



Οι Βασικές Επιστήμες των Θεραπευτικών Μέσων

William E. Prentice και Bob Blake

ΣΤΟΧΟΙ

Μετά την ολοκλήρωση του παρόντος κεφαλαίου, ο φοιτητής θα μπορεί:

- ▶ Να αναφέρει και να περιγράφει τις διάφορες μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται με τα θεραπευτικά μέσα.
- ▶ Να ταξινομήσει τα διάφορα θεραπευτικά μέσα ανάλογα με τον τύπο ενέργειας που χρησιμοποιεί το καθένα.
- ▶ Να αναλύει τη σχέση ανάμεσα στο μήκος κύματος και στη συχνότητα της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας.
- ▶ Να εξηγεί το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και τη σχέση ανάμεσα στα διάφορα θεραπευτικά μέσα που χρησιμοποιούν την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια.
- ▶ Να εξηγεί τον τρόπο με τον οποίο οι νόμοι που ορίζουν τις δράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας εφαρμόζονται στη διαθερμία, στη φωτοθεραπεία (LASER, LED) και στο υπεριώδες φως.
- ▶ Να εξηγεί τον τρόπο με τον οποίο τα θεραπευτικά μέσα θερμικής ενέργειας, δηλαδή η θερμοθεραπεία και η κρυοθεραπεία, μεταβιβάζουν θερμότητα μέσω αγωγής.
- ▶ Να εξηγεί τους διάφορους τρόπους με τους οποίους μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ηλεκτρική ενέργεια για την παραγωγή θεραπευτικής δράσης.
- ▶ Να συγκρίνει και να αντιπαραβάλλει τις ιδιότητες της ηλεκτρομαγνητικής και της ηχητικής ενέργειας.
- ▶ Να εξηγεί τον τρόπο με τον οποίο η διαλείπουσα συμπίεση, η έλξη και οι μαλάξεις χρησιμοποιούν τη μηχανική ενέργεια για την παραγωγή θεραπευτικής δράσης.

Πολλοί φυσικοθεραπευτές επιλέγουν την προσθήκη των θεραπευτικών μέσων στη θεραπεία των ασθενών. Η επιλογή μπορεί να γίνει από μία μεγάλη ποικιλία θεραπευτικών μέσων. Ο τρόπος με τον οποίο κάθε φυσικοθεραπευτής επιλέγει να χρησιμοποιήσει ένα θεραπευτικό μέσο αποτελεί προσωπική απόφαση. Η επιλογή θα πρέπει να βασίζεται στο συνδυασμό θεωρητικής επιστημονικής γνώσης, πρακτικής εμπειρίας και πληροφοριών που μπορεί να βρει κανείς στη βιβλιογραφία. Η τελευταία παρέχει τεκμηριωμένα δεδομένα τα οποία θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ώστε να

καθοδηγούν τη λήψη κλινικών αποφάσεων. Όταν χρησιμοποιούνται σωστά, τα θεραπευτικά μέσα μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμη προσθήκη στις διάφορες τεχνικές της θεραπευτικής άσκησης.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Ο φυσικοθεραπευτής που επιλέγει να προσθέσει ένα θεραπευτικό μέσο στην κλινική του πράξη οφείλει να γνωρίζει και να κατανοεί ως ένα βαθμό τις βασικές επιστήμες πίσω από τη χρήση αυτών των παραγόντων.¹ Οι αλληλεπιδράσεις με-

ταξύ της ενέργειας και της ύλης είναι συναρπαστικές και αποτελούν τη φυσική βάση για τα διάφορα θεραπευτικά μέσα που περιγράφονται στο παρόν βιβλίο. Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγραφούν οι διάφορες μορφές ενέργειας, οι τρόποι με τους οποίους η ενέργεια μπορεί να μεταφερθεί και το πώς αυτή η μεταφορά επηρεάζει τους βιολογικούς ιστούς.

