



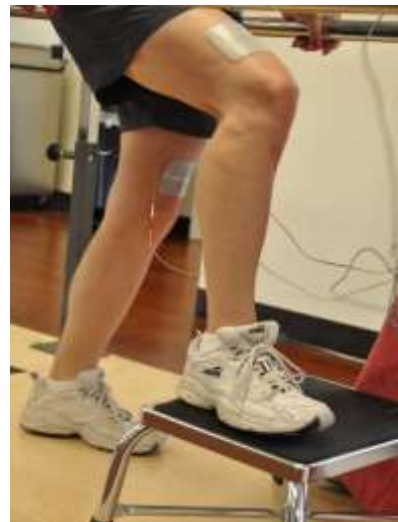
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Σχολή Επιστημών Αποκατάστασης Υγείας

Τμήμα Φυσικοθεραπείας

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΒΑΔΙΣΗΣ ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ
ΑΓΓΕΙΑΚΟ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΟ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟ:
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΕΘΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ
ΡΟΜΠΟΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**



Φοιτητές: Βασιλείου Βασίλειος Α.Μ. 2662, Καραμπά Βικτώρια Α.Μ 2682

Επιβλέπων Καθηγητής: Κουτσογιάννης Κωνσταντίνος

Αίγιο - 2022

**TECHNOLOGICAL ADVANCES IN GAIT
REHABILITATION IN PATIENTS WITH
STROKE: APPLICATIONS OF FUNCTIONAL
ELECTRICAL STIMULATION AND ROBOTIC
SYSTEMS**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Κωνσταντίνο Κουτσογιάννη, γιατί μας έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθούμε με ένα πολύ ενδιαφέρον θέμα, για την αμέριστη και ουσιαστική βοήθεια και καθοδήγηση που μας παρείχε. Τον ευχαριστούμε θερμά για τις εξαιρετικά χρήσιμες κριτικές παρατηρήσεις του στην επεξεργασία αυτής της εργασίας. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους καθηγητές και καθηγήτριες της σχολής μας, που μας έδωσαν τα κίνητρα και τις απαραίτητες γνώσεις, για να εξελίξουμε τον επιστημονικό τρόπο σκέψης και να φθάσουμε στο κατάλληλο επίπεδο για την συγγραφή αυτής της εργασίας. Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας και τους φίλους μας, που μας στήριξαν στην προσπάθεια για την εκπόνηση της πτυχιακής αυτής εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή: Οι επιπτώσεις των ΑΕΕ σχετιζόμενες με την κινητική λειτουργία περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, την διαταραχή της αρθρικής σταθερότητας, της μυικής ισχύος, του κινητικού ελέγχου και του μυϊκού τόνου που οδηγούν σε προβλήματα στις μεταφορές, στον στατικό έλεγχο, στην ισορροπία και στην βάδιση. Αν και πολλές τεχνικές έχουν περιγραφεί για την αποκατάσταση της βάδισης μετά το ΑΕΕ, καμία δεν έχει αποδειχθεί από μόνη της ανώτερη από τις άλλες (Bruni et al., 2017).

Σκοπός: Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο, μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, να παρουσιαστούν και να κατανοηθούν οι θεραπευτικές επιδράσεις και η αποτελεσματικότητα του λειτουργικού ηλεκτρικού ερεθισμού και των ρομποτικών συστημάτων ως νέων τεχνολογικών εφαρμογών, στην βελτίωση της βάδισης ασθενών που έχουν υποστεί ΑΕΕ.

Μέθοδος: Για την εκπόνηση της εργασίας αυτής έγινε αναζήτηση στις παρακάτω βάσεις δεδομένων: PubMed, Google Scholar, MEDLINE, Cochrane Library. Επίσης, αναζητήθηκαν πληροφορίες από επιστημονικά συγγράμματα. Τα κριτήρια που λήφθηκαν για την επιλογή των άρθρων ήταν: η γλώσσα συγγραφής να είναι η αγγλική, το έτος συγγραφής να είναι από το 2010 και να αφορούν τον Λειτουργικό Ηλεκτρικό Ερεθισμό και την Ρομποτική Επανεκπαίδευση στην αποκατάσταση της βάδισης μετά από ΑΕΕ. Επίσης λήφθηκε υπόψιν η αξιοπιστία και η μεθοδολογική προσέγγιση της κάθε έρευνας, καθώς επιλέχθηκαν κυρίως τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες μελέτες και κλινικές μελέτες.

Συμπέρασμα: Οι τεχνολογικές εξελίξεις στην αποκατάσταση της βάδισης τα τελευταία χρόνια έχουν αναβαθμίσει τον ρόλο του φυσικοθεραπευτή ως πολύτιμο μέλος της διεπιστημονικής ομάδας στην αποκατάσταση ασθενών με ΑΕΕ. Ειδικότερα, μέσω της αρθρογραφίας αποδεικνύεται ότι στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, η προσθήκη του FES και των ρομποτικών συστημάτων σε πρόγραμμα συμβατικής φυσικοθεραπείας επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα στην κινητική λειτουργία των ασθενών αυτών, σε σύγκριση μόνο με την συμβατική φυσικοθεραπεία. Όμως, απαιτούνται περισσότερες καλής ποιότητας έρευνες, έτσι ώστε να διευκρινισθούν τα αποτελέσματα και ο τρόπος δράσης τους, προκειμένου να εδραιωθούν στην καθημερινή κλινική πρακτική.

Λέξεις-κλειδιά: stroke, hemiplegia, gait, locomotor, electrical stimulation, FES, robot, RAGT, electrotherapy, rehabilitation, physiotherapy

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	11
ΤΥΠΟΙ ΑΕΕ.....	11
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΓΙΑ ΑΕΕ.....	14
ΚΛΙΝΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΙΣΧΑΙΜΙΚΟΥ ΑΕΕ.....	17
ΚΛΙΝΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΑΙΜΟΡΡΑΓΙΚΟΥ ΑΕΕ.....	18
ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΑΕΕ.....	19
ΑΜΕΣΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΙΣΧΑΙΜΙΚΟΥ ΑΕΕ.....	22
ΑΜΕΣΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΑΙΜΟΡΡΑΓΙΚΟΥ ΑΕΕ.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	28
ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΣΕΓΙΣΗ ΑΕΕ.....	28
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ (FES).....	30
ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΕΠΑΝΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΤΗΣ ΒΑΔΙΣΗΣ (RAGT).....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	42
ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ FES.....	42
ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ FES ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΜΥΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	45
ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ FES ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ.....	47
ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ FES-CYCLING.....	49
ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΒΑΔΙΣΗΣ ΣΕ ΔΙΑΔΡΟΜΟ ΜΕ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ	
ΒΑΡΟΥΣ (BWSTT) ΚΑΙ FES.....	52
ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΜΦΥΤΕΥΜΕΝΟ FES.....	54
ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ AFO VS FES.....	55
ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ FES ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΑΛΛΑ ΜΕΣΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	56
ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΚΑΘΡΕΦΤΗ ΚΑΙ FES.....	56
ΔΙΑΚΡΑΝΙΑΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ (tDCS) VS FES.....	57
ΔΙΑΔΕΡΜΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΝΕΥΡΙΚΟΣ ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ (TENS) VS FES.....	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	60
ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ RAGT.....	60
RAGT + PT (ΜΕ ΒΑΔΙΣΗ) VS PT (ΜΕ ΒΑΔΙΣΗ).....	60
RAGT + PT (ΧΩΡΙΣ ΒΑΔΙΣΗ) VS PT (ΜΕ ΒΑΔΙΣΗ).....	62
RAGT VS PT (ΜΕ ΒΑΔΙΣΗ).....	64
RAGT + PT (ΜΕ ΒΑΔΙΣΗ) VS PT (ΜΕ ΒΑΔΙΣΗ) VS RAGT.....	65
RAGT ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΥΠΟΣΚΗΝΙΔΙΑΚΑ ΑΕΕ.....	65
ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ RAGT ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΟΥ ΦΛΟΙΟΥ.....	67

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ RAGT ΣΕ ΚΑΡΔΙΟΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ	68
ΠΟΙΟΙ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΕΙΝΑΙ ΠΙΘΑΝΟΤΕΡΟ ΝΑ ΕΠΩΦΕΛΗΘΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗΝ RAGT;.....	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	76
ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	76
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	81
ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	84

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

AEE: Αγγειακό Εγκεφαλικό Επεισόδιο

Φ/Θ: Φυσικοθεραπεία

RAGT: Robot Assisted Gait Training

CPT: Conventional Physical Therapy

PT: Physical Therapy

SARA: Scale for the Assessment and Rating of Ataxia

FIM: Functional Independence Measure

FAC: Functional Ambulation Category

BBS: Berg Balance Scale

SF-36: Short Form-36 Health Survey

MAS: Modified Ashworth Scale

MMSE: Mini-Mental State Examination

AS: Ashworth Scale

RMI: Rivermead Mobility Index

TCT: Trunk Control Test

CNS: Canadian Neurological Scale

BI: Barthel Index

RS: Rankin Scale

6MWT: 6-Minute Walk Test

10MWT: 10-Meter Walk Test

CWT: Comfortable 10MWT

FWT: Fast 10MWT

MI: Motricity Index
FM: Fugl-Meyer Assessment
SIS: Stroke Impact Scale
MRC: Medical Research Council scale
WHS: Walking Handicap Scale
TS: Tinetti Scale
SS-QoL: Stroke Specific Quality of Life
SCT: Stair Climbing Test
RPE: Rating of Perceived Exertion
BaPWV: Brachial ankle Pulse Wave Velocity
HRpeak: Peak Heart Rate
MBI: Modified Barthel Index
MRMI: Modified Rivermead Mobility Index
REPAS: Resistance to Passive Movement Scale
TIS: Trunk Impairment Scale
FES: Falls Efficacy Scale
MFTRT: Modified Functional Reach Test
MMT: Manual Muscle Test
CSS: Composite Spasticity Scale
PASS: Postural Assessment Scale for Stroke patients
BBA: Brunel's Balance Assessment
UMCT: Upright Motor Control Test
STREAM: Stroke Rehabilitation Assessment of Movement
PASIPD: Physical Activity Scale for Individuals with Physical Disabilities

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας το Αγγειακό Εγκεφαλικό Επεισόδιο (ΑΕΕ) χαρακτηρίζεται από « ταχέως αναπτυσσόμενα κλινικά σημεία εστιακής ή γενικευμένης διαταραχής της εγκεφαλικής λειτουργίας, που διαρκούν περισσότερο από 24 ώρες ή οδηγούν στο θάνατο, χωρίς προφανή αιτία εκτός από αυτή της αγγειακής προέλευσης » (Coupland et al., 2017)

Αποτελεί τη δεύτερη συχνότερη αιτία θανάτου και την κυριότερη αιτία σοβαρής και μακροχρόνιας αναπηρίας παγκοσμίως. Η συχνότητά του ανέρχεται στα 795.000 ΑΕΕ κάθε χρόνο, οδηγώντας σε 140.000 θανάτους ετησίως (Shafaat & Sotoudeh, 2021). Κάθε 40 δευτερόλεπτα λαμβάνει χώρα ένα νέο ΑΕΕ. Τα παραπάνω καθιστούν το ΑΕΕ ένα παγκόσμιο πρόβλημα υγείας που χρήζει άμεσης και αποτελεσματικής αντιμετώπισης.

