



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΝΗΛΙΚΩΝ ΗΜΙΠΑΛΗΓΙΚΩΝ ΑΣΘΕΝΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ



Σπουδαστές

ΜΠΑΤΣΕΛΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΓΟΥΝΕΛΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ-ΧΡΙΣΤΟΣ

Επιβλέπων Καθηγητής

ΜΠΑΝΙΑ ΘΕΟΦΑΝΗ

ΑΙΓΙΟ-2018

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία δημιουργήθηκε με σκοπό να εξετάσει την αποτελεσματικότητα της ρομποτικής τεχνολογίας στην αποκατάσταση της κινητικότητας και λειτουργικότητας ενηλίκων ημιπληγικών επιζώντων αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου.

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας θα αναφερθούν τα κύρια χαρακτηριστικά των εγκεφαλικών επεισοδίων, οι παράγοντες κίνδυνου, τα συμπτώματα, τα διαγνωστικά μέσα και η ιατρική τους αντιμετώπιση.

Το δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας επικεντρώνεται στην φυσιοθεραπευτική αντιμετώπιση των κινητικών προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι ημιπληγικοί ασθενείς και πιο συγκεκριμένα στην χρήση και αποτελεσματικότητα των ρομποτικών μέσων αποκατάστασης, ως συμπλήρωμα των παραδοσιακών φυσιοθεραπευτικών μεθόδων. Έπειτα, θα δοθεί μια γενική εικόνα των πιο διαδεδομένων ρομποτικών συσκευών τόσο για τα άνω, όσο και τα κάτω άκρα. Τέλος, θα συζητηθεί η σχέση της νέας αυτής προσέγγισης με τις παραδοσιακές μεθόδους φυσιοθεραπευτικής αντιμετώπισης, καθώς και ο πιθανός μελλοντικός ρόλος της ρομποτικής τεχνολογίας στον χώρο της αποκατάστασης.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
 <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι</b>	
<b>1.1 Παθοφυσιολογία αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Κλινικές εκδηλώσεις /συμπτώματα εγκεφαλικού.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Παράγοντες κινδύνου.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Επιπλοκές.....</b>	<b>7</b>
 <b>1.5 Είδη αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων.....</b>	<b>8</b>
1.5.1 Ισχαιμικά εγκεφαλικά επεισόδια.....	8
1.5.2 Παροδικά ισχαιμικά επεισόδια.....	9
1.5.3 Αιμορραγικά εγκεφαλικά επεισόδια.....	9
 <b>1.6 Διαχείριση αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων.....</b>	<b>12</b>
1.6.1 Διάγνωση.....	12
1.6.2 Θεραπεία οξείας φάσης ισχαιμικών εγκεφαλικών επεισοδίων.....	15
1.6.3 Θεραπεία οξείας φάσης αιμορραγικών εγκεφαλικών επεισοδίων.....	17
 <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ</b>	
<b>2.1 Λειτουργική αποκατάσταση.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2 Αρχές που διέπουν τη λειτουργική αποκατάσταση.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3 Κατηγοριοποίηση προγραμμάτων λειτουργικής αποκατάστασης.....</b>	<b>23</b>
<b>2.4 Η ρομποτική στο χώρο της αποκατάστασης.....</b>	<b>26</b>
<b>2.5 Χαρακτηριστικά ρομποτικών μέσων.....</b>	<b>27</b>
<b>2.6 Συσκευές ρομποτικής αποκατάστασης.....</b>	<b>31</b>
<b>2.7 Συμπεράσματα.....</b>	<b>38</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>44</b>

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες νοσηρότητας και θνητότητας παγκοσμίως, παρόλο που το 80% των περιπτώσεων θα μπορούσε να προληφθεί με κάποιες απλές αλλαγές του τρόπου ζωής μας και αντιμετωπίζοντας εγκαίρως τους παράγοντες κινδύνου (Allen & Bayraktutan, 2008). Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία της Αμερικανικής εταιρίας εγκεφαλικού (ASA), κάθε χρόνο στις ΗΠΑ περίπου 800 χιλιάδες άτομα βιώνουν ένα νέο ή υποτροπιάζον αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο (Yang et al., 2017), ενώ παράλληλα στην Ευρώπη, πάνω από 1.1 εκατομμύριο εγκεφαλικά επεισόδια καταγράφονται ετησίως (Krebs & Volpe, 2013).

Το 70-85% των αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων, συνοδεύονται από ημιπληγία και οι περισσότεροι επιζώντες ζουν με χρόνια αναπηρία (Rosamond et al., 2008). Τα κινητικά ελλείμματα της ημιπληγίας, περιορίζουν την κινητική ικανότητα και την ανεξαρτησία των ασθενών, δημιουργώντας σοβαρή σωματική επιβάρυνση στους συγγενείς ή τους φροντιστές τους και οδηγούν σε μια συνολικά χαμηλότερη ποιότητα ζωής (Yang et al., 2017). Τα προγράμματα φυσιοθεραπευτικής αποκατάστασης θεωρούνται ως ο πιο αποτελεσματικός τρόπος να επανακτήσουν οι ημιπληγικοί ασθενείς την χαμένη τους κινητική ικανότητα και να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής τους μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο (Chang & Kim, 2013). Ωστόσο, η επιτυχής λειτουργική αποκατάσταση απαιτεί ισχυρή θέληση και προσπάθεια τόσο από πλευρά του ασθενούς, όσο και από την πλευρά του φυσιοθεραπευτή. Αυτό δημιουργεί υπερβολική κόπωση στους δεύτερους και λόγω έλλειψης προσωπικού, καθώς και λόγω οικονομικών περιορισμών, η διάρκεια του διαθέσιμου χρόνου θεραπείας σταδιακά μειώνεται όλο και περισσότερο (Maciejasz et al., 2014). Επιπλέον, με τη γήρανση και τη διαρκή αύξηση του πληθυσμού, η ζήτηση υπηρεσιών αποκατάστασης αυξάνεται συνεχώς, ενώ παράλληλα ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ), εκτιμά ότι στην Ευρώπη τα περιστατικά αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων θα αυξηθούν κατά 30% μεταξύ του 2000 και 2025 (Truelsen et al., 2006; Hatem et al., 2016).

Όλοι αυτοί οι παράγοντες, δημιουργούν τόσο την ανάγκη όσο και την ευκαιρία, να αναπτυχθούν νέες τεχνολογίες όπως η ρομποτική, με στόχο να μειώσουν το φόρτο και να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα και τη παραγωγικότητα των φυσιοθεραπευτών, στην προσπάθεια τους να αποκαταστήσουν άτομα που αντιμετωπίζουν κινητικά προβλήματα και αναπηρία (Krebs et al., 2008; Krebs & Volpe, 2013). Η ρομποτική τεχνολογία παρουσιάζει δύο κύρια πεδία εφαρμογής στον χώρο της λειτουργικής αποκατάστασης, τα βοηθητικά και τα θεραπευτικά ρομπότ, η παρούσα εργασία θα εστιάσει μόνο στη χρησιμότητα των θεραπευτικών ρομπότ αποκατάστασης, σε ασθενείς με αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο (Maciejasz et al., 2014).

Τα βοηθητικά ρομπότ είναι μια ειδική κατηγορία ορθωτικών μέσων, που υποστηρίζουν τις κινήσεις ατόμων με κινητικά προβλήματα στις καθημερινές τους δραστηριότητες, με σκοπό να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής τους. Παρόλο που υπάρχει σημαντική ανάγκη για συσκευές αυτού του είδους, υπάρχουν πολύ λίγες τέτοιες προτάσεις μέχρι στιγμής και αυτό οφείλεται κυρίως σε τεχνικούς και οικονομικούς περιορισμούς (Maciejasz et al., 2014).

Τα θεραπευτικά ρομπότ αντιθέτως, είναι μία ευρέως διαδεδομένη και πολύ μεγαλύτερη ομάδα συσκευών, που δημιουργήθηκε για να προσφέρει θεραπευτική άσκηση. Η πλειοψηφία των συγκεκριμένων συσκευών μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε θεραπευτικά ιδρύματα, καθώς απαιτείται επιτήρηση από εξειδικευμένο προσωπικό και η τιμή τους για προσωπική χρήση συχνά είναι απαγορευτική (Maciejasz et al., 2014). Το σημαντικότερο πλεονέκτημα που προσφέρει η χρήση των θεραπευτικών ρομπότ είναι η δυνατότητα να παρέχουν μεγάλη δόσολογία και υψηλής έντασης άσκηση, με μεγάλη ακρίβεια και ελεγχόμενο ρυθμό (Sivan et al., 2011). Οι ιδιότητες αυτές, την καθιστούν μια πολλά υποσχόμενη νέα τεχνολογία στον χώρο της λειτουργικής αποκατάστασης, τόσο των εγκεφαλικών επεισοδίων, όσο και άλλων νευρολογικών διαταραχών ή κακώσεων του κεντρικού νευρικού συστήματος (Chang & Kim, 2013).

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## 1.1 Παθοφυσιολογία αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων

Το αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο ορίζεται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) ως μια οξεία νευρολογική δυσλειτουργία αγγειακής αιτιολογίας, που παραμένει για πάνω από 24 ώρες ή οδηγεί σε θάνατο (Kollen et al., 2009). Τα εγκεφαλικά επεισόδια οφείλονται σε μείωση ή διακοπή της αιματικής παροχής ενός τμήματος του εγκεφάλου, η έλλειψη αιμάτωσης οδηγεί σε μια πολυσύνθετη παθοφυσιολογική αντίδραση του οργανισμού, που έχει σαν αποτέλεσμα τον τραυματισμό του νευρικού ιστού, επιφέροντας παροδική ή ακόμη και μόνιμη αναπηρία (George & Steinberg, 2015).

## 1.2 Κλινικές εκδηλώσεις /συμπτώματα εγκεφαλικού

Κάθε περίπτωση αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου, θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως μια ιατρικά επείγουσα κατάσταση. Η εμφάνιση των συμπτωμάτων είναι αιφνίδια και χωρίς καμία προειδοποίηση, για το λόγο αυτό έχει ύψιστη σημασία η έγκαιρη αναγνώριση τους ώστε να δράσουμε άμεσα, καλώντας το ΕΚΑΒ για να λάβει ο παθόντας το συντομότερο δυνατόν την απαραίτητη ιατρική περίθαλψη (Ringleb et al., 2008).

Τα πέντε καθιερωμένα κλινικά σημεία /συμπτώματα που εκδηλώνονται κατά το συμβάν είναι (Nicol & Thrift, 2005):

- Ξαφνικό μούδιασμα ή αδυναμία στο πρόσωπο, τα άνω και τα κάτω άκρα, ιδίως στη μια πλευρά του σώματος.
- Σύγχυση, διαταραχή ομιλίας και δυσκολία κατανόησης του λόγου.
- Διαταραχή όρασης στο ένα ή και στα δύο ματιά.
- Ζάλη, προβλήματα βάδισης, ισορροπίας και προσανατολισμού.
- Ξαφνικός ισχυρός πονοκέφαλος χωρίς γνωστή αιτία.

## **1.3 Παράγοντες κινδύνου**

### Μη τροποποιήσιμοι παράγοντες κινδύνου

#### **Ηλικία**

Οι επιπτώσεις της γήρανσης στο καρδιαγγειακό σύστημα αυξάνουν σημαντικά τον κίνδυνο ισχαιμικού εγκεφαλικού επεισοδίου και ενδοεγκεφαλικής αιμορραγίας (Asplund et al., 2009).

#### **χαμηλό βάρος γέννησης**

Τα ποσοστά θνησιμότητας ενηλίκων από εγκεφαλικά επεισόδια είναι υψηλότερα σε άτομα με χαμηλότερο βάρος γέννησης (Barker & Lackland, 2003).

#### **Φυλή /εθνικότητα**

Σύμφωνα με τις επιδημιολογικές μελέτες οι αφρικάνικες και μερικές ισπανικές/λατινικές φυλές παρουσιάζουν αυξημένο κίνδυνο πρόκλησης εγκεφαλικού επεισοδίου, καθώς και υψηλότερα ποσοστά θνητότητας σε σχέση με τις καυκάσιες φυλές (Cruz-Flores et al., 2011).

#### **Γενετικοί παράγοντες**

Το θετικό οικογενειακό ιστορικό εγκεφαλικών επεισοδίων αυξάνει τον κίνδυνο πρόκλησης εγκεφαλικού έως και 30% (Flossmann et al., 2004).

## Τροποποιήσιμοι παράγοντες κινδύνου

### **Αρτηριακή υπέρταση**

Η μακροχρόνια υπέρταση οδηγεί σε υπερτασική αγγειοπάθεια, η οποία προκαλεί μικροσκοπικές εκφυλιστικές αλλοιώσεις στα τοιχώματα μικρού και μεσαίου μεγέθους εγκεφαλικών αρτηριών, αυξάνοντας τον κίνδυνο ενδοεγκεφαλικής αιμορραγίας.

### **Έλλειψη φυσικής δραστηριότητας**

Η έλλειψη φυσικής δραστηριότητάς σχετίζεται με πολυάριθμες δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία, οι σωματικά δραστήριοι άνθρωποι μειώνουν την πιθανότητα πρόκλησης αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου έως και κατά 30%.

### **Δίαιτα-Διατροφικές συνήθειες**

Η υπερβολική πρόσληψη νατρίου, η χαμηλή πρόσληψη καλίου, η υψηλή κατανάλωση αλκοόλ και η παχυσαρκία αυξάνουν την αρτηριακή πίεση. Δίαιτες φτωχές σε νάτριο και πλούσιες σε φρούτα και λαχανικά όπως η μεσογειακή, μειώνουν την αρτηριακή πίεση και συνεπώς τον κίνδυνο πρόκλησης αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου (Eckel et al., 2013; Go et al., 2014).

### **Χρήση τοξικών ουσιών**

Η κατάχρηση συμπαθομιμητικών ουσιών όπως η κοκαΐνη, βλάπτει τα αιμοφόρα αγγεία, αυξάνοντας τον κίνδυνο πρόκλησης ενδοεγκεφαλικής αιμορραγίας (Martin-Schild et al., 2010).



## **Εγκεφαλικά ανευρύσματα και αρτηριοφλεβική δυσπλασία**

Δυο από τις συχνότερες αιτίες πρόκλησης αιμορραγικών αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων (Meschia et al., 2014).

## **Δυσλιπιδαιμία**

Η υψηλή συνολική χοληστερόλη αποτελεί παράγοντα κινδύνου για ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο (Meschia et al., 2014).

## **Κάπνισμα**

Σχεδόν κάθε εκτίμηση παραγόντων κινδύνου για αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο, προσδιορίζει το κάπνισμα ως ένα ισχυρό παράγοντα κινδύνου. Το κάπνισμα είτε ενεργητικό είτε παθητικό, διπλασιάζει τον κίνδυνο πρόκλησης αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου, καθώς βλάπτει τα αιμοφόρα αγγεία, αυξάνοντας την αρτηριακή πίεση και προκαλώντας αθηροσκλήρωση (Meschia et al., 2014).

## **Σακχαρώδης διαβήτης**

Τα άτομα με σακχαρώδη διαβήτη είναι επιρρεπείς σε αθηροσκλήρωση και παρουσιάζουν υπέρταση και δυσλιπιδαιμία, οι παράγοντες διπλασιάζουν τον κίνδυνο πρόκλησης εγκεφαλικού επεισοδίου (Meschia et al., 2014).

## **Καρδιακές παθήσεις**

Παθολογικές καταστάσεις όπως στεφανιαία νόσος, μυοκαρδιοπάθεια, καρδιακή ανεπάρκεια και κολπική μαρμαρυγή, ευνοούν τη δημιουργία θρόμβων και συνεπώς την πρόκληση ισχαιμικού εγκεφαλικού επεισοδίου (Meschia et al., 2014).

## **1.4 Επιπλοκές**

Το 30-60% των ασθενών εμφανίζουν τις παρακάτω επιπλοκές (Goldstein, 2014):

### **Πυρετός**

#### **Εν τω βάθει φλεβική Θρόμβωση και μυϊκή ατροφία**

Τα μεγάλα διαστήματα ακινησίας ευνοούν θρομβώσεις των φλεβών στα κάτω άκρα και επιφέρουν μείωση της μάζας και της ελαστικότητας των μυών.

#### **Δυσφαγία και πνευμονία από εισρόφηση**

Αν το σημείο του εγκεφάλου που επηρέασε το εγκεφαλικό επεισόδιο είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο των μυών που λειτουργούν κατά την κατάποση, δημιουργείται κίνδυνος εισρόφησης τροφών και υγρών στο τραχειοβρογχικό δέντρο, προκαλώντας πνευμονία. Επίσης, η έκπτωση του επιπέδου συνείδησης οδηγεί σε απώλεια των νευρολογικών αντανακλαστικών που προστατεύουν τους αεροφόρους οδούς του ασθενούς, θέτοντας τον σε κίνδυνο υποξίας, υπερκαπνίας και εισρόφησης.

#### **Απώλεια ελέγχου ουροδόχου κύστης και δυσκοιλιότητα**

Ορισμένα εγκεφαλικά επηρεάζουν τη λειτουργία των μυών της ούρησης και του παχέος εντέρου. Σε αυτές τις περιπτώσεις θα χρειαστεί εφαρμογή ουροκαθετήρα μέχρι να ανακτήσει ο ασθενής τον έλεγχο της ουροδόχου κύστης, ωστόσο αυτό αυξάνει τον κίνδυνο λοίμωξης του ουροποιητικού συστήματος.