Μορφές Ενέργειας

Ως ενέργεια ορίζεται η ικανότητα ενός συστήματος να παράγει έργο και υπάρχει σε διάφορες μορφές. Η ενέργεια δε δημιουργείται ή καταστρέφεται, αλλά συχνά μετατρέπεται από τη μία μορφή στην άλλη ή μεταφέρεται από μία θέση σε μία άλλη.²

Υπάρχει αρκετή σύγχυση ακόμη και μεταξύ των πιο έμπειρων φυσικοθεραπευτών όσον αφορά τις διάφορες μορφές ενέργειας που χαρακτηρίζουν τα θεραπευτικά μέσα. Οι μορφές της ενέργειας που σχετίζονται με τη χρήση των θεραπευτικών μέσων είναι η ηλεκτρομαγνητική, η θερμική, η ηλεκτρική, η ηχητική και η μηχανική ενέργεια.² Η διαθερμία βραχέων κυμάτων και μικροκυμάτων, οι λάμπες υπέρυθρης ακτινοβολίας, η φωτοθεραπεία (LASER, LED) και η φωτοθεραπεία με υπεριώδες φως χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητική ενέργεια. Η θερμοθεραπεία και η κρυοθεραπεία μεταβιβάζουν θερμική ενέργεια. Η ηλεκτροδιέγερση, η ιοντοφόρηση και η βιοανάδραση χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια. Οι υπέρηχοι και η εξωσωματική θεραπεία με κρουστικά κύματα χρησιμοποιούν ηχητική ενέργεια. Η διαλείπουσα συμπίεση, η έλξη, οι μαλάξεις και η δόνηση χρησιμοποιούν μηχανική ενέργεια (Πίνακας 1-1).

Καθένας από τους παραπάνω θεραπευτικούς παράγοντες μεταφέρει ενέργεια με τη μία ή την άλλη μορφή από και προς τους βιολογικούς ιστούς. Διαφορετικές μορφές ενέργειας είναι δυνατό να έχουν παρόμοια επίδραση στους ιστούς. Για παράδειγμα, η θέρμανση των ιστών αποτελεί κοινή επίδραση θεραπειών που χρησιμοποιούν διαφορετικούς τύπους ενέργειας. Τα ηλεκτρικά ρεύματα που διέρχονται από τους ιστούς παράγουν θερμότητα λόγω της αντίστασης των τελευταίων στη διέλευση του ρεύματος. Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, όπως το φως, θερμαίνει τους

ΠΙΝΑΚΑΣ 1-1 Ταξινόμηση των Θεραπευτικών Μέσων με Βάση τις Διάφορες Μορφές Ενέργειας

ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΑ ΜΕΣΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

- Διαθερμία βραχέων κυμάτων.
- Διαθερμία μικροκυμάτων.
- Λάμπες υπέρυθρων.
- Θεραπεία με υπεριώδες φως.
- Φωτοθεραπεία (LASER, LED).

ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΑ ΜΕΣΑ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

- Θερμοθεραπεία.
- Κρυοθεραπεία.

ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΑ ΜΕΣΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

- Ρεύματα ηλεκτροδιέγερσης.
- Βιοανάδραση.
- Ιοντοφόρηση.

ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΑ ΜΕΣΑ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

- Υπέρηχοι.
- Εξωσωματική θεραπεία με κρουστικά κύματα.

ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΑ ΜΕΣΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

- Διαλείπουσα συμπίεση.
- Έλξη.
- Μαλάξεις.
- Δόνηση.

ιστούς που την απορροφούν. Οι θεραπείες με υπέρηχους επίσης θερμαίνουν τους ιστούς διαμέσου των οποίων μεταδίδονται τα ηχητικά κύματα. Παρόλο που όλες οι θεραπείες που χρησιμοποιούν ηλεκτρική, ηλεκτρομαγνητική ή ηχητική ενέργεια θερμαίνουν τους ιστούς, ο φυσικός μηχανισμός δράσης τους είναι διαφορετικός.³

Ο μηχανισμός δράσης κάθε θεραπευτικού μέσου εξαρτάται από τη μορφή ενέργειας που χρησιμοποιείται κατά την εφαρμογή του. Οι διάφορες μορφές ενέργειας παράγονται και μεταβιβάζονται με διαφορετικούς μηχανισμούς. Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια παράγεται τυπικά από μία πηγή υψηλής ενέργειας και μεταβιβάζεται με την

