στάση των εργαζομένων στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, ειδικά των νοσηλευτών και των ιατρών. Μεγάλο ποσοστό νοσηλευτών και ιατρών χρησιμοποιούν τα αντιπυρετικά για τη μείωση της αυξημένης

θερμοκρασίας του σώματος στα παιδιά με το σκεπτικό πως κινδυνεύουν από εμπύρετες επιληπτικές κρίσεις. Πολλοί γιατροί συμφωνούν ότι οι εγκεφαλικές βλάβες, οι επιληπτικές κρίσεις και ο θάνατος είναι επιπλοκές στον πυρετό, και ότι η θερμοκρασία άνω των 38 °C πρέπει πάντα να αντιμετωπίζεται με αντιπυρετικά και φυσικές μεθόδους και ότι τα αντιπυρετικά αποτρέπουν εμπύρετες κρίσεις. Ιδιαίτερη ανησυχία προκαλεί το γεγονός ότι οι γιατροί συμβουλεύουν συχνά τους φροντιστές να εναλλάσσουν την ιβουπροφαίνη και την παρακεταμόλη παρά τον αυξημένο κίνδυνο υπερδοσολογίας και ανεπιθύμητων ενεργειών (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Ηλικιωμένοι

Στους ηλικιωμένους μπορεί να εμφανιστεί αρκετά συχνά πυρετός άγνωστης αιτιολογίας. Μελέτες έχουν δείξει πως σε αντίθεση με τους νέους, μια ακριβής διάγνωση για τα αίτια του πυρετού μπορεί να γίνει για το 87-95% των περιπτώσεων. Σε πολλές περιπτώσεις, ο πυρετός στους ηλικιωμένους είναι το αποτέλεσμα της άτυπης παρουσίασης μιας κοινής νόσου. Η λοίμωξη είναι η αιτιολογία στο 25-35% των περιπτώσεων, και η φυματίωση εμφανίζεται πολύ πιο συχνά σε ηλικιωμένους από ότι σε νέους ασθενείς. Η νόσος του συνδετικού ιστού, όπως η κροταφική αρτηρίτιδα, η ρευματοειδής αρθρίτιδα και τα ρευματικά πολυμυαλγίας αντιπροσωπεύουν το 25-31% των αιτιών σε ηλικιωμένους ασθενείς και η κακοήθεια αντιπροσωπεύει το 12-23% των περιπτώσεων. Οι ιογενείς ασθένειες σπάνια εντοπίζονται σε ηλικιωμένους ασθενείς και μόνο ένας περιορισμένος αριθμός ιών όπως ο κυτταρομεγαλοϊός και ο ιός Epstein-Barr και ο ιός ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας (HIV) μπορεί να προκαλέσουν τον πυρετό (Tal et al., 2002).

Ο κίνδυνος υπερθερμίας των ανθρώπων όταν είναι με πυρετό είναι μια άποψη που βασίζεται περισσότερο στις παραδοσιακές πεποιθήσεις παρά στα επιστημονικά γεγονότα. Ο πυρετός είναι μια προσαρμοστική απάντηση για την υπεράσπιση του σώματος από απειλές. Η αυξημένη θερμοκρασία του σώματος λόγω πυρετού σαν απόκριση σε οξεία πνευμονική βλάβη ή λοίμωξη εξυψώνει την ανάπτυξη του συνδρόμου αναπνευστικής δυσχέρειας ενηλίκων, συμπεριλαμβανομένης της συσσώρευσης ουδετερόφιλων, και την απώλεια ενδοθηλιακών και επιθηλιακών λειτουργιών γραμμών άμυνας. Τα κλινικά δεδομένα περιλαμβάνουν στοιχεία για την ευεργετική αξία της αυξημένης θερμοκρασίας και τις δυσμενείς επιπτώσεις των

αντιπυρετικών στην έκβαση μολυσματικών ασθενειών όπως βακτηριαιμία, η σηψαιμία, η περιτονίτιδα, η ανεμοβλογιά, η γρίπη και η πνευμονία (Grodzinsky and Levander, 2020b).

5.4.2 Καρδιολογικά προβλήματα

Παιδιά

Δε βρέθηκαν μελέτες που να αξιολογούν την επίδραση της θερμότητας σε παιδιά με καρδιολογικά προβλήματα. Αλλά, ο επίμονος πυρετός άγνωστης αιτίας είναι σπάνια καρδιακής προέλευσης, αλλά οι καρδιακές παθήσεις πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη διαφορική διάγνωση. Εκτός από την ενδοκαρδίτιδα, η περικαρδίτιδα και διάφορες άλλες καταστάσεις μπορεί να είναι υπεύθυνες όπως ιογενή και μη ιογενή αίτια (Smid et al., 2018).

Ηλικιωμένοι

Η ηλικία σε άτομα με προβλήματα καρδιάς αυξάνει τον κίνδυνο στα άτομα αν συνοδευτεί από θερμό καιρό. Ο αριθμός των θανάτων σε ασθενείς με χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια μετά από προηγούμενο έμφραγμα του μυοκαρδίου σε κρύο καιρό και ζεστούς καιρικούς μήνες είναι σημαντικά υψηλότερος από εκείνους τους μήνες της άνοιξης και του φθινοπώρου (Aronow and Ahn, 2004).

5.4.3 Νευροπάθεια μικρών Ινών

Παιδιά

Μια μελέτη που ερεύνησε την ασθένεια αυτή σε παιδιά βρήκε δυσλειτουργία του αυτόνομου νευρικού συστήματος που οδηγούσε σε υπερίδρωση. Αισθητηριακή εξέταση για την ανοχή κρύου ή ζεστού στα άκρα έδειξε πως υπήρχαν μη φυσιολογικά όρια θερμοκρασίας για την αίσθηση του ζεστού και στα δυο πόδια (Hoeijmakers et al., 2016).

Ηλικιωμένοι

Η νευροπάθεια μικρών ινών είναι κοινή και διαδεδομένη στους ηλικιωμένους. Η ασθένεια μπορεί να συσχετιστεί με πολλές ιατρικές καταστάσεις όπως διαταραχή της θερμορύθμισης. Συχνά έχει αρνητικό αντίκτυπο στην ποιότητα ζωής λόγω επώδυνης παραισθησίας, ζάλης και ηρεμιστικών παρενεργειών των παυσίπονων φαρμάκων. Ο επαρκής έλεγχος του πόνου μπορεί να είναι δύσκολος λόγω της ασφάλειας και της ανεκτικότητας των παυσίπονων στους ηλικιωμένους. Η θεραπεία θα πρέπει να εξιδανικεύεται με τους στόχους του ελέγχου των

υποκείμενων αιτιών, της ανακούφισης του πόνου και της βελτιστοποίησης της καθημερινής λειτουργίας (Zhou, 2021).

5.4.4 Καρκίνος

Παιδιά

Ο πυρετός σε παιδιά με καρκίνο (ουδετεροπενία) προκαλείται συχνά από βακτηριακή λοίμωξη, η οποία είναι από τις κύριες αιτίες θανάτου σε αυτούς τους ασθενείς. Η εισαγωγή στο νοσοκομείο και η χορήγηση ενδοφλέβιων αντιβιοτικών συχνά βασίζονται μόνο στην παρουσία πυρετού (El-Radhi et al., 2019).

Ηλικιωμένοι

Η υπερθερμία είναι ένας τύπος θεραπείας στον οποίο ο ιστός του σώματος θερμαίνεται για να βοηθήσει στη βλάβη και τη θανάτωση των καρκινικών κυττάρων με ελάχιστη ή καμία βλάβη στον φυσιολογικό ιστό (Hahn, 2012).

5.4.5 Δρεπανοκυτταρική αναιμία

Παιδιά

Τα παιδιά με δρεπανοκυτταρική αναιμία είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε συντριπτικές βακτηριακές λοιμώξεις και η ανίχνευση πυρετού έχει συνήθως παρόμοιες επιπτώσεις όπως και με τα εμπύρετα παιδιά με ουδετεροπενία (El-Radhi et al., 2019).

5.4.6 Επιληψία

Παιδιά

Καθώς η επιληψία ορίζεται από επαναλαμβανόμενες μη εμπύρετες κρίσεις, η μόνη εξωτερική διαφορά μεταξύ εμπύρετη και επιληπτικής κρίσης κατά την έναρξη της κρίσης είναι η παρουσία πυρετού. Η έρευνα, η θεραπεία και η πρόγνωση των παιδιών με επιληψία χρειάζεται τη μέτρηση της θερμοκρασίας του σώματος κατά την έναρξη μιας κρίσης.

5.5 Αξιολόγηση και Διάγνωση

5.5.1 Υπερθερμία

Είναι σημαντικό να διαχωριστεί η αυξημένη θερμοκρασία του σώματος που αξιολογείται ως πυρετός από την υπερθερμία, καθώς οι υποκείμενοι μηχανισμοί διαφέρουν, όπως και οι επιλογές θεραπείας. Στην υπερθερμία οι πυρογενικές κυτοκίνες δεν εμπλέκονται άμεσα, καθώς

το σημείο ρύθμισης του υποθάλαμου μεταβάλλεται και έτσι τα αντιπυρετικά δεν έχουν καμία επίδραση στην αυξημένη θερμοκρασία του σώματος (Axelrod and Diringer, 2008).

Η διάγνωση είναι συνήθως απλή με την παρουσίαση του ιστορικού και της εξέτασης, αν και σε ασαφείς περιπτώσεις πρέπει να ληφθούν υπόψη άλλες καταστάσεις όπως για παράδειγμα μηνιγγίτιδα, εγκεφαλίτιδα, σήψη, έμφραγμα στον υποθάλαμο, αιμορραγία ή μόλυνση, νευρογενής πυρετός από τραύμα στον εγκέφαλο, υπερβολική χρήση ουσιών ή τοξικότητα, σύνδρομο σεροτονίνης και άλλα. Η μεταβολική οξέωση είναι χαρακτηριστική στο σύνδρομο αιμορραγικού σοκ εγκεφαλοπάθειας. Οι ασθενείς με θερμοπληξία συνήθως έχουν μεταβολική οξέωση, αλλά συχνά παρουσιάζουν αναπνευστική αλκάλωση ή διαταραχές οξέος βάσης. Η σοβαρότητα της μεταβολικής οξέωσης συχνά σχετίζεται με τη σοβαρότητα της υπερθερμίας. Τα αυξημένα επίπεδα γαλακτικού άλατος είναι κοινά και συχνά αυξάνονται χωρίς κατά τη διάρκεια της θεραπείας με παρατεταμένη ανύψωση για αρκετές ημέρες (Zabrocki et al., 2014).

Οι απώλειες αλάτων από παρατεταμένη έκθεση στη θερμότητα οδηγούν σε διαταραχές ηλεκτρολυτών – συνήθως υπονατριαιμία και υποχλωρραιμία, υποκαλιαιμία και υπομαγνησιαίμια (Satirapoj et al., 2016).

5.5.2 Υποθερμία

Γενικά στοιχεία

Η μέτρηση της κεντρικής θερμοκρασίας σώματος στον υποθερμικό ασθενή είναι απαραίτητη για την έναρξη και την καθοδήγηση της θεραπείας, αλλά μπορεί να είναι δύσκολη λόγω τεχνικών περιορισμών του διαθέσιμου εξοπλισμού. Θα πρέπει να λαμβάνεται η θερμοκρασία σώματος με τοποθέτηση ανιχνευτών θερμοκρασίας ορθού ή οισοφάγου. Η μέτρηση της θερμοκρασίας του δέρματος θα πρέπει προφανώς να αποφεύγεται (Zabrocki et al., 2014).

Οι εργαστηριακές μελέτες θα πρέπει να περιλαμβάνουν τα αέρια αίματος για την τεκμηρίωση της αρχικής κατάστασης της βάσης οξέος, της οξυγόνωσης και του εξαερισμού. Καθώς η θερμοκρασία μειώνεται, το pH αυξάνεται. Η διαχείριση pH επικεντρώνεται στη διατήρηση ενός ουδέτερου pH στη θερμοκρασία του ασθενούς. Στη διαχείριση του pH-stat, το PaCO₂ επιτρέπεται να αυξάνεται, αντισταθμίζοντας την αλκάλωση της θερμοκρασίας με αναπνευστική οξέωση για τη διατήρηση ενός pH κατάλληλου για 37 °C. Ο ελεγχόμενος εξαερισμός που καθοδηγείται από μετρήσεις pH-stat οδηγεί σε υψηλότερο αρτηριακό PaCO₂

και οδηγεί σε σημασιολογικές υψηλότερη εγκεφαλική ροή αίματος σε υποθερμικές θερμοκρασίες (Zabrocki et al., 2014).

Παιδιά

Οι δύο στρατηγικές διαχείρισης χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια καρδιοπνευμονικής παράκαμψης χωρίς σαφώς προτιμώμενη μέθοδο. Μια μετα-ανάλυση μεταξύ παιδιατρικών ασθενών έδειξε πως η διαχείριση με την εφαρμογή του του pH-stat ήταν ανώτερη, ενώ η διαχείριση α -stat προτιμήθηκε για την παράκαμψη ενηλίκων, η οποία χρησιμοποιεί λιγότερο ακραία υποθερμία (Abdul Aziz and Meduoye, 2010).