#### **Κατάθλιψη**

Μια προοπτική μελέτη διαπίστωσε ότι το 10-20% των επιζώντων εγκεφαλικού επεισοδίου, είναι καταθλιπτικοί έως και 3 μήνες μετά το συμβάν (El Husseini et al., 2012).

## **1.5 Είδη Αγγειακών Εγκεφαλικών Επεισοδίων (ΑΕΕ)**

### **1.5.1 Ισχαιμικά εγκεφαλικά επεισόδια**

Τα ισχαιμικά αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια αποτελούν την πλειοψηφία των αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων και οφείλονται στην οξεία απόφραξη μεγάλου ή μεσαίου μεγέθους αρτηριών της εγκεφαλικής κυκλοφορίας (Roger et al., 2011 ; Τσιβγούλης et al., 2012). Η περιοχή της ισχαιμίας αποτελείται από μία κεντρική εστία, όπου έχει επέλθει ήδη η πλήρης και μη αναστρέψιμη νέκρωση των νευρώνων και την περιφερική «λυκοφωτική» ζώνη γύρω από τον πυρήνα του εμφράκτου, όπου η ισχαιμία δεν είναι πλήρης, αλλά διατηρείται μια μειωμένη παροχή αίματος. Οι νευρώνες αυτής της περιοχής εμφανίζουν μια λειτουργική διαταραχή η οποία είναι δυνητικά αναστρέψιμη, η ανάκαμψη τους εξαρτάται αποκλειστικά από την αποκατάσταση της αιματικής ροής στην ισχαιμούσα περιοχή του εγκεφάλου και την επανακαναλοποίηση του αποφραχθέντος αγγείου (Rha & Saver, 2007).

Η απόφραξη των αγγείων μπορεί να επέλθει με δύο τρόπους, θρόμβωση ή εμβολή, οδηγώντας αντίστοιχα σε θρομβωτικό ή εμβολικό ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο.

#### **▪ Θρομβωτικό ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο**

Ένας θρόμβος έχει σχηματιστεί μέσα σε μια στενή αρτηρία του εγκεφάλου και προκαλεί ισχαιμία.

#### **▪ Εμβολικό ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο**

Ένας θρόμβος δημιουργήθηκε κάπου αλλού εντός του αρτηριακού δικτύου και ταξιδεύοντας μέσω της κυκλοφορίας του αίματος, σφήνωσε σε μια στενή αρτηρία του εγκεφάλου εμποδίζοντας την ροή του αίματος.

### **1.5.2 Παροδικά Ισχαιμικά Επεισόδια**

Γνωστό και ως “μίνι εγκεφαλικό” το παροδικό ισχαιμικό επεισόδιο ορίζεται ως ένα επεισόδιο νευρολογικής δυσλειτουργίας από εστιακή εγκεφαλική ισχαιμία, με πλήρη ανάρρωση μέσα σε 24 ώρες. Έχει παρατηρηθεί ότι η πλειοψηφία τους επιλύεται εντός μίας ώρας (Yew & Cheng, 2009). Το παροδικό ισχαιμικό επεισόδιο δεν αφήνει μόνιμη εγκεφαλική βλάβη ή μόνιμη αναπηρία, απαιτεί όμως προσοχή, ταχεία δράση και ιατρική περίθαλψη όπως κάθε άλλο είδος αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου. Ο κίνδυνος πρόκλησης αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου μετά από ένα παροδικό ισχαιμικό επεισόδιο ανέρχεται περίπου στο 3-10% εντός των πρώτων δύο ημερών και 9-17% μέσα στον πρώτο τρίμηνο (Wu et al., 2007).

### **1.5.3 Αιμορραγικά εγκεφαλικά επεισόδια**

Τα αιμορραγικά εγκεφαλικά επεισόδια οφείλονται στην οξεία αιμορραγία εντός της κρανιακής κοιλότητας. Τα κρούσματα είναι πολύ λιγότερα σε σχέση με τα ισχαιμικά εγκεφαλικά επεισόδια, αντιπροσωπεύοντας μόλις το 20% όλων των εγκεφαλικών επεισοδίων. Ωστόσο, σχεδόν το ήμισυ του συνόλου των θανάτων που καταγράφονται, προέρχονται από εγκεφαλικά αιμορραγικού τύπου. Η οξεία ενδοκρανιακή αιμορραγία χωρίζεται ανάλογα με την περιοχή συσσώρευσης του αίματος σε δύο βασικές κατηγορίες, την υπαραχνοειδή και την ενδοεγκεφαλική αιμορραγία (Broderick et al., 1999; Juvela & Kase, 2006).

#### **▪ Υπαραχνοειδής αιμορραγία (SAH)**

Η υπαραχνοειδής αιμορραγία αναφέρεται στη συσσώρευση αίματος στον υπαραχνοειδή χώρο, μεταξύ της χοριοειδούς και αραχνοειδούς μήνιγγας, που περιβάλλουν και προστατεύουν το κεντρικό νευρικό σύστημα. Η αιτία της αιμορραγίας στη συγκεκριμένη περιοχή συνήθως είναι τραυματική, προερχόμενη από κάποια κρανιοεγκεφαλική κάκωση (Caceres & Goldstein, 2012).

Το 80% των μη τραυματικών περιπτώσεων οφείλεται στη ρήξη ενός εγκεφαλικού ανeurύσματος. Αneurύσμα ονομάζεται η παθολογική μόνιμη διάταση του τοιχώματος ενός αιμοφόρου αγγείου, καθώς ένα ανeurύσμα διογκώνεται, αυξάνεται και ο κίνδυνος ρήξης του, οδηγώντας σε ανεξέλεγκτη αιμορραγία (Caceres & Goldstein, 2012). Το υπόλοιπο 20% των μη τραυματικών περιπτώσεων σχετίζεται κυρίως με μη ανευρυσματικές φλεβικές αιμορραγίες, όγκους, αρτηριοφλεβική δυσπλασία ή άλλες αγγειακές παθήσεις (Caceres & Goldstein, 2012). Η κλινική παρουσίαση της υπαραχνοειδούς αιμορραγίας, είναι μία από τις πιο χαρακτηριστικές και ευδιάκριτες στο χώρο της ιατρικής επιστήμης. Περίπου το 80% των ασθενών που είναι σε θέση να δώσουν ιατρικό ιστορικό, την περιγράφουν ως "ο χειρότερος πονοκέφαλος της ζωής μου" (Connolly et al., 2012).

#### ▪ **Ενδοεγκεφαλική αιμορραγία (ICH)**

Η ενδοεγκεφαλική αιμορραγία παρουσιάζει διπλάσια συχνότητα σε σχέση με την υπαραχνοειδή και είναι πολύ πιθανότερο να οδηγήσει σε σοβαρή αναπηρία ή θάνατο. Οφείλεται στη ρήξη αρτηριών της εγκεφαλικής κυκλοφορίας και αιμορραγία τους εντός του εγκεφαλικού παρεγχύματος. Αρχικά, το αιμάτωμα που δημιουργείται ασκεί πίεση στο εγκεφαλικό παρέγχυμα, προκαλώντας άμεση μηχανική βλάβη στο νευρικό ιστό. Στη συνέχεια ο καταβολισμός των συστατικών του αίματος και του πλάσματος προκαλεί φλεγμονή, οίδημα και εναπόθεση σιδήρου από την αποικοδόμηση της αιμοσφαιρίνης, οδηγώντας σε δευτερογενείς εγκεφαλικές βλάβες και τελικά σε θάνατο των νευρικών κυττάρων (Argonowski & Zhao, 2011). Η κλινική παρουσίαση της ενδοεγκεφαλικής αιμορραγίας μπορεί να είναι δύσκολο να διακριθεί από ένα ισχαιμικό αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο, ευρήματα όπως έντονος πονοκέφαλος, εμετός, απώλεια συνείδησης, επιληπτικές κρίσεις, δυσκαμψία του αυχένα και αυξημένη αρτηριακή πίεση, μπορεί να παραπέμπουν σε αιμορραγικό εγκεφαλικό επεισόδιο, αλλά οριστική διάγνωση μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο μέσω των νευροαπεικονιστικών εξετάσεων (Caceres & Goldstein, 2012).

Η ενδοεγκεφαλική αιμορραγία ταξινομείται βάση την υποκείμενη αιτιολογία της σε πρωτοπαθή και δευτεροπαθή ενδοεγκεφαλική αιμορραγία. Το 85% των περιπτώσεων είναι πρωτοπαθούς αιτιολογίας και οφείλονται στη ρήξη μικρών αρτηριών του εγκεφάλου, που έχουν υποστεί βλάβη από υπερτασική αγγειοπάθεια ή αμυλοειδική εγκεφαλική αγγειοπάθεια. Τα συνηθέστερα αίτια δευτεροπαθούς ενδοεγκεφαλικής αιμορραγίας σχετίζονται με αγγειακές ανωμαλίες όπως η αρτηριοφλεβική δυσπλασία, όγκους, διαταραχές αιμόστασης, αιμορραγικές μετατροπές ισχαιμικών εγκεφαλικών επεισοδίων, κρανιοεγκεφαλικές κακώσεις και αγγειίτιδα (Rincon & Mayer, 2008; Vespa et al., 2013).

Έχει διαπιστωθεί ότι αιμορραγικά αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια δύναται επίσης να επέλθουν μετά από χειρουργικές επεμβάσεις της σπονδυλικής στήλης, όπως πεταλεκτομή, σπονδυλοδεσία, εκτομή όγκου, καθώς και επεμβάσεις των αρθρώσεων όπως η ολική αρθροπλαστική. Αν και κάτι τέτοιο συμβαίνει σπάνια, μπορεί να προκαλέσει σοβαρές συνέπειες και μεγάλο κίνδυνο θνητότητας. Οι βασικοί παράγοντες κινδύνου για αιμορραγικό εγκεφαλικό επεισόδιο μετά από επεμβάσεις σπονδυλικής στήλης, θεωρούνται η υπέρταση και οι διαταραχές πήκτικότητας του αίματος, ενώ για τους ασθενείς που υποβάλλονται σε χειρουργικές επεμβάσεις των αρθρώσεων, οι βασικοί παράγοντες κινδύνου είναι ο σακχαρώδης διαβήτης, παθήσεις της καρδιάς ή των νεφρών και διαταραχές της πνευμονικής κυκλοφορίας του αίματος (Yang et al, 2017).

#### ▪ **Ενδοκοιλιακή αιμορραγία (IVH)**

Περίπου το 45% των ενδοεγκεφαλικών και το 25% των υπαραχνοειδών αιμορραγιών, επεκτείνονται στις κοιλίες του εγκεφάλου. Η ενδοκοιλιακή επέκταση της αιμορραγίας είναι ένα ιδιαίτερα επιβαρυντικό προγνωστικό σημάδι, που συχνά οδηγεί σε οξεία αποφρακτική υδροκεφαλία και το αναμενόμενο ποσοστό θνητότητας κυμαίνεται μεταξύ 50% - 80% (Caceres & Goldstein, 2012).

## **1.6 Διαχείριση αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων**

Όλοι οι ασθενείς με οξύ αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο, έχουν ανάγκη ειδικής φροντίδας και η αντιμετώπιση τους συνιστάται να γίνεται σε Μονάδες Αυξημένης Φροντίδας Αγγειακών Εγκεφαλικών Επεισοδίων (ΜΑΦ/ΑΕΕ) ή Μονάδες Εντατικής Θεραπείας (ΜΕΘ) (Ringleb et al., 2008; Τσιβγούλης et al., 2012). Η σύγχρονη διαχείριση τους επικεντρώνεται στον περιορισμό έκτασης της εγκεφαλικής βλάβης και την πρόληψη των προαναφερθέντων επιπλοκών, βασίζεται σε ένα σύστημα το οποίο οργανώνει την παροχή υπηρεσιών νοσηλευτικής φροντίδας, ιατρικής αντιμετώπισης, δευτερογενούς πρόληψης και λειτουργικής αποκατάστασης (Goldstein, 2014).

### **1.6.1 Διάγνωση**

Αφού πρώτα εξασφαλιστεί η ακεραιότητα της καρδιοπνευμονικής λειτουργίας και η προστασία των αεροφόρων οδών του ασθενούς, ακολουθεί η λήψη ιατρικού ιστορικού και ταχεία διεξαγωγή εργαστηριακών και νευροαπεικονιστικών εξετάσεων με σκοπό την αξιόπιστη διάκριση μεταξύ ισχαιμικού και αιμορραγικού επεισοδίου και τον αποκλεισμό άλλων παθολογικών καταστάσεων που μιμούνται τα συμπτώματα του εγκεφαλικού επεισοδίου (Goldstein, 2014).

Αξίζει να σημειωθεί ότι αν και τα αιφνίδια νευρολογικά ελλείμματα, όπως η πάρεση του προσώπου, η αδυναμία των άκρων στη μια πλευρά του σώματος και η διαταραχή της ομιλίας είναι το σήμα κατατεθέν του εγκεφαλικού επεισοδίου, τα αρχικά συμπτώματα μπορεί να διαφέρουν. Πολλοί ασθενείς, ιδιαίτερα οι γυναίκες παρουσιάζουν μη παραδοσιακά πρώιμα συμπτώματα όπως, γενικευμένη αδυναμία, κόπωση και αλλαγή της ψυχολογικής τους κατάστασης, δυσκολεύοντας τη διάγνωση (Goldstein, 2014).

## Κλινική εξέταση

Η βαρύτητα των εγκεφαλικών επεισοδίων θα πρέπει να εκτιμάται με τη χρήση της Κλίμακας “National Institutes of Health Stroke Scale – NIHSS” από εκπαιδευμένο προσωπικό και η αρχική κλινική εξέταση θα πρέπει να περιλαμβάνει τα εξής (Ringleb et al., 2008):

- Εκτίμηση και παρακολούθηση της αναπνευστικής λειτουργίας.
- Εκτίμηση της δυσφαγίας / δυσκαταποσίας.
- Καρδιολογική εκτίμηση για το ενδεχόμενο συνυπάρχουσας καρδιακής νόσου, καταγραφή της αρτηριακής πίεσης και του καρδιακού ρυθμού.
- Μέτρηση του κορεσμού οξυγόνου με αισθητήρα παλμικής οξυμετρίας.

Ταυτόχρονα θα πρέπει να πραγματοποιείται εργαστηριακός έλεγχος και τοποθέτηση φλεβοκαθετήρα. Την εξέταση συμπληρώνει η λήψη ιατρικού ιστορικού, η οποία λαμβάνει υπόψη αγγειακούς παράγοντες κινδύνου, καρδιακά νοσήματα, λήψη φαρμάκων και παθολογικές καταστάσεις που προδιαθέτουν σε αιμορραγικές επιπλοκές ή μπορούν να μιμηθούν τα συμπτώματα του εγκεφαλικού επεισοδίου, όπως επιληπτικές κρίσεις, σηψαιμία και τοξικές ή μεταβολικές παθήσεις. Οι νεαροί ασθενείς θα πρέπει να ερωτώνται για χρήση τοξικών ουσιών ή αντισυλληπτικών και για ιστορικό λοιμώξεων, τραυματισμών ή ημικρανίας (Goldstein, 2014; Ringleb et al., 2008).

## Νευροαπεικονιστικές εξετάσεις

Οι νευροαπεικονιστικές εξετάσεις έφεραν επανάσταση στον τομέα διάγνωσης των εγκεφαλικών επεισοδίων. Με την απεικόνιση του εγκεφάλου έγινε πλέον δυνατή η διάκριση μεταξύ περιοχών που έχουν νεκρωθεί και περιοχών που μπορούν να διασωθούν, παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες για την θεραπευτική προσέγγιση και επιτρέποντας σε μερικές περιπτώσεις εκτιμήσεις για την έκβαση του ασθενούς (Ringleb et al., 2008).



#### ▪ **Αξονική / Μαγνητική τομογραφία εγκεφάλου (CT/MRI)**

Η αξονική τομογραφία θεωρείται επαρκής για τη διάγνωση αιμορραγικών εγκεφαλικών επεισοδίων, καθώς παρουσιάζει ποσοστό επιτυχίας 95% έως και 100% στην ανίχνευση αιμορραγίας στον υπαραχνοειδή χώρο κατά τις πρώτες 12 ώρες. Ωστόσο, αδυνατεί να ανιχνεύσει αξιόπιστα ένα ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο, ειδικά εάν είναι πολύ μικρό, ή βρίσκεται στο εγκεφαλικό στέλεχος και την παρεγκεφαλίδα (Yew & Cheng, 2009).

Η μαγνητική τομογραφία παρέχει καλύτερη ανάλυση από ότι η αξονική, συνεπώς είναι πιο αποτελεσματική στην ανίχνευση οξείας ισχαιμίας. Επίσης, είναι εξίσου αξιόπιστη με την αξονική τομογραφία στον εντοπισμό οξείας αιμορραγίας και μπορεί να διαγνώσει το ήμισυ περίπου του συνόλου των παροδικών ισχαιμικών επεισοδίων (Yew & Cheng, 2009). Παρά τα πλεονεκτήματά τους, οι μαγνητικοί τομογράφοι είναι λιγότερο διαθέσιμοι από ότι οι αξονικοί και η χρήση τους αντενδείκνυται σε ασθενείς με βηματοδότες ή κλειστοφοβία, καθώς και σε ασθενείς με αυξημένο κίνδυνο εμετού ή εισρόφησης (Yew & Cheng, 2009; Ringleb et al., 2008).