Οι δύο βασικοί τύποι ΑΕΕ είναι το ισχαιμικό και το αιμορραγικό. Το ισχαιμικό αποτελεί το 85% των οξέων ΑΕΕ και οφείλεται σε διακοπή της αιματικής ροής σε μια συγκεκριμένη περιοχή του εγκεφάλου λόγω απόφραξης κάποιου εγκεφαλικού αγγείου. Το υπόλοιπο 15% των οξέων ΑΕΕ αντιπροσωπεύει τα αιμορραγικά ΑΕΕ, τα οποία είναι αποτέλεσμα ρήξης κάποιου εγκεφαλικού αγγείου, προκαλώντας οξεία αιμορραγία (Tadi & Lui, 2021).

Το εγκεφαλικό επεισόδιο, λοιπόν, είναι αγγειακής προέλευσης και συγκεκριμένα αποτέλεσμα ισχαιμίας ή αιμορραγίας. Για την κατανόηση του μηχανισμού και της φύσης του ΑΕΕ ιδιαίτερα σημαντική είναι η γνώση των βασικών στοιχείων της ανατομίας του εγκεφάλου. Η αιμάτωση του εγκεφάλου πραγματοποιείται μέσω της πρόσθιας (καρωτιδικής) και της οπίσθιας κυκλοφορίας (σπονδυλοβασικής). Μέσω της πρόσθιας κυκλοφορίας αιματώνονται ο εγκεφαλικός φλοιός, η λευκή ουσία, τα βασικά γάγγλια και η έσω κάψα. Η έσω καρωτίδα και οι κλάδοι αυτής, δηλαδή η πρόσθια χοριοειδής, η πρόσθια εγκεφαλική και η μέση εγκεφαλική αρτηρία συνθέτουν την πρόσθια κυκλοφορία, η οποία συχνά συνδέεται με σημεία και συμπτώματα ημισφαιρικών διαταραχών όπως αφασία, απραξία και αγνωσία (Aminoff, Greenberg & Simon, 2018)

Από την άλλη πλευρά, η οπίσθια κυκλοφορία προμηθεύει αίμα στο στέλεχος, στην παρεγκεφαλίδα, στον θάλαμο και σε τμήματα του ινιακού και κροταφικού λοβού. Την οπίσθια κυκλοφορία συνθέτουν οι σπονδυλοβασικές αρτηρίες και οι κλάδοι αυτών, δηλαδή η οπίσθια κάτω παρεγκεφαλιδική, η πρόσθια κάτω παρεγκεφαλιδική και η οπίσθια εγκεφαλική αρτηρία. Τα ΑΕΕ αυτής της κατηγορίας σχετίζονται με σημεία και συμπτώματα στελεχιαίων

και παρεγκεφαλιδικών δυσλειτουργιών όπως κώμα, ίλιγγος, εμετός, πάρεση εγκεφαλικών νεύρων και επεισόδια ξαφνικών πτώσεων χωρίς απώλεια συνείδησης (Aminoff, Greenberg & Simon, 2018).

Οι καρωτιδικές και οι σπονδυλοβασικές αρτηρίες, επικοινωνούν μεταξύ τους σχηματίζοντας τον κύκλο του Willis. Από τον κύκλο αυτό εκβάλλουν οι δευτερεύουσες αρτηρίες που αναφέρθηκαν παραπάνω και προμηθεύουν αίμα σε διαφορετικά μέρη του εγκεφάλου (Shafaat & Sotoudeh, 2021).

Το ΑΕΕ μπορεί να οδηγήσει σε κινητικές διαταραχές, προβλήματα όρασης και ομιλίας καθώς και σε αισθητηριακές και διανοητικές διαταραχές. Τα παραπάνω υποβιβάζουν την ποιότητα ζωής των ασθενών και των οικογενειών τους, δυσχεραίνοντας τις καθημερινές τους δραστηριότητες (Kim & Jang, 2021).

Πιο συγκεκριμένα, η διαταραχή της κινητικής λειτουργίας και ειδικότερα τα προβλήματα βάδισης σημειώνονται σε περισσότερο από το 80% των επιζώντων από ΑΕΕ (Li, Francisco & Zhou, 2018).

Η πλειοψηφία των ασθενών που έχουν υποστεί ΑΕΕ ενδέχεται να ανακτήσει την ικανότητα βάδισης σημαντικών αποστάσεων. Ωστόσο, συχνά συνοδεύεται από υπολειπόμενα ελλείμματα όπως σπαστικότητα, μειωμένη ταχύτητα βάδισης, μυϊκή αδυναμία, κακό κινητικό έλεγχο, πτώση άκρου πόδα, αυξημένη ενεργειακή δαπάνη, αστάθεια και ασυμμετρία βάδισης (Tan et al., 2014). Τα παραπάνω οδηγούν σε μειωμένη ισορροπία και αυξάνουν τον κίνδυνο πτώσεων.

Επομένως, η αποκατάσταση της βάδισης είναι ιδιαίτερα σημαντική και αποτελεί πρωταρχικό στόχο της φυσικοθεραπευτικής αποκατάστασης, μόλις σταθεροποιηθεί η ιατρική τους κατάσταση (Schwartz & Meiner, 2015; Nunen et al., 2014; De Luca et al., 2018).

Τα προγράμματα αποκατάστασης της βάδισης σε ασθενείς με ΑΕΕ συμπεριλαμβάνουν προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης, προπόνηση σε διάδρομο, τεχνικές βιοανατροφοδότησης, λειτουργική ηλεκτρική διέγερση, εκπαίδευση βάδισης με ρομποτικά συστήματα, κνημοποδικές ορθώσεις (AFOs), εικονική πραγματικότητα, νοητική εξάσκηση με κινητικές εικόνες και ένεση αλλαντικής τοξίνης στους σπαστικούς μύες (Li, Francisco & Zhou, 2018).

Ειδικότερα, ο Λειτουργικός Ηλεκτρικός Ερεθισμός και τα ρομποτικά Συστήματα αποτελούν δύο πολλά υποσχόμενες προσεγγίσεις στην αποκατάσταση της βάδισης και αναμένεται να συμβάλλουν αρκετά στην προαγωγή της επιστήμης της Φυσικοθεραπείας.

Η παρούσα εργασία, λοιπόν, πραγματεύεται την αποτελεσματικότητα της Λειτουργικής Ηλεκτρικής Διέγερσης και της Ρομποτικής Επανεκπαίδευσης στην αποκατάσταση της φυσιολογικής βάρδισης μετά από ΑΕΕ, καθώς αυτές οι παρεμβάσεις κρίνεται αναγκαίο να αξιολογηθούν περαιτέρω και να συγκριθούν με άλλα μέσα αποκατάστασης.

Παρακάτω επρόκειτο να ακολουθήσει μια σύνοψη των υφιστάμενων επιστημονικών δεδομένων γύρω από το ΑΕΕ και των μεθόδων αποκατάστασης της βάρδισης και στη συνέχεια θα αναλυθούν ορισμένες επιστημονικές έρευνες που αποδεικνύουν την αποτελεσματικότητα των παρεμβάσεων που προαναφέρθηκαν. Η εργασία αυτή, αποτελεί επιπλέον αφορμή για περαιτέρω μελέτη της συμβολής αυτών των τεχνολογικών εφαρμογών στην αποκατάσταση των ασθενών με ΑΕΕ.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

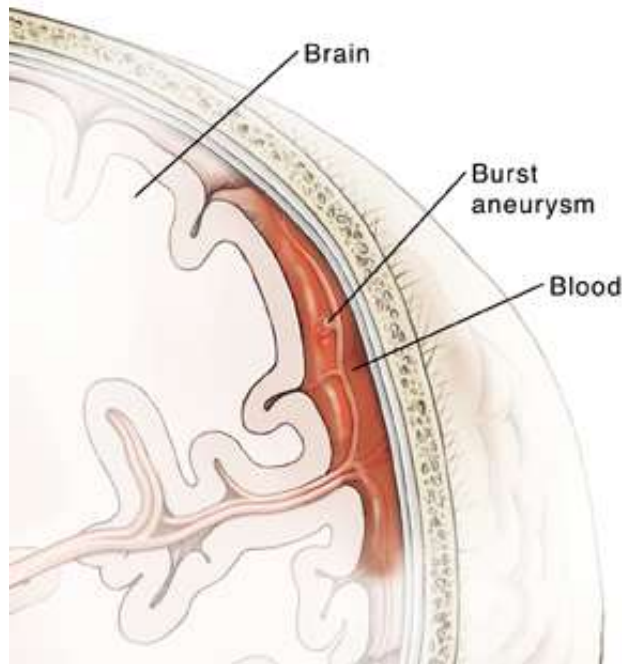
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΥΠΟΙ ΑΕΕ

Αιμορραγικό ΑΕΕ

Το αιμορραγικό εγκεφαλικό είναι αποτέλεσμα αιμορραγίας στον εγκέφαλο από ρήξη κάποιου αιμοφόρου αγγείου (Εικόνα 2). Το αιμορραγικό ΑΕΕ αποτελεί το 10-20% των ΑΕΕ ετησίως. Το αιμορραγικό εγκεφαλικό σχετίζεται με σοβαρή νοσηρότητα και υψηλή θνησιμότητα. Η επίπτωση του είναι υψηλή σε χώρες χαμηλού ή μεσαίου εισοδήματος. Το ποσοστό θνησιμότητας είναι 25-30% στις χώρες υψηλού εισοδήματος, ενώ αγγίζει το 30-48% σε αυτές με χαμηλό ή μεσαίο εισόδημα. Η έγκαιρη διάγνωση και θεραπεία είναι ύψιστης σημασίας, καθώς η ταχεία επέκταση της αιμορραγίας οδηγεί σε ξαφνική επιδείνωση του επιπέδου συνείδησης και νευρολογική δυσλειτουργία (Unnithan & Mehta, 2022). Το αιμορραγικό εγκεφαλικό χωρίζεται σε δύο επιπλέον κατηγορίες: την ενδοεγκεφαλική αιμορραγία και την υπαραχνοειδή αιμορραγία.

- 1) **Ενδοεγκεφαλική αιμορραγία:** προκύπτει από αιμορραγία των ενδοεγκεφαλικών αγγείων και είναι αποτέλεσμα αγγειακών αλλοιώσεων εξαιτίας της υπέρτασης και της γήρανσης (Martin & Kessler, 2015). Ο έλεγχος της υπέρτασης ενδέχεται να μειώσει τη συχνότητα εμφάνισης ενδοεγκεφαλικής αιμορραγίας (Unnithan & Mehta, 2022).
- 2) **Υπαραχνοειδής αιμορραγία:** προκύπτει από αιμορραγία επιφανειακού αγγείου που έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση αίματος στον υπαραχνοειδή χώρο (μεταξύ της αραχνοειδούς και της χοριοειδούς μήνιγγας) (Εικόνα 1). Η υπαραχνοειδής αιμορραγία κατά κύριο λόγο είναι αποτέλεσμα ανευρύσματος (διεύρυνση του τοιχώματος του αγγείου) ή αρτηριοφλεβικών δυσπλασιών (Martin & Kessler, 2015).