Ηλικιωμένοι

Η υποθερμία μπορεί εύκολα να αναπτυχθεί σε ηλικιωμένους όταν ο ρυθμός ψύξης του σώματος είναι πολύ αργός (π.χ. όταν βρίσκονται σε δωμάτιο που δεν θερμαίνεται, έχουν κακή ένδυση, λόγω ακινητοποίησης, υποσιτισμού, ή λόγω περιεγχειρητικών ή μετεγχειρητικών καταστάσεων). Αυτό επειδή οι αμυντικοί μηχανισμοί ενεργοποιούνται ελάχιστα και μπορεί να αναπτυχθεί "μη συμπτωματική ψύξη". Σε σοβαρή υποθερμία η απώλεια συνείδησης είναι χαρακτηριστική αλλά σε πιο μέτριες υποθερμίες (περίπου T_c 30-35°C) η συνείδηση είναι θολή, υπάρχουν ψευδαισθήσεις, υπνηλία και δυσαρθρία που μπορεί να διαρκέσουν για σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα. Δεδομένου ότι το T_c πέφτει ανεπιθύμητα ή απροσδόκητα, συνήθως χαρακτηρίζεται ως τυχαία υποθερμία και είναι πολύ συχνή σε άτομα ηλικιωμένα (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Η απόκριση του σώματος στο κρύο ακολουθεί μια ακολουθία γεγονότων που πρέπει να αναγνωστούν από ένα επαγγελματία υγείας για να γίνει η κατάλληλη διάγνωση. Αρχικά καθώς μειώνεται θερμοκρασία αυξάνεται ο μεταβολικός ρυθμός, αρχίζει το τρόμου, η αγγειοσυστολή, η αύξηση καρδιακού ρυθμού, αναπνευστικού ρυθμού και πίεσης του αίματος. Καθώς η θερμοκρασία συνεχίζει να μειώνεται (32-35 °C) αρχίζουν συμπτώματα όπως κούραση, ζάλη, αταξία, απάθεια, και κρύο δέρμα (Brody, 1994).

Η μέτρια υποθερμία αρχίζει στους 32 °C και συνεχίζει μέχρι τους 28 °C. Σε αυτή τη φάση σταματά το τρόμου, σκληραίνουν οι μύες και ο ασθενής μπορεί να πέσει σε κώμα. Μειώνονται και άλλο ο καρδιακός και αναπνευστικός ρυθμός, μειώνεται η κατανάλωση οξυγόνου, αναπτύσσεται αρρυθμία, μειώνεται η πίεση και αρχίζει διούρηση λόγω κρύου (Brody, 1994).

Η σοβαρή υποθερμία συμβαίνει κάτω από τους 28 °C και αυξάνεται ο κίνδυνος καρδιακής μαρμαρυγής, συμβαίνει διαστολή στις κόρες των ματιών, εξαφανίζονται αρκετά αντανακλαστικά και μειώνεται η απόκριση στον πόνο. Στους 18-20 °C υπάρχει ασυστολία και και στους 16 βαθμούς είναι η πιο χαμηλή θερμοκρασία που μπορεί να γίνει ανάνηψη (Brody, 1994).

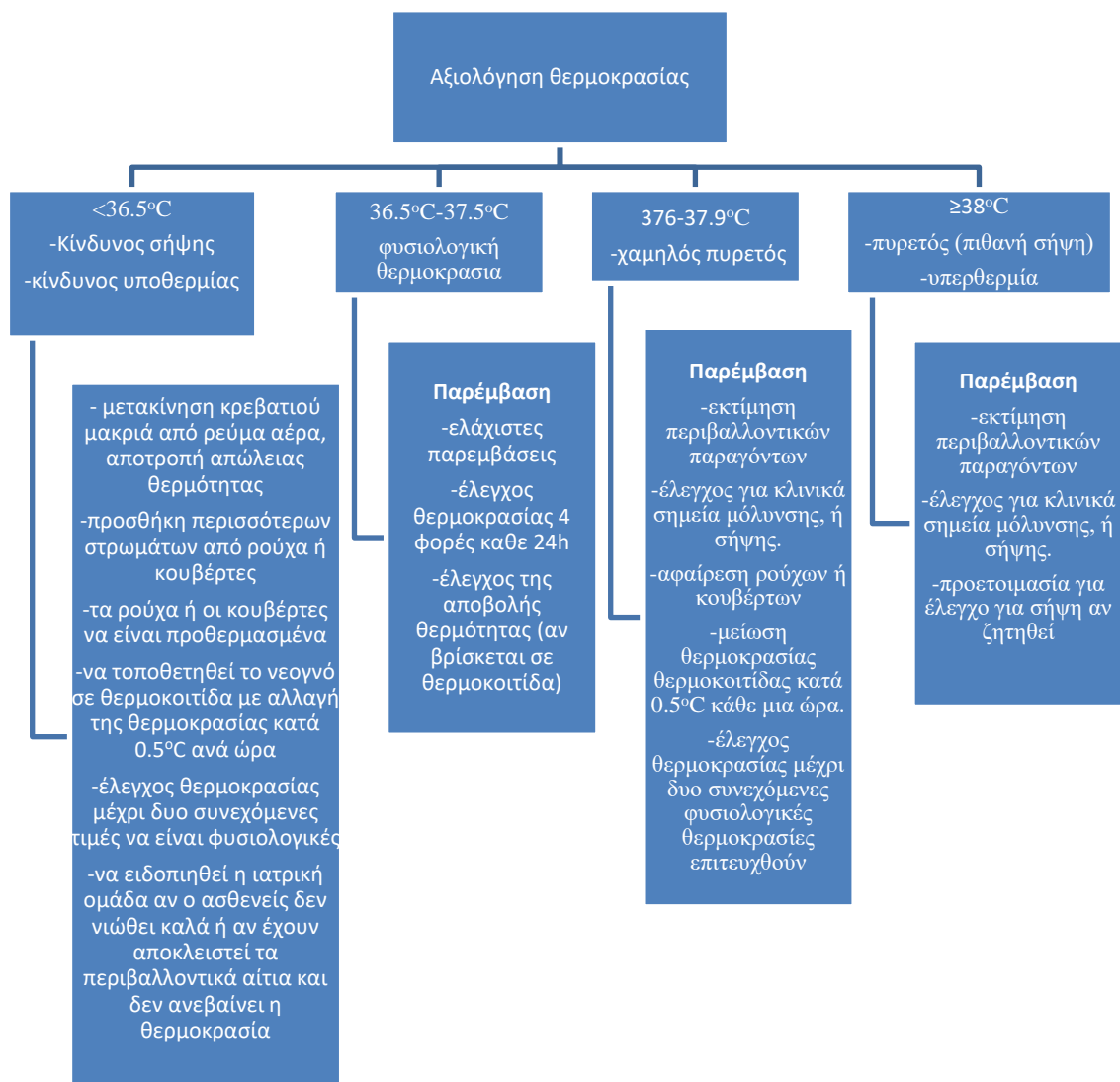
5.5.3 Πυρετός

Ηλικιωμένοι

Οι ηλικιωμένοι ασθενείς με πυρετό άγνωστης προέλευσης έχουν διαφορετικό φάσμα υποκείμενων παθήσεων. Η πολυσυστημική νόσος είναι η πιο συχνή αιτία πυρετού στους ηλικιωμένους, και η κροταφική αρτηρίτιδα είναι η συχνότερη συγκεκριμένη διάγνωση. Οι λοιμώξεις, ιδιαίτερα η φυματίωση, παραμένουν μια σημαντική ομάδα. Ο αριθμός των αδιάγνωστων περιπτώσεων είναι σημαντικά χαμηλότερος σε ηλικιωμένους ασθενείς σε σύγκριση με νεότερα άτομα και η διάγνωση μπορεί να γίνει στην πλειονότητα των περιπτώσεων. Η αξιολόγηση του πυρετού στους ηλικιωμένους είναι πολύπλοκη και προκλητική. Η παρουσίαση άτυπων ασθενειών περιπλέκεται περαιτέρω από το γεγονός ότι συνήθως υπάρχουν πολλαπλές ασθένειες. Οι διαγνωστικές διαδικασίες μπορεί να είναι λιγότερο καλά ανεκτές από τους ηλικιωμένους. Έτσι, η ερευνητική οδός είναι πιο περίπλοκη, με τη λήψη αποφάσεων να εξαρτάται από την κλινική παρουσίαση, την ευαισθησία και την ιδιαιτερότητα των δοκιμών, τις παρενέργειες και την ταλαιπωρία των δοκιμών. Επιπλέον, οι επεμβατικές διαδικασίες συχνά δεν είναι δυνατές επειδή οι ηλικιωμένοι ασθενείς δεν είναι σε θέση να συνεργαστούν στη δοκιμή. Κάθε ασθενής με αυτό το σύνδρομο απαιτεί μια ατομική προσέγγιση και ένα κοινό λάθος είναι να ακολουθήσουμε ένα προκατασκευασμένο πρωτόκολλο αντί να διερευνήσουμε τις ανωμαλίες που έχουν ήδη αποκαλυφθεί και να εστιάσουμε τις προσπάθειες γύρω από αυτές. Παρ' όλα αυτά, ο πυρετός συνδέεται συχνά με θεραπεύσιμες συνθήκες σε αυτή την ηλικιακή ομάδα, μια εντατική, επιταχυνόμενη αξιολόγηση είναι απαραίτητη, καθώς η έλλειψη αποθεμάτων στα διάφορα συστήματά τους. Συνεπώς είναι ένας πληθυσμός ευάλωτος σε μη αναστρέψιμες αλλαγές και λειτουργική υποβάθμιση. Ως εκ τούτου, η καθυστέρηση στη διάγνωση και την έναρξη κατάλληλης θεραπείας μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη νοσηρότητα και θνησιμότητα. Σε ηλικιωμένους ασθενείς που επιδεινώνονται κλινικά, η έγκαιρη αναγνώριση και η άμεση έναρξη κατάλληλης εμπειρικής θεραπείας είναι οι ακρογωνιαίοι λίθοι της στρατηγικής (Tal et al., 2002).

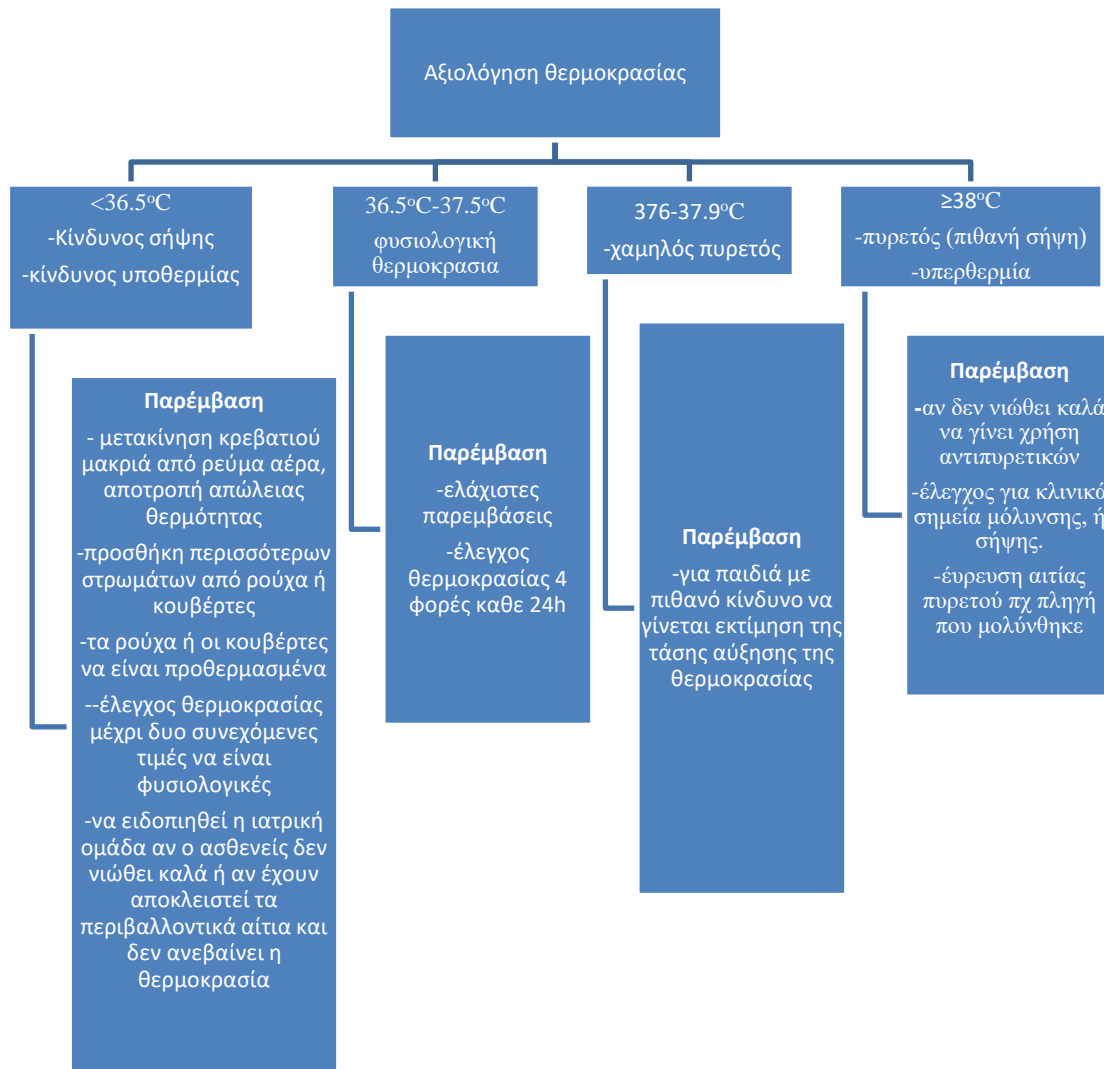
Παιδιά

Όταν πρέπει να αντιμετωπιστεί διαχείριση σταθερής θερμοκρασίας σε νεογνά τότε ακολουθείται το παρακάτω διάγραμμα.



Εικόνα 5 Βήματα για ρύθμιση θερμοκρασίας σε νεογνά πηγή: (Cooke, 2019)

Σε περίπτωση που έχουμε παιδί και όχι νεογνό ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα.