Οι ασθενείς στους οποίους υπάρχει υποψία υπαραχνοειδούς αιμορραγίας, αλλά οι νευροαπεικονιστικές εξετάσεις δεν επιβεβαίωσαν τη διάγνωση, υποβάλλονται σε οσφουονωτιαία παρακέντηση για ανίχνευση αίματος στο εγκεφαλονωτιαίο υγρό (Steiner et al., 2013).

#### ▪ **Αξονική / Μαγνητική αγγειογραφία (CTA/MRA)**

Οι διαγνωστικές αυτές εξετάσεις απεικονίζουν τα μεγάλα αιμοφόρα αγγεία του εγκεφάλου. Έχουν τη δυνατότητα να ανιχνεύσουν αρτηριακές αποφράξεις ή αγγειακές ανωμαλίες όπως ανευρύσματα και αρτηριοφλεβική δυσπλασία, καθώς και να διακρίνουν ασθενείς με υψηλό κίνδυνο υποτροπών (Ringleb et al., 2008; Goldstein & Gilson, 2011).

## 1.6.2 Θεραπεία οξείας φάσης ισχαιμικών εγκεφαλικών επεισοδίων

### Θεραπεία επαναιμάτωσης

- **Ενδοφλέβια θρομβόλυση με αλτεπλάση (Ανασυνδυασμένος ιστικός ενεργοποιητής του πλασμινογόνου - rtPA)**

Η μόνη εγκεκριμένη θεραπεία από τον Εθνικό Οργανισμό Φαρμάκων (ΕΟΦ) και τον οργανισμό ελέγχου φαρμάκων και τροφίμων των ΗΠΑ (FDA) για την ταχεία επαναιμάτωση του εγκεφάλου και ενδεχομένως την αναστροφή των αποτελεσμάτων της ισχαιμίας, είναι η ενδοφλέβια χορήγηση αλτεπλάσης (rtPA) εντός τριών με τεσσεράμισι ωρών από την έναρξη των συμπτωμάτων του εγκεφαλικού επεισοδίου (Ringleb et al., 2008; Τσιβγούλης et al., 2012), προσφέροντας στους ασθενείς την πιθανότητα εξαιρετικής νευρολογικής ανάκαμψης (απουσία λειτουργικής αναπηρίας σε 90 ημέρες) (Goldstein, 2014).

Το θεραπευτικό αποτέλεσμα της ενδοφλέβιας θρομβόλυσης περιορίζεται άμεσα από το χρονικό διάστημα μεταξύ της εμφάνισης των συμπτωμάτων του εγκεφαλικού επεισοδίου και την εφαρμογή της θεραπείας (Goldstein, 2014). Βασίζεται στην αρχή ότι, εάν η ισχαιμούσα περιοχή του εγκεφάλου έχει υποστεί ανεπανόρθωτη βλάβη, εξαρτάται τόσο από το βαθμό, όσο και από τη διάρκεια της ισχαιμίας (Goldstein, 2014). Για το λόγο αυτό, η χορήγηση της θρομβολυτικής θεραπείας θα πρέπει να πραγματοποιείται το συντομότερο δυνατόν από την εγκατάσταση της νευρολογικής συμπτωματολογίας, προκειμένου να μειωθεί η έκταση της εγκεφαλικής βλάβης (Τσιβγούλης et al., 2012; Goldstein, 2014).

Η κυριότερη σοβαρή επιπλοκή της ενδοφλέβιας θρομβόλυσης με rtPA, είναι η συστηματική ενδοκρανιακή αιμορραγία που συμβαίνει σε ποσοστό μέχρι και 6% των ασθενών (Hacke et al., 2008), ο κίνδυνος της οποίας όμως μπορεί να προληφθεί με τη σαφή τήρηση των κριτηρίων επιλογής ασθενών (Τσιβγούλης et al., 2012).

## ▪ Ενδοαρτηριακή θρομβόλυση

Ορισμένες κλινικές μελέτες έδειξαν πως οι μεγάλοι θρόμβοι στο εγγύς τμήμα της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας ή την καρωτιδική διακλάδωση, μπορεί να είναι ανθεκτικοί στη διάσπαση με ενδοφλέβια θρομβόλυση. Η ενδοαρτηριακή θρομβολυτική αντιμετώπιση μπορεί να καλύψει δύο βασικές ανάγκες του συστήματος υγείας. Η πρώτη είναι η ύπαρξη μιας εναλλακτικής θεραπείας για τη αντιμετώπιση ασθενών που ανταποκρίνονται ανεπαρκώς στην ενδοφλέβια θρομβόλυση και η δεύτερη είναι η θεραπεία ασθενών, οι οποίοι δεν είναι επιλέξιμοι για ενδοφλέβια θρομβόλυση λόγω αντενδείξεων (Goldstein, 2014). Σε κέντρα με προηγμένα συστήματα φροντίδας εγκεφαλικού επεισοδίου, η ενδοαρτηριακή έγχυση θρομβολυτικού παράγοντα με ενδοσκοπική μέθοδο (συνηθέστερα rtPA), βελτίωσε σημαντικά την έκβαση ασθενών με οξύ ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο λόγω μεγάλης αρτηριακής απόφραξης σε σχέση με την τυποποιημένη θεραπεία (Sardar et al., 2015).

## Νοσηλευτική φροντίδα

Ανεξαρτήτως εάν ο ασθενής αντιμετωπιστεί με ενδοφλέβια θρομβόλυση ή κάποια άλλη ενδοαγγειακή θεραπεία, χρησιμοποιούνται διάφορες θεραπευτικές στρατηγικές με σκοπό να σταθεροποιήσουν την κατάσταση βαρέως πασχόντων ασθενών και να θέσουν υπό έλεγχο συστηματικά προβλήματα που μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την έκβαση του εγκεφαλικού επεισοδίου (Goldstein, 2014).

Η νοσηλευτική φροντίδα εστιάζει στην υποστήριξη της καρδιοπνευμονικής λειτουργίας, τη ρύθμιση του μεταβολισμού και του ισοζυγίου υγρών, τον έλεγχο της αρτηριακής πίεσης και την πρόληψη ή αντιμετώπιση των διαφόρων επιπλοκών. Η φαρμακευτική αντιμετώπιση περιλαμβάνει αντιυπερτασικά για τη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης, αντιπυρετικά για την καταπολέμηση του πυρετού και ινσουλίνη για τη ρύθμιση του ζαχάρου. Για τη δευτερογενή πρόληψη εγκεφαλικών επεισοδίων χρησιμοποιούνται αντιπηκτικά και αντιαιμοπεταλιακά φάρμακα. Τέλος, για τη θεραπεία των επιπλοκών, μπορεί να χορηγηθούν όσμωτικά διουρητικά και αντιεπιληπτικά φάρμακα (Bansal et al., 2013).

## Χειρουργικές παρεμβάσεις

### ▪ **Συσκευές ενδαρτηριακής επαναδιάνοιξης**

Η μηχανική θρομβοεκτομή με ειδικές ενδοσκοπικές συσκευές είναι άλλη μια επιλογή για την αφαίρεση θρόμβων, είτε ως συμπλήρωμα της θρομβολυτικής αγωγής, είτε ως εναλλακτική μέθοδος για ασθενείς που αντενδείκνυται να λάβουν αλτεπλάση. Η κατάλληλη επιλογή ασθενών για αυτή τη προσέγγιση βρίσκεται υπό μελέτη σε αρκετές κλινικές δοκιμές (Bansal et al., 2013).

### ▪ **Ημικρανιεκτομή**

Τα ισχαιμικά εγκεφαλικά επεισόδια που επηρεάζουν ένα μεγάλο τμήμα του εγκεφάλου μπορεί να προκαλέσουν σοβαρό εγκεφαλικό οίδημα, δημιουργώντας δευτερογενή εγκεφαλική βλάβη στον περιβάλλοντα νευρικό ιστό και θέτοντας σε κίνδυνο τη ζωή του ασθενούς. Η ανακούφιση από την πίεση μπορεί να επιχειρηθεί με φαρμακευτική αγωγή, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτείται χειρουργική αποσυμπίεση με ημικρανιεκτομή (Simard et al., 2011).

## **1.6.3 Θεραπεία οξείας φάσης αιμορραγικών εγκεφαλικών επεισοδίων**

Οι ασθενείς με ενδοκρανιακή αιμορραγία συνήθως είναι νευρολογικά ασταθείς, ιδίως τις πρώτες ημέρες μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο. Διατρέχουν άμεσο κίνδυνο επαναιμορραγίας, απώλειας συνείδησης και ανάπτυξης υδροκεφαλίας. Έχουν ανάγκη από επιτήρηση και διαρκή παρακολούθηση, για το λόγο αυτό η νοσηλεία και η αντιμετώπιση τους κατά κανόνα θα πρέπει να πραγματοποιείται σε Μονάδες Εντατικής Θεραπείας (ΜΕΘ) ή Μονάδες Αυξημένης Φροντίδας Αγγειακών Εγκεφαλικών Επεισοδίων (ΜΑΦ/ΑΕΕ), από εξειδικευμένο ιατρονοσηλευτικό προσωπικό (Steiner et al., 2013; Hemphill et al., 2015).

Απαιτούνται συχνοί έλεγχοι των ζωτικών σημείων και της κλίμακας Γλασκόβης για την αξιολόγηση του επιπέδου συνειδήσεως. Οι καρδιοπνευμονικές εκδηλώσεις περιπλέκουν την ήδη επιβαρυσμένη κατάσταση των ασθενών και για το λόγο αυτό απαραίτητη είναι η διαρκή καταγραφή της καρδιακής λειτουργίας, της αρτηριακής πίεσης και της παλμικής οξυμετρίας, συμπεριλαμβανομένου συστήματος τηλεμετρικής παρακολούθησης (Hemphill et al., 2015).

Οι υπάρχουσες κατευθυντήριες οδηγίες για την διαχείριση περιστατικών υπαραχνοειδούς αιμορραγίας είναι πολύ λίγες και διακρίνονται από χαμηλής ποιότητας στοιχεία, με αποτέλεσμα να ακολουθούνται διαφορετικοί τρόποι αντιμετώπισης. Ωστόσο, όλοι τους εστιάζουν στην άμεση αποκατάσταση των ραγέντων ανευρυσμάτων και την σταθεροποίηση της κατάστασης του ασθενούς τόσο πριν όσο και μετά από την επέμβαση (Μαντατζής, 2013).

### Νοσηλευτική φροντίδα

Βασική προτεραιότητα της νοσηλευτικής φροντίδας αποτελεί η σταθεροποίηση της κατάστασης του ασθενούς. Αυτό επιδιώκεται με τη διατήρηση της ευγλυκαιμίας, τη ρύθμιση του ισοζυγίου υγρών και της αρτηριακής πίεσης, την αντιμετώπιση του πυρετού και τη διόρθωση διαταραχών αιμόστασης στους ασθενείς που είναι απαραίτητο (Μαντατζής, 2013). Οι ασθενείς με ελαττωμένο επίπεδο συνείδησης μπορεί να διασωληνωθούν και να υποστηριχτούν από μηχανικό αερισμό. Η αναλγησία των ασθενών επιχειρείται με τη χρήση πιο ήπιων κατασταλτικών φαρμάκων όπως η κωδεΐνη, επιτρέποντας καλύτερη αξιολόγηση του επιπέδου συνειδήσεως (Μαντατζής, 2013). Η σίτιση των ασθενών προτιμάται να γίνεται μέσω στοματογαστρικού ή ρινογαστρικού καθετήρα και η πρόληψη της εν τω βάθει φλεβικής θρομβώσεως πραγματοποιείται με την εφαρμογή συμπιεστικών καλτσών. Η υπονατρία αποτελεί την πιο κοινή ηλεκτρολυτική διαταραχή που εμφανίζουν οι συγκεκριμένοι ασθενείς και απαιτεί εγρήγορση για την αποφυγή ή την ενδεχόμενη αντιμετώπισή της. Χρήσιμα προς αυτή την κατεύθυνση έχουν αποδειχτεί τα ηπίως υπέρτονα διαλύματα και η αποφυγή της υποογκαιμίας (Μαντατζής, 2013).

## **Όψιμη νευρολογική εκτροπή (DND)**

Η όψιμη νευρολογική εκτροπή είναι μια θανάσιμη επιπλοκή της υπαραχνοειδούς αιμορραγίας, που χαρακτηρίζεται από την ξαφνική κλινική επιδείνωση της νευρολογικής κατάστασης του ασθενούς, έως και μέρες μετά αφότου συνέβη το εγκεφαλικό επεισόδιο. Συνήθως οφείλεται στην όψιμη εγκεφαλική ισχαιμία, η οποία προκαλείται από αγγειοσπασμό των αρτηριών, που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της εγκεφαλικής αιμάτωσης. Άλλες κλινικές εκδηλώσεις που μπορεί να οδηγήσουν σε όψιμη νευρολογική εκτροπή είναι η ανάπτυξη υδροκεφαλίας ή εγκεφαλικού οιδήματος, ο πυρετός, οι επιληπτικές κρίσεις και οι ηλεκτρολυτικές διαταραχές (Μαντατζής, 2013).

## **Χειρουργικές παρεμβάσεις ενδοεγκεφαλικής αιμορραγίας**

Σκοπός των νευροχειρουργικών παρεμβάσεων είναι η απομάκρυνση του αιματώματος, ο περιορισμός της δευτερογενούς εγκεφαλικής βλάβης και η θεραπεία της αιτίας που προκάλεσε την αιμορραγία (Morgenstern et al., 2010; & Goldstein, 2012). Για τους περισσότερους ασθενείς με ενδοεγκεφαλική αιμορραγία, η χρησιμότητα των νευροχειρουργικών παρεμβάσεων παραμένει αμφιλεγόμενη. Ένα ποσοστό ατόμων ίσως να επωφεληθεί, αλλά αυτό εξαρτάται από την τοποθεσία και το μέγεθος της αιμορραγίας, καθώς και τις συννοσηρότητες του εκάστοτε ασθενή (Vespa et al., 2013). Γενικά, ασθενείς που βρίσκονται σε βαθύ κώμα θεωρούνται κακοί υποψήφιοι για χειρουργική αντιμετώπιση και συνοδεύονται από φτωχή πρόγνωση, ανεξαρτήτως του είδους της επέμβασης (Morgenstern et al., 2010). Διεξάγεται συνεχής έρευνα στο ερώτημα ποιες περιπτώσεις ασθενών με ενδοεγκεφαλική αιμορραγία μπορούν να επωφεληθούν περισσότερο από τις νευροχειρουργικές παρεμβάσεις (Vespa et al., 2013). Προς το παρόν οι μόνες σαφείς συστάσεις για άμεση χειρουργική επέμβαση, είναι σε ασθενείς με παρεγκεφαλιδική αιμορραγία, συμπίεση εγκεφαλικού στελέχους και ασθενείς που κινδυνεύουν να πάθουν ή εμφανίζουν ήδη οξεία αποφρακτική υδροκεφαλία (Morgenstern et al., 2010; & Goldstein, 2012).

- **Χειρουργική αφαίρεση αιματώματος**

Η κρανιοτομία είναι η πιο μελετημένη χειρουργική προσέγγιση για την απομάκρυνση του αιματώματος. Τα ευρήματα των χειρουργικών δοκιμών έδειξαν ότι, η κρανιοτομία συχνά αδυνατεί να βελτιώσει τη νευρολογική έκβαση των ασθενών με ενδοεγκεφαλική αιμορραγία (Rincon & Mayer, 2008; Vespa et al., 2013).

- **Ελάχιστα επεμβατική χειρουργική**

Τα αποθαρρυντικά αποτελέσματα της κρανιοτομίας οδήγησαν την ιατρική κοινότητα να στραφεί στην έρευνα των ελάχιστα επεμβατικών μεθόδων την τελευταία δεκαετία (Rincon & Mayer, 2008). Δύο τύποι ελάχιστα επεμβατικών παρεμβάσεων έχουν επιχειρηθεί για την αφαίρεση αιματώματος από τον εγκέφαλο, η πρώτη είναι η ενδοσκοπική αφαίρεση του αιματώματος και η δεύτερη είναι η στερεοτακτική αναρρόφηση και θρομβόλυση, η οποία εκτελείται με τη βοήθεια ακτινοσκοπικής καθοδήγησης (Vespa et al., 2013). Οι χειρουργικές δοκιμές παρουσιάζουν ελπιδοφόρα αποτελέσματα, ιδίως σε αιματώματα που βρίσκονται στις εν τω βάθει ανατομικές δομές του εγκεφάλου, όπου η συμβατική χειρουργική δεν έδειξε κανένα κλινικό όφελος στο παρελθόν (Goldstein, 2012). Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προσφέρει η χρήση της ελάχιστα επεμβατικής μεθόδου έναντι της κρανιοτομίας, είναι η μείωση του χειρουργικού τραύματος και της διάρκειας της επέμβασης, η μείωση της παραμονής του ασθενούς στο νοσοκομείο, καθώς και η πιθανότητα να εκτελεστεί η επέμβαση υπό τοπική αναισθησία (Rincon & Mayer, 2008 ; Goldstein & Gilson, 2011).

- **Εξωτερική κοιλιακή αποστράγγιση (EVD)**

Σκοπός της εξωτερικής κοιλιακής αποστράγγισης είναι η παροχέτευση του αίματος από τις κοιλίες του εγκεφάλου και η ρύθμιση, ή η παρακολούθηση της ενδοκρανιακής πίεσης (Caceres & Goldstein, 2012). Η παρέμβαση συνιστάται για ασθενείς με κλινικές ενδείξεις σοβαρής ενδοκοιλιακής αιμορραγίας ή οξείας αποφρακτικής υδροκεφαλίας (Morgenstern et al., 2010 ; Caceres & Goldstein, 2012).