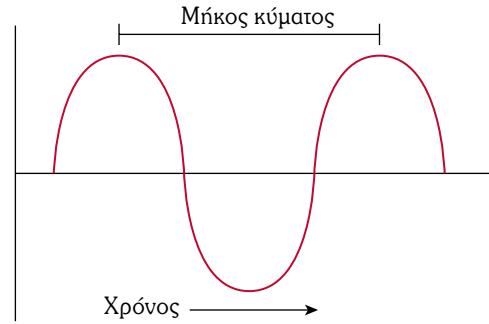
κίνηση των φωτονίων. Η θερμική ενέργεια μπορεί να μεταβιβαστεί μέσω αγωγής, δηλαδή με τη ροή της θερμικής ενέργειας μεταξύ αντικειμένων που βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους. Η ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται σε ηλεκτρικά πεδία και αποδίδεται με την κίνηση των φορτισμένων σωματιδίων. Οι ακουστικές δονήσεις παράγουν ηχητικά κύματα τα οποία μπορούν να διέλθουν από ένα μέσο. Κάθε μορφή ενέργειας και ο μηχανισμός της μεταφοράς της θα συζητηθούν με περισσότερες λεπτομέρειες, ώστε να παρασχεθούν οι επιστημονικές βάσεις για την κατανόηση των θεραπευτικών μέσων.⁴

Λήψη Κλινικών Αποφάσεων Άσκηση 1-1

Για την αντιμετώπιση του πόνου μπορούν να χρησιμοποιηθούν αρκετά θεραπευτικά μέσα. Από τα μέσα που αναφέρονται, ποια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη ρύθμιση του πόνου και ποια θα πρέπει να προτείνει ο φυσικοθεραπευτής ως τα ιδανικά για χρήση αμέσως μετά από μία κάκωση;

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η ακτινοβολία είναι μία διαδικασία μέσω της οποίας η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια ταξιδεύει μέσα στο χώρο από την πηγή της προς τα έξω.⁵ Το ηλιακό φως είναι ένας ορατός τύπος ακτινοβόλου ενέργειας και γνωρίζουμε ότι όχι μόνο καθιστά τα αντικείμενα ορατά αλλά και παράγει θερμότητα. Ο ήλιος εκπέμπει ένα φάσμα ορατής και αόρατης ακτινοβόλου ενέργειας χωρίς μάζα, καθώς και σωματίδια υψηλής ενέργειας λόγω χημικών και πυρηνικών αντιδράσεων υψηλής έντασης. Οι εκπομπές ακτινοβόλου ενέργειας χωρίς μάζα από τον ήλιο ονομάζονται φωτόνια. Το φωτόνιο είναι ο φορέας ενέργειας από τον οποίο αποτελείται όλη η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Τα φωτόνια ταξιδεύουν ως κύματα με την ταχύτητα του φωτός, δηλαδή περίπου 300 εκατομμύρια μέτρα ανά δευτερόλεπτο. Καθώς τα φωτόνια έχουν όλα την ίδια ταχύτητα, διακρίνονται από ιδιότητες όπως το μήκος κύματος και η συχνότητα, καθώς και από την ποσότητα της ενέργειας που μεταφέρει το καθένα από αυτά.



Εικόνα 1-1. Μήκος κύματος και συχνότητα.

Η Σχέση Ανάμεσα στο Μήκος Κύματος και στη Συχνότητα

Το μήκος κύματος ορίζεται ως η απόσταση ανάμεσα στις κορυφές δύο διαδοχικών κυμάτων. Ως συχνότητα ορίζεται ο αριθμός των κυματικών ταλαντώσεων που παρατηρείται σε μία ορισμένη μονάδα του χρόνου και συνήθως εκφράζεται σε Hertz (Hz). Ένα Hertz ισούται με μία ταλάντωση ανά δευτερόλεπτο (**Εικόνα 1-1**).

Επειδή όλες οι μορφές της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μεταδίδονται με σταθερή ταχύτητα στο χώρο, τα φωτόνια με μεγαλύτερο μήκος κύματος έχουν χαμηλότερη συχνότητα ενώ τα φωτόνια με μικρότερο μήκος κύματος έχουν μεγαλύτερη συχνότητα.⁶ Η εξίσωση που ακολουθεί είναι χρήσιμη για τους υπολογισμούς που αφορούν την ταχύτητα, το μήκος κύματος και τη συχνότητα των κυμάτων.

$$\text{Ταχύτητα} = \text{μήκος κύματος} \times \text{συχνότητα}$$

$$c = \lambda \times \nu$$

Το μήκος κύματος και η συχνότητα είναι αντίστροφως ανάλογα μεγέθη. Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος ενός κύματος, τόσο μικρότερη θα πρέπει να είναι και η συχνότητά του. Η ταχύτητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην παραπάνω εξίσωση είναι σταθερή και ίση με 3×10^8 m/sec. Αν γνωρίζουμε το μήκος οποιουδήποτε κύματος, είναι δυνατό να υπολογίσουμε και τη συχνότητά του. Κάθε φορά που έχουμε να κάνουμε με ηλεκτρομαγνητική ενέργεια οποιασδήποτε μορφής, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την ταχύτητα του φωτός (3×10^8 m/sec) στην προηγούμε-