Εικόνα 6 Βήματα για ρύθμιση θερμοκρασίας σε παιδιά πηγή: (Cooke, 2019)

Κεφάλαιο 6. Ρόλος νοσηλεύτη στις θερμοκρασιακές μεταβολές

6.1 Υπερθερμία

6.1.1 Σε παιδιά

Ενυδάτωση

Οι παιδίατροι και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) έχουν ο καθένας ειδικές συστάσεις που αφορούν στρατηγικές ενυδάτωσης/ενυδάτωσης για την καταπολέμηση της αφυδάτωσης που προκαλείται από ασθένειες, οι οποίες προκαλούν απώλειες νερού σώματος > 4 %. Παρόλα αυτά δεν υπάρχουν τέτοιες συστάσεις για απώλειες νερού σώματος που προκαλούνται από άσκηση με απώλεια υγρών κάτω από το <3 %. Η πλειοψηφία των απωλειών νερού σώματος που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια του ενεργού παιχνιδιού και ακόμη και της έντονης σωματικής δραστηριότητας στα παιδιά σπάνια υπερβαίνει το 3 % της συνολικής μάζας του σώματος. Για την αντιμετώπιση αυτής της ανησυχίας, η επιστημονική και ιατρική βιβλιογραφία δημοσίευσε πρόσφατα κατευθυντήριες γραμμές για να περιγράψει τι και πόσο πρέπει να πίνει ένα ενεργό, προεφηβικό παιδί, αν και είναι ομολογουμένως δύσκολο να διαμορφωθεί μια ενιαία κατευθυντήρια γραμμή ενυδάτωσης που μπορεί να περιλαμβάνει όλους τους νέους αθλητές. Σε σχέση με το μέγεθος του σώματός τους, τα παιδιά παρουσιάζουν λιγότερες συνολικές απώλειες νερού ιδρώτα και νατρίου κατά τη διάρκεια της άσκησης από τους ενήλικες (0,25 – 0,65L h⁻¹ και 0,19-0,27 g h⁻¹ Na⁺ απώλεια έναντι 1,5-3,0L h⁻¹ και 0,8-4,0 g h⁻¹ Na⁺ απώλεια, σε παιδιά έναντι ενηλίκων, αντίστοιχα) (Morrison and Sims, 2014).

Αν και τα ποσοστά αφυδάτωσης που προκαλούνται είναι παρόμοια στους προεφηβικούς και μεταεφηβικούς αθλητές, υπάρχουν διαφορές στα επίπεδα μειωμένης υδάτωσης και επακόλουθες μειώσεις επιδόσεων στα παιδιά. Σε αντίθεση με τους ενήλικες, εάν δοθεί στα παιδιά επαρκής ευκαιρία να πιούν κατά τη διάρκεια της άσκησης, η πρόσληψη όγκου υγρών που οδηγείται μόνο από τη δίψα αναμένεται να αποτρέψει σημαντικά επίπεδα αφυδάτωσης στον νεαρό αθλητή. Αυτό οφείλεται κυρίως στα χαμηλότερα ποσοστά εφίδρωσης των παιδιών σε σύγκριση με τους ενήλικες (Morrison and Sims, 2014).

Διαχείριση άλλων προβλημάτων εκτός από την αφυδάτωση

Η θερμοπληξία είναι ένα σοβαρό πρόβλημα κατά τη διάρκεια των κυμάτων καύσωνα, επηρεάζοντας, πάνω απ' όλα, τους ηλικιωμένους και τα μικρά παιδιά. Η αποτελεσματική θεραπεία περιλαμβάνει την πρόληψη περαιτέρω υπερβολικής έκθεσης στη θερμότητα, την επιθετική ενυδάτωση και τη διόρθωση των ανωμαλιών των ηλεκτρολυτών. Αυτά είναι βασικά βήματα για την πρόληψη της εξέλιξης σε θερμοπληξία (Zabrocki et al., 2014).

Πιο αναλυτικά η θεραπεία της υπερθερμίας αποσκοπεί στην προώθηση της αποτελεσματικής διάχυσης της θερμότητας αυξάνοντας την κλίση της θερμοκρασίας (αγωγιμότητα) και την πίεση υδρατμών (εξάτμιση) μεταξύ του δέρματος και του περιβάλλοντος αέρα, καθώς και την ταχύτητα του αέρα. Με βάση αυτές τις θερμορυθμιστικές αρχές και τις ατομικές συνθήκες, οι συνιστώμενες θεραπείες είναι η ταχεία ψύξη με εμβάπτιση ολόκληρου του σώματος σε κρύο νερό που κυκλοφορεί ή ο ψεκασμός δροσερού νερού συνεχώς ενώ δροσιίζεται με ανεμιστήρα, χρησιμοποιώντας όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χώρο σώματος. Η εμβάπτιση σε παγωμένο νερό, που ξεκίνησε μέσα σε λίγα λεπτά από την έναρξη της άσκησης θερμοπληξίας, έχει βρεθεί αποτελεσματική και ασφαλής σε νέους, υγιείς και καλά εκπαιδευμένους στρατιωτικούς ή αθλητές. Ωστόσο, για τα ηλικιωμένα άτομα που πάσχουν από κλασική θερμοπληξία, η τεχνική ήταν ελάχιστα ανεκτή και συσχετίστηκε με αυξημένη νοσηρότητα και θνησιμότητα οπότε δεν συνίσταται (Zabrocki et al., 2014).

Θερμική εξάντληση

Τα πιο σοβαρά θύματα θερμοπληξίας απαιτούν θεραπεία του σοκ με την υποστήριξη του αεραγωγού, τον εξαερισμό και την αποκατάσταση του καρδιακού ρυθμού σύμφωνα. Η επιλεκτική διασωλήνωση τραχείας για σοβαρές παιδιατρικές περιπτώσεις μπορεί να είναι συνετή, καθώς αυτό θα διευκολύνει την ανοχή των μεθόδων ψύξης. Πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για τη χορήγηση ηλεκτρικής καρδιομετατροπή σε ασθενείς με άφθονη εφίδρωση ή σε ασθενείς που υποβάλλονται σε ενεργό θεραπεία υπερθερμίας με υπολειμματική επιφανειακή υγρασία. Η υπόλοιπη φροντίδα θα πρέπει να επικεντρώνεται στην έγκαιρη ταχεία ψύξη, την υποστήριξη της ενεργού ή επικείμενης δυσλειτουργίας των οργάνων και την παρακολούθηση / πρόληψη επιπλοκών (Zabrocki et al., 2014).

Στους παρόχους νοσοκομείων και τις ομάδες μεταφορών θα πρέπει να δοθεί εντολή να επικεντρωθούν στην ταχεία ψύξη με κάθε διαθέσιμο μέσο μετά την αντιμετώπιση των μέτρων

διάσωσης. Η παρατεταμένη μεταφορά χωρίς την αντιμετώπιση των μέτρων ψύξης μπορεί να οδηγήσει σε κακή έκβαση παρά την επαρκή νοσοκομειακή περίθαλψη. Οι ασθενείς θα πρέπει να απομακρύνονται από τα ενδύματα τους, να μετριέται η θερμοκρασία του κορμού, να επιτυγχάνεται ενδοφλέβια πρόσβαση και να χορηγείται οξυγόνο. Η προσοχή στο περιβάλλον των μεταφορών είναι απαραίτητη, καθώς τα υγρά κλειστά οχήματα μειώνουν την εξατμιστική ψύξη. Η θεραπεία εμφάνισης είναι ανέφικτη κατά τη μεταφορά και αγωγίμες μέθοδοι όπως η εφαρμογή παγοκύστεων μπορεί να είναι η καλύτερη επιλογή. Εάν δεν ολοκληρωθεί στο προνοσοκομειακό περιβάλλον, οι ασθενείς πρέπει να ψυχθούν κατά την άφιξη, καθώς ο χρόνος για επαρκή ψύξη επηρεάζει άμεσα την ανάπτυξη πολυοργανικής ανεπάρκειας, τη διάρκεια νοσηλείας και επιβίωσης (Zabrocki et al., 2014).

Αν και υπάρχουν περιορισμένα δεδομένα για τα παιδιά, αρκετές αναφορές ενηλίκων ασθενών υποστηρίζουν αυτή τη λύση. Οι αναφορές περιπτώσεων με θερμοπληξία υποδηλώνουν βελτιωμένη έκβαση σε εκείνους που ψύχονται σε χρόνο <40 λεπτά και χειρότερη έκβαση σε εκείνους που δεν ψύχονται μέσα σε 3 ώρες. Η βέλτιστη μέθοδος για την ψύξη στο νοσοκομείο ποικίλει ανάλογα με τους διαθέσιμους πόρους, το περιβάλλον και την κλινική κατάσταση του ασθενούς. Οι κοινώς χρησιμοποιούμενες μέθοδοι περιλαμβάνουν βύθιση στο νερό με πάγο, εξατμιστική ψύξη με διάφορες μεθόδους διαβροχής, εφαρμογή παγοκύστεων και χορήγηση ψυχωμένων ενδοφλέβιων υγρών. Η εμφάνιση σε πάγο ή δροσερό νερό και οι μέθοδοι εξάτμισης έχουν δείξει τα πιο σταθερά αποτελέσματα για την ψύξη (Zabrocki et al., 2014).

Όποια μέθοδος ψύξης επιλεγεί, οι ακριβείς συνεχείς ή συχνές διαλείπουσες μετρήσεις θερμοκρασίας είναι απαραίτητες και κάθε ασθενής με ανεπαρκή απόκριση απαιτεί πιο επιθετική θεραπεία. Η εξατμιστική ψύξη είναι μια ελκυστική επιλογή για την ψύξη παιδιατρικών ασθενών, καθώς απαιτεί εξοπλισμό που είναι συχνά άμεσα διαθέσιμος και μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί. Η εφαρμογή των υγρών στο δέρμα μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας εξάτμιση, νερό που χύνεται, ή υγρή γάζα. Πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε τα χορηγούμενα υγρά να μην είναι παγωμένα, γεγονός που θα επιβραδύνει το ρυθμό εξάτμισης και μπορεί να προκαλέσει τοπική αγγειοσυστολή. Η βελτιστοποίηση της απώλειας θερμότητας απαιτεί ζεστό, ξηρό αέρα, μεγάλες ποσότητες αέρα και μέγιστη εμπλοκή της επιφάνειας του σώματος. Η θεραπεία εμφάνισης έχει αποδειχθεί ότι έχει αποτέλεσμα και θεωρείται το χρυσό πρότυπο από πολλούς. Οι επικρίσεις αυτής της μεθόδου έχουν περιλάβει την εξασθενημένη πρόσβαση στον

ασθενή, τη δυνατότητα εξασθενημένης ψύξης εάν συμβεί η αγγειοσυστολή και ενδεχομένως ανθυγιεινές καταστάσεις ειδικά σε παιδιά με διάρροια (Zabrocki et al., 2014).

6.1.2 Ηλικιωμένοι

Σε ασθενείς με αυξημένη θερμοκρασία σώματος λόγω υπερθερμίας, χρησιμοποιείται ευρέως η εξωτερική ψύξη γιατί αυτές οι αυξήσεις της θερμοκρασίας του σώματος δεν ανταποκρίνονται στα αντιπυρετικά φάρμακα. Ωστόσο, το κόστος της συμπτωματικής ανακούφισης όσον αφορά την τοξικότητα των φαρμάκων και την πορεία της υποκείμενης ασθένειας δεν έχει προσδιοριστεί πλήρως. Εάν τα αντιπυρετικά χορηγούνται στους ασθενείς, θα πρέπει να ελέγχονται σε τακτά χρονικά διαστήματα για την πρόληψη απότομων υποτροπών και όχι για θερμοκρασία πάνω από κάποια προκαθορισμένη τιμή (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Η ιδέα της ψύξης του σώματος εξακολουθεί να παραμένει στην κλινική φροντίδα, παρά την έλλειψη προβληματισμού σχετικά με τη φυσιολογική βάση τέτοιων παρεμβάσεων. Οι φυσικές μέθοδοι για τη μείωση της θερμοκρασίας του σώματος που αξιολογούνται ως πυρετός περιλαμβάνουν πετσέτα με χλιαρό νερό ή αλκοόλ χρησιμοποιώντας έναν ανεμιστήρα, παγοκύστες, κουβέρτες ψύξης νερού, άνοιγμα παραθύρων και γδύσιμο του ασθενούς. Στην κλινική πράξη, η εξωτερική ψύξη ξεκινά όταν η θερμοκρασία του σώματος υπερβαίνει ένα προκαθορισμένο επίπεδο. Η λογική της αντιπύρεσης σε ασθενείς με πυρετό διαφέρει στη βιβλιογραφία. Παρ' όλα αυτά, οι συστάσεις για τη μείωση της θερμοκρασίας του σώματος σε πυρετό με εξωτερική ψύξη είναι περιορισμένες, καθώς προκαλεί δερματική αγγειοσυστολή, αγγειοσπασμικό, ρίγος, συμπαθητική ενεργοποίηση, υποθερμία και δυσφορία. Συνεπώς οι οποιοσδήποτε παρεμβάσεις. Οπότε οι παρεμβάσεις θα πρέπει να επικεντρώνονται στην υποστήριξη των φυσιολογικών διεργασιών του σώματος, στην πρόληψη επιπλοκών και στην προώθηση της άνεσης με βάση τις επιθυμίες του ασθενούς (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Για τα ηλικιωμένα άτομα, οι μη επεμβατικές μέθοδοι ψύξης, όπως οι παγοκύστες ή οι κρύες συσκευασίες, τα υγρά φύλλα γάζας, ανεμιστήρας ή σε συνδυασμό, είναι λογικές εναλλακτικές λύσεις όταν ένας αδύναμος, ηλικιωμένος ασθενής παρουσιάζει θερμοπληξία. Σε γενικές γραμμές, οι αντιπυρετικοί παράγοντες, όπως η ασπιρίνη και η παρακεταμόλη, δεν χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία της θερμοπληξίας και θα πρέπει να αποφεύγονται λόγω της δυνατότητάς τους να επιδεινώσουν την πήξη και τον τραυματισμό του ήπατος από θερμοπληξία. Αν και η ταχεία και αποτελεσματική ψύξη είναι ο ακρογωνιαίος λίθος της

θεραπείας, η διαχείριση της κυκλοφορικής ανεπάρκειας σε θερμοπληξία είναι επίσης σημαντική. Η αντικατάσταση υγρών θα πρέπει να χορηγείται μαζί με αγγειοδραστικά φάρμακα για την αποκατάσταση της αρτηριακής πίεσης. Συνίσταται επίσης αιμοδυναμική διαχείριση της σήψης να εφαρμοστεί στη θερμοπληξία λόγω των παθοφυσιολογικών ομοιοτήτων μεταξύ των δύο ασθενειών (Grodzinsky and Levander, 2020b).