## Χειρουργικές παρεμβάσεις υπαραχνοειδούς αιμορραγίας

### ▪ Αντιμετώπιση ανευρυσμάτων

Τα ραγέντα ανευρύσματα θα πρέπει να αντιμετωπίζονται το συντομότερο δυνατόν για να μειωθεί ο κίνδυνος επαναιμορραγίας τους (Connolly et al., 2012 ; Steiner et al., 2013). Ο κίνδυνος επαναιμορραγίας του ραγέντος ανευρύσματος, κορυφώνεται τις πρώτες 2-12 ώρες από την εγκατάσταση της νευρολογικής συμπτωματολογίας και η επαναιμορραγία του συνδέεται με πολύ υψηλό κίνδυνο θνητότητας και φτωχή πρόγνωση για την μετέπειτα αποκατάσταση των επιζώντων (Connolly et al., 2012).

Υπάρχουν δύο επιλογές για τη θεραπεία των ραγέντων εγκεφαλικών ανευρυσμάτων, η πρώτη είναι η χειρουργική απολίνωση, η οποία απαιτεί κρανιοτομία. Η δεύτερη επιλογή είναι ο εμβολισμός, μια ελάχιστη επεμβατική μέθοδος (Μαντατζής, 2013). Η επιλογή της καταλληλότερης παρέμβασης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του ανευρύσματος, όπως τη θέση, το μέγεθος και το σχήμα του, καθώς και από παράγοντες που σχετίζονται με τον ασθενή, όπως την ηλικία, τη βαρύτητα του εγκεφαλικού επεισοδίου και τις συνυπάρχουσες συστηματικές παθήσεις του καθενός (Μαντατζής, 2013; Steiner et al., 2013).

### ▪ Ενδοαγγειακές παρεμβάσεις

Η ενδοαγγειακή έγχυση αγγειοδιασταλτικών ουσιών και οι αγγειοπλαστικές παρεμβάσεις μπορούν να βοηθήσουν στην αναστροφή της όψιμης εγκεφαλικής ισχαιμίας, ιδιαιτέρως εάν οι αιμοδυναμικές παρεμβάσεις αποδειχτούν αναποτελεσματικές (Μαντατζής, 2013).



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ

### 2.1 Λειτουργική αποκατάσταση

Το 80% των αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων συνοδεύονται από ημιπληγία και το μεγαλύτερο ποσοστό των επιζώντων ζουν με χρόνια αναπηρία (Dobkin, 2003 ; Dobkin, 2005). Τα κυριότερα κινητικά ελλείμματα που παρατηρούνται σε ασθενείς με ημιπληγία είναι η μυϊκή αδυναμία, η σπαστικότητα και ο μειωμένος κινητικός έλεγχος, καθώς διαταράσσεται η κιναισθησία η συνέργεια των μυών (Chuang et al., 2012). Τα κινητικά ελλείμματα της ημιπληγίας επηρεάζουν τη λειτουργικότητα τόσο των άνω όσο και των κάτω άκρων, δημιουργώντας προβλήματα στη σύλληψη και συγκράτηση αντικειμένων, στη βάδιση και την ισορροπία των ασθενών, περιορίζοντας με αυτό τον τρόπο την ικανότητα αυτοεξυπηρέτησης τους, τις καθημερινές τους δραστηριότητες, τις μετακινήσεις τους και τη δυνατότητα επιστροφής στις επαγγελματικές τους υποχρεώσεις (Hatem et al., 2016).

Όλοι αυτοί οι παράγοντες, συνεισφέρουν σε μια συνολικά χαμηλότερη ποιότητα ζωής για τους ασθενείς και δημιουργούν μια σοβαρή σωματική επιβάρυνση για τους συγγενείς και τους φροντιστές τους. Αυτό, καθιστά την αποκατάσταση της λειτουργικότητας του άνω άκρου και τη βελτιστοποίηση της βάδισης, άμεση προτεραιότητα για τον ίδιο τον ασθενή, το οικογενειακό του περιβάλλον και τους επαγγελματίες υγείας (Chen & Shaw, 2014). Η σταδιακή αύξηση του μυϊκού τόνου και τα μη φυσιολογικά κινητικά πρότυπα που υιοθετούνται με το πέρας του χρόνου, οδηγούν σε προβληματική στάση του σώματος και θεωρούνται επίσης δύο μείζονα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα άτομα με ημιπληγία. Τα προγράμματα φυσιοθεραπευτικής αποκατάστασης θεωρούνται ως ο πιο αποτελεσματικός τρόπος αντιμετώπισης των κινητικών αυτών ελλειμμάτων και ενδείκνυται να ξεκινούν το συντομότερο δυνατόν, αφότου η κατάσταση της υγείας των ασθενών σταθεροποιηθεί (Dobkin & Dorsch, 2013).

## **2.2 Αρχές που διέπουν τη λειτουργική αποκατάσταση**

Η βασική αρχή που διέπει τη λειτουργική αποκατάσταση των νευρολογικών διαταραχών είναι η νευροπλαστικότητα, η οποία αναφέρεται στην ικανότητα αναδιοργάνωσης και ανάπλασης του κεντρικού νευρικού συστήματος. Με τον τρόπο αυτό, ο εγκέφαλος μπορεί να ανακτήσει τις υποβαθμισμένες γνωστικές και κινητικές του λειτουργίες μετά από κάποια βλάβη, επιφέροντας βελτίωση στην ποιότητα ζωής των ασθενών, ανεξαιρέτως εάν βρίσκονται στο υποξύ ή το χρόνιο στάδιο της πάθησης (Pekna et al., 2012). Η αποτελεσματική εκμετάλλευση της νευροπλαστικότητας προς όφελος της λειτουργικής αποκατάστασης, απαιτεί εντατική επανεκπαίδευση των φυσιολογικών και συνδυασμένων κινήσεων, που προσομοιάζουν τις καθημερινές δραστηριότητες του ασθενούς. Εξίσου σημαντικότατο ρόλο κατέχει επίσης η δημιουργία εισερχόμενων ερεθισμάτων, που ενεργοποιούν τα νευρικά δίκτυα του εγκεφάλου που σχετίζονται με την προσοχή, τη μάθηση και την κινητοποίηση του ασθενούς. Η εφαρμογή αυτού του είδους άσκησης, μπορεί να βελτιώσει τη μυική δύναμη, την κινητική ικανότητα και τη λειτουργικότητα των ημιπληγικών άκρων, βοηθώντας τους ασθενείς να επανακτήσουν την ικανότητα αυτοεξυπηρέτησης τους, όσον αφορά τις καθημερινές τους ανάγκες και δραστηριότητες (Chang & Kim, 2013; Dobkin & Dorsch, 2013).

Ο χρόνος που χρειάζεται για την αποκατάσταση και η πρόοδος που καταγράφει κάθε ασθενής διαφέρει, καθώς επηρεάζεται από παράγοντες που αφορούν το εγκεφαλικό επεισόδιο, όπως τη βαρύτητα και την έκταση του επεισοδίου, από παράγοντες που σχετίζονται με τον ασθενή, όπως την ψυχολογία και τα κίνητρά του, καθώς και κατά πόσο θα ακολουθήσει στην καθημερινή του ζωή, τις δραστηριότητες αποκατάστασης εκτός των συνεδριών θεραπείας. Επηρεάζεται επίσης από κοινωνικές πτυχές, όπως για παράδειγμα τη στήριξη της οικογενείας, αλλά και θεραπευτικούς παράγοντες, όπως τις δεξιότητες των φυσιοθεραπευτών και την πρόωμη έναρξη του προγράμματος αποκατάστασης (Clarke & Forster, 2015).

## **2.3 Κατηγοριοποίηση προγραμμάτων λειτουργικής αποκατάστασης**

Όσον αφορά τις θεραπευτικές προσεγγίσεις, τα προγράμματα αποκατάστασης μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες, τα παραδοσιακά και τα προηγμένα προγράμματα αποκατάστασης (Chen & Shaw, 2014).

## Παραδοσιακά προγράμματα αποκατάστασης

Οι πιο ευρέως διαδεδομένες θεραπευτικές προσεγγίσεις για την αποκατάσταση ημιπληγικών ασθενών, περιλαμβάνουν την προσέγγιση PNF, Bobath, Brunnstrom και προγράμματα ασκήσεων που ακολουθούν αρχές κινητικής επανεκπαίδευσης ή μυϊκής ενδυνάμωσης. Οι προσεγγίσεις αυτές βασίζονται περισσότερο στα εμπειρικά αποτελέσματα των φυσιοθεραπευτών, παρά σε τεκμηριωμένα επιστημονικά ευρήματα, καθώς τα διαθέσιμα επιστημονικά στοιχεία που υπάρχουν είναι περιορισμένα. Παρόλα αυτά χρησιμοποιούνται από πολλές κλινικές για την αποκατάσταση της κινητικότητας και λειτουργικότητας ημιπληγικών ασθενών (Chen & Shaw, 2014). Μεταξύ όλων, η προσέγγιση Bobath είναι ιδιαίτερος δημοφιλής στις Ευρωπαϊκές χώρες, παρόλο που ποτέ δεν έχει αποδειχθεί ανώτερη από τις εναλλακτικές μεθόδους (Kollen et al., 2009).

### ▪ PNF

Η μέθοδος ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης (PNF) είναι μια τεχνική διατάσεων για την αύξηση της ελαστικότητας των μυών (Hindle et al., 2012). Έχει αποδειχθεί ότι έχει θετική επίδραση στο ενεργητικό και παθητικό εύρος τροχιάς και ότι είναι ιδιαίτερος αποτελεσματική στην αύξηση της μυϊκής μάζας και τη βελτίωση του συντονισμού κινήσεων, της ισορροπίας και της βάρδισης (Park & Wang, 2015; Seo et al., 2015). Για το λόγο αυτό συχνά συμπεριλαμβάνεται στο πρόγραμμα ρουτίνας πολλών κλινικών, για τη βελτίωση της κινητικής λειτουργίας ατόμων με ημιπληγία, καθώς και άλλων μυοσκελετικών ή νευρολογικών παθήσεων (Chen & Shaw, 2014). Η θεραπευτική προσέγγιση PNF βασίζεται στη διέγερση των ιδιοδεκτικών αισθητικών υποδοχέων που βρίσκονται στους μυς και τους τένοντες των μελών του σώματος, με στόχο τη βελτίωση του νευρομυϊκού ελέγχου και συντονισμού (Seo & Kim, 2015). Τα παρετικά άκρα καθοδηγούνται από το φυσιοθεραπευτή σε ένα συγκεκριμένο μοτίβο κινήσεων διαγώνιας ή σπειροειδούς κατεύθυνσης, συνδυάζοντας την κίνηση και στα τρία ανατομικά επίπεδα. Η άσκηση ακολουθεί μια εναλλαγή στατικών και δυναμικών συστολών και προοδευτική μετάβαση από ενεργητικές υποβοηθούμενες κινήσεις σε ενεργητικές και ενεργητικές με αντίσταση. Οι τεχνικές συχνά συνοδεύονται από λεκτικά, οπτικά ή απτικά ερεθίσματα με σκοπό την αύξηση των εισερχομένων ερεθισμάτων και της προσήλωσης του ασθενούς (Chen & Shaw, 2014).

## ▪ **Bobath**

Η θεραπευτική προσέγγιση Bobath, πρόσφατα επαναπροσδιορίστηκε ως μια προσέγγιση επίλυσης προβλημάτων, για την αξιολόγηση και τη θεραπεία ατόμων με κινητικά και λειτουργικά ελλείμματα ή προβλήματα ορθοστατικού ελέγχου που προκαλούνται από βλάβες του κεντρικού νευρικού συστήματος. Η θεραπεία στοχεύει στην ομαλοποίηση του μυϊκού τόνου, την αναχαίτιση των παθολογικών κινητικών προτύπων και τη βελτίωση της στάσης του σώματος, επεμβαίνοντας στις κύριες αρθρώσεις του σώματος του ασθενούς, όπως αυχένα, ώμο, αγκώνα, ισχίο, γόνατο, καρπό και αστράγαλο, σε συνδυασμό με τη δημιουργία οπτικών, απτικών ή λεκτικών ερεθισμάτων (Chen & Shaw, 2014).

## ▪ **Brunnstrom**

Η προσέγγιση Brunnstrom ιεραρχεί την αποκατάσταση της κινητικότητας, από τη υποξεία φάση του εγκεφαλικού επεισοδίου έως την επίτευξη της φυσιολογικής κίνησης, σε έξι στάδια κινητικής ανάπτυξης. Κατά τη διάρκεια της πρώιμης ανάκαμψης, η θεραπεία ενθαρρύνει την ανάπτυξη μυϊκών συνεργιών μέσω δερματικών και ιδιοδεκτικών ερεθισμάτων, με σκοπό να μετατραπούν μετέπειτα τα συνεργικά κινητικά πρότυπα σε εθελοντικές φυσιολογικές κινήσεις, μέσω της λειτουργικής επανεκπαίδευσης. Η χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου δεν είναι τόσο διαδεδομένη και τα διαθέσιμα επιστημονικά στοιχεία που υπάρχουν για αυτή είναι ελάχιστα (Chen & Shaw, 2014).

## Προηγμένα προγράμματα αποκατάστασης

Κατά την τελευταία δεκαετία έχουν αναπτυχθεί πολλές νέες τεχνολογικές προσεγγίσεις, με σκοπό να προάγουν τη διαδικασία της αποκατάστασης. Σε αυτές ανήκουν οι ρομποτικές και οι ηλεκτρομηχανικές θεραπευτικές συσκευές, τα προγράμματα αποκατάστασης σε περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας (VR), η μη επεμβατική εγκεφαλική διέγερση (NIBS) και ο διακρανιακός ηλεκτρικός ερεθισμός (tDCS). Οι τεχνικές μπορούν επίσης να συνδυαστούν μεταξύ τους και τα διαθέσιμα επιστημονικά στοιχεία υποδηλώνουν ότι οι συνδυασμένες θεραπείες μπορεί να είναι πιο αποτελεσματικές από ότι οι μεμονωμένες προσεγγίσεις (Mazzoleni et al., 2017).

## 2.4 Η ρομποτική τεχνολογία στο χώρο της αποκατάστασης

Η ιδέα της χρήσης μηχανών, για λειτουργική αποκατάσταση ατόμων με κινητικά προβλήματα, χρονολογείται στις αρχές της δεκαετίας του 1990, όταν η ανάπτυξη των ρομποτικών απτικών διεπαφών με σκοπό τις ανθρώπινες αλληλεπιδράσεις, έδειξε ότι οι συσκευές αυτές μπορούν να κινητοποιήσουν παθητικά ή ενεργητικά υποβοηθούμενα τα ανθρώπινα άκρα σε απλές τροχιές, με την καθοδήγηση συστημάτων ανατροφοδότησης, που υπολογίζουν τα κινηματικά και δυναμικά δεδομένα που παράγονται κατά την κίνηση (Chua & Kuah, 2017). Τις τελευταίες δύο δεκαετίες η ρομποτική τεχνολογία εξελίχθηκε αξιοσημείωτα, με ισχυρότερους επεξεργαστές, πιο εξελιγμένα υπολογιστικά προγράμματα, καθώς και πιο εκλεπτυσμένα ηλεκτρομηχανικά μέρη. Αυτή η πρόοδος της τεχνολογίας, έκανε τη ρομποτική διαθέσιμη στο χώρο της λειτουργικής αποκατάστασης και πλέον υπάρχει μια πληθώρα θεραπευτικών ρομπότ, που στοχεύουν στην βελτίωση της λειτουργικότητας τόσο των άνω, όσο και των κάτω άκρων (Mazzoleni et al., 2017).

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα που προσφέρει η χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας, είναι η ικανότητα να παρέχει υψηλής έντασης άσκηση και μεγάλο αριθμό επαναλήψεων με σταθερό και ελεγχόμενο ρυθμό, απαλλάσσοντας τον φυσιοθεραπευτή από την σωματική επιβάρυνση και την κόπωση (Rodgers et al., 2017). Εκτός αυτού, κατά τη διάρκεια θεραπείας τα ρομποτικά συστήματα μπορούν να καταμετρήσουν αρκετές κινηματικές και δυναμικές παραμέτρους, προσφέροντας στον θεραπευτή τη δυνατότητα τόσο της online, όσο και offline παρακολούθησης των δεικτών απόδοσης του ασθενούς όπως το εύρος τροχιάς, την ταχύτητα και την ομαλότητα διεξαγωγής της κίνησης. Με τα δεδομένα αυτά μπορεί να αξιολογηθεί η πρόοδος του ασθενούς πιο αντικειμενικά από ότι με τις προκαθορισμένες κλίμακες κλινικής αξιολόγησης (Timmermans et al., 2009).

Η ρομποτική αποκατάσταση είναι μια ευέλικτη προσέγγιση, συμβατή με τους περισσότερους ασθενείς που παρουσιάζουν κινητικά ελλείμματα από ημιπληγία ή κακώσεις του νωτιαίου μυελού, ακόμη και παιδιά με εγκεφαλική παράλυση. Η χρήση της ρομποτικής σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία, αντενδείκνυται σε περιπτώσεις ασθενών με γνωστικές διαταραχές, χωρική παραμέληση και αιμοδυναμική ή ορθοστατική αστάθεια (Chua & Kuah, 2017).