Εικόνα 1: Σχηματική απεικόνιση υπαραχνοειδούς αιμορραγίας
(<https://fairviewmnhs.org/patient-education/40952>)

Ισχαιμικό ΑΕΕ

Η ισχαιμία είναι συνώνυμο της υποξίας, δηλαδή της ελαττωμένης οξυγόνωσης του εγκεφαλικού ιστού, η οποία είναι αποτέλεσμα μειωμένης αιμάτωσης (Martin & Kessler, 2015) (Εικόνα 2). Το 85% των οξέων ΑΕΕ είναι ισχαιμικής αιτιολογίας και αποτελούν την τρίτη συχνότερη αιτία θανάτου στις ΗΠΑ. (Jones, 2010). Το ισχαιμικό εγκεφαλικό οφείλεται σε απώλεια της παροχής αίματος σε μια περιοχή του εγκεφάλου και προέρχεται από κάποιο θρομβωτικό ή εμβολικό επεισόδιο (Hui, Tadi & Patti, 2021). Πιο συγκεκριμένα:

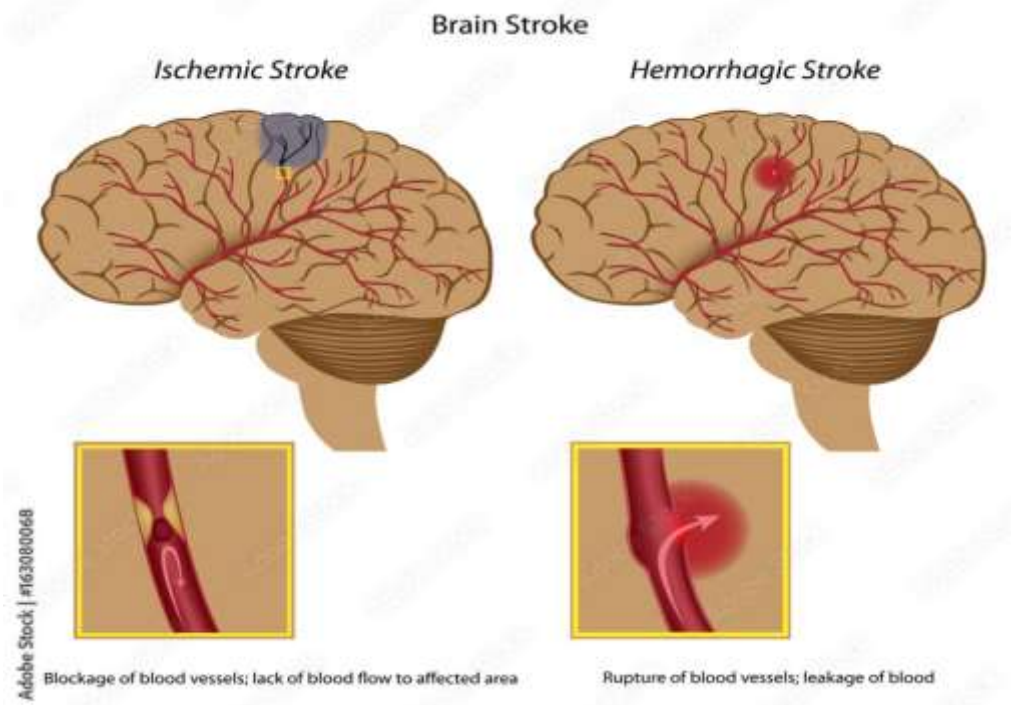
- 1) Θρομβωτικά ΑΕΕ:** στα θρομβωτικά ΑΕΕ λαμβάνει χώρα μια αποφρακτική διαδικασία που εμποδίζει τη ροή του αίματος σε ορισμένες περιοχές του εγκεφάλου. Πιο συγκεκριμένα, λόγω βλάβης εντός του ίδιου του αγγείου δυσχεραίνεται η ροή του αίματος στον εγκέφαλο, συνήθως λόγω αθηροσκληρωτικής νόσου, αρτηριακής ανατομικής, ινομυϊκής δυσπλασίας ή φλεγμονώδους κατάστασης (Hui, Tadi & Patti, 2021). Η συχνότερη αιτία θρομβωτικών επεισοδίων είναι η αθηροσκλήρωση, κατά την οποία παρατηρείται μείωση της διαμέτρου της αρτηρίας λόγω σχηματισμού αθηρωματικής πλάκας στα τοιχώματά της, η οποία δομείται από λιποκύτταρα και χοληστερόλη. Έτσι, περιορίζεται η αιμάτωση του αγγείου και άρα η οξυγόνωση των

ιστών του εγκεφάλου. Αν η απόφραξη του αγγείου είναι πλήρης, δημιουργείται νέκρωση τμήματος του εγκεφάλου ή αλλιώς εγκεφαλικό έμφρακτο (Martin & Kessler, 2015).

- 2) **Εμβολικά ΑΕΕ:** λαμβάνουν χώρα όταν ο θρόμβος που προέρχεται από άλλη θέση στο αγγειακό δίκτυο, προκαλεί απόφραξη ενδοκρανιακού αγγείου. Τα εμβολικά εγκεφαλικά είναι στενά συνδεδεμένα με καρδιαγγειακές νόσους (κολπική μαρμαρυγή, έμφραγμα και βαλβιδοπάθειες) (Martin & Kessler, 2015). Οι πηγές του θρόμβου είναι κατά κύριο λόγο οι βαλβίδες ή οι θάλαμοι της καρδιάς (π.χ. όταν αναπτύσσεται θρόμβος εντός των κόλπων κατά την κολπική μαρμαρυγή και αποσπάται στην αρτηριακή αγγειακή παροχή από όπου μεταφέρεται στα αγγεία του εγκεφάλου) (Hui, Tadi & Patti, 2021). Η ενσφήνωση του εμβόλου σε κάποιο εγκεφαλικό αγγείο οδηγεί μοιραία σε νέκρωση ή έμφρακτο των ιστών του εγκεφάλου. Η ελάττωση της αιμάτωσης κάτω από το 20% της φυσιολογικής και άρα η αδυναμία παραγωγής ενέργειας επιφέρουν ιστικό θάνατο (Martin & Kessler, 2015).

Παροδικά Ισχαιμικά Επεισόδια (ΠΙΕ)

Τα ΠΙΕ είναι αποτέλεσμα παροδικής απόφραξης που συνοδεύεται από συμπτώματα εγκεφαλικού, τα οποία υποχωρούν άμεσα σε λιγότερο από 24 ώρες (Larsen et al., 2017). Συχνά παρατηρούνται νευρολογικές διαταραχές που αφορούν την κίνηση, την αισθητικότητα και την ομιλία. Αυτού του είδους τα επεισόδια αποτελούν ένδειξη βλάβης στην αιματική κυκλοφορία και σχετίζονται με θρομβοεμβολική νόσο (Martin & Kessler, 2015). Συγκεκριμένα, μετά την εκδήλωση ενός ΠΙΕ ο κίνδυνος εμφάνισης ΑΕΕ υπολογίζεται περίπου στο 5% (Runge & Greganti, 2015).



Εικόνα 2: Ισχαιμικό και αιμορραγικό ΑΕΕ (<https://stock.adobe.com/>)

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΓΙΑ ΑΕΕ

Α) ΜΗ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΙΜΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

- 1) Ηλικία: Ο κίνδυνος για εμφάνιση ΑΕΕ αυξάνεται με την πάροδο της ηλικίας, με την επίπτωση του να διπλασιάζεται κάθε δεκαετία μετά την ηλικία των 45 ετών (Hayes, 2010; Meschia et al., 2014).
- 2) Χαμηλό βάρος γέννησης: Το χαμηλό βάρος γέννησης έχει συσχετιστεί με αυξημένο κίνδυνο ΑΕΕ σε πολλές πληθυσμιακές ομάδες, με τα νεογνά που ζυγίζουν λιγότερο από 2.5 κιλά να έχουν υπερδιπλάσιες πιθανότητες για ΑΕΕ, σε σχέση με αυτά που ζυγίζουν 4 κιλά (Meschia et al., 2014).
- 3) Φυλή/εθνικότητα: Υποστηρίζεται ότι οι Μαύροι και τα άτομα λατινοαμερικανικής καταγωγής έχουν αυξημένη επίπτωση όλων των τύπων ΑΕΕ και υψηλότερη θνητότητα, σε σχέση με τους Λευκούς (Meschia et al., 2014).
- 4) Γενετικοί παράγοντες: Το θετικό οικογενειακό ιστορικό για ΑΕΕ, πιστεύεται ότι αυξάνει τον κίνδυνο για εμφάνιση ΑΕΕ κατά περίπου 30%, ενώ έχουν ανιχνευθεί αρκετές

παραλλαγές σε γενετικούς τόπους που σχετίζονται με αυξημένο κίνδυνο πρόκλησης ΑΕΕ (Meschia et al., 2014).

5) Φύλο: Στην παιδική ηλικία και στην πρώιμη ενήλικη ζωή, η επίπτωση του ΑΕΕ είναι υψηλότερη στους άνδρες. Στην μέση ηλικία, τα ποσοστά εμφάνισης στις γυναίκες αρχίζουν να αυξάνονται, με την επίπτωση του ΑΕΕ να είναι μεγαλύτερη σε γυναίκες άνω των 85 ετών, σε σχέση με τους άνδρες (Appelros et al., 2003; Bots, Peters & Woodward, 2017; Towfighi et al., 2007; Furie, 2020).

Β) ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΙΜΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

ι) ΚΑΛΑ ΤΕΚΜΗΡΙΩΜΕΝΟΙ

1) Υπέρταση: Αποτελεί τον σημαντικότερο τροποποιήσιμο παράγοντα κινδύνου. Ο κίνδυνος εμφάνισης ΑΕΕ αυξάνεται γραμμικά με την αύξηση της αρτηριακής πίεσης, ενώ έχει υπολογιστεί ότι μείωση της συστολικής αρτηριακής πίεσης κατά 2 mmHg, μειώνει τον κίνδυνο ΑΕΕ κατά 25% (Meschia et al., 2014; Sarikaya, Ferro & Arnold, 2015).

2) Παχυσαρκία: Κάθε αύξηση μιας μονάδας στον δείκτη μάζας σώματος, αυξάνει τον κίνδυνο για ΑΕΕ κατά 5% (Sarikaya, Ferro & Arnold, 2015).

3) Σακχαρώδης Διαβήτης: Ο σακχαρώδης διαβήτης υπερδιπλασιάζει τον κίνδυνο εμφάνισης ΑΕΕ, με το 25-45% των ασθενών που έχουν ΑΕΕ να είναι διαβητικοί και το 20% όλων των διαβητικών να καταλήγουν από ΑΕΕ (Meschia et al., 2014; Kernan et al., 2014).

4) Κάπνισμα: Οι καπνιστές έχουν υπερδιπλάσιες πιθανότητες να εμφανίσουν ΑΕΕ, ακολουθώντας μια δόσο-εξαρτώμενη σχέση, ενώ ο κίνδυνος εμφάνισης ΑΕΕ εξισώνεται με αυτόν των μη καπνιζόντων μετά από 10 έτη διακοπής (Meschia et al., 2014).

5) Δυσλιπιδαιμία: Τα αυξημένα επίπεδα ολικής χοληστερόλης έχουν συσχετιστεί με αυξημένη συχνότητα ισχαιμικών ΑΕΕ, ενώ τα χαμηλά επίπεδα αυτής σχετίζονται με αυξημένο ρίσκο εμφάνισης αιμορραγικού ΑΕΕ (Meschia et al., 2014).