6.1.3 Θερμικό εξάνθημα

Το θερμικό εξάνθημα μπορεί να εμφανιστεί και σε παιδιά και ηλικιωμένους. Με ζεστές, συνθήκες να είναι οι κύριοι παράγοντες κινδύνου για το εξάνθημα, απαιτούνται γενικά μέτρα για τη μείωση της εφίδρωσης και απόφραξη των ιδρωτοποιών αδένων. Αυτό περιλαμβάνει ψυχρότερα περιβάλλοντα, φορώντας χαλαρά ρούχα, απολέπιση του δέρματος, αφαίρεση αντικειμένων που σφίγγουν το δέρμα καθώς και θεραπεία εμπύρετων ασθενειών. Ειδικές λεπτομέρειες για τη θεραπεία του εξανθήματος είναι μοναδικές ανάλογα με τον τύπο. Το εξάνθημα *crystallina* συνήθως δεν αντιμετωπίζεται καθώς είναι αυτόπεριοριζόμενο και συνήθως υποχωρεί μέσα σε 24 ώρες. Το εξάνθημα *Miliaria rubra* έχει θεραπεία προσανατολισμένη προς τη μείωση της φλεγμονής, και ως εκ τούτου ήπια έως μεσαίας δραστηριότητας κορτικοστεροειδή. Εάν αναπτυχθεί το *miliaria pustulosa*, τα τοπικά αντιβιοτικά όπως η κλιναμυκίνη υποδεικνύονται για τη θεραπεία της βακτηριακής λοίμωξης. Πολύ λίγες πληροφορίες υπάρχουν σχετικά με τη μεταχείριση του *miliaria profunda* εκτός από τα γενικά μέτρα που αναφέρονται παραπάνω (Guerra et al., 2020).

6.1.4 Θερμικό οίδημα

Η ανύψωση των προσβεβλημένων άκρων και των ενδυμάτων που προκαλούν συμπίεση μπορεί να βοηθήσει με το εξαρτώμενο πρήξιμο (Leiva and Church, 2020).

6.1.5 Προετοιμασία νοσηλευτών και ιδρυμάτων για περιπτώσεις υπερθερμίας

Η επαρκής ετοιμότητα για ταχεία λήψη και αποτελεσματική ψύξη είναι ζωτικής σημασίας για βέλτιστα αποτελέσματα σε σοβαρές περιπτώσεις, τα οποία είναι πιθανότερο να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια καύσωνα. Τα κύματα καύσωνα είναι καταστάσεις έκτακτης ανάγκης που μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τη δημόσια υγεία και, ως εκ τούτου, απαιτούν επείγουσα και συντονισμένη δράση. Η ετοιμότητα έκτακτης ανάγκης θα μπορούσε να οριστεί ως προετοιμασμένη και προετοιμασμένη για τέτοιες καταστάσεις. Ένα σχέδιο αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης είναι απαραίτητο για την άμεση και κατάλληλη αντιμετώπιση

της θερμικής ασθένειας. Τα σχέδια αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να επανεξετάζονται συνεχώς, κατά τη διάρκεια των οποίων θεσπίζονται και διατηρούνται σχετικές γνώσεις, ικανότητες και οργανωτικά συστήματα για την αποτελεσματική πρόβλεψη και διαχείριση του αντικτύπου καταστάσεων έκτακτης ανάγκης.

Η ετοιμότητα έκτακτης ανάγκης απαιτεί συντονισμένες δράσεις για την εκτίμηση κινδύνου, την αξιολόγηση και τη διόρθωση προβλημάτων, την ανάπτυξη ικανοτήτων, τη χρηματοδότηση και την ορθή εφαρμογή. Η ετοιμότητα έκτακτης ανάγκης αποτελεί ουσιώδες στοιχείο των ανθεκτικών στο κλίμα συστημάτων υγείας. Η ανθεκτικότητα των νοσοκομείων είναι ο πυρήνας της οργάνωσης της υγείας και της ετοιμότητας του συστήματος για καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, συμπεριλαμβανομένων των καταστροφών. Αντιπροσωπεύει την ικανότητα του νοσοκομείου να αντιστέκεται, να απορροφά και να ανταποκρίνεται σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης και στις επιπτώσεις τους, διατηρώντας παράλληλα βασικές υπηρεσίες υγείας για να ανακάμψει στην αρχική κατάσταση ή να προσαρμοστεί σε μια νέα (Zhao et al., 2021).

6.2 Θερμορυθμιστικές τεχνικές για νεογνά

Σε περιπτώσεις που ένα νεογνό χρειάζεται χειρουργική επέμβαση ακολουθούνται κάποιες διαδικασίες για να προστατευτεί το νεογνό από υποθερμία. Οι διαδικασίες περιλαμβάνουν προθέρμανση του χώρου και του εξοπλισμού αλλά αυτό μπορεί να γίνει μέχρι ενός σημείου γιατί κινδυνεύουν οι εργαζόμενοι από υπερθερμία. Χρήση ειδικού εξοπλισμού όπως ειδικές κουβέρτες, προθερμασμένα υγρά, και καπέλο για τη μεταφορά του. Ακόμη για τη μεταφορά γίνεται χρήση θερμοκοιτίδας ή ειδικών κρεβατιών με ακτινοβολία ή ακόμη και τύλιγμα σε αποφρακτικό πλαστικό. Αλλά συνίσταται όπου είναι δυνατόν, τα νεογνά να μεταφέρονται εντός του δικού τους θερμικού περιβάλλοντος. Πλαστικά καλύμματα πάνω από τον κορμό και τα άκρα των νεογνών είναι μια αναγνωρισμένη και χαμηλού κόστους μέθοδος θερμορύθμισης που πιστεύεται ότι μειώνει την αγωγή και εξατμιστική απώλεια θερμότητας. Σε νεογνική ενδονοσοκομιακή μεταφορά νεογνών, στρώματα γεμάτα με τζελ που παράγουν θερμότητα με τη βοήθεια ενός δίσκου στο στρώμα χρησιμοποιούνται (Struzik and Dow, 2020).

6.3 Μέθοδοι διατήρησης σταθερής θερμοκρασίας σε νοσηλευόμενους ασθενείς

Το περιβάλλον ενός ασθενούς μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την ικανότητά του να διατηρεί μια κατά τα άλλα σταθερή θερμοκρασία σώματος. Η αναγνώριση και ελαχιστοποίηση των

περιβαλλοντικών επιδράσεων στη θερμορύθμιση είναι σημαντική για όλους τους ασθενείς, ιδίως για τους νεογνικούς και σε κίνδυνο πληθυσμούς. Υπάρχουν κάποιες προσεγγίσεις που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι νοσηλευτές, οι κλινικοί γιατροί και οι οικογένειες για την ελαχιστοποίηση της μεταφοράς θερμότητας από τους ασθενείς στο περιβάλλον τους (Cooke, 2019).

Μέσω εξάτμισης του ιδρώτα αποβάλλεται θερμότητα μέσω μετατροπής του υγρού σε αέριο και για περιορισμού της αποβολής θερμότητας και διατήρησης σταθερής θερμοκρασίας θα πρέπει να διατηρείται ο ασθενής στεγνό, να αφαιρούνται τα βρεγμένα ρούχα και να αντικαθίστανται οι υγροί επίδεσμοι εάν είναι απαραίτητο. Σε περίπτωση που υπάρχει απώλεια θερμότητας με αγωγή θερμότητας από την επιφάνεια του σώματος στον περιβάλλοντα αέρα θα πρέπει να γίνει μετακίνηση του ασθενούς μακριά από ρεύματα ή να κλείσουν πόρτες. Όταν υπάρχει συναγωγή όπως για παράδειγμα μεταφορά θερμότητας από ένα στερεό σε άλλο στερεό με άμεση επαφή μπορεί να γίνει χρήση κουβερτών για να καλυφθούν οι κρύες επιφάνειες. Σε περίπτωση ακτινοβολίας όπου γίνεται μεταφορά θερμότητας χωρίς άμεση επαφή από κρύο περιβάλλον μπορεί να γίνει μετακίνηση του ασθενή μακριά από κρύες επιφάνειες και να κλείσουν παράθυρα ή κουρτίνες (Cooke, 2019).

6.4 Διαχείριση πυρετού

6.4.1 Παιδιά

Είναι σημαντικό να προσδιοριστεί αν ένα παιδί με πυρετό κινδυνεύει από σοβαρή βακτηριακή λοίμωξη και ποιοι είναι οι βασικοί δείκτες. Ακόμη και τα παιδιά που φαίνεται να είναι καλά μπορεί να εξακολουθούν να έχουν σοβαρή ασθένεια, ειδικά σε πρώιμο στάδιο όταν η σοβαρότητα δεν είναι εμφανής και μπορεί να επιδεινωθεί γρήγορα. Σε παιδιά ηλικίας κάτω των 5 ετών που παρουσιάζουν πυρετό αλλά χωρίς συγκεκριμένα σημεία, οι γιατροί μπορεί να υποτιμούν την πιθανότητα σοβαρής βακτηριακής λοίμωξης. Ωστόσο, οι φροντιστές τους θα πρέπει να συγκρίνουν τις αλλαγές στη συμπεριφορά τους και να κρίνουν σωστά τη σοβαρότητα της ασθένειας του παιδιού. Οι μητέρες συνδέουν τον πυρετό με συγκεκριμένες αλλαγές στη φυσιολογική συμπεριφορά του παιδιού τους, όπως λήθαργο, διέγερση ή ανησυχία, ευερεθιστότητα, απόσυρση, επιθυμία να παρηγορηθούν ή να παραμείνουν κοντά στον γονέα, άρνηση τροφής και φλυαρία ή ασυνήθιστη ησυχία. Σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές οι γονείς θα πρέπει να συμβουλευούνται να αξιολογούν το επίπεδο δραστηριότητας του παιδιού,

να αναζητούν σημάδια σοβαρής ασθένειας και να ενθαρρύνουν την πρόσληψη υγρών για να διευκολύνουν την ενυδάτωση (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Η παρακεταμόλη, η ασπιρίνη και ιβουπροφαίνη είναι συνήθως τα φάρμακα που χρησιμοποιούνται για τη μείωση της θερμοκρασίας σε παιδιά με πυρετό. Εκτός από τη μείωση της θερμοκρασίας στον πυρετό, η παρακεταμόλη χρησιμοποιείται επίσης συνήθως από τους γονείς και για την πρόληψη εμπύρετων επιληπτικών κρίσεων. Ωστόσο, αυτά τα φάρμακα έχουν σοβαρές τοξικές επιδράσεις. Η παρακεταμόλη σχετίζεται με ηπατική ανεπάρκεια, διαταραχές των νεφρών, της καρδιάς και επιδράσεις στα κύτταρα του αίματος και το μεταβολισμό. Είναι επίσης ο πιο κοινός φαρμακολογικός παράγοντας που εμπλέκεται στην υπερδοσολογία, ειδικά σε παιδιά ηλικίας κάτω των 6 ετών. Ως εκ τούτου, τέτοια φάρμακα θα πρέπει να αποφεύγονται σε παιδιά. (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Ιδιαίτερη σημασία έχει να αντιμετωπιστεί ο φόβος των φροντιστών για εμπύρετες κρίσεις, αφού είναι κοινό για τους γονείς να πιστεύουν ότι το παιδί θα πεθάνει. Περίπου το 2-5% των παιδιών έχουν εμπύρετες κρίσεις κατά τη διάρκεια των πρώτων 5 ετών της ζωής. Ως εμπύρετη κρίση ορίζονται οι σπασμοί όταν η θερμοκρασία σώματος $>38\text{ }^{\circ}\text{C}$ ελλείπει ενδοκρανιακής λοίμωξης, μεταβολικής διαταραχής ή ιστορικού επιληπτικών κρίσεων. Εμπύρετες κρίσεις μπορεί να συμβούν με σχεδόν όλες τις λοιμώξεις που προκαλούν πυρετό, για παράδειγμα, ωτίτιδα και λοιμώξεις του ουροποιητικού συστήματος και ακόμη και μετά από εμβολιασμούς. Οι αιτίες εμπύρετων επιληπτικών κρίσεων δεν είναι πλήρως κατανοητές. Ωστόσο, υπάρχουν προτάσεις παραγόντων κινδύνου, όπως η αναπτυξιακή καθυστέρηση, η απαλλαγή από τη μονάδα νεογνών μετά από 28 ημέρες, η προσέλευση στον παιδικό σταθμό, οι ιογενείς λοιμώξεις, ορισμένοι εμβολιασμοί, η γενετική προδιάθεση και οι ελλείψεις σιδήρου και ψευδαργύρου. Ο πιο σταθερός προγνωστικός παράγοντας φαίνεται να είναι η ηλικία κατά την έναρξη, με το 50% των παιδιών κάτω των 12 μηνών και το 30% των παιδιών ηλικίας άνω των 12 μηνών να παρουσιάζουν υποτροπιάζουσα εμπύρετη κρίση. Ωστόσο, οι απλές εμπύρετες κρίσεις δεν είναι επικίνδυνες και δεν προκαλούν επίμονες νευρολογικές επιδράσεις. Δεν συνιστώνται ούτε αντιπυρετικά ούτε αντισπασμωδικά για την πρόληψη εμπύρετων επιληπτικών κρίσεων λόγω έλλειψης αποδεικτικών στοιχείων και, στην τελευταία, του κινδύνου ανεπιθύμητων ενεργειών (Grodzinsky and Levander, 2020b).