## 2.5 Χαρακτηριστικά ρομποτικών μέσων αποκατάστασης

### Τι είναι τα ρομπότ αποκατάστασης?

Το βασικό σημείο που διαφοροποιεί μια ρομποτική από μία ηλεκτρομηχανική συσκευή, είναι η ικανότητα να προσαρμόζει αυτόνομα τη λειτουργία της ανάλογα με τους θεραπευτικούς στόχους και την απόδοση του ασθενούς. Η διαφοροποίηση αυτή, συχνά δεν λαμβάνεται υπόψη στις έρευνες που αναλύουν την αποτελεσματικότητα των διαφόρων ρομποτικών συστημάτων, με αποτέλεσμα να ομαδοποιούνται σαν ένα κοινό είδος θεραπευτικών συσκευών (Iosa et al., 2012; Iosa et al., 2016).

### Σχεδιασμός

Τα ρομποτικά συστήματα αποκατάστασης, διακρίνονται σε δύο βασικά είδη από κατασκευαστικής άποψης, τα ρομπότ τελικού σημείου δράσεως (end-effector) και τους ρομποτικούς εξωσκελετούς (exoskeleton). Οι ρομποτικές συσκευές τελικού σημείου δράσεως, έρχονται σε επαφή μόνο με το πιο απομακρυσμένο τμήμα του άκρου του ασθενούς και το πλεονέκτημα που προφέρουν είναι η εύκολη και γρήγορη τοποθέτηση. Ωστόσο, πάσχουν από περιορισμένο έλεγχο των κεντρικότερων αρθρώσεων του σκέλους, γεγονός που δύναται να οδηγήσει σε μη φυσιολογική διεξαγωγή κινήσεων κατά τη διάρκεια της θεραπείας (Chang & Kim, 2013).

Αντιθέτως, η μηχανική κατασκευή των ρομποτικών εξωσκελετών, αντικατοπτρίζει τη σκελετική δομή των ανθρωπίνων άκρων, συνεπώς η κίνηση σε κάθε μηχανική άρθρωση της συσκευής, παράγει μία ανάλογη κίνηση μόνο στην αντίστοιχη άρθρωση του άκρου του ασθενούς. Ωστόσο, η κατασκευή τους είναι πιο περίπλοκη και ακριβότερη από τις συσκευές τελικού σημείου δράσεως (Chang & Kim, 2013). Επίσης, για την αποφυγή τραυματισμών είναι απαραίτητη η προσαρμογή των ρομποτικών αρθρώσεων στις διαστάσεις των άκρων του ασθενούς. Επομένως, η προσαρμογή της συσκευής σε κάθε ασθενή μπορεί να πάρει ένα σημαντικό χρονικό διάστημα, ειδικά εάν η συσκευή έχει πολλές μηχανικές αρθρώσεις (Maciejasz et al., 2014).

### Σήματα εισόδου συσκευής

Η ρομποτική συσκευή προκειμένου να αντιληφθεί τις ενέργειες του ασθενούς και να αντιδράσει με τον κατάλληλο τρόπο, θα πρέπει να υπάρχει ένα είδος ανατροφοδότησης. Τα περισσότερα ρομποτικά συστήματα υπολογίζουν την κατεύθυνση, την ταχύτητα και την επιτάχυνση κατά τις κινήσεις που εκτελεί άκρο του αποθεραπευόμενου. Ορισμένα συστήματα χρησιμοποιούν την επιφανειακή ηλεκτρομυογραφία (sEMG) ως σήμα εισόδου, η οποία ανιχνεύει την πρόθεση του ασθενούς να πραγματοποιήσει μια συγκεκριμένη κίνηση. Η στρατηγική αυτή χρησιμοποιείται κυρίως σε συστήματα που φτιάχτηκαν για θεραπευτική κινητοποίηση του αγκώνα, καθώς τα βιοηλεκτρικά σήματα που παράγονται κατά τις συσπάσεις του δικεφάλου και του τρικέφαλου μυός που ελέγχουν αυτή την άρθρωση, εντοπίζονται σχετικά εύκολα (Maciejasz et al., 2014).

### Στρατηγικές ελέγχου ρομποτικής θεραπείας

Όπως προαναφέρθηκε, τα ρομποτικά συστήματα έχουν τη δυνατότητα να προσαρμόζουν τη λειτουργία τους ανάλογα με τους θεραπευτικούς στόχους και την επίδοση του ασθενούς. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω αλγόριθμων που ελέγχουν τη λειτουργία της συσκευής και διαμορφώνουν τις στρατηγικές θεραπείας. Οι αλγόριθμοι ελέγχου βασίζονται στην επιστημονική βιβλιογραφία σχετικά με τις φυσιοθεραπευτικές τεχνικές αποκατάστασης, τη νευροφυσιολογία και τις αρχές κινητικής ή λειτουργικής επανεκπαίδευσης. Έχουν αναπτυχθεί διάφορες στρατηγικές ελέγχου ρομποτικής θεραπείας, όπως οι στρατηγικές υποβοήθησης, οι στρατηγικές πρόκλησης και οι στρατηγικές απτικής διέγερσης (Maciejasz et al., 2014).

#### ▪ **Στρατηγικές υποβοήθησης**

Οι στρατηγικές υποβοήθησης κάνουν την άσκηση ευκολότερη, βοηθώντας τον ασθενή να επιτύχει μεγαλύτερο αριθμό επαναλήψεων. Υπάρχουν τεσσάρων ειδών στρατηγικές υποβοήθησης: Η στρατηγική εμπέδησης ή σύνθετης αντίστασης, η αντιστάθμιση βαρύτητας, η υποβοήθηση μέσω επιφανειακής ηλεκτρομυογραφίας (sEMG) και ο προσαρμοστικός έλεγχος βάσει της απόδοσης του ασθενούς (Maciejasz et al., 2014).

Χρησιμοποιώντας τη στρατηγική εμπέδησης, ο φυσιοθεραπευτής μπορεί να διαμορφώσει στη ρομποτική συσκευή μια προκαθορισμένη τροχιά κίνησης. Κατά τη θεραπεία του ασθενούς, η ρομποτική συσκευή δεν παρεμβαίνει για όσο αυτός συνεχίζει να αναπαράγει την ίδια ακριβώς κίνηση. Ωστόσο, εάν ο ασθενής αποκλίνει από την προκαθορισμένη τροχιά, η συσκευή παράγει μια δύναμη επαναφοράς, η οποία αυξάνεται όσο μεγαλώνει και η απόκλιση της κίνησης (Maciejasz et al., 2014).

Η στρατηγική αντιστάθμισης βαρύτητας, διευκολύνει τον ασθενή, αφαιρώντας ένα ποσοστό από το βάρος του σκέλους, κάνοντας τις ασκήσεις ευκολότερες, καθώς η δύναμη που απαιτείται για την κινητοποίηση του άκρου ενάντια στη βαρύτητα μειώνεται (Maciejasz et al., 2014).

Η υποβοήθηση μέσω επιφανειακής ηλεκτρομυογραφίας (sEMG) χρησιμοποιεί τα βιοηλεκτρικά σήματα των μυών του ασθενούς για να ενεργοποιήσει ή να προσαρμόσει την υποβοήθηση της συσκευής. Και οι δύο προσεγγίσεις ενθαρρύνουν την προσπάθεια των ασθενών, ωστόσο η ενεργοποίηση της υποβοήθησης με αυτό τον τρόπο είναι επιρρεπής, στο να μάθει ο ασθενής να παρέχει μόνο την ελάχιστη δύναμη, που χρειάζεται για να ενεργοποιεί την υποβοήθηση της συσκευής και να μειώσει την προσπάθεια του (Maciejasz et al., 2014).

Ο προσαρμοστικός έλεγχος βάσει της απόδοσης, προσαρμόζει ορισμένες πτυχές της υποβοήθησης, όπως για παράδειγμα τη δύναμη, τη διάρκεια και το εύρος της υποβοήθησης, ανάλογα με τα κινηματικά δεδομένα που παράγονται κατά τη θεραπεία του ασθενούς, ή ακόμα και βάσει της επιδόσεως του κατά τη διάρκεια των προηγούμενων συνεδριών (Maciejasz et al., 2014).

#### ▪ Στρατηγικές πρόκλησης

Οι στρατηγικές πρόκλησης εμπίπτουν σε τρεις κατηγορίες, τη στρατηγική αντίστασης, τη στρατηγική ενίσχυσης σφαλμάτων και τη στρατηγική εξαναγκαστικά προκαλούμενης κίνησης. Στη στρατηγική αντίστασης, η ρομποτική συσκευή αντιπαρατίθεται στις επιθυμητές κινήσεις του ασθενούς, προκειμένου να αυξήσει την προσπάθεια και την προσήλωση του (Maciejasz et al., 2014).



Η στρατηγική ενίσχυσης σφαλμάτων, εντοπίζει τις αποκλίσεις των κινήσεων του ασθενούς από την προδιαγεγραμμένη τροχιά και είτε αυξάνει το παρατηρούμενο κινηματικό σφάλμα, είτε ενισχύει την οπτική του αναπαράσταση στην οθόνη της συσκευής. Η στρατηγική της εξαναγκαστικά προκαλούμενης κίνησης, στηρίζεται στην ίδια φιλοσοφία με την αντίστοιχη παραδοσιακή φυσιοθεραπευτική μέθοδο. Σκοπός της είναι να προάγει τη χρήση του προσβεβλημένου άκρου, καθλώνοντας το ανεπηρέαστο άκρο της υγιούς πλευράς του σώματος (Maciejasz et al., 2014).

#### ▪ Στρατηγικές απτικής διέγερσης

Οι στρατηγικές απτικής διέγερσης, δημιουργούν απτικά ερεθίσματα με σκοπό να παρέχουν στον θεραπευόμενο ένα τρόπο αλληλεπίδρασης με τρισδιάστατα ψηφιακά αντικείμενα σε περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας. Με αυτό τον τρόπο, η επανεκπαίδευση των βασικών καθημερινών δραστηριοτήτων θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με απόλυτη ασφάλεια (Maciejasz et al., 2014). Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το CyberGrasp (CyberGlove Systems LLC), ένας ρομποτικές εξωσκελετός που στοχεύει στη λειτουργική αποκατάσταση της άκρα χείρα και των δακτύλων.

### Ανατροφοδότηση του χρήστη

Κατά τις φυσιοθεραπευτικές συνεδρίες, οι ασθενείς μπορεί να βρουν τις ασκήσεις μονότονες και βαρετές και με την πάροδο του χρόνου ενδέχεται να χάσουν το ενδιαφέρον και το κίνητρο τους (Lee et al., 2017). Ο στόχος της ρομποτικής προσέγγισης δεν είναι μόνο να αυξήσει τον αριθμό των επαναλήψεων, αλλά να μεγιστοποιήσει επίσης την προσοχή και την προσπάθεια των ασθενών. Έτσι, στον χρήστη παρέχονται διάφοροι τύποι ανατροφοδότησης, όπως απτικά, οπτικά, ακουστικά, ακόμη και ηλεκτρικά ερεθίσματα (Maciejasz et al., 2014). Επίσης, τα περισσότερα προγράμματα ρομποτικής αποκατάστασης πραγματοποιούνται σε περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας, παρέχοντας στον ασθενή ένα πολύ πιο ενδιαφέρον περιβάλλον αλληλεπίδρασης και επιτρέποντας την άμεση τροποποίηση του σκηνηκού ή του σεναρίου της άσκησης (Maciejasz et al., 2014).

Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η προσήλωση, το ενδιαφέρον και το κίνητρο του ασθενούς, γεγονός που έχει επιβεβαιωθεί από πολλές συστηματικές ανασκοπήσεις και μεταanalύσεις (Lohse et al., 2014; Lave et al., 2015). Επιπλέον, τα συστήματα αυτά προσαρμόζονται για διάφορους τύπους ασθενών σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα και επανεκκινούν από μόνα τους τη διεργασία, όταν ο ασθενής δεν πετυχαίνει τον στόχο του θεραπευτικού προγράμματος (Maciejasz et al., 2014). Ορισμένα συστήματα χρησιμοποιούν ακόμη και δόνηση για τη διέγερση των μυών, με σκοπό να προάγουν τη σύσπαση τους. Τα αποτελέσματα της πιλοτικής τυχαιοποιημένης ελεγχόμενης δοκιμής των Calabrò et al., (2017), υποδεικνύουν πως αυτή η προσέγγιση μπορεί να μειώσει τη σπαστικότητα του άνω άκρου και να βελτιώσει την ποιότητα κινήσεων.

## 2.6 Συσκευές ρομποτικής αποκατάστασης

Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας έδειξε ότι υπάρχει ένας τεράστιος αριθμός πειραματικών ρομποτικών συσκευών αποκατάστασης τα οποία βρίσκονται υπό καθεστώς δοκιμών και ένας εξίσου σημαντικός αριθμός βρίσκονται υπό εξέλιξη (Maciejasz et al., 2014). Στην παρούσα εργασία θα παρατεθούν μόνο συσκευές που έχουν περάσει τα στάδια δοκιμών και είναι ήδη διαθέσιμες στην αγορά. Όλα τα παραδείγματα ρομποτικών συστημάτων που θα ακολουθήσουν, έχουν τη δυνατότητα να διεξάγουν τη θεραπεία σε περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας, παρέχοντας με αυτό τον τρόπο στον ασθενή άμεση οπτική ανατροφοδότηση της επίδοσης του. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί το *Gait Trainer GT 1 (Reha-Stim)*, το οποίο είναι ένα ηλεκτρομηχανικό σύστημα επανεκπαίδευσης της βάρδισης.

### Ρομποτικές συσκευές αποκατάστασης των άνω άκρων

Παρά την ετερογένεια που χαρακτηρίζει τόσο τα διάφορα συστήματα ρομποτικής αποκατάστασης, όσο και την αποτελεσματικότητά τους, οι ρομποτικές παρεμβάσεις θεωρείται πως γενικά έχουν ευεργετικά αποτελέσματα στους ημιπληγικούς ασθενείς. Πιο συγκεκριμένα για το άνω άκρο, βρέθηκε πως μπορούν να μειώσουν τα κινητικά ελλείμματα κυρίως στις αρθρώσεις του ώμου και του αγκώνα. Ωστόσο οι βελτιώσεις αν και στατιστικά σημαντικές, τείνουν να είναι μικρές (Mazzoleni et al., 2017).

Ορισμένα άλλα στοιχεία υποδηλώνουν ότι είναι ο συνδυασμός της ρομποτικής αποκατάστασης με τη παραδοσιακή φυσιοθεραπεία που την κάνει ιδιαίτερα αποτελεσματική (Mazzoleni et al., 2017). Τα αποτελέσματα όμως φαίνεται να επηρεάζονται επίσης και από το στάδιο της πάθησης στο οποίο διεξάγεται η θεραπεία. Για παράδειγμα, οι συστηματικές ανασκοπήσεις και μεταanalύσεις των Bertani et al., (2017) και Zhang et al., (2017), βρήκαν ότι η ρομποτική αποκατάσταση του άνω άκρου ήταν πιο αποτελεσματική σε ασθενείς με χρόνιο εγκεφαλικό επεισόδιο, από ότι σε ασθενείς στο υποξύ στάδιο (Mazzoleni et al., 2017).

Η ανασκόπηση του οργανισμού Cochrane το 2008, αναλύοντας τα αποτελέσματα από 11 κλινικές δοκιμές με συνολικό δείγμα 328 ημιπληγικών ασθενών, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η ρομποτική αποκατάσταση, να μεν μπορεί να βελτιώσει την μυϊκή ισχύ και την κινητικότητα του παρετικού άκρου, αλλά δεν βελτιώνει την ικανότητα των ασθενών να εκτελούν δραστηριότητες της καθημερινής τους ζωής και συνεπώς, η χρήση της δεν προφέρει κάποιο λειτουργικό πλεονέκτημα έναντι της συμβατικής φυσιοθεραπείας. Ωστόσο, η μεταγενέστερη ενημέρωση της αρχικής ανασκόπησης το 2012, με την προσθήκη νέου μεγαλύτερου δείγματος, έδειξε πως οι ασθενείς που υποβλήθηκαν σε ρομποτική θεραπεία, παρουσίασαν βελτίωση στην κινητικότητα και τη λειτουργική ικανότητα του άνω άκρου στις καθημερινές τους δραστηριότητες, αλλά δεν επήλθε βελτίωση της μυϊκής ισχύος. Αυτά τα αποτελέσματα έρχονται σε αντιπαράθεση με αυτά που ελήφθησαν προηγουμένως. Αν και η δεύτερη ανασκόπηση θα πρέπει να θεωρηθεί πιο αξιόπιστη, δεδομένου του μεγαλύτερου αριθμού κλινικών δοκιμών και συμμετεχόντων, τα αντιπαραβαλλόμενα αποτελέσματα οδηγούν σε σύγχυση (Iosa et al., 2016).

Οι περισσότερες συστηματικές ανασκοπήσεις και μεταanalύσεις, καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η λειτουργική αποκατάσταση των άνω άκρων με τη χρήση ρομποτικών μέσων, μπορεί να βελτιώσει την κινητικότητα και τη δύναμη, αλλά δεν βελτιώνει την ικανότητα εκτέλεσης καθημερινών δραστηριοτήτων, λόγω έλλειψης γενίκευσης των θετικών αποτελεσμάτων στον καρπό και την άκρα χείρα, από τα οποία και εξαρτώνται τα περισσότερα λειτουργικά οφέλη (Maciejasz et al., 2014; Mazzoleni et al., 2017).