6) Δίαιτα & Διατροφή: Η συχνή κατανάλωση φρούτων, λαχανικών, ψαριού και η υψηλότερη κατανάλωση καλίου οδηγούν σε μείωση του κινδύνου για ΑΕΕ, ενώ η υψηλή κατανάλωση ασβεστίου και αλατιού αυξάνει τον κίνδυνο για ΑΕΕ (Joshiyura et al., 1999; Echel et al., 2013; Meschia et al., 2014; Sarikaya, Ferro & Arnold, 2015).

7) Κολπική Μαρμαρυγή: Η παρουσία κολπικής μαρμαρυγής αυξάνει τον κίνδυνο εμφάνισης εμβολικού ΑΕΕ κατά 4-5 φορές και είναι η κύρια αιτία εμφάνισης ΑΕΕ στους ηλικιωμένους, ενώ συσχετίζεται με υψηλή θνητότητα (Meschia et al., 2014; Sarikaya, Ferro & Arnold, 2015).

8) Σωματική αδράνεια: Η συχνή εκτέλεση φυσικής δραστηριότητας και άσκησης μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο εμφάνισης ΑΕΕ κατά 25-30%, με επιπρόσθετα οφέλη στην μείωση της υπέρτασης, της υπερλιπιδαιμίας και της παχυσαρκίας (Meschia et al., 2014; Sarikaya, Ferro & Arnold, 2015).

9) Ασυμπτωματική στένωση της καρωτίδας: Η παρουσία αθηροσκληρωτικής στένωσης της εξωκράνιας μοίρας της έσω καρωτίδας και του καρωτιδικού κόλπου έχει συσχετιστεί με αυξημένο κίνδυνο ΑΕΕ (Meschia et al., 2014).

10) Δρεπανοκυτταρική αναιμία: Το ΑΕΕ αποτελεί σημαντική επιπλοκή της δρεπανοκυτταρικής αναιμίας, με το 11% των ασθενών μέχρι την ηλικία των 20 ετών να έχουν υποστεί ΑΕΕ (Meschia et al., 2014).

11) Ψυχοκοινωνικοί παράγοντες: Η παρουσία ψυχοκοινωνικών προβλημάτων σχετίζεται με αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης ΑΕΕ σε άτομα ηλικίας ≥ 65 ετών (Henderson et al., 2013).

12) Χρόνια Νεφρική Νόσος: Ο κίνδυνος εμφάνισης ΑΕΕ αυξάνεται κατά 5-30 φορές σε ασθενείς με χρόνια νεφρική νόσο, ειδικά σε αυτούς που υποβάλλονται σε αιμοκάθαρση (Wyld & Webster, 2021).

13) Άλλες καρδιακές παθήσεις: περιλαμβάνουν μυοκαρδιοπάθεια, οξύ έμφραγμα μυοκαρδίου, βαλβιδοπάθειες, ανοικτό ωοειδές τρήμα, αορτική αθηροσκλήρωση, καρδιακούς όγκους και ανεύρυσμα μεσοκοιλιακού διαφράγματος (Meschia et al., 2014).

ii) ΜΗ ΕΠΑΡΚΩΣ ΤΕΚΜΗΡΙΩΜΕΝΟΙ/ΔΥΝΗΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΙΜΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

1) Ημικρανία

2) Μεταβολικό σύνδρομο

3) Αλκοόλ

4) Κατάχρηση ουσιών

- 5) Διαταραχές της αναπνοής στον ύπνο
 - 6) Υπερομοκυστεϊναιμία
 - 7) Αυξημένα επίπεδα λιποπρωτεΐνης α
 - 8) Καταστάσεις υπερπηκτικότητας
 - 9) Φλεγμονή και λοίμωξη
- (Meschia et al., 2014)

ΚΛΙΝΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΙΣΧΑΙΜΙΚΟΥ ΑΕΕ

Η κλινική εικόνα του ΑΕΕ περιλαμβάνει την αιφνίδια εμφάνιση νευρολογικού ελλείματος (Aminoff, Greenberg & Simon, 2018) και εξαρτάται από την εντόπιση, το μέγεθος και τον αριθμό των εμφράκτων (Meschia & Brott, 2018).

Η διάκριση μεταξύ ΑΕΕ της πρόσθιας και την οπίσθιας κυκλοφορίας είναι απαραίτητη για την εξακρίβωση της πιθανής αιτίας και του μηχανισμού εμφάνισης του επεισοδίου (Southerland, 2017).

Η πλειοψηφία των ισχαιμικών ΑΕΕ αφορά την πρόσθια κυκλοφορία, με το 20-25% των επεισοδίων να αφορούν εμπλοκή της οπίσθιας κυκλοφορίας (Southerland, 2017; Sparaco, Ciolli & Zini, 2019).

ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΑ ΜΕ ΒΛΑΒΕΣ ΣΤΟ ΚΑΡΩΤΙΔΙΚΟ ΚΑΙ ΣΠΟΝΔΥΛΟΒΑΣΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Καρωτιδικό σύστημα

- 1) Ημιπάρεση
- 2) Ημιπαισθησία
- 3) Διαταραχές όρασης
- 4) Αφασία
- 5) Απραξία
- 6) Αγνωσία

Σπονδυλοβασικό σύστημα

- 1) Ημιπάρεση
 - 2) Ημιπαισθησία
 - 3) Παρέσεις εγκεφαλικών νεύρων (παρουσιάζονται με διπλωπία, δυσφαγία, δυσαρθρία, ίλιγγο, κώφωση)
 - 4) Διαταραχή της ισορροπίας ή/και του συντονισμού των κινήσεων
 - 5) Διαταραχές όρασης
 - 6) Ναυτία/εμετός
 - 7) Διαταραχές του επιπέδου συνείδησης
- (Martin & Kessler, 2015; Aminoff, Greenberg & Simon, 2018; Bennaroch, 2015; Sparaco, Ciolli & Zini, 2019)

ΚΛΙΝΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΑΙΜΟΡΡΑΓΙΚΟΥ ΑΕΕ

Η κλινική εικόνα εξαρτάται από το μέγεθος, την εντόπιση της αιμορραγίας και την πιθανή επέκταση αυτής στο σύστημα των κοιλιών (Manno et al., 2005). Οι περισσότερες αιμορραγίες εμφανίζονται κατά την διάρκεια συνηθισμένων δραστηριοτήτων, αν και σε κάποιους ασθενείς εμφανίζονται έπειτα από έντονη σωματική προσπάθεια ή από αιφνίδιο ψυχολογικό stress (Manno et al., 2005).

Το πιο συνηθισμένα συμπτώματα είναι ο πονοκέφαλος, η ναυτία και ο εμετός (Manno et al., 2005).

Κεφαλαλγία που συμπίπτει με την εμφάνιση της αιμορραγίας παρατηρείται στο 40% των περιπτώσεων και σχετίζεται με αιμορραγία στην παρεγκεφαλίδα ή στις επιπολής δομές των ημισφαιρίων του εγκεφάλου (Jones, 2010).

Εμετός παρατηρείται στο 50% των ασθενών με αιμορραγία στα εγκεφαλικά ημισφαίρια και είναι πιο συχνός σε παρεγκεφαλιδικές αιμορραγίες (Steiner et al., 2006).

Επιληπτικές κρίσεις παρατηρούνται στο 10% των ασθενών και σχεδόν στο 50% των ασθενών με προσβολή των λοβών του εγκεφάλου (Manno et al., 2005), αν και η παρουσία αυτών δεν αποκλείει αιμορραγία στις εν τω βάθει δομές του εγκεφάλου (Jones, 2010).

Οι ασθενείς με μεγάλες αιμορραγίες συχνά έχουν μειωμένο επίπεδο συνείδησης, λόγω της αυξημένης ενδοκρανιακής πίεσης και συμπίεσης δομών του στελέχους και του θαλάμου (Steiner et al., 2006).

Ο λήθαργος και το κώμα υποδηλώνουν εκτεταμένες αιμορραγίες που προσβάλλουν τον δικτυωτό σχηματισμό του στελέχους (Steiner et al., 2006).

Η διάκριση μεταξύ αιμορραγικού και ισχαιμικού εγκεφαλικού επεισοδίου, με βάση την κλινική εικόνα, είναι δύσκολη και μερικές φορές αδύνατη. Παρολ' αυτά, η παρουσία ταχέως επιδεινούμενων σημείων και συμπτωμάτων, ο πονοκέφαλος, ο εμετός, οι επιληπτικές κρίσεις και το μειωμένο επίπεδο συνείδησης, το οποίο είναι συχνά δυσανάλογο με τα εστιακά νευρολογικά ελλείματα και νευρολογικά ελλείματα μη συμβατά με κατανομή ενός αγγείου συνηγορούν υπέρ της ύπαρξης αιμορραγικού επεισοδίου (Cordonnier et al., 2018; Aminoff, Greenberg & Simon, 2018).

ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΑΕΕ

Ιστορικό

Όπως και σε όλες τις νευρολογικές παθήσεις, έτσι και στην περίπτωση του ΑΕΕ, το ιστορικό είναι ζωτικής σημασίας για την διάγνωση. Στο ΑΕΕ, οι λεπτομέρειες του ιστορικού πρέπει να αποκτηθούν σύντομα και αποτελεσματικά και να επικεντρωθούν σε λίγες ερωτήσεις-κλειδιά.

Η φύση των νευρολογικών ελλειμάτων στο ΑΕΕ συνήθως αποτρέπει τους ασθενείς από το να δώσουν αξιόπιστες πληροφορίες από το ιστορικό, οπότε η άντληση πληροφοριών από μάρτυρες ή συγγενείς είναι σημαντική.

« Ποια ήταν η τελευταία φορά που ο ασθενής ήταν καλά ; »

« Πόσο γρήγορα εμφανίστηκαν τα συμπτώματα ; »

« Υπάρχει προηγούμενο ιατρικό ιστορικό ή ιστορικό χρήσης φαρμάκων/ουσιών ; »

Οι απαντήσεις στις ερωτήσεις αυτές θα βοηθήσουν στην εξακρίβωση της πιθανής αιτίας του επεισοδίου και στην επιλογή της κατάλληλης θεραπευτικής παρέμβασης (Hurford et al., 2020).

Φυσική Εξέταση

Όπως και σε όλες τις επείγουσες καταστάσεις, η αξιολόγηση των ζωτικών σημείων και του αεραγωγού, της αναπνοής και της κυκλοφορίας (ABCs) είναι απαραίτητη. Σε όλους τους ασθενείς θα πρέπει να γίνεται αξιολόγηση του επιπέδου συνείδησης, των οφθαλμών και των κινήσεων του ασθενούς.

Μια εστιασμένη νευρολογική εξέταση θα πρέπει να πραγματοποιηθεί για να εντοπισθεί η επηρεασμένη περιοχή του αγγειακού δικτύου του εγκεφάλου και για να αξιολογηθεί η σωματική αναπηρία με βάση την κλίμακα NIHSS. (Hurford et al., 2020).

Η κλίμακα NIHSS αποτελεί μια κλίμακα 15 σημείων για την αξιολόγηση της σοβαρότητας του ΑΕΕ. Έχει αποδειχθεί ότι είναι ακριβής, αξιόπιστη, γίνεται γρήγορα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της σοβαρότητας του ελλείματος, για την διαλογή ασθενών που είναι υποψήφιοι για θεραπεία επαναιμάτωσης, ενώ χρησιμεύει και στην ταυτοποίηση των ασθενών που έχουν υψηλότερο κίνδυνο εμφάνισης επιπλοκών (Hurford et al., 2020; Powers et al., 2019; Kwah & Diong, 2014).