6.4.2 Ηλικιωμένοι

Προκειμένου να μειωθεί η θερμοκρασία του σώματος, εξακολουθεί να είναι κοινό στη νοσηλευτική φροντίδα να δροσίζεται το δέρμα. Η αντιπύρεση αναφέρεται στη συμπτωματική θεραπεία της αυξημένης θερμοκρασίας του σώματος που αξιολογείται ως πυρετός και όχι ως υποκείμενη νόσος. Η έννοια περιλαμβάνει αντιπυρετική θεραπεία, όπως φαρμακευτικά αντιπυρετικά, και φυσικές μεθόδους για την ψύξη του σώματος. Αυτό γίνεται για μείωση των μεταβολικών απαιτήσεων, όπως ο αυξημένος καρδιακός ρυθμός, η μειωμένη αρτηριακή πίεση και το αρτηριακό οξυγόνο (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Τα αντιπυρετικά χρησιμοποιούνται εάν το μεταβολικό κόστος της αυξημένης θερμοκρασίας που αξιολογείται ως πυρετός υπερβαίνει τα φυσιολογικά οφέλη του, εάν η συμπτωματική ανακούφιση υπερβαίνει τον κίνδυνο να επηρεαστεί η πορεία της ασθένειας και εάν οι δυσμενείς επιπτώσεις του φαρμάκου είναι αποδεκτές. Έχουν επίσης προταθεί αντιπυρετικά προκειμένου να μειωθεί η ψυχική δυσλειτουργία σε ευπαθή ηλικιωμένα άτομα με πυρετό. Ένας άλλος λόγος για την αντιπυρετική θεραπεία είναι η ενίσχυση της άνεσης του ασθενούς, η οποία υποστηρίζεται καθώς αυτά τα φάρμακα έχουν επίσης αναλγητικά αποτελέσματα (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Σε ενήλικες με λοιμώξεις από ρινοϊό, τα αντιπυρετικά αυξάνουν την ιογενή αποβολή και τα ρινικά σημεία και συμπτώματα, καταστέλλοντας την απόκριση των αντισωμάτων και παρατείνοντας την πορεία της νόσου (Grodzinsky and Levander, 2020b).

6.5 Υποθερμία

6.5.1 Παιδιά

Στην κλινική πράξη, η υποθερμία σχετίζεται με χειρουργικές διαδικασίες και μετεγχειρητική φροντίδα. Η πρόληψη της υποθερμίας για τη διατήρηση της νορμοθερμίας θα πρέπει να καλύπτει την περίοδο της χειρουργικής επέμβασης καθώς και τις περιεγχειρητικές και μετεγχειρητικές περιόδους. Είναι επίσης σημαντικό όταν μιλάμε για την επίτευξη της μητροθερμίας μετεγχειρητικά ότι η θερμοκρασία του ασθενούς συγκρίνεται με την ατομική θερμοκρασία βάσης που μετράται προεγχειρητικά. Η γενική αναισθησία εξαλείφει τους συνήθεις μηχανισμούς αντιστάθμισης ρύθμισης της θερμότητας που κρατούν το σώμα στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η περιεγχειρητική υποθερμία είναι η πιο συχνή θερμική διαταραχή κατά τη διάρκεια της αναισθησίας και οφείλεται σε συνδυασμό μειωμένης ρύθμισης

της θερμότητας, δηλαδή στην αναδιανομή θερμότητας στα περιφερικά μέρη του σώματος, καθώς και αναισθητικά, έκθεση σε κρύο περιβάλλον λειτουργίας, κρύα ενδοφλέβια υγρά και προϊόντα αίματος. Η περιεγχειρητική υποθερμία σχετίζεται με διάφορες ανεπιθύμητες ενέργειες, όπως μειωμένο μεταβολικό ρυθμό και καρδιακή παραγωγή, μεταβολική οξέωση, παράταση των μυοχαλαρωτικών, τροποποιημένες λειτουργίες πήξης, μετεγχειρητική λοίμωξη, μετεγχειρητικό ρίγος, παρατεταμένη διάρκεια παραμονής στο νοσοκομείο και θνησιμότητα. Οι ασθενείς που διατρέχουν κίνδυνο περιεγχειρητικής υποθερμίας περιλαμβάνουν ιδιαίτερα αδύναμα ηλικιωμένα άτομα και παιδιά, καθώς και ασθενείς με καχεξία, εγκαύματα και υποθυρεοειδισμό. Για την πρόληψη της περιεγχειρητικής υποθερμίας, προτείνεται ενεργός αύξηση της θερμοκρασίας για όλα τα άτομα με θερμοκρασία κορμού μικρότερη από 36 °C αν και η σύσταση για αυτό που θεωρείται ότι είναι η θερμοκρασία του πυρήνα ποικίλλει στις κλινικές κατευθυντήριες γραμμές (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Κατά τη διάρκεια της μετεγχειρητικής φροντίδας συνιστάται η προεγχειρητική θέρμανση είναι οι λεγόμενες ενεργές μέθοδοι, όπως κουβέρτες θέρμανσης αναγκαστικού αέρα, κουβέρτες από ανθρακονήματα και αγωγίμο στρώμα πολυμερούς άνθρακα. Η θέρμανση είναι αποδοτική εάν χρησιμοποιείται σε διαδικασίες που υπερβαίνουν τα 30 λεπτά. Συνιστάται συνδυασμός προεγχειρητικής έναρξης θέρμανσης και χρήσης θερμών υγρών και θέρμανσης του αέρα για ευάλωτους ασθενείς, όπως ηλικιωμένα άτομα, και σε ασθενείς που υποβάλλονται σε μακροχρόνιες χειρουργικές επεμβάσεις. Επιπλέον, τα οφέλη της θέρμανσης του ασθενούς περιλαμβάνουν μειωμένο ρίγος και απώλεια αίματος, προηγούμενη εξώθηση και αυξημένη θερμική άνεση (Grodzinsky and Levander, 2020b).

6.5.2 Σε ηλικιωμένους

Ο επαναθέρμανση δεν είναι πάντα εύκολη, η ανάγκη οξυγόνου των ιστών που επαναθερμαίνονται μπορεί να αυξηθεί ταχύτερα από την αιμάτωση των ιστών και συνεπώς μπορεί να προκληθεί περιφερική κυκλοφορική ανεπάρκεια. Ακόμη και εκείνοι που επιβιώνουν από σοβαρή τυχαία υποθερμία μπορεί να έχουν πιο εύκολα μια νέα υποθερμία ή μπορεί να έχουν επιπλοκές που εμφανίζονται επανειλημμένα. Η διαλείπουσα υποθερμία είναι συνήθως μέτρια υποθερμία σε ηλικιωμένους ασθενείς, διαρκεί για μερικές ημέρες, αλλά εμφανίζεται επανειλημμένα (Grodzinsky and Levander, 2020b).

Η αρχική θεραπεία του υποθερμικού ασθενούς επικεντρώνεται στη σταθεροποίηση του αεραγωγού, της αναπνοής και της κυκλοφορίας με καρδιοπνευμονική ανάνηψη που χορηγείται σε ασθενείς που δεν έχουν τις αισθήσεις τους. Η ενδοφλέβια πρόσβαση θα πρέπει να επιτυγχάνεται ταχέως και να επιτυγχάνεται διαστατική επέκταση με την έναρξη ισοτονικών κρυσταλλοειδών. Ακόμη, θα πρέπει να ξεκινήσουν μέτρα για την πρόληψη περαιτέρω υποθερμίας. Η παθητική εξωτερική ανάρρωση, η αφαίρεση κρύων, υγρών ενδυμάτων και η τοποθέτηση στεγνών κουβερτών γύρω από τον ασθενή, είναι το πρώτο επίπεδο θεραπείας. Αυτά τα αρχικά μέτρα μπορούν να θερμαίνουν με ρυθμό 0,5-4 °C ανά ώρα (Kemrainen and Brunette, 2004).

Σε ήπια υποθερμία, οι ασθενείς έχουν άθικτους μηχανισμούς τρόμου και η παθητική εξωτερική αναθέρμανση μπορεί να είναι επαρκής. Ο βαθμός στον οποίο ένας ασταθής υποθερμικός ασθενής πρέπει να επαναθερμανθεί εκτός νοσοκομείου είναι αμφιλεγόμενος. Η εξωτερική θέρμανση, συμπεριλαμβανομένων των κουβερτών θέρμανσης, των λαμπτήρων θερμότητας που ακτινοβολούν και της θέρμανσης αέρα, μπορεί να καθυστερήσει μέχρι την άφιξη σε ένα τριτοβάθμιο κέντρο φροντίδας όπου διατίθεται εξοπλισμός για ενεργό εσωτερική θέρμανση, κατά την κρίση της ομάδας θεραπείας. Γενικά, θέρμανση πρέπει να εκτελείται όσο το δυνατόν γρηγορότερα (Gentilello et al., 1997).

Σε κέντρα που διαχειρίζονται συχνά ασθενείς που παρουσιάζουν κυκλοφορική ανακοπή από σοβαρή υποθερμία, χρησιμοποιείται συχνά καρδιοπνευμονική παράκαμψη ακολουθούμενη από ECMO. Αυτή έχει το πλεονέκτημα της αποκατάστασης της καρδιακής εξόδου ταυτόχρονα με την επαναθέρμανση. Η θέρμανση γίνεται συνήθως με αργό, ελεγχόμενο ρυθμό, αλλά υπάρχουν λίγα στοιχεία που να υποστηρίζουν αυτή την πρακτική στη ρύθμιση της τυχαίας υποθερμίας. Η μέθοδος αυτή παρέχει πρόσθετη υποστήριξη σε ασθενείς με καρδιοαναπνευστική ανεπάρκεια που αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια της ανάνηψης (Maeder et al., 2011).

Φορητοί, διαδερμικοί καθετήρες για καρδιοπνευμονική παράκαμψη έχουν χρησιμοποιηθεί την τελευταία δεκαετία σε ορισμένα κέντρα για ταχύτερη θέρμανση. Επιπλέον, το διαδερμικό καρδιοπνευμονικό σύστημα παράκαμψης συσχετίστηκε με χαμηλότερο ρυθμό κοιλιακής μαρμαρυγής κατά τη διάρκεια τα επαναθέρμανσης. Η χρήση ενδοαγγειακών καθετήρων και διαδερμικών καρδιοπνευμονικών καθετήρων παράκαμψης στον παιδιατρικό πληθυσμό περιορίζεται από τη διαθεσιμότητα κατάλληλου μεγέθους καθετήρα (Zabrocki et al., 2014).

Σε ρυθμίσεις όπου η καρδιοπνευμονική παράκαμψη και το ECMO δεν είναι διαθέσιμα, η συνεχής φλεβική αιμοκάθαρση (CVVHD) μπορεί να παρέχει μια ασφαλή, αποτελεσματική μέθοδο επανασύνδεσης τόσο για παιδιατρικούς όσο και για ενήλικες ασθενείς. Αν και οι αναφορές περιπτώσεων έχουν χρησιμοποιήσει πλύση στομάχου, αυτή η τεχνική θα πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή στον παιδιατρικό ασθενή λόγω του κινδύνου εμέτου και αναρρόφησης. Εάν υπάρχει υποψία ταυτόχρονης κατάποσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν θερμές εστίες με πλύση στομάχου για τη διευκόλυνση της (Zabrocki et al., 2014).

Παρά την πρόσφατη έμφαση στην καρδιοπνευμονική παράκαμψη και το ECMO, ορισμένες μελέτες έχουν δείξει επιτυχία μόνο με ενεργό, εξωτερική επαναθέρμανση. Αυτές οι μελέτες έχουν χρησιμοποιήσει υγραντήρα, θερμαινόμενο αέρα μέσω αναπνευστήρα και συστήματα αναγκαστικής παροχής αέρα (συσκευές Bair Hugger) μαζί σε ασθενείς με βαθιά υποθερμία. Επιπλέον, τα ισοτονικά κρυσταλλοειδή που θερμαίνονται στους 40 °C θα επεκτείνουν τον ενδοαγγειακό όγκο και θα θερμάνουν τον ασθενή (Zabrocki et al., 2014)

6.5.3 Κοινωνικά δίκτυα προστασίας

Μια άλλη πολύ χρήσιμη μέθοδος για τη μείωση της θνησιμότητας από υπερθερμία είναι η ανάπτυξη ενός δικτύου κοινωνικής προστασίας για τους ηλικιωμένους με βάση τις εθελοντικές ενώσεις και τις δομές δημόσιας υγείας και πρόνοιας, καθώς και οικογενειακό ή φιλικό περιβάλλον. Στο δίκτυο αυτό, τα άτομα επισκέπτονται τους ηλικιωμένους κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, έτσι ώστε να ελέγχουν τις συνθήκες τους. Κατά τη διάρκεια των κυμάτων καύσωνα, αυτές οι επισκέψεις πρέπει να πραγματοποιούνται σε καθημερινή βάση και αν κάποιο άτομο διαπιστώσει ότι ο ηλικιωμένος εισέρχεται σε κατάσταση κινδύνου, εφαρμόζει ορισμένα απλά μέτρα (π.χ. αναγκάζοντας τον ηλικιωμένο να πίνει πολύ νερό) ή προειδοποιεί τη δημόσια υγεία, εάν απαιτείται παρέμβαση στον τομέα της υγείας. Είναι επίσης πολύ χρήσιμο να υπάρχει ένα τηλέφωνο με έναν εύκολο στη μνήμη αριθμό που οι ηλικιωμένοι ή οι συγγενείς ή οι φροντιστές τους μπορούν να καλέσουν για πληροφορίες και συμβουλές (Conti, 2019).