### Συσκευές τελικού σημείου δράσεως

***InMotion ARM (Bionic Labs Inc):*** Το InMotion Arm (Εικ. 1), είναι η πιο κλινικά μελετημένη ρομποτική συσκευή θεραπευτικής άσκησης του άνω άκρου. Μπορεί να παρέχει 2 βαθμούς ελευθερίας. Κάμψη-έκταση του αγκώνα και έσω-έξω στροφή του ώμου. Υπάρχουν επίσης διαθέσιμα πρόσθετα εξαρτήματα που αυξάνουν το εύρος θεραπείας της συγκεκριμένης συσκευής (Maciejasz et al., 2014). Με την προσθήκη του InMotion WRIST, η θεραπευτική κινητοποίηση επεκτείνεται στο αντιβράχιο και τον καρπό, προσθέτοντας άλλους 3 βαθμούς ελευθερίας. Πρηνισμό-υπτιασμό αντιβραχίου, κάμψη-έκταση και προσαγωγή-απαγωγή καρπού. Το πρόσθετο εξάρτημα InMotion HAND, επιτρέπει την εξάσκηση της άκρας χείρας μέσω της σύλληψης και μετακίνησης αντικειμένων (Maciejasz et al., 2014). Δύο τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές, όπου η μία περιλάμβανε 56 ασθενείς με υποξύ εγκεφαλικό επεισόδιο και η άλλη 127 ασθενείς με χρόνια εγκεφαλικό επεισόδιο, ανέφεραν ότι η προσθήκη του InMotion σε συνδυασμό με τις παραδοσιακές φυσιοθεραπευτικές τεχνικές, παρήγαγε καλύτερα λειτουργικά αποτελέσματα έναντι της αυτόνομης εφαρμογής αυτών, υποδεικνύοντας ότι η συμπληρωματική χρήση της συγκεκριμένης συσκευής, παρουσιάζει οφέλη και στα δύο στάδια του εγκεφαλικού επεισοδίου (Chang & Kim, 2013).

***Gloreha (Idrogenet srl):*** Το ρομποτικό σύστημα αποκατάστασης Gloreha (Εικ. 2) αποτελείται από ένα ρομποτικό γάντι που ανιχνεύει την εθελοντική ενεργητική κίνηση του ασθενούς και μπορεί να υποβοηθήσει τις κινήσεις όλων των δακτύλων μαζί, ή καθενός ξεχωριστά (Maciejasz et al., 2014). Ο ασθενής μπορεί εκτελέσει απλές φυσιολογικές κινήσεις των δακτύλων όπως κάμψη και έκταση, ή να εξασκηθεί σε δεξιότητες των καθημερινών δραστηριοτήτων, όπως στο να συλλαμβάνει και να μετακινεί αντικείμενα, είτε πραγματικά, είτε ψηφιακά σε περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας. Η συγκεκριμένη συσκευή υποστηρίζει επίσης τη λειτουργία καθρέπτη, κατά την οποία όταν ο ασθενής εκτελεί μια κίνηση στο υγιές άκρο, η ίδια ακριβώς κίνηση αντιγράφεται στο προσβεβλημένο άκρο μέσω της ρομποτικής συσκευής (Maciejasz et al., 2014). Τα αποτελέσματα που παρουσιάζει η χρήση της συσκευής δείχνουν ενθαρρυντικά, καθώς βρέθηκε ότι προκαλεί τοπικές μεταβολές στην ροή του αίματος, που μειώνουν τη σπαστικότητα και τη δυσκαμψία των δακτύλων (Bissolotti et al., 2016).



**Εικ. 1 αριστερά:** Ρομποτική συσκευή end-effector InMotion Arm ([www.bionikusa.com](http://www.bionikusa.com)).

**Εικ. 2 δεξιά:** Ρομποτική συσκευή τελικού σημείου δράσεως Gloreha ([www.gloreha.com](http://www.gloreha.com)).

### Ρομποτικοί εξωσκελετοί

**CyberGrasp (CyberGlove Systems LLC):** Το CyberGrasp (Εικ. 3) είναι ένας ρομποτικός εξωσκελετός που δημιουργήθηκε για τη βελτίωση της κινητικότητας των δακτύλων. Διαθέτει ένα σύστημα ανάδρασης δύναμης, μέσω του οποίου ο χρήστης μπορεί να αισθανθεί το μέγεθος και το σχήμα τρισδιάστατων αντικειμένων σε έναν προσομοιωμένο εικονικό κόσμο (Maciejasz et al., 2014). Προς το παρόν οι έρευνες για τη χρήση της συσκευής παραμένουν περιορισμένες και σε μικρό δείγμα ασθενών, υποδεικνύουν επίσης ότι η λειτουργία της συσκευής παρουσιάζει προβλήματα ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών που πρέπει πρώτα να επιλυθούν (Qin et al., 2015).

**ArmeoSpring (Hocoma AG):** Το ρομποτικό αυτό σύστημα, μπορεί να παρέχει θεραπευτική κινητοποίηση σε όλες τις αρθρώσεις του άνω άκρου. Διαθέτει 7 βαθμούς ελευθερίας, επιτρέποντας απαγωγή-προσαγωγή, κάμψη-έκταση και έσω-έξω στροφή του ώμου, κάμψη-έκταση του αγκώνα, πρηνισμό-υπτιασμό του αντιβραχίου, κάμψη-έκταση του καρπού και σύλληψη αντικειμένων. Στο ArmeoSpring (Εικ. 4) μόνο το περιφερικό τμήμα της συσκευής, που περιλαμβάνει τον αγκώνα, το αντιβράχιο και τον καρπό, είναι σχεδιασμένο σαν εξωσκελετός, επιτρέποντας την εύκολη προσαρμογή του συστήματος σε διάφορους ασθενείς (Maciejasz et al., 2014). Σύμφωνα με τους Taveggia et al., (2016), η συσκευή βρέθηκε να είναι το ίδιο αποτελεσματική με τις παραδοσιακές φυσιοθεραπευτικές μεθόδους στο υποξύ στάδιο του εγκεφαλικού επεισοδίου.



**Εικ. 3 αριστερά:** Ρομποτικός εξωσκελετός CyberGrasp ([www.cyberglovesystems.com](http://www.cyberglovesystems.com)).

**Εικ. 4 δεξιά:** Ρομποτικός εξωσκελετός ArmeoSpring ([www.hocoma.com](http://www.hocoma.com)).

### Ρομποτικές και ηλεκτρομηχανικές συσκευές αποκατάστασης της βάδισης

Τα περισσότερα ρομποτικά συστήματα αποκατάστασης της βάδισης, συνδυάζουν την υποστήριξη του σωματικού βάρους με ιμάντες, με έναν ηλεκτρικό διάδρομο ή πετάλια παρόμοια με αυτά των ελλειπτικών οργάνων γυμναστικής (Diaz et al., 2011). Η χρήση αυτού του είδους συσκευών, μπορεί να μειώσει την προσπάθεια των φυσιοθεραπευτών, αφού δεν χρειάζεται πλέον να καθοδηγούν τις κινήσεις των παρετικών άκρων, ή να υποβοηθούν τις κινήσεις της πύελου (Werner et al., 2002).

Τα αποτελέσματα μιας μεγάλης μετά-ανάλυσης 999 ασθενών, υποδεικνύουν ότι τα άτομα που λαμβάνουν ρομποτικά υποβοηθούμενη επανεκπαίδευση της βάδισης, σε συνδυασμό με παραδοσιακή φυσιοθεραπευτική επανεκπαίδευση, είναι πιθανότερο να επιτύχουν ανεξάρτητη βάδιση σε σχέση με τα άτομα τα οποία δεν λαμβάνουν συμπληρωματικά ρομποτική θεραπεία. Πιο συγκεκριμένα, η ανάλυση των υποομάδων έδειξε να επωφελούνται περισσότερο οι ασθενείς που βρίσκονται στο οξύ ή το υποξύ στάδιο της νόσου, έως και 3 μήνες μετά το αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο (Chua & Kuah, 2017).

### Ρομποτικοί εξωσκελετοί

**Lokomat (Hocoma AG):** Το ρομποτικό σύστημα Lokomat (Εικ. 5) αποτελείται από ένα ρομποτικό εξωσκελετό, ένα προηγμένο σύστημα υποστήριξης σωματικού βάρους και έναν ηλεκτρικό διάδρομο. Οι κινήσεις του ρομποτικού εξωσκελετού συγχρονίζονται με την ταχύτητα του ηλεκτρικού διαδρόμου, προκειμένου να εξασφαλιστεί ο ακριβής συντονισμός της ταχύτητας βηματισμού. Μέχρι στιγμής, το Lokomat είναι το πιο κλινικά δοκιμασμένο ρομποτικό σύστημα αποκατάστασης της βάδισης και ένα από τα ελάχιστα αυτού του είδους (Westlake & Patten, 2009; Diaz et al., 2011). Τα αποτελέσματα ορισμένων ερευνών υποδεικνύουν ότι σε παρόμοια δοσολογία και ένταση άσκησης, οι παραδοσιακές θεραπευτικές τεχνικές υπερέχουν έναντι της αποκατάστασης με το Lokomat. Ωστόσο, άλλες μελέτες κατέγραψαν παρόμοια ή ακόμα και καλύτερα αποτελέσματα όταν η συσκευή χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τις παραδοσιακές φυσιοθεραπευτικές τεχνικές αποκατάστασης, ειδικά στο υποξύ στάδιο του εγκεφαλικού επεισοδίου. Επομένως, η αποκατάσταση της βάδισης με το ρομποτικό σύστημα Lokomat, μπορεί να μην είναι σε θέση να αντικαταστήσει τη συμβατική θεραπευτική αντιμετώπιση, αλλά συνιστάται ως συμπληρωματική προσέγγιση, κατά προτίμηση στο υποξύ στάδιο των αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων (Chang & Kim, 2013).



**Εικ. 5:** Ρομποτικός εξωσκελετός Lokomat ([www.hocoma.com](http://www.hocoma.com)).

### Τελικού σημείου δράσεως

**Gait Trainer GT 1 (Reha-Stim):** Το Gait trainer (Εικ. 6-7) θα πρέπει να οριστεί ως ηλεκτρομηχανικό αντί για ρομποτικό σύστημα αποκατάστασης της βάδισης, επειδή αφότου ο φυσιοθεραπευτής έχει καθορίσει τις παραμέτρους θεραπείας η συσκευή δεν έχει τη δυνατότητα να τις προσαρμόσει αυτόνομα κατά τη λειτουργία της (Iosa et al., 2016). Οι ασθενείς ασφαλίζονται με μάντες που υποστηρίζουν το βάρος του σώματος και τα πόδια τους τοποθετούνται σε δύο πετάλια, παρόμοια με αυτά των ελλειπτικών οργάνων (τελικό σημείο δράσης). Οι κινήσεις των πεταλιών προσομοιώνουν συμμετρικά τη φάση αιώρησης και τη φάση στήριξης της φυσιολογικής βάδισης. Έχουν διεξαχθεί πολλές κλινικές μελέτες παγκοσμίως με τη συγκεκριμένη συσκευή και θεωρείται ως ένα από τα πρωτοποριακά συστήματα αποκατάστασης της βάδισης (Diaz et al., 2011). Τα αποτελέσματα των κλινικών δοκιμών έδειξαν ότι η επανεκπαίδευση της βάδισης με το Gait Trainer δεν μπορεί να αντικαταστήσει τις παραδοσιακές μεθόδους αποκατάστασης, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμπληρωματικά, για να αυξηθεί περαιτέρω η αποτελεσματικότητα του προγράμματος αποκατάστασης, κυρίως στο υποξύ στάδιο του εγκεφαλικού επεισοδίου (Chang & Kim, 2013).



**Εικ. 6 - 7:** Gait Trainer GT 1 ([www.reha-stim.de](http://www.reha-stim.de)).



## 2.7 Συμπέρασμα

Αν και το μεγαλύτερο ποσοστό των εγκεφαλικών επεισοδίων θα μπορούσε να προληφθεί μέσω της υιοθέτησης ενός πιο υγιεινού τρόπου ζωής, αλλά και της έγκυρης διάγνωσης και αντιμετώπισης των παραγόντων κινδύνου (Allen & Bayraktutan, 2008; Eckel et al., 2013), η καταστροφική αυτή πάθηση αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες νοσηρότητας και θνητότητας παγκοσμίως. Τα αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια είναι μια σοβαρή νευρολογική διαταραχή αγγειακής αιτιολογίας, διαφόρου παθοφυσιολογικού μηχανισμού και συνεπώς διαφόρου ιατρικής αντιμετώπισης, των οποίων η έκβαση μπορεί να επηρεαστεί δραματικά από την ταχεία, επιθετική και εξειδικευμένη αντιμετώπιση τους (Connolly et al., 2012).

Παρόλο που οι περισσότεροι άνθρωποι κατανοούν ότι τα εγκεφαλικά επεισόδια αποτελούν επείγοντα ιατρικά περιστατικά και ότι σε τέτοιες περιπτώσεις θα έπρεπε να αναζητήσουν άμεσα ιατρική βοήθεια, στην πραγματικότητα μόλις στο 50% των περιπτώσεων καλείται το ΕΚΑΒ και συχνά, το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την εμφάνιση των πρώιμων συμπτωμάτων έως την πρώτη κλήση για ιατρική βοήθεια, αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα προ νοσοκομειακής καθυστέρησης (Ringleb et al., 2008). Βασικά αίτια για αυτό, αποτελούν αφενός μεν, η αδυναμία των ασθενών να αναγνωρίσουν τα συμπτώματα του επεισοδίου και αφετέρου δε, η άρνηση της νόσου και η ελπίδα ότι η κατάσταση τους θα βελτιωθεί, χωρίς να συνειδητοποιούν ότι η αναζήτηση ιατρικής βοήθειας και θεραπείας είναι επείγουσα. Για το λόγο αυτό, όπως επισημαίνεται και από ορισμένες κατευθυντήριες οδηγίες αντιμετώπισης των αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων, είναι απαραίτητη η εντατικοποίηση των προγραμμάτων ευαισθητοποίησης και ενημέρωσης τόσο του γενικού πληθυσμού, όσο και των επαγγελματιών υγείας, σε θέματα που αφορούν το αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο, όπως τα συμπτώματα και τους παράγοντες κινδύνου (Ringleb et al., 2008; Jauch et al., 2013).

Το σύνθημα «ο χρόνος είναι εγκέφαλος» σημαίνει ότι για έναν ασθενή με οξύ αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο κάθε λεπτό είναι πολύτιμο και ότι κάθε περίπτωση εγκεφαλικού θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως μια ιατρικά επείγουσα κατάσταση (Ringleb et al., 2008). Κατά αυτόν τον τρόπο οι ασθενείς με πιθανό αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο θα πρέπει να μεταφέρονται χωρίς καθυστέρηση στο πλησιέστερο νοσοκομείο το οποίο διαθέτει Μονάδα Αυξημένης Φροντίδας Αγγειακών Εγκεφαλικών Επεισοδίων (ΜΑΦ/ΑΕΕ) ή Μονάδα Εντατικής Θεραπείας (ΜΕΘ), οπότε η ύπαρξη ενός οργανωμένου συστήματος υγείας είναι κρίσιμη. Ο αριθμός των νοσοκομειακών μονάδων που μπορούν να παρέχουν αυτού του είδους τις υπηρεσίες ωστόσο, είναι περιορισμένος και υπάρχει ανάγκη διεύρυνσης του δικτύου μονάδων αυξημένης φροντίδας εγκεφαλικών επεισοδίων, ή εναλλακτικά ενός δικτύου ιατρικών κέντρων, τα οποία θα μπορούν να παρέχουν οργανωμένες υπηρεσίες αντιμετώπισης αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων (Ringleb et al., 2008).

Τα αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια συνοδεύονται επίσης σε υψηλό ποσοστό από ημιπληγία και οι περισσότεροι επιζώντες εγκεφαλικού ζουν με χρόνια αναπηρία, δημιουργώντας όχι μόνο σοβαρή σωματική επιβάρυνση στους συγγενείς και τους φροντιστές τους, αλλά και σημαντικό κοινωνικοοικονομικό κόστος. Υπολογίζεται ότι περίπου 50 εκατομμύρια επιζώντες εγκεφαλικού παγκοσμίως, αντιμετωπίζουν σοβαρά κινητικά, γνωστικά και συναισθηματικά ελλείμματα και το 25% έως 74% αυτών, χρειάζονται βοήθεια καθημερινά σε ορισμένες δραστηριότητες, ή εξαρτώνται πλήρως από τους φροντιστές τους (Miller et al., 2010). Η λειτουργική αποκατάσταση μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο, στηρίζεται πρωτίστως στην ικανότητα ανάπλασης και αναδιοργάνωσης του κεντρικού νευρικού συστήματος, γνωστή και ως αρχή της νευροπλαστικότητας (Pekna et al., 2012). Η επιτυχής εκμετάλλευση της νευροπλαστικότητας προς όφελος της λειτουργικής αποκατάστασης, αποτελεί μια διαρκή, μακροχρόνια και συντονισμένη προσπάθεια, από μια πολυδιάστατη ομάδα ατόμων, η οποία περιλαμβάνει καταρχάς τον ίδιο τον ασθενή, το οικογενειακό του περιβάλλον και επαγγελματίες υγείας, όπως ιατρούς, ψυχολόγους, νοσοκόμους, φυσιοθεραπευτές, λογοθεραπευτές, και κοινωνικούς λειτουργούς. Συνεπώς, η καλή επικοινωνία και ο συντονισμός μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων μελών είναι πρωταρχικής σημασίας, προκειμένου να μεγιστοποιηθούν τα λειτουργικά οφέλη του προγράμματος αποκατάστασης (Pekna et al., 2012).