Επίσης, πραγματοποιείται εξέταση της καρδιάς και των πνευμόνων (Song, 2013).

Άλλες εξετάσεις

Όλοι οι ασθενείς πρέπει να αξιολογηθούν με ηλεκτροκαρδιογράφημα, για την ανεύρεση πιθανής μυοκαρδιακής ισχαιμίας ή αρρυθμίας (π.χ. κολπικής μαρμαρυγής) (Brust, 2019; Song, 2013).

Επιπρόσθετα, πραγματοποιείται εργαστηριακή εξέταση, η οποία περιλαμβάνει γενική αίματος, βασικό μεταβολικό προφίλ, γλυκόζη αίματος και καρδιακά ένζυμα (Brust, 2019).

Επιπλέον εξετάσεις είναι δυνατόν να γίνουν σε συγκεκριμένες περιπτώσεις (Brust, 2019; Song, 2013).

Νευροαπεικόνιση

Η ταχεία νευροαπεικόνιση είναι κρίσιμης σημασίας για ασθενείς με ΑΕΕ. Η απεικόνιση του εγκεφαλικού παρεγχύματος πραγματοποιείται για να διαφοροποιήσει το ισχαιμικό από το αιμορραγικό ΑΕΕ και για να αποκλείσει άλλες παθολογίες που μπορεί να μιμούνται το ΑΕΕ. Ανεξάρτητα από την μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί, ο στόχος είναι η νευροαπεικόνιση να γίνει το πολύ εντός 25 λεπτών από την άφιξη του ασθενή στο νοσοκομείο (Song, 2013).

Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων η αρχική νευροαπεικόνιση γίνεται με την χρήση αξονικής τομογραφίας. Η αξονική τομογραφία χωρίς έγχυση σκιαγραφικού (Εικόνα 3) είναι

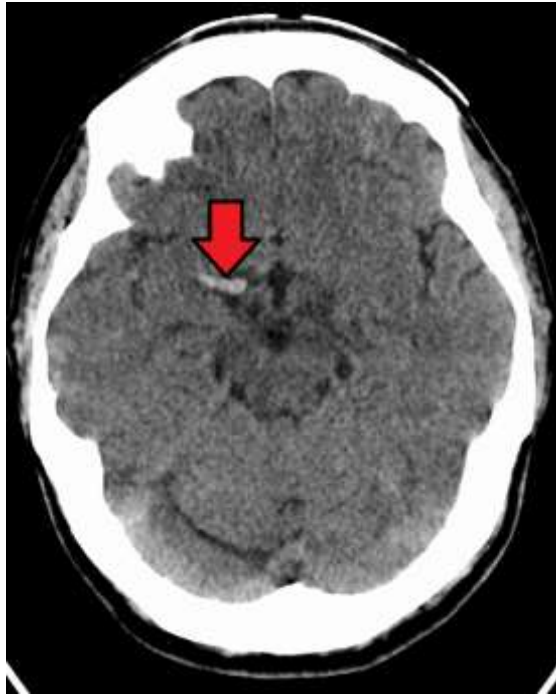
γρήγορη, ευαίσθητη και οικονομικά αποδοτική για τον αποκλεισμό αιμορραγίας, που είναι συνήθως επαρκής για την λήψη αποφάσεων σχετικά με την θρομβόλυση. Παρολ' αυτά η αξονική τομογραφία παρουσιάζει πολύ χαμηλότερη ευαισθησία και ειδικότητα για οξείες ισχαιμικές αλλαγές (Hurford et al., 2020).

Η μαγνητική τομογραφία διάχυσης μπορεί να εντοπίσει με ακρίβεια περιοχές με ισχαιμία, εντός λίγων λεπτών από την εγκατάσταση της. Επίσης, η μαγνητική τομογραφία με σύγκριση διαφορετικών ακολουθιών μπορεί να παρέχει μια κατά προσέγγιση ένδειξη για τον χρόνο έναρξης του ΑΕΕ (Hurford et al., 2020). Η μαγνητική τομογραφία είναι χρήσιμη για την ανίχνευση αιμορραγίας (Song, 2013) και το ίδιο αποτελεσματική σε σχέση με την αξονική τομογραφία χωρίς σκιαγραφικό για την απεικόνιση οξείας ενδοεγκεφαλικής αιμορραγίας (Powers et al., 2019).

Επιπλέον πλεονεκτήματα της αξονικής έναντι της μαγνητικής είναι η γρηγορότερη απόκτηση των εικόνων, η μεγαλύτερη διαθεσιμότητα της (χωρίς τις πολλές αντενδείξεις της μαγνητικής) και η ικανότητα των κλινικών να ανιχνεύσουν την αιμορραγία ή άλλα ευρήματα που θα αποκλείσουν την εκτέλεση της θρομβόλυσης. Όμως η μαγνητική τομογραφία, παρέχει μεγαλύτερη ακρίβεια για την διάγνωση και υψηλότερη ευαισθησία, ιδιαίτερα στον οπίσθιο κρανιακό βόθρο (Song, 2013).

Απεικόνιση αγγείων

Ο βασικός στόχος της αγγειακής απεικόνισης είναι η διάγνωση της απόφραξης μεγάλων αγγείων και της αθηροσκλήρωσης στις μεγάλες αρτηρίες. Υπάρχουν διαθέσιμες πολλές τέτοιες μέθοδοι συμπεριλαμβανομένου της αξονικής/μαγνητικής αγγειογραφίας με ή χωρίς σκιαγραφικό, του υπέρηχου Doppler καρωτίδων, του διακρανιακού Doppler και της ψηφιακής αφαιρετικής αγγειογραφίας (Brust, 2019).



Εικόνα 3: Απεικόνιση θρόμβου στην μέση εγκεφαλική αρτηρία (κόκκινο βέλος) σε αξονική τομογραφία εγκεφάλου χωρίς σκιαγραφικό (hyperdense MCA sign)

(https://en.wikipedia.org/wiki/Dense_artery_sign)

ΑΜΕΣΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΙΣΧΑΙΜΙΚΟΥ ΑΕΕ

ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΕΠΑΝΑΙΜΑΤΩΣΗΣ

Ο πρωταρχικός στόχος της αντιμετώπισης του ΑΕΕ είναι η επαναιμάτωση και ο περιορισμός της δευτερογενούς εγκεφαλικής βλάβης (Herpich & Rincon, 2020).

- 1) Ενδοφλέβια θρομβόλυση με αλτεπλάση (ανασυνδυασμένος ενεργοποιητής του ιστικού πλασμινογόνου-tPA ή rtPA)

Από την έγκριση της το 1996, η αλτεπλάση αποτελεί την συμβατική φαρμακολογική θεραπεία για την αντιμετώπιση του οξέος ισχαιμικού ΑΕΕ. Η αλτεπλάση έχει αποδειχθεί ότι αν χορηγηθεί εντός 3 ωρών από την έναρξη των συμπτωμάτων σε επιλεγμένους ασθενείς, βελτιώνει την κλινική έκβαση (Chapman et al., 2014; NINDS, 1995). Οι κυριότερες αντενδείξεις για την χορήγηση του tPA περιλαμβάνουν: ήπιο

ΑΕΕ, πρόσφατο ΑΕΕ ή μείζονα χειρουργική επέμβαση ή κρανιοεγκεφαλική κάκωση εντός 3 μηνών, ιστορικό ενδοκρανιακής αιμορραγίας, υπαραχνοειδής αιμορραγία, νεοπλασία γαστρεντερικού συστήματος ή αιμορραγία από το γαστρεντερικό, διαχωρισμός αορτικού τόξου και διαταραχή πήκτικότητας του αίματος.

Πριν την χορήγηση του, τα περισσότερα πρωτόκολλα οξείας αντιμετώπισης του ΑΕΕ επιβάλλουν την ταχεία απεικόνιση του εγκεφάλου με CT, για τον αποκλεισμό ενδοεγκεφαλικής αιμορραγίας (Jauch et al., 2013). Το μικρό θεραπευτικό παράθυρο είναι από τα κυριότερα μειονεκτήματα της αλτεπλάσης (Grech et. al., 2016).

Η θεραπεία προτείνεται και πέραν των 3 ωρών, με το μέγιστο τις 4.5 ώρες από την έναρξη των συμπτωμάτων, με κάποιες επιπλέον αντενδείξεις (Powers et al., 2019). Επίσης, πολλές έρευνες έχουν εξετάσει την αποτελεσματικότητα του tPA πέραν του προτεινόμενου θεραπευτικού παραθύρου.

Οι τελευταίες κατευθυντήριες οδηγίες του American Heart Association, προτείνουν ότι η χορήγηση της αλτεπλάσης μπορεί να είναι επωφελής εντός 4.5 ωρών από την αναγνώριση των συμπτωμάτων σε ασθενείς που ξυπνούν με συμπτώματα ΑΕΕ ή έχουν ασαφή ώρα έναρξης των συμπτωμάτων πάνω από 4.5 ώρες, αν υπάρχουν συγκεκριμένα απεικονιστικά ευρήματα στη μαγνητική τομογραφία (Powers et al., 2019).

2) Ενδοφλέβια θρομβόλυση με άλλους παράγοντες

Η τενεκτεπλάση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια εναλλακτική της αλτεπλάσης σε ασθενείς με ήσσονος σημασίας νευρολογικά ελλείμματα και απουσία σημαντικής ενδοκράνιας αγγειακής απόφραξης.

Τα πλεονεκτήματα από την χρήση λοιπών θρομβολυτικών παραγόντων είναι μη αποδεδειγμένα και η χρήση τους δεν δικαιολογείται (Powers et al., 2019).

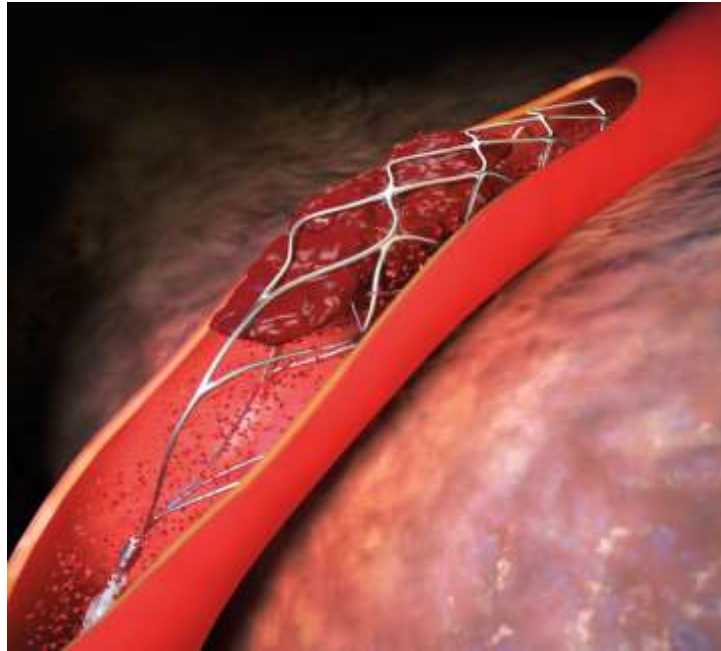
3) Ενδαγγειακές τεχνικές

Η ενδο-αρτηριακή έγχυση θρομβολυτικών παραγόντων μπορεί να θεωρηθεί ως θεραπευτική επιλογή σε προσεκτικά επιλεγμένους ασθενείς εντός 6 ωρών από την έναρξη των συμπτωμάτων, που έχουν αντενδείξεις για την χορήγηση της αλτεπλάσης, αν και οι επιπτώσεις αυτής της παρέμβασης είναι άγνωστες.