6.5.4 Ηλικιωμένοι σε ιδρύματα

Μελέτες σε πολλές χώρες έχουν δείξει ότι οι ηλικιωμένοι σε ιδρύματα, ιδίως κλινικές ή εγκαταστάσεις μακροχρόνιας φροντίδας, είναι πολύ ευαίσθητοι κατά τη διάρκεια των κυμάτων καύσωνα. Φυσικά, αυτό θα μπορούσε να οφείλεται στο ότι τα άτομα σε αυτές τις εγκαταστάσεις είναι, κατά μέσο όρο, σε χειρότερη υγεία από εκείνους που εξακολουθούν να

ζουν στο σπίτι. Ωστόσο, οι περιβαλλοντικές παρεμβάσεις πρέπει να εφαρμοστούν σε αυτές τις εγκαταστάσεις (π.χ. κλιματισμός που παρέχεται τόσο στο δωμάτιο του ηλικιωμένου όσο και σε κοινόχρηστους χώρους). Επιπλέον, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, η παρουσία ιατρικού προσωπικού και νοσηλευτών θα πρέπει να είναι επαρκώς οργανωμένη, έτσι ώστε να μπορεί να παρέχεται η κατάλληλη φροντίδα κατά τη διάρκεια του καύσωνα (Conti, 2019).

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

A. Η Νοσηλευτική Διεργασία

Οι πρωταρχικοί στόχοι της νοσηλευτικής είναι ο προσδιορισμός των απαντήσεων ασθενών και οικογένειας σε ανθρώπινα προβλήματα, επίπεδο ευεξίας και ανάγκη για βοήθεια, να παρέχουν σωματική φροντίδα, συναισθηματική φροντίδα, διδασκαλία, καθοδήγηση και συμβουλευτική, και να υλοποιούν παρεμβάσεις που αποσκοπούν στην πρόληψη και την παροχή βοήθειας στον πελάτη για την κάλυψη των δικών του αναγκών και των στόχων που σχετίζονται με την υγεία. Ο νοσηλευτής πρέπει πάντα να επικεντρώνεται στην παροχή βοήθειας στους ασθενείς και τις οικογένειες τους στο υψηλότερο επίπεδο λειτουργίας και αυτοφροντίδας τους. Η φροντίδα που παρέχεται θα πρέπει να είναι δομημένη κατά τρόπο που να επιτρέπει να επιτυγχάνουν τους στόχους αυτοεξυπηρέτησης τους. Η νοσηλευτική διαδικασία, η οποία αποτελεί μια προσέγγιση επίλυσης προβλημάτων για τον εντοπισμό και τη θεραπεία των προβλημάτων των πελατών, παρέχει ένα πλαίσιο για την παροχή βοήθειας στους πελάτες και τις οικογένειες στο βέλτιστο επίπεδο λειτουργίας τους (Potter et al., 2017).

Η νοσηλευτική διεργασία περιλαμβάνει πέντε δυναμικές και ρευστές φάσεις: αξιολόγηση, διάγνωση, προγραμματισμό, εφαρμογή και εκτίμηση. Σε κάθε μία από αυτές τις φάσεις, το ιστορικό του ασθενή και της οικογένειας είναι ενσωματωμένο και χρησιμοποιείται ως θεμέλιο γνώσης, κρίσης και ενεργειών που μεταφέρονται στην εμπειρία φροντίδας του πελάτη (Potter et al., 2017).

Η αξιολόγηση είναι η διαδικασία συλλογής και οργάνωσης των δεδομένων για τον ασθενή. Η διάγνωση είναι η διαδικασία ταξινόμησης των πληροφοριών για προσδιορισμό πιθανών προβλημάτων υγείας. Ο προγραμματισμός είναι τα βήματα με τα οποία νοσηλευτής και ασθενής θέτουν στόχους για να λύσουν τα προβλήματα. Η εφαρμογή είναι η εκτέλεση των παρεμβάσεων με σύστημα και η εκτίμηση περιλαμβάνει την απάντηση του ασθενή στις νοσηλευτικές παρεμβάσεις (Berman et al., 2016).

B. Κλινικό περιστατικό 1

Ένα αγόρι 7 χρονών με βάρος 30 kg έκανε σκι και έπεσε σε ένα ποταμό όπου έμεινε μερικώς εμβυθισμένο. Η θερμοκρασία του αέρα ήταν -8°C και του νερού ήταν 4°C . Βρέθηκε από την ειδική ομάδα 3 ώρες αργότερα και μεταφέρθηκε στο κοντινότερο νοσοκομείο. Κατά τη μεταφορά, που είχε διάρκεια περίπου μια ώρα, δεν έλαβε κάποια θεραπεία εκτός από αλλαγή στα ρούχα του και θέρμανση με κουβέρτα μιας και δεν υπήρχε διαθέσιμο ιατρικό προσωπικό.

Όταν έφτασε στο νοσοκομείο το παιδί δεν είχε τις αισθήσεις του, ήταν χλωμό, με κυανωτικά άκρα. Παρουσίαζε βραδυκαρδία (30 κτύποι ανά λεπτό) και μειωμένη συχνότητα αναπνοών με χαμηλή συχνότητα των 5 ανά λεπτό και αμφίπλευρη μυδρίαση (διαστολή της κόρης του οφθαλμού). Η θερμοκρασία πρωκτού ήταν 24.8°C . Δεν υπήρχαν εμφανή τραύματα και πραγματοποιήθηκαν εξετάσεις αίματος. Τοποθετήθηκε οροτραχειακός σωλήνας και ο ασθενής θερμάνθηκε με αέριο που είχε θερμανθεί στους 40°C με $\text{FiO}_2=1$ και καλύφτηκε με κουβέρτα αλουμινίου.

Μετά από καθετηριασμό της δεξιάς υποκλείδιας αρτηρίας, διάλυμα φυσιολογικού ορού θερμάνθηκε στους 40°C και χορηγήθηκε με ρυθμό 100ml/h. Μετά από 30 λεπτά ο καρδιακός ρυθμός αυξήθηκε στους 60 ανά λεπτό και είχε θερμοκρασία πρωκτού 25°C . Μετά μεταφέρθηκε εκτός μονάδας πρώτων βοηθειών. Κατά τη μεταφορά χορηγήθηκε μηχανικός αερισμός και τυλίχθηκε με κουβέρτα αλουμινίου και πάνω από αυτή τοποθετήθηκαν δυο μάλλινες κουβέρτες. Οι εγχύσεις ελέγχονταν με ογκομετρική αντλία και θερμαίνονταν με θερμαντήρα πηνίων.

Στο κέντρο το παιδί εξετάστηκε από εντατικολόγο και καρδιοχειρουργό υπεύθυνο για τη την εξωσωματική κυκλοφορία ECMO. 2.5 ώρες μετά την έναρξη της επαναθέρμανσης το παιδί ήταν αναίσθητο με ελάχιστα αντιδρώμενες κόρες και περιορισμένες αυθόρμητες κινήσεις των άκρων. Θερμοκρασία κορμού ήταν 32°C , καρδιακός ρυθμός 80 κτύποι ανά λεπτό και η διούρηση βελτιωνόταν. Βελτιώθηκαν και τα αέρια του αίματος. Παρατηρήθηκε αύξηση της θερμοκρασίας σώματος και συνεχίστηκαν οι εγχύσεις στους 40°C . Το φυσιολογικό διάλυμα εγχύθηκε για 3 ώρες και μετά χρησιμοποιήθηκε διάλυμα γαλακτικού και γλυκόζης 10%. Τα επίπεδα γλυκόζης ελεγχόταν κάθε ώρα λόγω των ανεπιθύμητων ενεργειών της γλυκόζης σε υποθερμικούς ασθενείς. Ο αερισμός γινόταν με υγροποιημένο θερμό αέρα. Έγινε χορήγηση

θεραπείας sodium nitroprusside $0.5 \text{ lg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, πλάσμα $10 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, calciparin 0.2 ml κάθε 2 μέρες και ceftazidime 1 g κάθε μέρα.

Όταν η εσωτερική θερμοκρασία έφτασε τους $31 \text{ }^\circ\text{C}$, περίπου 3 ώρες μετά την έναρξη της επαναθέρμανσης το παιδί άρχισε να αντιδρά ανοίγοντας τα μάτια του. Μετά από 3 ώρες η θερμοκρασία σώματος έφτασε τους $35 \text{ }^\circ\text{C}$ και οι κτύποι τους 110 ανά λεπτό με βελτίωση και στα αέρια του αίματος, οπότε αφαιρέθηκε ο τραχειακός σωλήνας. Μετά από μια ώρα η θερμοκρασία έφτασε το $37.5 \text{ }^\circ\text{C}$ και απέκτησε πλήρως τις αισθήσεις του.

Πίνακες νοσηλευτικής διεργασίας

ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΗ ΔΙΑΓΝΩΣΗ	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ
Υποθερμία σχετιζόμενη με την έκθεση σε κρύο περιβάλλον	Άμεση αντιμετώπιση υποθερμίας Μετρήσεις θερμοκρασίας	Θέρμανση με ειδικές κουβέρτες, χορήγηση φαρμακευτικής αγωγής και έγχυσης Μετρήσεις κεντρικής θερμοκρασίας ανά 2 ώρες	Ο ασθενής αντιδρά καλά μετά από 7 ώρες επαναθέρμανσης, αύξηση της θερμοκρασίας του
Βραδυκαρδία σχετιζόμενη με την έκθεση σε κρύο περιβάλλον	Άμεση αντιμετώπιση βραδυκαρδίας	1. Παρακολούθηση της καρδιακού ρυθμού 2. Ακρόαση για έλεγχο πνευμόνων και έλεγχο εμφάνισης επιπλοκών 3. έλεγχος του επιπέδου της συνείδησης για διαπίστωση αλλαγών	Ο ασθενής μετά επαναθέρμανση και χορήγηση του οροτραχειακού σωλήνα είναι σε καλή αναπνευστική κατάσταση
Μειωμένο ρυθμό αναπνοής σχετιζόμενο με την έκθεση σε κρύο περιβάλλον	Αντιμετώπιση μειωμένου ρυθμού αναπνοής	1. Παρακολούθηση της αναπνευστικής συχνότητας, του βάθους αναπνοής και της υποξίας. 2. Ακρόαση για έλεγχο πνευμόνων και έλεγχο εμφάνισης επιπλοκών 3. έλεγχος του επιπέδου της συνείδησης για διαπίστωση αλλαγών	Ο ασθενής μετά επαναθέρμανση και χορήγηση του οροτραχειακού σωλήνα είναι σε καλή αναπνευστική κατάσταση
Κρυοπάγημα στα δυο χέρια λόγω εμβύθισης σε κρύο νερό	Λαμβάνονται μέτρα με χορήγηση θεραπείας	Γίνεται χρήση Θεϊκού αλουμινίου	Ο ασθενής βελτιώνεται μετά τη χρήση της κατάλληλης θεραπείας

Μειωμένη πηκτικότητα λόγω εμβύθισης σε κρύο νερό	Λαμβάνονται μέτρα με χορήγηση αντιπηκτικής θεραπείας	Γίνεται χορήγηση θεραπευτικού αντιπηκτικού (ηπαρίνη χαμηλού μοριακού βάρους)	Ο ασθενής βελτιώνεται μετά τη χρήση της κατάλληλης θεραπείας
--	--	--	--

Γ. Κλινικό Περιστατικό 2

Η ασθενής ήταν μια γυναίκα 64 χρονών με ιστορικό ψυχικής διαταραχής, μυοσκελετικό πόνο και αυξημένο βάρος (145 kg , ΔΜΣ57). Παρατηρήθηκε να είναι απομονωμένη και παραμελημένη αφού προτιμούσε να κλείνεται μόνη της στο σπίτι. Κατά την εισαγωγή στο νοσοκομείο παρουσίασε υπόταση, ταχυκαρδία και αποκλίνοντες, σταθερές διασταλμένες κόρες. Οι αναλύσεις αερίων του αρτηριακού αίματος έδειξαν μεταβολική οξέωση. Υπήρχε υποψία για σήψη λόγω ιστορικού πνευμονίας και η θεραπεία ξεκίνησε με αντιβιοτικά και αντικατάσταση υγρών, διασωλήνωση και μεταφορά σε ΜΕΘ.

Η ασθενής είχε ταχυκαρδία, ταχύπνοια, υπερθερμία (39.9°C), και μειωμένη έκκριση ούρων. Οι εξετάσεις αίματος έδειξαν όλα φυσιολογικά εκτός από το INR 1.3, κάλιο 2.9 mmol/L, γλυκόζη 13.3 mmol/L, τροπονίνη T 10300 ng/L, και φυσιολογικό CK-MB.