Όσον αφορά τη φυσιοθεραπευτική αντιμετώπιση, η αποκατάσταση των κινητικών ελλειμμάτων απαιτεί εντατική άσκηση με μεγάλη ακρίβεια κινήσεων, υψηλό αριθμό επαναλήψεων και υψηλή ένταση. Ωστόσο, η ύπαρξη τόσο φυσικών όσο και οικονομικών περιορισμών, όπως η έλλειψη προσωπικού και οι μειώσεις του προϋπολογισμού στον τομέα υγείας, δεν επιτρέπουν πάντα αυτή την εντατική αποκατάσταση (Poli et al., 2013). Επίσης, η εφαρμογή αυτού του είδους άσκησης δημιουργεί σωματική επιβάρυνση και υπερβολική κόπωση στους φυσιοθεραπευτές, επηρεάζοντας αρνητικά την παραγωγικότητα του προγράμματος αποκατάστασης, ενώ παράλληλα οι μελέτες των επικείμενων δημογραφικών μεταβολών αναμένουν ότι στο μέλλον η συχνότητα των εγκεφαλικών επεισοδίων θα αυξηθεί ακόμη περισσότερο (Hatem et al., 2016), πράγμα που κάνει την ανάγκη για εύρεση νέων, πιο αποτελεσματικών και αποδοτικών μεθόδων αποκατάστασης ακόμη πιο επιτακτική.

Η προσθήκη των ρομποτικών μέσων θα μπορούσε να συμβάλει στην εξάλειψη τέτοιων περιορισμών, αυξάνοντας την παραγωγικότητα και κατά συνέπεια την αποτελεσματικότητα του προγράμματος αποκατάστασης, λόγω της ικανότητάς τους να παρέχουν υψηλή επαναληψιμότητα και ένταση. Με τον τρόπο αυτό, η εκμετάλλευση τόσο του διαθέσιμου χρόνου θεραπείας, όσο και του ανθρώπινου δυναμικού μεγιστοποιείται, καθώς οι θεραπευτές μπορούν να επιβλέπουν ταυτόχρονα αρκετούς ασθενείς κατά τη διάρκεια θεραπείας, μειώνοντας παράλληλα τη σωματική τους επιβάρυνση. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι τα ρομποτικά συστήματα θα πρέπει να θεωρούνται ως αυτόνομες θεραπευτικές συσκευές, ο φυσιοθεραπευτής εξακολουθεί να διαδραματίζει καίριο ρόλο στη διαχείριση της ρομποτικής θεραπείας, προκειμένου να οδηγήσει την συμβιωτική σχέση μεταξύ ασθενούς και μηχανής και να αξιολογεί παράγοντες που δεν εντοπίζονται από τους αισθητήρες της συσκευής, όπως τον πόνο, την κόπωση και τη συναισθηματική κατάσταση του ασθενούς (Iosa et al., 2016). Ένα ακόμη πλεονέκτημα που προσφέρουν τα ρομποτικά συστήματα, είναι η δυνατότητα να καταγράφουν με απόλυτη ακρίβεια τα κινηματικά δεδομένα που παράγονται κατά τις θεραπευτικές συνεδρίες του ασθενούς, δίνοντας χρήσιμες πληροφορίες στον φυσιοθεραπευτή για την αξιολόγηση της προόδου και της επίδοσης του (Iosa et al., 2016). Τέλος, με τον συνδυασμό της ρομποτικής και της παραδοσιακής προσέγγισης, οι ασθενείς δύναται να αναμένουν βελτίωση της θεραπευτικής τους εμπειρίας και ταχύτερους ρυθμούς αποκατάστασης (Chua & Kuah, 2017).

Όσον αφορά τη σχέση κόστους-απόδοσης της ρομποτικής αποκατάστασης, τα αποτελέσματα των ερευνών υποδεικνύουν ότι το συνολικό κόστος θεραπείας, δηλαδή το κόστος υπηρεσιών αποκατάστασης, συν το κόστος της υγειονομικής περίθαλψης, ανάμεσα στη συμβατική και τη ρομποτική αντιμετώπιση είναι παρόμοιο. Ωστόσο, καθώς στο εγγύς μέλλον το κόστος της τεχνολογίας αναμένεται να μειωθεί σε αντίθεση με το κόστος της ανθρώπινης εργασίας, η συμπληρωματική χρήση των ρομποτικών μέσων φαίνεται ενθαρρυντική, παρουσιάζοντας ενδεχομένως και οικονομικά πλεονεκτήματα, έναντι του υπάρχοντος μοντέλου αποκατάστασης (Maciejasz et al., 2014).

Παρόλο που τα θεραπευτικά ρομπότ υπάρχουν εδώ και δύο δεκαετίες, η αποτελεσματικότητά τους έως και σήμερα παραμένει αμφιλεγόμενη. Ο βασικότερος λόγος για αυτό είναι διότι, πολλά ερωτήματα σχετικά με την αποκατάσταση των νευρολογικών διαταραχών παραμένουν ακόμη αναπάντητα, καθώς δεν έχουμε κατανοήσει πλήρως τον μηχανισμό της νευροπλαστικότητας. Έτσι, δεν έχουμε ακόμη ανακαλύψει ποιες είναι οι αποτελεσματικότερες παρεμβάσεις, για να τις εντάξουμε είτε στην παραδοσιακή, είτε στη ρομποτική θεραπευτική αντιμετώπιση. Εκτός αυτού, η λειτουργική αποκατάσταση των νευρολογικών ασθενών συχνά βασίζεται στην κλινική εμπειρία των φυσιοθεραπευτών, όπου ο ανταγωνισμός μεταξύ των διάφορων θεραπευτικών προσεγγίσεων, δημιουργεί περεταίρω αβεβαιότητα σχετικά με το τι ακριβώς θα πρέπει να κάνουν τα ρομπότ αποκατάστασης (Iosa et al., 2016).

Ένας ακόμη σημαντικός λόγος είναι διότι η αξιολόγηση των ρομποτικών συστημάτων συχνά είναι δύσκολη, λόγω εφαρμογής διαφορετικών μεθοδολογιών (χαρακτηριστικά συσκευών, πρωτόκολλα θεραπείας) και οι συστηματικές μεταanalύσεις έχουν βοηθήσει μονάχα εν μέρει στην αποσαφήνιση της αποτελεσματικότητάς τους, με τα περισσότερα αποτελέσματα να έρχονται σε αντιπαράθεση. Επίσης, εξακολουθεί να υπάρχει έλλειψη σαφών πληροφοριών όσον αφορά τον τρόπο χορήγησης ρομποτικής θεραπείας, τη σωστή διάρκεια και συχνότητα των συνεδριών, τις προφυλάξεις και τις πιθανές παρενέργειες (Iosa et al., 2016). Λίγες μόνο έρευνες έχουν επικεντρωθεί στον καθορισμό του καταλληλότερου σταδίου της πάθησης για τη χορήγηση της ρομποτικής άσκησης, καθώς επίσης και τον καθορισμό κατευθυντήριων οδηγιών για την βέλτιστη επιλογή των παραμέτρων ρομποτικής θεραπείας, όπως το εύρος τροχιάς, τις γωνίες κίνησης της άρθρωσης, την ταχύτητα και τις στρατηγικές θεραπείας (Iosa et al., 2016).

Όλοι αυτοί οι παράγοντες, οδηγούν σε μια πρόταση αλλαγής στο ερευνητικό ερώτημα σχετικά με την αποτελεσματικότητα των ρομποτικών μέσων. Αντί να αναρωτιόμαστε εάν η χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας είναι αποτελεσματική στη λειτουργική αποκατάσταση των νευρολογικών διαταραχών, θα πρέπει να καθορίσουμε ποιοι τύποι ασθενών επωφελούνται περισσότερο από την προσέγγιση αυτή (Masiero et al., 2014). Για παράδειγμα, οι επικείμενες μελέτες που ερευνούν την αποτελεσματικότητα των ρομποτικών μέσων δεν θα πρέπει να εστιάζουν μόνο στη συσκευή αυτή καθαυτή, αλλά και στις συγκεκριμένες ομάδες ή υποομάδες ασθενών που στοχεύει η θεραπεία, καθώς και στο πρωτόκολλο που υιοθετείται για τη χρήση της συσκευής. Σύμφωνα με τους Mehrholz et al., η ορθή χρήση των νέων τεχνολογιών θα πρέπει να βασίζεται στα επιστημονικά στοιχεία, σχετικά με το ποιες κατηγορίες ασθενών και ποιο στάδιο της πάθησης επωφελούνται περισσότερο από κάθε τεχνολογία (Iosa et al., 2016).

Παρά τη σημαντική ανομοιογένεια που παρουσιάζουν οι έρευνες σε επίπεδο μεθοδολογίας, έχει αποδειχθεί ότι ως προς την ανάκτηση των κινητικών ικανοτήτων ημιπληγικών ασθενών, η ρομποτική αποκατάσταση μπορεί να είναι τουλάχιστον εξίσου αποτελεσματική με τις παραδοσιακές φυσιοθεραπευτικές μεθόδους (Mazzoleni et al., 2017). Επιπλέον, οί πιο πρόσφατες κατευθυντήριες οδηγίες αποκατάστασης αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων, υποστηρίζουν τη συμπερίληψη των θεραπευτικών ρομπότ σαν συμπλήρωμα της καθιερωμένης αντιμετώπισης (Winstein et al., 2016; Foley et al., 2016).

Όσον αφορά τη μελλοντική ανάπτυξη των ρομποτικών μέσων, οι σημαντικότεροι στόχοι στον τομέα αυτό περιλαμβάνουν τη δημιουργία πιο προσιτών συσκευών, που θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα από ασθενείς και θεραπευτές. Επίσης, η τεχνητή τους νοημοσύνη θα πρέπει να είναι σε θέση να πραγματοποιεί αυτόματα όλες τις ρυθμίσεις παραμέτρων που απαιτούνται από τον φυσιοθεραπευτή, παρέχοντάς του μια σαφή εικόνα των αλλαγών που σκοπεύουν να πραγματοποιήσουν. Οπότε, οι μεταγενέστερες θεραπευτικές ρομποτικές συσκευές θα πρέπει να είναι διαισθητικές, εύχρηστες, γρήγορες στη ρύθμιση και να έχουν λογική τιμή (Iosa et al., 2016).

Συνολικά, η ρομποτική τεχνολογία παραμένει μια πολλά υποσχόμενη νέα προσέγγιση στο χώρο της λειτουργικής αποκατάστασης, η οποία παρά τη ραγδαία εξέλιξη που παρουσιάζει, δεν έχουν αναδειχθεί ακόμη οι πλήρεις της δυνατότητες. Για να γίνει αυτό δυνατό, απαραίτητη είναι η διεξαγωγή περαιτέρω κλινικών δοκιμών, με καλά σχεδιασμένη μεθοδολογία και πολλούς συμμετέχοντες, ώστε να διευκρινιστεί ο βέλτιστος τύπος συσκευών, τα κατάλληλα πρωτόκολλα θεραπείας και η επιλογή των κατάλληλων ασθενών, προκειμένου να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη της ρομποτικής και να διαδοθεί η χρήση της σε κλινικές παγκοσμίως.

## Βιβλιογραφία

### BIBΛΙΑ

1. **Allen, C. L., & Bayraktutan, U.** 2008, “Risk factors for ischaemic stroke,” in *International Journal of Stroke*. (Volume 3), Issue 2 May 2008 pp. 105–116.

### ΑΡΘΡΑ

2. **Μαντατζής, Μ.** 2013, Subarachnoid Hemorrhage: Clinical relevance and therapeutic management with focus on novel endovascular procedures. *Νευρολογία.*, 22: 4-2013, 17-23.
3. **Τσιβγούλης, Γ., Μήτσογλου, Α., Φλαμουρίδου, Μ., Τσακαλδήμη, Σ., Νταλός, Π., Χαραλαμπίδης, Κ., Μπουτζώνη, Σ., Δελλαπόρτα, Δ., Ταρτανής, Α., Βαδικόλιας, Κ., Ηλιόπουλος, Ι., & Πιπερίδου, Χ.** 2012, ΕΝΔΟΦΛΕΒΙΑ ΘΡΟΜΒΟΛΥΣΗ ΣΤΟ ΟΞΥ ΙΣΧΑΙΜΙΚΟ ΑΕΕ: ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ. *Νευρολογία.*, 21: 4-2012, 17-35.
4. **Aronowski, J. & Zhao, X.** 2011, Molecular pathophysiology of cerebral hemorrhage: secondary brain injury. *Stroke.*, 42(6):1781–1786.
5. **Asplund, K., Karvanen, J., Giampaoli, S., Jousilahti, P., Niemelä, M., Broda, G., Cesana, G., Dallongeville, J., Ducimetriere, P., Evans, A., Ferrières, J., Haas, B., Jorgensen, T., Tamosiunas, A., Vanuzzo, D., Wiklund, P. G., Yarnell, J., Kuulasmaa, K., Kulathinal, S.** 2009, Relative risks for stroke by age, sex, and population based on follow-up of 18 European populations in the MORGAM Project. *Stroke.*, 40(7):2319-2326.
6. **Bansal, S., Kiranpal, S., Sangha., & Pooja, K.** 2013, Drug treatment of acute ischemic stroke. *Am J Cardiovasc Drugs.*, 13(1):
7. **Barker, D. J., & Lackland, D. T.** 2003, Prenatal influences on stroke mortality in England and Wales. *Stroke.*, 34:1598–1602.
8. **Broderick, J. P., Adams, H. P. Jr., Barsan, W., Feinberg, W., Feldmann, E., Grotta, J., Kase, C., Krieger, D., Mayberg, M., Tilley, B., Zabramski, J. M., Zuccarello, M.** 1999, Guidelines for the management of spontaneous intracerebral hemorrhage: A statement for healthcare professionals from a special writing group of the Stroke Council, American Heart Association. *Stroke.*, 30:905-915.
9. **Bissolotti, L., Villafañe, J. H., Gaffurini, P., Orizio, C., Valdes, K., & Negrini, S.** 2016, Changes in skeletal muscle perfusion and spasticity in patients with poststroke hemiparesis treated by robotic assistance (Gloreha) of the hand. *J Phys Ther Sci.*, 28(3):769-73.

10. **Calabrò, R. S., Naro, A., Russo, M., Milardi, D., Leo, A., Filoni, S., Trinchera, A., & Bramanti, P.** 2017, Is two better than one? Muscle vibration plus robotic rehabilitation to improve upper limb spasticity and function: A pilot randomized controlled trial. *PLoS One.*, 12(10):e0185936.
11. **Caceres, J. A., & Goldstein, J. N.** 2012, Intracranial Hemorrhage. *Emerg Med Clin North Am.*, 30(3): 771–794.
12. **Chang, W. H., & Kim, Y. H.** 2013, Robot-assisted Therapy in Stroke Rehabilitation. *J Stroke.*, 15(3): 174–181.
13. **Chen, J. C., & Shaw, F. Z.** 2014, Progress in sensorimotor rehabilitative physical therapy programs for stroke patients. *World J Clin Cases.*, 2(8): 316–326.
14. **Chua, K. S. G., & Kuah, C. W. K.** 2017, Innovating With Rehabilitation Technology in the Real World: Promises, Potentials, and Perspectives. *Am J Phys Med Rehabil.*, 96(10 Suppl 1):150-156.
15. **Chuang, L. L., Wu, C. Y., & Lin, K. C.** 2012, Reliability, validity, and responsiveness of myotonometric measurement of muscle tone, elasticity, and stiffness in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil.*, 93: 532–540.
16. **Clarke, D. J., & Forster, A.** 2015, Improving post-stroke recovery: the role of the multidisciplinary health care team. *J Multidiscip Healthc.*, 8:433–442.
17. **Connolly, E. S. Jr., Rabinstein, A. A., Carhuapoma, J. R., Derdeyn, C. P., Dion, J., Higashida, R. T., Hoh, B. L., Kirkness, C. J., Naidech, A. M., Ogilvy, C. S., Patel, A. B., Thompson, B. G., & Vespa, P.** 2012, Guidelines for the management of aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke.*, 43(6):1711-1737.
18. **Cruz-Flores, S., Rabinstein, A., Biller, J., Mitchell S.V. Elkind, Griffith, P., Gorelick, P. B., Howard, G., Leira, E. C., Morgenstern, I. B., Ovbiagele, B., Peterson, E., Rosamond, W., Trimble, B., & Valderrama, A. L.** 2011, on behalf of the American Heart Association Stroke Council; Council on Cardiovascular Nursing; Council on Epidemiology and Prevention; Council on Quality of Care and Outcomes Research Racial-ethnic disparities in stroke care: the American experience: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke.*, 42:2091–2116.
19. **Díaz, I., Jorge, J. G., & Emilio, S.** 2011, Lower-Limb Robotic Rehabilitation: Literature Review and Challenges. *Journal of Robotics* Volume 2011, Article ID 759764.
20. **Dobkin, B. H.** 2004, Strategies for stroke rehabilitation. *Lancet Neurol.*, 3:528–536.
21. **Dobkin, B. H.** 2005, Rehabilitation after stroke. *N Engl J Med.*, 352(16):1677–1684.
22. **Eckel, R. H., Jakicic, J. M., Ard, J. D., de Jesus, J. M., Houston Miller, N., Hubbard, V. S., Lee, I. M., Lichtenstein, A. H., Loria, C. M., Millen, B. E., Nonas, C. A., Sacks, F. M., Smith, S. C. Jr., Svetkey, L. P., Wadden, T. W., & Yanovski, S. Z.** 2013, AHA/ACC guideline on lifestyle management to reduce cardiovascular risk: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation.*, 129(suppl 2):76–99.