Επίσης, η μηχανική θρομβεκτομή με στεντ ανάκτησης του θρόμβου (Εικόνα 4) προτείνεται έναντι της ενδο-αρτηριακής έγχυσης θρομβολυτικών παραγόντων ως 1^η γραμμή θεραπείας.

Οι ασθενείς πρέπει να λάβουν μηχανική θρομβεκτομή με στεντ ανάκτησης θρόμβου , εντός 6 ωρών από την έναρξη των συμπτωμάτων, αν εκπληρώνουν συγκεκριμένα κριτήρια.

Τέλος, σε προσεκτικά επιλεγμένους ασθενείς, που έχουν απόφραξη μεγάλου αγγείου της πρόσθιας κυκλοφορίας, η μηχανική θρομβεκτομή μπορεί να θεωρηθεί ως λογική επιλογή εντός 6-24 ωρών από την έναρξη των συμπτωμάτων (Powers et al., 2019).



Εικόνα 4: Σχηματική απεικόνιση μηχανικής θρομβεκτομής με στεντ ανάκτησης θρόμβου (<https://magazines.uthscsa.edu/>)

ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΙΣΧΑΙΜΙΚΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΟΥ ΕΠΕΣΟΔΙΟΥ

1) Κοιλιοστομία: Η κοιλιοστομία αποτελεί καλά αναγνωρισμένη και αποτελεσματική επιλογή για την αντιμετώπιση αποφρακτικού υδροκέφαλου έπειτα από παρεγκεφαλιδικό έμφρακτο (Powers et al., 2019).

2) Αποσυμπιεστική κρανιεκτομία: Αν και το σχετικά ήπιο εγκεφαλικό οίδημα μπορεί να αντιμετωπιστεί συντηρητικά, η αποσυμπιεστική κρανιεκτομία είναι η μόνη αποτελεσματική θεραπεία σε σοβαρές περιπτώσεις εγκεφαλικού οιδήματος, που έχει αποδειχθεί ότι μειώνει την θνησιμότητα (Powers et al., 2019; Vahedi et al., 2007).

Η αποσυμπιεστική κρανιεκτομία θεωρείται λογική επιλογή σε ασθενείς ≤ 60 ετών με νευρολογική επιδείνωση εντός 48 ωρών από εγκεφαλικό οίδημα, το οποίο σχετίζεται με

έμφρακτο στην κατανομή της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας, που δεν βελτιώνεται παρά την συντηρητική θεραπεία.

Επίσης, η αποσυμπιεστική κρανιεκτομία πρέπει να διενεργείται, σε περίπτωση παρεγκεφαλιδικού εμφράκτου που προκαλεί νευρολογική επιδείνωση, λόγω πίεσης του εγκεφαλικού στελέχους, παρά την συντηρητική παρέμβαση ή την κοιλιοστομία (Powers et al., 2019).

ΣΥΝΤΗΡΗΤΙΚΗ ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΙΣΧΑΙΜΙΚΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΟΥ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ

Σε ασθενείς με οξύ ισχαιμικό ΑΕΕ, η πρόιμη θεραπεία της υπέρτασης μπορεί είναι απαραίτητη σε ασθενείς με σοβαρές συννοσηρότητες για την πρόληψη σοβαρών επιπλοκών. Παρολ'αυτά, η απότομη μείωση της πίεσης, ενδέχεται να επιδεινώσει την εγκεφαλική ισχαιμία.

Η αρτηριακή πίεση σε ασθενείς που θα λάβουν θεραπεία με αλτεπλάση ή έχουν σκοπό να υποστούν μηχανική θρομβεκτομή και δεν έχουν λάβει αλτεπλάση, θα πρέπει να διατηρείται κάτω από 185/110 mmHg.

Η ασπιρίνη συνίσταται σε ασθενείς εντός 24-48 ωρών από την έναρξη των συμπτωμάτων, αλλά δεν θα πρέπει να θεωρείται υποκατάστατο σε ασθενείς που είναι κατάλληλοι υποψήφιοι για ενδοφλέβια θρομβόλυση ή μηχανική θρομβεκτομή

Η χορήγηση οξυγόνου πρέπει να γίνεται με στόχο την διατήρηση του κορεσμού >94%, ενώ η υπερθερμία, η υποογκαιμία, η υπόταση και η υπογλυκαιμία πρέπει να αναγνωρίζονται εγκαίρως και να ανατάσσονται. (Powers et al., 2019).

Οι ασθενείς με ισχαιμικό ΑΕΕ έχουν αυξημένη πιθανότητα να εμφανίσουν νευρολογικές και άλλες ιατρικές επιπλοκές και πρέπει να αξιολογούνται διαρκώς.

Παρεμβάσεις όπως η κινητοποίηση, η συχνή αλλαγή θέσεων, η χρήση ειδικών στρωμάτων και η τήρηση των συνθηκών υγιεινής μπορεί να συμβάλλει στην πρόληψη επιπλοκών όπως τα έλκη κατάκλισης, η πνευμονία, η εν τω βάθει φλεβοθρόμβωση και οι συγκάμψεις (Brust, 2019).

ΑΜΕΣΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΑΙΜΟΡΡΑΓΙΚΟΥ ΑΕΕ

1) ΕΝΔΟΕΓΚΕΦΑΛΙΚΗ ΑΙΜΟΡΡΑΓΙΑ

Δυστυχώς δεν υπάρχει ακόμα κάποια ιατρική θεραπεία που να έχει καθαρό όφελος στην ενδοεγκεφαλική αιμορραγία και ο ρόλος της χειρουργικής παρέμβασης παραμένει ασαφής, παρόλο που εφαρμόζεται συχνά με διάφορες μορφές (McGurgan et al., 2020).

Αρχικά, πρέπει να διασφαλιστεί ο αεραγωγός, η αναπνοή και η κυκλοφορία του ασθενούς (ABCs). Η ενδοτραχειακή διασωλήνωση είναι απαραίτητη σε ασθενείς που δεν μπορούν να διατηρήσουν τον αεραγωγό τους ανοικτό (Brust, 2019).

Σε περίπτωση που βρεθεί αιματολογική διαταραχή ή αιμορραγία που σχετίζεται με αντιπηκτική αγωγή, πρέπει να δοθούν τα κατάλληλα φάρμακα, παράγοντες αίματος ή ουσίες που αντιστρέφουν την δράση των αντιπηκτικών.

Η εμφάνιση υπέρτασης έχει συσχετιστεί με μεγαλύτερη επέκταση του αιματώματος, νευρολογική επιδείνωση και θάνατο από ενδοεγκεφαλική αιμορραγία. Επομένως, σε ασθενείς με συστολική αρτηριακή πίεση >220 mmHg, είναι απαραίτητο να εξεταστεί η πιθανή επιθετική μείωση της πίεσης με συνεχή ενδοφλέβια έγχυση αντιυπερτασικών φαρμάκων (Brust, 2019; McGurgan et al., 2020).

Οι ασθενείς που παρουσιάζουν συστολική αρτηριακή πίεση μεταξύ 150-220 mmHg και δεν έχουν αντενδείξεις για οξεία αντιυπερτασική θεραπεία, μπορούν να υποστούν οξεία μείωση της πίεσης στα 140 mmHg χωρίς πρόβλημα.

Τα επίπεδα της γλυκόζης πρέπει να παρακολουθούνται στενά και η υπεργλυκαιμία και υπογλυκαιμία να διορθώνονται άμεσα, ενώ ο πυρετός πρέπει να αντιμετωπίζεται.

Η αυξημένη ενδοκρανιακή πίεση μπορεί να μειωθεί με την ανύψωση της κεφαλής του ασθενούς στις 30 μοίρες, με χορήγηση μαννιτόλης ή υπέρτονου ορού άλατος, με την αναλγησία, την ήπια καταστολή και με την πρόκληση μικρής διάρκειας υπεραερισμού (Brust, 2019; McGurgan et al., 2020).

Επίσης, η παροχέτευση του εγκεφαλονωτιαίου υγρού μπορεί να εφαρμοστεί σε ασθενείς με απόφραξη της ροής του.

Η χειρουργική παρέμβαση σε ασθενείς με υπερσκηνιδιακή αιμορραγία δεν είναι καλά τεκμηριωμένη. Η παρέμβαση αυτή θα πρέπει να εξεταστεί σε ασθενείς που βρίσκονται σε κίνδυνο να εμφανίσουν κεντρικό εγχολεασμό από μεγάλο ημισφαιρικό αιμάτωμα και έχουν πιθανότητες ουσιαστικής αποκατάστασης. Η αποσυμπιεστική κρηνιεκτομία με ή χωρίς

εκκένωση του αιματώματος μπορεί να μειώσει την θνητότητα σε ασθενείς με μείζονα αιματώματα που προκαλούν μετατόπιση της μέσης γραμμής ή βρίσκονται σε κώμα παρά την ιατρική θεραπεία.

Οι παρεγκεφαλιδικές αιμορραγίες, όταν είναι εκτεταμένες θα πρέπει να εκκενώνονται, ενώ σε περίπτωση που ο ασθενής εμφανίζει επιδείνωση της κλινικής του εικόνας, πίεση του στελέχους ή/και παρουσιάζει υδροκέφαλο, η αιμορραγία θα πρέπει αφαιρείται όσο το δυνατόν γρηγορότερα. (Brust, 2019; Hemphill et al., 2015).

2) ΥΠΑΡΑΧΝΟΕΙΔΗΣ ΑΙΜΟΡΡΑΓΙΑ

Ο στόχος της αγωγής στην υπαραχνοειδή αιμορραγία περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, την διαφύλαξη του αεραγωγού, την διαχείριση της αρτηριακής πίεσης πριν και μετά την επιδιόρθωση του ανευρύσματος, την αποφυγή της υποτροπής της αιμορραγίας, την αντιμετώπιση του αγγειοσπασμού και του υδροκέφαλου, τον περιορισμό της δευτερογενούς εγκεφαλικής βλάβης και την αποτροπή της πνευμονικής εμβολής (Hauser, 2017).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΣΕΓΙΣΗ ΑΕΕ

Η φυσικοθεραπεία (PT) στοχεύει κυρίως στην αξιολόγηση και θεραπεία των σωματικών επιπτώσεων του ΑΕΕ, με επικέντρωση στην διατήρηση και αποκατάσταση των δραστηριοτήτων της καθημερινής ζωής του ασθενούς (Veerbeek et al., 2014).