Η λωρίδα εξέτασης ούρων αποκάλυψε την παρουσία αίματος, πρωτεΐνης, νιτρωδών και γλυκόζης. Διενεργήθηκε νευρολογική αξιολόγηση και αξονική τομογραφία κεφαλής, και τα δύο ήταν φυσιολογικά. Κατά τη διάρκεια των πρώτων ημερών μετά την εισαγωγή παρατηρήθηκε μεγάλη παραγωγή ούρων, υπερθερμία και φαινόμενο των ηλιακών ματιών. Η ζήτηση οξυγόνου αυξήθηκε και ξεκίνησε η ψύξη με πάγο και ανεμιστήρες. Η μαγνητική τομογραφία, η οσφυϊκή παρακέντηση και το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα ήταν όλα φυσιολογικά. Οι μικροβιολογικές εξετάσεις δεν έδειξαν κανένα σημάδι μόλυνσης.

Την πέμπτη ημέρα μετά την εισαγωγή στη ΜΕΘ, υπήρχε υποψία θερμοπληξίας έτσι η ψύξη εντάθηκε με τη χρήση θερμορυθμιστικής συσκευής με ψυκτικά μαξιλάρια. Η ασθενής άρχισε να αναρρώνει και η δόση των καρδιακών ινοτρόπων μειώθηκε σταδιακά και στη συνέχεια σταμάτησε. Για πρώτη φορά από την εισαγωγή περιεγράφηκαν ορισμένα επίπεδα επαφής.

Πίνακες νοσηλευτικής διεργασίας για κλινικό περιστατικό 2

ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΗ ΔΙΑΓΝΩΣΗ	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ	ΕΚΤΙΜΗΣΗ
Υπερθερμία οφειλόμενη σε καύσιμα	<ol style="list-style-type: none"> 1. Μετρήσεις θερμοκρασιών κορμού 2. Λήψη μέτρων 	Εφαρμογή θερμορυθμιστικής συσκευής με ψυκτικά μαξιλάρια και χρήση καρδιακών ινοτροπινών, ψύξη με πάγο και ανεμιστήρες.	Ο ασθενής αντιδρά καλά μετά από 2 μέρες και έχει τις αισθήσεις της και η θερμοκρασία έφτασε στα φυσιολογικά επίπεδα
Ταχυκαρδία, λόγω υπερθερμίας οφειλόμενης σε καύσιμα	Αντιμετώπιση ταχυκαρδίας	<ol style="list-style-type: none"> 1. Παρακολούθηση του καρδιακού ρυθμού και της Υποξίας . 2. Ακρόαση για έλεγχο εμφάνισης επιπλοκών 3. έλεγχος του επιπέδου της συνείδησης για διαπίστωση αλλαγών 	Ο ασθενής μετά από χορήγηση αντιβιοτικών ,αντικατάσταση υγρών και ψύξη έγινε μεταφορά στην ΜΕΘ και είναι σε καλή αναπνευστική κατάσταση
Ταχύπνοια λόγω υπερθερμίας οφειλόμενης σε καύσιμα	Αντιμετώπιση ταχύπνοιας	<ol style="list-style-type: none"> 1. Παρακολούθηση της αναπνευστικής συχνότητας, του βάθους αναπνοής και της Υποξίας. 2. Ακρόαση για έλεγχο πνευμόνων και έλεγχο εμφάνισης επιπλοκών 3. Έλεγχος του επιπέδου της συνείδησης για διαπίστωση αλλαγών 	Ο ασθενής μετά από χορήγηση αντιβιοτικών ,ψύξη και αντικατάσταση υγρών διασωληνώθηκε και μεταφέρθηκε σε ΜΕΘ. είναι σε καλή αναπνευστική κατάσταση

Μικρή ποσότητα ούρων και αφυδάτωση εμφανείς και στις εξετάσεις τις ασθενούς	Αντιμετώπιση αφυδάτωσης	1. Καταγραφή υγρών που προσλαμβάνονται και αποβάλλονται 2. Αξιολόγηση ζωτικών σημείων	Ο ασθενής μετά από αντικατάσταση υγρών και ψύξη και είναι σε καλή κατάσταση αφού αυξήθηκε η ποσότητα ούρων
---	-------------------------	--	--

Συμπεράσματα

Το ανθρώπινο σώμα έχει την αξιοσημείωτη ικανότητα να διατηρεί μια σταθερή εσωτερική θερμοκρασία παρά τις ευρείες και συχνά ακραίες διακυμάνσεις των περιβαλλοντικών

θερμοκρασιών. Παρόλα αυτά η θερμορύθμιση σε παιδιά και ηλικιωμένους παρουσιάζει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που την διαφοροποιούν από εκείνη των ενηλίκων.

Η διαχείριση ασθενών με θερμοκρασιακή διαταραχή περιλαμβάνει αξιολόγηση και θεραπεία πολλαπλών συστημάτων σώματος, καθώς η ασθένεια είναι μια συστηματική ασθένεια με υψηλή θνησιμότητα. Οι κλινικές συνέπειες της θερμορυθμιστικής αποτυχίας είναι συχνά δραματικές και καταστροφικές. Η κρίσιμη φροντίδα είναι συχνά απαραίτητη για προβλήματα υπερθερμίας όπως η θερμική εξάντληση και ο πυρετός. Οι ασθένειες που σχετίζονται με τη θερμότητα μπορούν συχνά να αντιμετωπιστούν επιτόπου ή σε ένα τμήμα επειγόντων περιστατικών, όπου ο ασθενής μπορεί αργότερα να επιστρέψει στο σπίτι, αν και αυτό θα εξαρτηθεί από άλλους παράγοντες όπως η ηλικία, η ιατρική κατάσταση του ασθενούς και οι συννοσηρότητες. Η παρακολούθηση του ασθενούς κατά τη διάρκεια και μετά την ψύξη είναι απαραίτητη, καθώς η θνησιμότητα που σχετίζεται με τις θερμοκρασιακές διαταραχές είναι συχνά αποτέλεσμα φυσιολογικών διεργασιών που έχουν συμβεί κατά τη διάρκεια υπερθερμίας ή υποθερμίας.

Η προσέγγιση της ιατρικής αξιολόγησης και της θεραπείας του ηλικιωμένου απαιτεί μια προοπτική διαφορετική από εκείνη που απαιτείται για την ιατρική αξιολόγηση ενός παιδιού. Το φάσμα των συμπτωμάτων είναι διαφορετικό, οι εκδηλώσεις δυσφορίας είναι πιο λεπτές, οι επιπτώσεις για τη διατήρηση της λειτουργίας είναι πιο σημαντικές και η βελτίωση είναι μερικές φορές λιγότερο δραματική και πιο αργή για να εμφανιστεί. Η διαφορική διάγνωση είναι συχνά διαφορετική σε ηλικιωμένους ασθενείς και η παρουσίαση της νόσου είναι συχνά μη ειδική και τα συμπτώματα είναι δύσκολο να ερμηνευτούν. Ο πυρετός στους ηλικιωμένους είναι ένα παράδειγμα ενός κλασικού ιατρικού συνδρόμου που χρειάζεται μια ειδική προσέγγιση.

Βιβλιογραφία

- Abdul Aziz, K. A. & Meduoye, A. 2010. Is ph-stat or alpha-stat the best technique to follow in patients undergoing deep hypothermic circulatory arrest? *Interactive cardiovascular and thoracic surgery*, 10, 271-282.
- Akhtar, M. J., Al-Nozha, M., Al-Harhi, S. & Nouh, M. S. 1993. Electrocardiographic abnormalities in patients with heat stroke. *Chest*, 104, 411-414.
- Aronow, W. S. & Ahn, C. 2004. Elderly nursing home patients with congestive heart failure after myocardial infarction living in new york city have a higher prevalence of mortality

- in cold weather and warm weather months. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 59, M146-M147.
- Axelrod, Y. K. & Diringer, M. N. 2008. Temperature management in acute neurologic disorders. *Neurologic clinics*, 26, 585-603.
- Bailes, B. K. & Reeve, K. 2007. Prevention of heat-related illness. *The Journal for Nurse Practitioners*, 3, 161-168.
- Balmain, B. N., Sabapathy, S., Jay, O., Adsett, J., Stewart, G. M., Jayasinghe, R. & Morris, N. R. 2017. Heart failure and thermoregulatory control: Can patients with heart failure handle the heat? *Journal of Cardiac Failure*, 23, 621-627.
- Bass, M. 1991. The fallacy of the hemorrhagic shock and encephalopathy syndrome. *American Journal of Diseases of Children*, 145, 717-718.
- Baugnon, T., Duracher-Gout, C., Blanot, S., Vecchione, A., Guillou, F., Carli, P. A. & Meyer, P. G. 2010. Hemorrhagic shock and encephalopathy syndrome in a quadriplegic child: An argument for the triggering role of impaired thermoregulatory response. *Spine*, 35, E730-E732.
- Berman, A., Snyder, S. J. & Frandsen, G. 2016. *Kozier and erb's fundamentals of nursing*, Pearson Australia.
- Blondin, D. P. & Haman, F. 2018. Chapter 10 - shivering and nonshivering thermogenesis in skeletal muscles. In: ROMANOVSKY, A. A. (ed.) *Handbook of clinical neurology*. Elsevier.
- Bouchama, A. 2004. The 2003 european heat wave. *Intensive Care Medicine*, 30, 1-3.
- Brody, G. M. 1994. Hyperthermia and hypothermia in the elderly. *Clinics in geriatric medicine*, 10, 213-229.
- Bynum, G. D., Pandolf, K. B., Schuette, W. H., Goldman, R. F., Lees, D. E., Whang-Peng, J., Atkinson, E. R. & Bull, J. M. 1978. Induced hyperthermia in sedated humans and the concept of critical thermal maximum. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 235, R228-R236.
- Cdc 2005. Hypothermia-related deaths--united states, 2003-2004. *MMWR: Morbidity and mortality weekly report*, 54, 173-175.
- Chen, W. 2019. Thermometry and interpretation of body temperature. *Biomedical engineering letters*, 9, 3-17.
- Cheshire, W. P. 2016. Thermoregulatory disorders and illness related to heat and cold stress. *Autonomic Neuroscience*, 196, 91-104.
- Conti, S. 2019. Heat wave and mortality of the elderly. In: NRIAGU, J. (ed.) *Encyclopedia of environmental health (second edition)*. Oxford: Elsevier.
- Cooke, E. 2019. Temperature management. *Clinical Guidelines*.
- Cooke, R. E., Pratt, E. L. & Darrow, D. C. 1950. The metabolic response of infants to heat stress. *The Yale journal of biology and medicine*, 22, 227.
- Coopersmith, J. 2015. *Energy, the subtle concept: The discovery of feynman's blocks from leibniz to einstein*, Oxford University Press, USA.
- Costrini, A. M., Pitt, H. A., Gustafson, A. B. & Uddin, D. E. 1979. Cardiovascular and metabolic manifestations of heat stroke and severe heat exhaustion. *The American journal of medicine*, 66, 296-302.
- Danks, D. M., Webb, D. W. & Allen, J. 2004. Heat illness in infants and young children--a study of 47 cases. *WILDERNESS & ENVIRONMENTAL MEDICINE*, 15, 293-300.
- Davie, A. & Amoores, J. 2010. Best practice in the measurement of body temperature. *Nurs Stand*, 24, 42-9.

- Dewitt, S., Chavez, S. A., Perkins, J., Long, B. & Koyfman, A. 2017. Evaluation of fever in the emergency department. *The American journal of emergency medicine*, 35, 1755-1758.
- El-Radhi, A. S., Carroll, J. & Klein, N. 2019. *Clinical manual of fever in children*, Springer.
- Foggo, V. & Cavenagh, J. 2015. Malignant causes of fever of unknown origin. *Clinical medicine (London, England)*, 15, 292-294.
- Gagnon, D. & Crandall, C. G. 2018. Chapter 13 - sweating as a heat loss thermoeffector. In: ROMANOVSKY, A. A. (ed.) *Handbook of clinical neurology*. Elsevier.
- Gentilello, L. M., Jurkovich, G. J., Stark, M. S., Hassantash, S. A. & O'keefe, G. E. 1997. Is hypothermia in the victim of major trauma protective or harmful? A randomized, prospective study. *Annals of surgery*, 226, 439.
- Gill, J., Singh, H. & Nugent, K. 2003. Acute lithium intoxication and neuroleptic malignant syndrome. *Pharmacotherapy: The Journal of Human Pharmacology and Drug Therapy*, 23, 811-815.
- Gomez, C. R. 2014. Chapter 62 - disorders of body temperature. In: BILLER, J. & FERRO, J. M. (eds.) *Handbook of clinical neurology*. Elsevier.
- Gracheva, E. O. & Bagriantsev, S. N. 2019. Neural mechanisms of thermoregulation. *Neuroscience Letters*, 707, 134318.
- Grodzinsky, E. & Levander, M. S. 2020a. History of the thermometer. *Understanding fever and body temperature*. Springer.
- Grodzinsky, E. & Levander, M. S. 2020b. *Understanding fever and body temperature: A cross-disciplinary approach to clinical practice*, Springer Nature.
- Guard, A. & Gallagher, S. S. 2005. Heat related deaths to young children in parked cars: An analysis of 171 fatalities in the united states, 1995–2002. *Injury Prevention*, 11, 33-37.
- Guerra, K., Toncar, A. & Krishnamurthy, K. 2020. *Miliaria* [Online]. StatPearls Publishing. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537176/> [Accessed].
- Gutierrez, G. & Tanner, S. M. 1995. Solar injury and heat illness: Treatment and prevention in children. *The Physician and Sportsmedicine*, 23, 43-48.
- Hahn, G. M. 2012. *Hyperthermia and cancer*, Springer Science & Business Media.
- Hoeijmakers, J. G. J., Faber, C. G., Miedema, C. J., Merckies, I. S. J. & Vles, J. S. H. 2016. Small fiber neuropathy in children: Two case reports illustrating the importance of recognition. *Pediatrics*, 138.
- Hoffman, J. L. 2001. Heat-related illness in children. *Clinical pediatric emergency medicine*, 2, 203-210.
- Holtzclaw, B. J. 1998. New trends in thermometry for the patient in the icu. *Critical Care Nursing Quarterly*, 21, 12-25.
- Incecik, F., Özlem Hergüner, M. & Altunbaşak, Ş. 2012. Hypohidrosis and hyperthermia during topiramate treatment in children. *Turkish Journal of Pediatrics*, 54, 515-518.
- Jänig, W. 2018. Chapter 2 - peripheral thermoreceptors in innocuous temperature detection. In: ROMANOVSKY, A. A. (ed.) *Handbook of clinical neurology*. Elsevier.
- Jardine, D. S. & Bratton, S. L. 1995. Using characteristic changes in laboratory values to assist in the diagnosis of hemorrhagic shock and encephalopathy syndrome. *Pediatrics*, 96, 1126-1131.
- Jessen, C. 2010. Interaction of body temperatures in control of thermoregulatory effector mechanisms. *Comprehensive Physiology*, 127-138.
- Kellogg Jr, D. L., Zhao, J. L., Friel, C. & Roman, L. J. 2003. Nitric oxide concentration increases in the cutaneous interstitial space during heat stress in humans. *Journal of applied physiology*, 94, 1971-1977.