23. El Husseini, N., Goldstein, L. B., Peterson, E. D., Zhao, X., Pan, W., Olson, D. M., Zimmer, L. O., Williams, J. W., Bushnell, C., & Laskowitz, D. T. 2012, Depression and antidepressant use after stroke and transient ischemic attack. *Stroke.*, 43(6):1609–1616.
24. Flossmann E, Schulz UG, Rothwell PM. Systematic review of methods and results of studies of the genetic epidemiology of ischemic stroke. *Stroke.* 2004;35:212–227.
25. Foley, N., Cotoi, A., Serrato, J., Mirkowski, M., Harris, J., Dukelow, S., Sequeira, K., Knutson, J., Chae, J., & Teasell, R. 2016, Chapter 10: Upper extremity interventions. *Evidenced-Based review of stroke rehabilitation 2016.*
26. George, P. M., & Steinberg, G. K. 2015, Novel Stroke Therapeutics: Unraveling Stroke Pathophysiology and Its Impact on Clinical Treatments. *Neuron.*, 87(2):297-309.
27. Go, A. S., Bauman, M. A., Coleman King, S. M., Fonarow, G. C., Lawrence, W., Williams, K. A., & Sanchez, E. 2014, American Heart Association; American College of Cardiology; Centers for Disease Control and Prevention An effective approach to high blood pressure control: *a science advisory from the American Heart Association, the American College of Cardiology, and the Centers for Disease Control and Prevention. Hypertension.*, 63:878–885.
28. Goldstein, L. B. 2014, Modern Medical Management of Acute Ischemic Stroke. *Methodist Debaquey Cardiovasc J.*, 10(2):99-104.
29. Goldstein, N. J., & Gilson, A. J. 2011, Critical Care Management of Acute Intracerebral Hemorrhage. *Curr Treat Options Neurol. Curr Treat Options Neurol.*, 13(2):204–216.
30. Hacke, W., Kaste, M., Bluhmki, E., Brozman, M., Davalos, A., Guidetti, D., Larrue, V., Lees, K. R., Medeghri, Z., Machnig, T., Schneider, D., von Kummer, R., Wahlgren, N., & Toni, D. 2008, Thrombolysis with alteplase 3 to 4.5 hours after acute ischemic stroke. *N Engl J Med.*, 359:1317-1329.
31. Hatem, S. M., Saussez, G., Della Faille, M., Prist, V., Zhang, X., Dispa, D., & Bleyenheuft, Y. 2016, Rehabilitation of Motor Function after Stroke: A Multiple Systematic Review Focused on Techniques to Stimulate Upper Extremity Recovery. *Front Hum Neurosci.*, 10:442.
32. Hemphill, J. C. 3<sup>rd</sup>., Greenberg, S. M., Anderson, C. S., Becker, K., Bendok, B. R., Cushman, M., Fung, G. L., Goldstein, J. N., Macdonald, R. L., Mitchell, P. H., Scott, P. A., Selim, M. H., & Woo, D. 2015, Guidelines for the Management of Spontaneous Intracerebral Hemorrhage. *Stroke; a journal of cerebral circulation.*, 46 (7):2032-2060.
33. Hindle, K. B., Whitcomb T. J., Briggs W. O., & Hong, J. 2012, Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF): Its Mechanisms and Effects on Range of Motion and Muscular Function. *J Hum Kinet.*, 31:105-113.
34. Iosa, M., Morone, G., Fusco, A., Bragoni, M., Coiro, P., Multari, M., Venturiero, V., De Angelis, D., Pratesi, L., & Paolucci, S. 2012, Seven capital devices for the future of stroke rehabilitation. *Stroke Research & Treatment.*, 2012:187965.
35. Iosa, M., Morone, G., Cherubini, A., & Paolucci, S. 2016, The Three Laws of Neurorobotics: A Review on What Neurorehabilitation Robots Should Do for Patients and Clinicians. *J Med Biol Eng.*, 36:1-11.

36. Jauch, E. C., Saver, J. L., Adams, H. P., Bruno, A., Connors, J. J., Demaerschalk, B. M., Khatri, P., McMullan, P. W. Jr., Qureshi, A. I., Rosenfield, K., Scott, P. A., Summers, D. R., Wang, d. Z., Wintermark, M., & Yonas, H. 2013, Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke. *Stroke.*, 44:870-947.
37. Juvela, S., & Kase, C. S. 2006, Advances in intracerebral hemorrhage management. *Stroke.*, 37:301–304.
38. Kollen, B. J., Lennon, S., Lyons, B., Wheatley-Smith, L., Scheper, M., Buurke, J. H., Halfens, J., Geurts, A. C., & Kwakkel, G. 2009, The effectiveness of the Bobath concept in stroke rehabilitation: what is the evidence? *Stroke.*, 40:89–97.
39. Krebs, H. I., Dipietro, L., Levy-Tzedek, S., Fasoli, S. E., Rykman-Berland, A., Zipse, J., Fawcett, J. A., Stein, J., Poizner, H., Lo, A. C., Volpe, B. T., & Hogan, N. 2008, A Paradigm Shift for Rehabilitation Robotics. Therapeutic Robots Enhance Clinician Productivity in Facilitating Patient Recovery. *IEEE Eng Med Biol Mag.*, 27(4):61–70.
40. Krebs, H. I., & Volpe, B. T. 2013, Rehabilitation robotics. *Handb Clin Neurol.*, 110:283–294.
41. Lee, K. W., Kim, S. B., Lee, J. H., Lee, S. J., & Kim, J. W. 2017, Effect of Robot-Assisted Game Training on Upper Extremity Function in Stroke Patients. *Ann Rehabil Med.*, 41(4):539-546.
42. Lohse, K. R., Hilderman, C. G. E., Cheung, K. L., Tatla, S., & Van Der Loos, H. F. M. 2014, Virtual reality therapy for adults post-stroke: a systematic review and meta-analysis exploring virtual environments and commercial games in therapy. *PLoS ONE.*, 9(3).
43. Maciejasz, P., Eschweiler, J., Gerlach-Hahn, K., Jansen-Troy, A., & Leonhardt, S. 2014, A survey on robotic devices for upper limb rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil.*, 11:3.
44. Martin-Schild, S., Albright, K. C., Halleivi, H., Barreto, A. D., Philip, M., Misra, V., Grotta, J. C., Savitz, S. I. 2010, Intracerebral Hemorrhage in Cocaine Users. *Stroke.*, 41(4):680-684.
45. Masiero, S., Poli, P., Rosati, G., Zanotto, D., Iosa, M., Paolucci, S., & Morone, G. 2014, The value of robotic systems in stroke rehabilitation. *Expert Review of Medical Devices.*, 11(2):187–198.
46. Mazzoleni, S., Duret, C., Grosmaire, A. G., & Battini, E., 2017, Combining Upper Limb Robotic Rehabilitation with Other Therapeutic Approaches after Stroke: Current Status, Rationale, and Challenges. *Biomed Res Int.*, 2017: 8905637.
47. Meschia, J. F., Bushnell, C., Boden-Albala, B., Braun, L. T., Bravata, D. M., Chaturvedi, S., Creager, M. A., Eckel, R. H., Elkind, M. S., Fornage, M., Goldstein, L. B., Greenberg, S. M., Horvath, S. E., Iadecola, C., Jauch, E. C., Moore, W. S., & Wilson, J. A. 2014, Guidelines for the primary prevention of stroke: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke.*, 45(12):3754-3832.

48. Miller, E. L., Murray, L., Richards, L., Zorowitz, R. D., Bakas, T., Clark, P., & Billinger, S. A. 2010, Comprehensive Overview of Nursing and Interdisciplinary Rehabilitation Care of the Stroke Patient. *Stroke.*, 41:2402-2448.
49. Morgenstern, L. B., Hemphill, J. C. 3<sup>rd</sup>., Anderson, C., Becker, K., Broderick, J. P., Connolly, E. S. Jr., Greenberg, S. M., Huang, J. N., MacDonald, R. L., Messé, S. R., Mitchell, P. H., Selim, M., & Tamargo, R. J. 2010, American Heart Association Stroke Council and Council on Cardiovascular Nursing: Guidelines for the Management of Spontaneous Intracerebral Hemorrhage. *Stroke.*, 41(9):2108–2129.
50. Nicol, B. M., & Thrift G. A. 2005, Knowledge of Risk Factors and Warning Signs of Stroke. *Vasc Health Risk Manag.*, 1(2):137–147.
51. Park, S. E., & Wang, J. S. 2015, Effect of joint mobilization using KEOMT and PNF on a patient with CLBP and a lumbar transitional vertebra: a case study. *J Phys Ther Sci.*, 27:1629–1632.
52. Poli, P., Morone, G., Rosati, G., & Masiero, S. 2013, Robotic Technologies and Rehabilitation: New Tools for Stroke Patients' Therapy. *Biomed Res Int.*, 2013: 153872.
53. Pekna, M., Pekny, M., & Nilsson, M. 2012, Modulation of neural plasticity as a basis for stroke rehabilitation. *Stroke.*, 43:2819–2828.
54. Qin, H., Song, A., Liu, Y., Jiang, G., & Zhou, B. 2015, Design and Calibration of a New 6 DOF Haptic Device. *Sensors (Basel).*, 15(12):31293-31313.
55. Rha, J. H., & Saver, J. L. 2007, The impact of recanalization on ischemic stroke outcome: a meta-analysis. *Stroke.*, 38:967-973.
56. Rincon, F., & Mayer, S. 2008, Clinical review: Critical care management of spontaneous intracerebral hemorrhage. *Critical Care.*, 12(6):237.
57. Ringleb, P. A., Bousser, M. G., Philip Bath, G. F., Brainin, M., Caso, V., Cervera, A., Chamorro, A., Cordonnier, C., Csiba, L., Davalos, A., Diener, H. C., Ferro, J., Hacke, W., Hennerici, M., Kaste, M., Langhorne, P., Lees, K., Leys, D., Lodder, J., Markus, H. S., Mas, J. L., Mattle, H. P., Muir, K., Norrving, B., Obach, V., Paolucci, S., Ringelstein, E. B., Schellinger, P. D., Sivenius, J., Skvortsova, V., Sunnerhagen, K. S., Thomassen, L., Toni, D., von Kummer, R., Wahlgren, n. G., Walker, M. F., & Wardlaw, J. 2008, Guidelines for management of ischaemic stroke and transient ischaemic attack 2008. The European Stroke Organisation (ESO) Executive Committee and the ESO Writing Committee. *Cerebrovasc Dis.*, 25(5):457-507.
58. Rodgers, H., Shaw, L., Bosomworth, H., Aird, L., Alvarado, N., Andole, S., Cohen, D. L., Dawson, J., Eyre, J., Finch, T., Ford, G. A., Hislop, J., Hogg, S., Howel, D., Hughes, N., Krebs, H. I., Price, C., Rochester, L., Stamp, E., Ternent, L., Turner, D., Vale, L., Warburton, E., van Wijck, F., & Wilkes, S. 2017, Robot Assisted Training for the Upper Limb after Stroke (RATULS): study protocol for a randomised controlled trial. *Trials.*, 18(1):340.

59. Roger, V. L., Go, A. S., Lloyd-Jones, D. M., Adams, R. J., Berry, J. D., Brown, T. M., Carnethon, M. R., Dai, S., de Simone, G., Ford, E. S., Fox, C. S., Fullerton, H. J., Gillespie, C., Greenlund, K. J., Hailpern, S. M., Heit, J. A., Ho, P. M., Howard, V. J., Kissela, B. M., Kittner, S. J., Lackland, D. T., Lichtman, J. H., Lisabeth, L. D., Makuc, D. M., Marcus, G. M., Marelli, A., Matchar, D. B., McDermott, M. M., Meigs, J. B., Moy, C. S., Mozaffarian, D., Mussolino, M. E., Nichol, G., Paynter, N. P., Rosamond, W. D., Sorlie, P. D., Stafford, R. S., Turan, T. N., Turner, M. B., Wong, N. D., & Wylie-Rosett, J. 2011, American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee: Heart disease and stroke statistics. 2011 update: a report from the American Heart Association. *Circulation.*, 123(4):18-209.
60. Rosamond, W., Flegal, K., Furie, K., Go, A., Greenlund, k., Haase, N., Hailpern, S. M., Ho, M., Howard, V., Kissela, B., Kittner, S., Lloyd-Jones, D., McDermott, M., Meigs, J., Moy, C., Nichol, G., O'Donnell, C., Roger, V., Sorlie, P., Steinberger, J., Thom, T., Wilson, M., & Hong, Y. 2008, Heart disease and stroke statistics—2008 update: a report from the American heart association statistics committee and stroke statistics subcommittee. *Circulation.*, 117(4):25-146.
61. Sardar, P., Chatterjee, S., Giri, J., Kundu, A., Tandar, A., Sen, P., Nairooz, R., Huston, J., Ryan, J. J., Bashir, R., Parikh, S. A., White, C. J., Meyers, P. M., Mukherjee, D., Majersik, J. J., & Gray, W. A. 2015, Endovascular therapy for acute ischaemic stroke: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Eur Heart J.*, 36(35):2373-2380.
62. Seo, K. C., Park, S. H., & Park, K. 2015, The effects of stair gait training using proprioceptive neuromuscular facilitation on stroke patients' dynamic balance ability. *J Phys Ther Sci.*, 27:1459–1462.
63. Seo, K. C., & Kim, H. A. 2015, The effects of ramp gait exercise with PNF on stroke patients' dynamic balance. *J Phys Ther Sci.*, 27(6):1747–1749.
64. Simard, J. M., Sahuquillo, J., Sheth, K. N., Kahle, K. T., & Walcott, B. P. 2011, Managing malignant cerebral infarction. *Curr Treat Options Neurol.*, 13 (2):217–229.
65. Sivan, M., O'Connor, R. J., Makower, S., Levesley, M., & Bhakta, B. 2011, Systematic review of outcome measures used in the evaluation of robot-assisted upper limb exercise in stroke. *J Rehabil Med.*, 43:181-189.
66. Steiner, T., Juvela, S., Unterberg, A., Jung, C., Forsting, M., & Rinkel, G. 2013, European Stroke Organization Guidelines for the Management of Intracranial Aneurysms and Subarachnoid Haemorrhage. *Cerebrovasc Dis.*, 35(2):93-112.
67. Taveggia, G., Borboni, A., Salvi, L., Mule, C., Fogliaresi, S., Villafane, J. H., & Casale, R. 2016, Efficacy of robot-assisted rehabilitation for the functional recovery of the upper limb in post-stroke patients: a randomized controlled study. *Eur J Phys Rehabil Med.*, 52:767-773.
68. Timmermans, A. A., Seelen, H. A., Willmann, R. D., & Kingma, H. 2009, Technology-assisted training of arm-hand skills in stroke: concepts on reacquisition of motor control and therapist guidelines for rehabilitation technology design. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation.*, 2009;6(1, article 1).

69. **Truelsen, T., Piechowski-Józwiak, B., Bonita, R., Mathers, C., Bogousslavsky, J., & Boysen, G.** 2006, Stroke incidence and prevalence in Europe: a review of available data. *European Journal of Neurology.*, 13(6):581–598.
70. **Vespa, P. M., Martin, N., Zuccarello, M., Awad, I., & Hanley, D. F.** 2013, Surgical trials in intracerebral hemorrhage. *Stroke.*, 44(6 Suppl 1):79-82.
71. **Werner, C., Von Frankenberg, S., Treig, T., Konrad, M. & Hesse, S.** 2002, Treadmill training with partial body weight support and an electromechanical gait trainer for restoration of gait in subacute stroke patients: a randomized crossover study. *Stroke.*, 33(12):2895-2901.
72. **Westlake, K. P., & Patten, C.** 2009, Pilot study of Lokomat versus manual-assisted treadmill training for locomotor recovery post-stroke. *J Neuroeng Rehabil.*, 12;6:18.
73. **Winstein, C. J., Stein, J., Arena, R., Bates, B., Cherney, L. R., Cramer, S. C., Deruyter, F., Eng, J. J., Fisher, B., Harvey, R. L., Lang, C. E., MacKay-Lyons, M., Ottenbacher, K. J., Pugh, S., Reeves, M. J., Richards, L. G., Stiers, W., Zorowitz, R. D.** 2016, Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke.*, 47:98–169.
74. **Wu, C. M., McLaughlin, K., Lorenzetti, D. L., Hill, M. D., Manns, B. J., & Ghali, W. A.** 2007, Early risk of stroke after transient ischemic attack: a systematic review and meta-analysis. *Arch Intern Med.*, 167:2417-2422.
75. **Yang, F., Zhao, J., & Xu, H.** 2017, Characteristics of Hemorrhagic Stroke following Spine and Joint Surgeries. *Biomed Res Int.*, 5390839.
76. **Yew, K. S., & Cheng, E.** 2009, Acute Stroke Diagnosis. *Am Fam Physician.*, 80(1):33-40.