νη εξίσωση. Η ταχύτητα αυτή δεν είναι κατάλληλη για τα κύματα ηλεκτρικής ή ηχητικής ενέργειας, τα οποία δεν ταξιδεύουν με την ταχύτητα του φωτός.⁷

Η άλλη εξίσωση που έχει σημασία για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι η εξίσωση της ενέργειας. Η ενέργεια ενός φωτονίου είναι ευθέως ανάλογη της συχνότητάς του. Αυτό σημαίνει ότι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με υψηλότερη συχνότητα έχει και υψηλότερη ενέργεια. Η αρχή αυτή έχει σχέση με τις επιδράσεις που μπορεί να έχει κάθε μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στους ιστούς.

$$E = h \times \nu$$

(Το γράμμα h αντιπροσωπεύει τη σταθερά του Planck, της οποίας η τιμή είναι $6,626 \times 10^{-34}$ Js. Όταν η σταθερά του Planck πολλαπλασιάζεται με τη συχνότητα σε δονήσεις ανά δευτερόλεπτο, το αποτέλεσμα είναι η τυπική μονάδα ενέργειας σε Joules.)

Το Φάσμα της Ηλεκτρομαγνητικής Ενέργειας

Αν μία ακτίνα ηλιακού φωτός διέλθει μέσα από ένα πρίσμα, θα αναλυθεί σε διάφορα χρώματα με ένα προβλέψιμο μοτίβο ουράνιου τόξου που περιλαμ-

βάνει το ερυθρό, το πορτοκαλί, το κίτρινο, το πράσινο, το μπλε, το ινδικό και το ιώδες (**Εικόνα 1-2**). Το εύρος των χρωμάτων που μπορούμε να ανιχνεύσουμε με τα μάτια μας είναι γνωστό ως φάσμα του ορατού φωτός ή της φωτεινής ακτινοβολίας (**Εικόνα 1-3**). Καθένα από τα χρώματα αυτά αντιστοιχεί σε ένα φωτόνιο διαφορετικής ενέργειας. Φαίνονται ως διαφορετικά χρώματα επειδή οι διάφορες μορφές της ακτινοβόλου ενέργειας διαθλώνται, δηλ. αλλάζουν κατεύθυνση, λόγω των διαφορών στο μήκος κύματος και στη συχνότητα των φωτονίων. Όταν διέρχεται από ένα πρίσμα, ο τύπος της ακτινοβόλου ενέργειας που διαθλάται λιγότερο λαμβάνει το ερυθρό χρώμα, ενώ εκείνος που διαθλάται περισσότερο λαμβάνει το ιώδες χρώμα.⁷ Το φως με το μεγαλύτερο μήκος κύματος έχει ερυθρό χρώμα και χαμηλή ενέργεια, ενώ το φως με το μικρότερο μήκος κύματος είναι το ιώδες και έχει σχετικά υψηλότερη ενέργεια.

Αυτή η δέσμη της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από τον ήλιο που διέρχεται μέσα από το πρίσμα περιλαμβάνει επίσης μορφές ακτινοβόλου ενέργειας που δεν είναι ορατές με το γυμνό μάτι.² Αν τοποθετηθεί ένα θερμόμετρο κοντά στο ερυθρό άκρο του φάσματος του ορατού φωτός, η θερμοκρασία που δείχνει θα αυξηθεί. Αυτό συμβαίνει γιατί υπάρχει αόρατη ακτινοβολία με μεγα-



(c) ktsdesign/Getty Images

Εικόνα 1-2. Όταν μία δέσμη φωτός διέρχεται μέσα από ένα πρίσμα, οι διάφορες ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες του ορατού φωτός διαθλώνται και φαίνονται σε διακριτές έγχρωμες ταινίες που ονομάζονται φάσμα.