- Kempainen, R. R. & Brunette, D. D. 2004. The evaluation and management of accidental hypothermia. *Respiratory care*, 49, 192-205.
- Kenney, W. L. & Munce, T. A. 2003. Invited review: Aging and human temperature regulation. *Journal of applied physiology*, 95, 2598-2603.
- Kenny, G. P., Wilson, T. E., Flouris, A. D. & Fujii, N. 2018. Chapter 31 - heat exhaustion. In: ROMANOVSKY, A. A. (ed.) *Handbook of clinical neurology*. Elsevier.
- Larach, M. G., Brandom, B. W., Allen, G. C., Gronert, G. A. & Lehman, E. B. 2014. Malignant hyperthermia deaths related to inadequate temperature monitoring, 2007-2012: A report from the north american malignant hyperthermia registry of the malignant hyperthermia association of the united states. *Anesthesia and Analgesia*, 119, 1359-1366.
- Lawson, L., Bridges, E. J., Ballou, I., Eraker, R., Greco, S., Shively, J. & Sochulak, V. 2007. Accuracy and precision of noninvasive temperature measurement in adult intensive care patients. *American journal of critical care*, 16, 485-496.
- Lefrant, J. Y., Muller, L., De La Coussaye, J. E., Benbabaali, M., Lebris, C., Zeitoun, N., Mari, C., Saissi, G., Ripart, J. & Eledjam, J. J. 2003. Temperature measurement in intensive care patients: Comparison of urinary bladder, oesophageal, rectal, axillary, and inguinal methods versus pulmonary artery core method. *Intensive care medicine*, 29, 414-418.
- Leiva, D. F. & Church, B. 2020. *Heat illness* [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553117/> [Accessed].
- Lubanda, H., Novak, F., Trunecka, P., Urbanek, P., Onderkova, R. & Zak, A. 2004. Acute liver failure related to the syndrome of exertional heatstroke. *Casopis Lekarů Ceskych*, 143, 336-338.
- Maeder, M. B., Martin, D., Balthasar, E., Stefan, L., Roland, D., Lars, E., Luca, M., Markus, N., Mario, S. & Eva, R.-K. 2011. The bernese hypothermia algorithm: A consensus paper on in-hospital decision-making and treatment of patients in hypothermic cardiac arrest at an alpine level 1 trauma centre. *Injury*, 42, 539-543.
- Matsumoto, R. R., Seminerio, M. J., Turner, R. C., Robson, M. J., Nguyen, L., Miller, D. B. & O'callaghan, J. P. 2014. Methamphetamine-induced toxicity: An updated review on issues related to hyperthermia. *Pharmacology & Therapeutics*, 144, 28-40.
- Mayo Clinic. 2020. *Thermometers: Understand the options* [Online]. Available: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/fever/in-depth/thermometers/art-20046737> [Accessed 08/06/2021].
- Meiman, J., Anderson, H. & Tomasallo, C. 2015. Hypothermia-related deaths — wisconsin, 2014, and united states, 2003–2013. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 64, 141-143.
- Michalski, L., Eckersdorf, K., Kucharski, J. & Mcghee, J. 2002. Temperature measurement. IOP Publishing.
- Moran, J. L., Peter, J. V., Solomon, P. J., Grealy, B., Smith, T., Ashforth, W., Wake, M., Peake, S. L. & Peisach, A. R. 2007. Tympanic temperature measurements: Are they reliable in the critically ill? A clinical study of measures of agreement. *Critical care medicine*, 35, 155-164.
- Morrison, S. A. & Sims, S. T. 2014. Thermoregulation in children: Exercise, heat stress & fluid balance. *Annales Kinesiologiae*, 5.
- Morrison, S. F. & Nakamura, K. 2011. Central neural pathways for thermoregulation. *Frontiers in bioscience: a journal and virtual library*, 16, 74.

- Nelson, N. G., Collins, C. L., Comstock, R. D. & McKenzie, L. B. 2011. Exertional heat-related injuries treated in emergency departments in the us, 1997–2006. *American journal of preventive medicine*, 40, 54-60.
- Nishiyama, H., Higashitsuji, H., Yokoi, H., Itoh, K., Danno, S., Matsuda, T. & Fujita, J. 1997. Cloning and characterization of human cirp (cold-inducible rna-binding protein) cDNA and chromosomal assignment of the gene. *Gene*, 204, 115-120.
- Nitschke, M., Tucker, G. R. & Bi, P. 2007. Morbidity and mortality during heatwaves in metropolitan adelaide. *Medical journal of Australia*, 187, 662-665.
- Noe, R. S., Jin, J. O. & Wolkin, A. F. 2012. Exposure to natural cold and heat: Hypothermia and hyperthermia medicare claims, united states, 2004–2005. *American Journal of Public Health*, 102, e11-e18.
- Nose, H., Kamijo, Y.-I. & Masuki, S. 2018. Chapter 25 - interactions between body fluid homeostasis and thermoregulation in humans. In: ROMANOVSKY, A. A. (ed.) *Handbook of clinical neurology*. Elsevier.
- Null, J. 2009. Hyperthermia deaths of children in vehicles. *Updated August*, 12, 2009.
- O'grady, N. P., Barie, P. S., Bartlett, J. G., Bleck, T., Carroll, K., Kalil, A. C., Linden, P., Maki, D. G., Nierman, D. & Pasculle, W. 2008. Guidelines for evaluation of new fever in critically ill adult patients: 2008 update from the american college of critical care medicine and the infectious diseases society of america. *Critical care medicine*, 36, 1330-1349.
- Paden, M. S., Franjic, L. & Halcomb, S. E. 2013. Hyperthermia caused by drug interactions and adverse reactions. *Emergency Medicine Clinics of North America*, 31, 1035-1044.
- Petrone, P., Asensio, J. A. & Marini, C. P. 2014. Management of accidental hypothermia and cold injury. *Current Problems in Surgery*, 51, 417-431.
- Potter, P. A., Perry, A. G., Stockert, P. & Hall, A. 2017. *Fundamentals of nursing-e-book*, Elsevier Health Sciences.
- Putzer, G., Schmid, S., Braun, P., Brugger, H. & Paal, P. 2010. Cooling of six centigrades in an hour during avalanche burial. *Resuscitation*, 81, 1043-1044.
- Refinetti, R. & Menaker, M. 1992. The circadian rhythm of body temperature. *Physiology & Behavior*, 51, 613-637.
- Romanovsky, A. A. 2018. Chapter 1 - the thermoregulation system and how it works. In: ROMANOVSKY, A. A. (ed.) *Handbook of clinical neurology*. Elsevier.
- Santelli, J., Sullivan, J. M., Czarnik, A. & Bedolla, J. 2014. Heat illness in the emergency department: Keeping your cool. *Emergency medicine practice*, 16, 1-21; quiz 21-2.
- Satirapoj, B., Kongthaworn, S., Choovichian, P. & Supasyndh, O. 2016. Electrolyte disturbances and risk factors of acute kidney injury patients receiving dialysis in exertional heat stroke. *BMC nephrology*, 17, 1-6.
- Sawka, M. N. & Coyle, E. F. 1999. Influence of body water and blood volume on thermoregulation and exercise performance in the heat. *Exercise and sport sciences reviews*, 27, 167-218.
- Sessler, D. I. & Todd, M. M. 2000. Perioperative heat balance. *The Journal of the American Society of Anesthesiologists*, 92, 578-578.
- Smid, J., Scherner, M., Wolfram, O., Groscheck, T., Wippermann, J. & Braun-Dullaeus, R. C. 2018. Cardiogenic causes of fever. *Deutsches Arzteblatt international*, 115, 193-199.
- Smith, J., Rushton, A. M. & Barker, M. J. 2019. How to measure a patient's temperature non-invasively. *Nursing Standard*.

- Smith, L. E., Kark, J. A., Gardner, J. W. & Ward, F. T. Unrecognized exertional heat illness as a risk factor for exercise-related sudden cardiac death among young adults. 1997 1997. ELSEVIER SCIENCE INC 655 AVENUE OF THE AMERICAS, NEW YORK, NY 10010, 10549-10549.
- Sonna, L. A., Fujita, J., Gaffin, S. L. & Lilly, C. M. 2002. Invited review: Effects of heat and cold stress on mammalian gene expression. *Journal of applied physiology*, 92, 1725-1742.
- Sonna, L. A., Kuhlmeier, M. M., Khatri, P., Chen, D. & Lilly, C. M. 2010. A microarray analysis of the effects of moderate hypothermia and rewarming on gene expression by human hepatocytes (hepg2). *Cell Stress and Chaperones*, 15, 687-702.
- Struzik, S. & Dow, A. 2020. A narrative review of thermoregulation techniques used by paediatric theatre staff during intra hospital transfer from paediatric theatres to the neonatal intensive care unit (nicu). *Journal of Neonatal Nursing*, 26, 25-29.
- Su, Y. P., Chang, C. K., Hayes, R. D., Harrison, S., Lee, W., Broadbent, M., Taylor, D. & Stewart, R. 2014. Retrospective chart review on exposure to psychotropic medications associated with neuroleptic malignant syndrome. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 130, 52-60.
- Székely, M. & Garai, J. 2018. Chapter 23 - thermoregulation and age. In: ROMANOVSKY, A. A. (ed.) *Handbook of clinical neurology*. Elsevier.
- Tal, S., Guller, V., Gurevich, A. & Levi, S. 2002. Fever of unknown origin in the elderly. *Journal of internal medicine*, 252, 295-304.
- Tansey, E. A. & Johnson, C. D. 2015. Recent advances in thermoregulation. *Advances in Physiology Education*, 39, 139-148.
- Tisherman, S. A., Rodriguez, A. & Safar, P. 1999. Therapeutic hypothermia in traumatology. *Surgical Clinics of North America*, 79, 1269-1289.
- Tveita, T., Ytrehus, K., Myhre, E. S. P. & Hevrøy, O. 1998. Left ventricular dysfunction following rewarming from experimental hypothermia. *Journal of applied physiology*, 85, 2135-2139.
- Tveita, T., Ytrehus, K., Skandfer, M., Øian, P., Helset, E., Myhre, E. S. P. & Larsen, T. S. 1996. Changes in blood flow distribution and capillary function after deep hypothermia in rat. *Canadian journal of physiology and pharmacology*, 74, 376-381.
- Vaidyanathan, A., Malilay, J., Schramm, P. & Saha, S. 2020. Heat-related deaths—united states, 2004–2018. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 69, 729.
- Van Someren, E. J. W. 2011. Chapter 22 - age-related changes in thermoreception and thermoregulation. In: MASORO, E. J. & AUSTAD, S. N. (eds.) *Handbook of the biology of aging (seventh edition)*. San Diego: Academic Press.
- Van Someren, E. J. W., Raymann, R. J. E. M., Scherder, E. J. A., Daanen, H. a. M. & Swaab, D. F. 2002. Circadian and age-related modulation of thermoreception and temperature regulation: Mechanisms and functional implications. *Ageing research reviews*, 1, 721-778.
- Waibel, B. H., Durham, C. A., Newell, M. A., Schlitzkus, L. L., Sagraves, S. G. & Rotondo, M. F. 2010. Impact of hypothermia in the rural, pediatric trauma patient. *Pediatric critical care medicine: a journal of the Society of Critical Care Medicine and the World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies*, 11, 199-204.
- Walter, E. J., Hanna-Jumma, S., Carraretto, M. & Forni, L. 2016. The pathophysiological basis and consequences of fever. *Critical care (London, England)*, 20, 200-200.

- Weinert, D. 2010. Circadian temperature variation and ageing. *Ageing Research Reviews*, 9, 51-60.
- White, M. D. 2018. Chapter 14 - panting as a human heat loss thermoeffector. *In: ROMANOVSKY, A. A. (ed.) Handbook of clinical neurology*. Elsevier.
- Wong, K. C. 1983. Physiology and pharmacology of hypothermia. *Western Journal of Medicine*, 138, 227.
- Zabrocki, L. A., Shellington, D. K. & Bratton, S. L. 2014. Heat illness and hypothermia. *In: WHEELER, D. S., WONG, H. R. & SHANLEY, T. P. (eds.) Pediatric critical care medicine: Volume 1: Care of the critically ill or injured child*. London: Springer London.
- Zhao, L., Lin, X. & Zang, Y. 2021. Emergency preparedness for heat illness in china: A cross-sectional observational study. *International Emergency Nursing*, 54, 100957.
- Zhou, L. 2021. Small fiber neuropathy in the elderly. *Clinics in geriatric medicine*, 37, 279-288.