Η διαδικασία της αποκατάστασης αφορά 4 φάσεις, οι οποίες είναι αλληλεπικαλυπτόμενες και όχι καλά καθορισμένες:

- 1) Υπεροξεία/οξεία φάση αποκατάστασης: 0-24 ώρες από το επεισόδιο. Στόχος σε αυτή την φάση είναι η έγκαιρη έναρξη της κινητοποίησης του ασθενούς.
- 2) Πρώιμη φάση αποκατάστασης: 24 ώρες-3 μήνες από το επεισόδιο. Στόχος είναι η αποκατάσταση των σωματικών λειτουργιών, για την ανεξάρτητη πραγματοποίηση των λειτουργικών δραστηριοτήτων του ασθενούς.
- 3) Όψιμη περίοδος αποκατάστασης: 3-6 μήνες από το επεισόδιο. Σε αυτή την φάση δίνεται έμφαση στην πρόληψη ή μείωση των παραγόντων που περιορίζουν τις δραστηριότητες και την συμμετοχή του ασθενή.
- 4) Χρόνια περίοδος αποκατάστασης: >6 μήνες από το επεισόδιο. Η φάση αυτή περιλαμβάνει την συμβουλευτική και την υποστήριξη του ασθενή με στόχο την βελτιστοποίηση της κοινωνικής συμμετοχής, την αντιμετώπιση των προβλημάτων, την παρακολούθηση της ποιότητας ζωής και την διατήρησης της φυσικής κατάστασης.
(Veerbeek et al., 2014)

Η αποκατάσταση επιπλέον μπορεί να διακριθεί σε 2 φάσεις:

- α) Φάση πριν την κινητοποίηση
- β) Φάση κινητοποίησης

Στην α) φάση, η ιατρική στρατηγική είναι ο ασθενής να παραμείνει σε κατάκλιση και στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί η περίοδος αυτή. Η φυσικοθεραπευτική παρέμβαση σε αυτό το στάδιο περιλαμβάνει:

- 1) την βέλτιστη τοποθέτηση του ασθενούς στο κρεβάτι

- 2) την εφαρμογή προγράμματος αλλαγής θέσεων του ασθενή για την πρόληψη των ελκών κατάκλισης, του οιδήματος στο χέρι και του πόνου στον ώμο
- 3) την παρακολούθηση των λειτουργικών βλαβών ως συνέπεια του επεισοδίου, όπως η αδυναμία, προβλήματα σωματοαισθητικού συστήματος, αυξημένος μυϊκός τόνος και αν χρειαστεί την παρέμβαση για την διόρθωση τους
- 4) Την διατήρηση και βελτίωση του πνευμονικού αερισμού και της αποβολής των εκκρίσεων

Στην φάση της κινητοποίησης, οι παρεμβάσεις επικεντρώνονται στην βελτιστοποίηση της ικανότητας βάδισης και άλλων κινητικών δραστηριοτήτων. Επίσης, η φυσικοθεραπεία σχετίζεται και με την παροχή βοηθημάτων για την διευκόλυνση των παραπάνω δραστηριοτήτων, την ανάκαμψη των δραστηριοτήτων καθημερινής ζωής και την βελτίωση της δεξιότητας του άνω άκρου (Veerbeek et al., 2014).

Πολλές κατευθυντήριες οδηγίες προτείνουν την εργο-εξειδικευμένη προσέγγιση (task-specific approach) για την αποκατάσταση των ασθενών μετά από ΑΕΕ. Η εργο-εξειδικευμένη θεραπεία μπορεί να αποκαταστήσει την κινητική λειτουργία, προάγοντας την νευροπλαστικότητα σε πολλά επίπεδα (π.χ. συμπεριφορικά, ανατομικά, φυσιολογικά). Η βασική της αρχή συνοψίζεται στην εξής φράση: «Ο καλύτερος τρόπος να μάθεις μια δραστηριότητα, είναι να εξασκήσεις την συγκεκριμένη δραστηριότητα» (Argy et al., 2012). Επίσης, η εκπαιδευόμενη δραστηριότητα πρέπει να έχει νόημα και να είναι σημαντική για τον ασθενή (EBRSR, 2020).

Η ανεξάρτητη βάδιση είναι ένας σημαντικός δείκτης της αυτονομίας και της ποιότητας ζωής του ασθενούς. Η βάδιση καθορίζει όχι μόνο το πόσο ανεξάρτητο θα είναι το άτομο στην καθημερινότητα του, αλλά και αποτελεί παράγοντα που επηρεάζει την γενικότερη υγεία του.

Επομένως, η αποκατάσταση της βάδισης μετά το ΑΕΕ είναι ένας από τους κυριότερους στόχους της φυσικοθεραπείας (Holsbeeke et al., 2009; Veerbeek et al., 2014; Kinoshita et al., 2017).

Υπάρχουν πολλές θεραπευτικές προσεγγίσεις για την αποκατάσταση της βάδισης μετά το ΑΕΕ (εκτός του FES & της RAGT):

Η εργο-εξειδικευμένη επανεκπαίδευση της βάδισης με επικέντρωση στην μυϊκή ενδυνάμωση και καρδιοαναπνευστική ικανότητα, πρέπει να εφαρμοστεί σε ασθενείς με

ΑΕΕ που έχουν την δυνατότητα βάρδισης με ή χωρίς βοηθήματα (Royal College of Physicians, 2016).

Οι ασκήσεις ενδυνάμωσης προτείνονται για άτομα με ήπια προς μέτρια απώλεια της κινητικής λειτουργίας των κάτω άκρων.

Ο διάδρομος βάρδισης με ή χωρίς υποστήριξη βάρους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βελτιώσει την ταχύτητα και απόσταση βάρδισης, ως συμπλήρωμα στην επανεκπαίδευση βάρδισης στο έδαφος.

Η ρυθμική ακουστική ενεργοποίηση (rhythmic auditory stimulation), μπορεί να θεωρηθεί λογική επιλογή σε ασθενείς με ΑΕΕ για την βελτίωση παραμέτρων της βάρδισης.

Η βιοανατροφοδότηση (biofeedback) μπορεί να είναι χρήσιμη στην ενίσχυση των αποτελεσμάτων του προγράμματος της βάρδισης και στην βελτιστοποίηση της λειτουργικής αποκατάστασης του ασθενούς.

Οι ορθώσεις AFO μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ασθενείς με ΑΕΕ, που έχουν πτώση του άκρου πόδα, μετά από προσεκτική αξιολόγηση.

Η χρήση της εικονικής πραγματικότητας μπορεί να χρησιμεύσει ως συμπληρωματικό μέσο στην συμβατική επανεκπαίδευση της βάρδισης.

(Teasell et al., 2020)

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ (FES)

Ο λειτουργικός ηλεκτρικός ερεθισμός (FES) αναφέρεται στην χρήση ηλεκτρικού ερεθισμού με στόχο την παραγωγή μυϊκής σύσπασης για λειτουργικό σκοπό (Nanda, 2018).

Από το 1960 κιόλας, ο FES έχει χρησιμοποιηθεί για τη διόρθωση της πτώσης του άκρου πόδα (Sabut et al., 2011). Από τη δεκαετία του 1990, ο FES εφαρμόζεται όλο και περισσότερο στην αποκατάσταση της βάρδισης μετά από ΑΕΕ, δίνοντας κάποιες ενδείξεις της αποτελεσματικότητας του στη βελτίωση της κίνησης και βάρδισης (Ambrosini et al., 2011).

Πρόκειται για μια θεραπευτική προσέγγιση που χρησιμοποιεί παλμικό ρεύμα χαμηλής συχνότητας για να διεγείρει μια ομάδα μυών μέσω προκαθορισμένου προγράμματος, που ενεργοποιεί την κίνηση ή μιμείται τη φυσιολογική αυτόνομη κίνηση, βελτιώνοντας ή αποκαθιστώντας την λειτουργία του διεγερμένου μυός (Zhang et al., 2021). Με άλλα λόγια, μέσω της εφαρμογής ηλεκτρικού ρεύματος προωθείται η παραγωγή λειτουργικής κινητικότητας. Ο FES, λοιπόν, συνδράμει στην παραγωγή πιο φυσιολογικών μοτίβων κίνησης από ότι θα ήταν δυνατό μόνο με ενεργή προσπάθεια (Daly et al., 2011).

Η ηλεκτρική διέγερση του άθικτου κατώτερου κινητικού νευρώνα οδηγεί σε συστολή των παράλυτων μυών με αποτέλεσμα την παραγωγή λειτουργικής κίνησης. Με τον τρόπο αυτό, ο FES δύναται να αντικαταστήσει τη χρήση των ναρθήκων, προσφέροντας ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα διατήρησης των θεραπευτικών επιδράσεων και μετά τον τερματισμό της θεραπείας. Ωστόσο, συχνά χρησιμοποιείται και συνδυαστικά με ορθώσεις άνω και κάτω άκρων για επιπλέον βελτίωση της λειτουργικότητας (Nanda, 2018). Συγκεκριμένα, ο συνδυασμός του με όρθωση AFO οδηγεί σε ανύψωση του άκρου με ταυτόχρονη σταθεροποίηση της άρθρωσης στη φάση στήριξης (Watson, 2011).

Ο FES χρησιμοποιείται συχνότερα σε ασθενείς με βλάβη του ΚΝΣ, όπως ΑΕΕ και κάκωση ΝΜ. Ακόμη, χορηγείται σε καταστάσεις όπως ιπποποδία και υπεξάρθρωμα ώμου σε ημιπληγία, μυϊκή δυστροφία, συγγενή ραιβοϊπποποδία, εγκεφαλική παράλυση, μετά από χειρουργική επέμβαση συνδεσμοπλαστικής γόνατος, πολλαπλή σκλήρυνση, Parkinson, παραπληγία, ριζοπάθεια καθώς και σε χρόνια πόνο που συχνά οδηγεί σε ατροφία λόγω αχρησίας (Nanda, 2018; Watson, 2011).

Η εφαρμογή FES χωρίζεται σε δύο επιμέρους κατηγορίες: τον λειτουργικό και τον θεραπευτικό FES. Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή του λειτουργικού FES αποσκοπεί στην κινητική και λειτουργική αποκατάσταση όπως για παράδειγμα στην ορθοστάτιση ασθενή με παραπληγία, ενώ η εφαρμογή του θεραπευτικού FES στοχεύει στην άρση μιας ανικανότητας π.χ. ενδυνάμωση με σκοπό μείωση της μυϊκής αδυναμίας (Nanda, 2018).

Τυπικές παράμετροι

Συνηθέστερα, ο FES χρησιμοποιείται για πρόκληση μυϊκής σύσπασης μέσω διοχέτευσης ηλεκτρικών ώσεων σε εννευρωμένους μύες με στόχο την εκπόλωση του κινητικού νεύρου.

Για την εφαρμογή σε εννευρωμένους μύες οι τυπικές παράμετροι του FES είναι:

- Εύρος παλμού 100-1000 μ s
- Συχνότητα 10-100 Hz
- Ένταση που διαφέρει ανάλογα με την εφαρμογή και την ηλεκτρική εμπέδηση του ασθενή (έως και 120mA με επιφανειακά ηλεκτρόδια)

Σε περιπτώσεις που ο FES εφαρμόζεται σε απονευρωμένους μύες, το εύρος παλμού είναι 100-1000 φορές μεγαλύτερο από αυτό που απαιτείται σε εννευρωμένους μύες. Στις περιπτώσεις αυτές ο FES χρησιμοποιείται για λειτουργικό σκοπό (Watson, 2011).

Οφέλη FES

Ο FES φαίνεται ότι είναι μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση αποκατάστασης με ποικίλες ευεργετικές επιδράσεις. Ειδικότερα, συμβάλλει στην αποκατάσταση της ατροφίας από αχρησία, του ελλιπούς εύρους κίνησης, του μυϊκού σπασμού, ενώ χρησιμοποιείται και ως μέσο μυϊκής επανεκπαίδευσης (Nanda, 2018).