Εικόνα 1-3. Φάσμα του ορατού φωτός

λύτερο μήκος κύματος από το ερυθρό φως που ονομάζεται υπέρυθη ακτινοβολία, η οποία απορροφάται από το θερμόμετρο. Έτσι το θερμόμετρο θερμαίνεται, όπως ακριβώς το φως του ήλιου μπορεί να ζεστάνει το δέρμα σας καθώς απορροφάται από αυτό. Παρομοίως, ένα φωτογραφικό φιλμ που τοποθετείται κοντά στο ιώδες άκρο του φάσματος του ορατού φωτός μπορεί να εμφανιστεί από τη δράση μίας άλλης μορφή αόρατης ακτινοβολίας του ήλιου, που ονομάζεται υπεριώδης ακτινοβολία. Η υπέρυθη ακτινοβολία έχει χαμηλότερη ενέργεια απ' ό,τι το ερυθρό φως. Η υπεριώδης ακτινοβολία έχει υψηλότερη ενέργεια απ' ό,τι το ιώδες φως. Σχεδόν όλη η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που παράγεται από τον ήλιο είναι αόρατη. Το σύνολο του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος περιλαμβάνει ραδιοφωνικά και τηλεοπτικά κύματα, βραχέα κύματα, μικροκύματα, υπέρυθρες ακτίνες, ακτίνες ορατού φωτός, υπεριώδεις ακτίνες, ακτίνες Χ και ακτίνες γ (Πίνακας 1-2).

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα ταξινομεί όλα τα ηλεκτρομαγνητικά μέσα με βάση το μήκος κύματος και την αντίστοιχη συχνότητα. Είναι προφανές, λόγου χάρη, ότι οι διαθερμίες βραχέων κυμάτων έχουν το μεγαλύτερο μήκος κύματος και τη χαμηλότερη συχνότητα, ενώ εφόσον όλοι οι υπόλοιποι παράγοντες είναι ίσοι, θα πρέπει να έχουν και το μεγαλύτερο βάθος διείσδυσης. Καθώς προχωρούμε προς τα κάτω στον πίνακα, το μήκος κύματος σε κάθε περιοχή γίνεται προοδευτικά μικρότερο και οι συχνότητες προοδευτικά μεγαλύτερες. Οι διαθερμίες, οι διάφορες μορφές θέρμανσης με υπέρυθη ακτινοβολία και η περιοχή του υπεριώδους φωτός χαρακτηρίζονται από προοδευτικά μικρότερο βάθος διείσδυσης.⁸

Σημειώνεται ότι οι περιοχές που χαρακτηρίζονται ως συχνότητες ραδιοφωνικών και τηλεοπτικών κυμάτων, καθώς και οι υψηλής συχνότητας ιονίζουσες και διεισδυτικές ακτινοβολίες χαρακτηρίζονται επίσης ως ηλεκτρομαγνητικές ακτινο-

βολίες. Ωστόσο, δεν έχουν κάποια εφαρμογή στα θεραπευτικά μέσα και παρόλο που έχουν πολύ μεγάλη σημασία για την καθημερινή μας ζωή δε χρειάζεται να αναφερθούν περαιτέρω στα πλαίσια της παρούσας συζήτησης.

Πώς Παράγεται η Ηλεκτρομαγνητική Ενέργεια;

Διάφορες μορφές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν από τους φυσικοθεραπευτές για τη θεραπεία των ασθενών, δεδομένου ότι είναι δυνατό να παραχθούν και να διοχετευθούν με ασφαλείς και οικονομικούς τρόπους.⁹ Είναι γνωστό ότι οι υπεριώδεις ακτίνες, οι υπέρυθρες ακτίνες και οι ακτίνες του ορατού φωτός παράγονται με τη θέρμανση αντικειμένων όπως είναι ένα λεπτό σύρμα σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Τα αντικείμενα αποτελούνται από άτομα, τα οποία με τη σειρά τους αποτελούνται από θετικά φορτισμένους πυρήνες που περιβάλλονται από αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια. Καθώς η θερμοκρασία μίας συγκεκριμένης ουσίας αυξάνεται, τα φορτισμένα υποατομικά σωματίδια μέσα σε αυτή δονούνται ταχύτερα λόγω αύξησης της διαθέσιμης ενέργειας. Η ταχεία κίνηση κάθε φορτισμένου σωματιδίου, όπως είναι τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια μέσα στα άτομα, παράγει ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες, ο αριθμός των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που παράγονται και η μέση συχνότητά τους αυξάνονται.⁷ Αυτός είναι ο τρόπος με τον οποίο λειτουργούν οι λαμπτήρες πυρακτώσεως που χρησιμοποιούμε στο σπίτι μας. Η ηλεκτρική ενέργεια θερμαίνει τα σύρματα σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα να εκπέμπουν ακτινοβολία. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που παράγονται από τα θερμαινόμενα σύρματα περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα ακτινοβολίας και απαιτούν μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Με