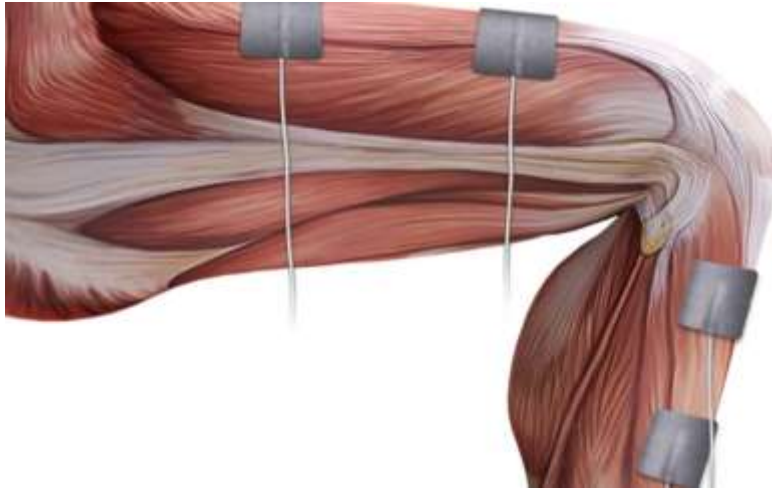
Ιδιαίτερα σημαντική είναι η συμβολή του FES ως συμπλήρωμα νευροαποκατάστασης για δυσλειτουργίες βάδισης μετά από ΑΕΕ (Awad et al., 2016). Συχνά συνδυάζεται με θεραπευτική άσκηση ή με άλλες τεχνολογίες επανεκπαίδευσης βάδισης (προπόνηση με ποδήλατο, εκπαίδευση σε διάδρομο, ρομποτικά συστήματα) για την επιτέλεση αυτού του σκοπού (Tan et al., 2014). Η άσκηση που υποβοηθείται από FES δύναται να οδηγήσει σε αύξηση της εκούσιας ενεργοποίησης των μυών, μείωση της σπαστικότητας, αυξημένο συντονισμό και περιορισμό της μη φυσιολογικής συνσύσπασης (Daly et al., 2011).

Η εφαρμογή FES σε χρόνιους ασθενείς με ΑΕΕ δύναται να προσφέρει βελτιώσεις στην μυϊκή δύναμη, στην ταχύτητα και στο ρυθμό βάδισης, στην ισορροπία και στην ποιότητα ζωής. Σε ασθενείς δε που βρίσκονται σε υποξεία φάση, οδηγεί σε βελτιώσεις στην ταχύτητα και στο ρυθμό βάδισης καθώς και στο μήκος βήματος και διασκελισμού (You et al., 2014). Σημαντικά είναι ακόμα τα οφέλη του FES στη μείωση της ενεργειακής δαπάνης κατά τον κύκλο βάδισης προωθώντας ένα πιο φυσιολογικό μοτίβο βάδισης (Chung et al., 2014).

Ηλεκτρόδια FES

Υπάρχουν 3 διαφορετικά είδη ηλεκτροδίων FES:

- Επιφανειακά (surface) (Εικόνα 5)
- Ενδοδερμικά (percutaneous), διαμέσου του δέρματος μέσα στη μυϊκή γαστέρα κοντά στο κινητικό σημείο του μυ
- Πλήρως εμφυτευμένα (implanted), πχ ηλεκτρόδια πέταλα περιφερικών νεύρων που ελέγχονται ασύρματα από εξωτερική μονάδα



Εικόνα 5: Επιφανειακά ηλεκτρόδια FES (<https://hasomed.de/en/products/rehamove/>)

Περισσότερο διαδεδομένα στην κλινική πράξη είναι τα επιφανειακά ηλεκτρόδια τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως σε ζεύγη. Αναφορικά με την τοποθέτησή τους, το ένα ηλεκτρόδιο (ενεργό ή αρνητικό) τοποθετείται πάνω από το κινητικό σημείο και το άλλο ηλεκτρόδιο (ουδέτερο) στο περιφερικό ή κεντρικό άκρο του μυ. Με τον τρόπο αυτό, κλείνει το κύκλωμα και περιορίζεται η επιστράτευση άλλων μυών (Watson, 2011).

Τρόποι εφαρμογής FES

- Διεγέρτης FES για υποβοήθηση της βάδισης (Εικόνα 6)
- Διεγέρτης FES για επίτευξη ορθοστάτισης (π.χ. μέσω ερεθισμού τετρακεφάλου)
- Ποδηλασία υποβοηθούμενη από επιφανειακό FES (π.χ. μέσω ερεθισμού τετρακεφάλου, οπίσθιων μηριαίων και γλουτιαίων)
- Κωπηλασία υποβοηθούμενη από επιφανειακό FES (π.χ. μέσω ερεθισμού τετρακεφάλου και οπίσθιων μηριαίων)
- Προπόνηση σε διάδρομο υποστήριξης σωματικού βάρους υποβοηθούμενη από FES
- Ενδοδερμικά και πλήρως εμφυτευμένα συστήματα FES (εξωτερική μονάδα τροφοδοσίας μεταβιβάζει εντολές σε εμφυτευμένο δέκτη, ενώ η διέγερση ρυθμίζεται από διακόπτη πέλματος)
- FES για υποβοήθηση άνω άκρου (σε εξάρθρωμα και πόνο στον ώμο, για μυϊκή ενδυνάμωση και για βελτίωση της λειτουργικότητας)
- Άλλες εφαρμογές FES (π.χ. βοήθεια στη λειτουργία εντέρου και κύστης, διέγερση φρενικού νεύρου και γενικότερη τροποποίηση νευρικής δραστηριότητας)

(Watson, 2011; Daly et. al., 2011)



Εικόνα 6: Βάδιση υποβοηθούμενη από FES (<https://hasomed.de/en/products/rehamove/>)

Η πιο ευρέως διαδεδομένη κλινική εφαρμογή FES αφορά ασθενείς με πτώση άκρου πόδα (Εικόνα 7). Ο ερεθισμός του περνιαίου νεύρου από μια μονοκάναλη συσκευή δύο ηλεκτροδίων, με στόχο την ενεργοποίηση της ραχιαίας κάμψης της ΠΔΚ στη φάση αιώρησης του κύκλου βάδισης, είναι η απλούστερη εφαρμογή λειτουργικής διέγερσης για την μείωση της πτώσης του άκρου πόδα και την αποκατάσταση της βάδισης. Το εν λόγω σύστημα περιέχει έναν αισθητήρα, ο οποίος αποτελείται από ένα διακόπτη πέλματος τοποθετημένο στο υπόδημα για έλεγχο του χρονισμού της διέγερσης. Η συσκευή τοποθετείται στην τσέπη ή στη ζώνη του ασθενή. Υπάρχουν και άλλες μορφές αισθητήρων όπως αισθητήρες κλίσης, γωνιόμετρα και ηλεκτρομυογραφικά σήματα (Watson, 2011).



Εικόνα 7: Εφαρμογή FES σε πτώση άκρου πόδα για ενεργοποίηση ραχιαίας κάμψης

<https://stiwell.medel.com/neurology/drop-foot>

ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΕΠΑΝΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΤΗΣ ΒΑΔΙΣΗΣ (RAGT)

Η επαναλαμβανόμενη εργο-εξειδικευμένη προσέγγιση στην βάδιση (repetitive task-specific approach), αποτελεί την πιο πολλά υποσχόμενη επιλογή για την αποκατάσταση της κινητικής λειτουργίας των ασθενών και περιλαμβάνει την εκτέλεση μεγάλου αριθμού πολύπλοκων κύκλων βάδισης (Morone et al., 2018; Bang & Shin, 2016; Chung, 2016).

Η επανεκπαίδευση βάδισης σε διάδρομο (treadmill training) με ή χωρίς μερική υποστήριξη βάρους επιτρέπει την επαναλαμβανόμενη εκτέλεση κύκλων βάδισης από τους ασθενείς. Ένα βασικό μειονέκτημα της προσέγγισης αυτής είναι η προσπάθεια που απαιτείται από τους θεραπευτές να τοποθετήσουν τα παρετικά άκρα στην σωστή θέση και να διευκολύνουν την μεταφορά βάρους από το ένα άκρο στο άλλο. Μέχρι και 3 θεραπευτές απαιτούνται για να κάνουν τις απαιτούμενες προσαρμογές σε σοβαρά προσβεβλημένους ασθενείς (Bruni et al., 2017).

Το μειονέκτημα αυτό και οι περιορισμένες αποδείξεις για την αποτελεσματικότητα αυτής της παρέμβασης, οδήγησε στην ανάπτυξη και χρήση ρομποτικών συστημάτων με στόχο την αποκατάσταση της κινητικότητας σε ασθενείς με ΑΕΕ και άλλες νευρολογικές παθήσεις (Nunen et al., 2014; Morone et al., 2011; Chung, 2016).

Τα ρομπότ στον χώρο της αποκατάστασης έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν εντατική εργο-εξειδικευμένη θεραπεία, παρέχοντας τον μέγιστο βαθμό προσαγωγών ερεθισμάτων από τις περιφερικές αρθρώσεις καθώς και εργο-εξειδικευμένη διέγερση. Έτσι, ενισχύουν τα αποτελέσματα της συμβατικής αποκατάστασης των ασθενών με ΑΕΕ, παρέχοντας μεγαλύτερη ανάκτηση της λειτουργικότητας (Morone et al., 2017; Molteni et al., 2018).

Η ρομποτική επανεκπαίδευση της βάδισης έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με την επανεκπαίδευση βάδισης σε διάδρομο. Αυτά περιλαμβάνουν: την πρώιμη κινητοποίηση των ασθενών με σοβαρά ελλείμματα, την μικρότερη σωματική προσπάθεια από τους θεραπευτές, την μεγαλύτερη ένταση και διάρκεια της συνεδρίας και την δυνατότητα να μετρηθεί η απόδοση του ασθενούς. Όλοι αυτοί οι παράγοντες συμβάλλουν στην διαμόρφωση της νευροπλαστικότητας (Schwartz & Meiner, 2015). Η χρήση των ρομποτικών συστημάτων επιτρέπει σε ασθενείς που είναι καθηλωμένοι σε αναπηρικό αμαξίδιο, να πραγματοποιήσουν μέχρι και 1000 βήματα κατά την διάρκεια μιας συνεδρίας 30 λεπτών. Στο ίδιο χρονικό διάστημα, οι ασθενείς αυτοί θα μπορούσαν να πραγματοποιήσουν μόνο 50-100 βήματα, αν συμμετείχαν σε συμβατικό πρόγραμμα φυσικοθεραπείας (Schwartz & Meiner, 2015). Επιπλέον, ο φυσικοθεραπευτής μπορεί εύκολα να ελέγξει και να προσαρμόσει παραμέτρους, όπως είναι το ποσοστό υποστήριξης του σωματικού βάρους από την συσκευή, την ταχύτητα βάδισης και τον βαθμό υποβοήθησης του ασθενή από τα κινούμενα τμήματα του ρομπότ (Morone et al., 2017).

Το κοινό χαρακτηριστικό των ρομπότ που χρησιμοποιούνται στην νευροαποκατάσταση είναι ότι περιλαμβάνουν σύστημα που υποστηρίζει το βάρος του ασθενούς (Morone et al., 2017). Η υποστήριξη του σωματικού βάρους είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την εντατική και ασφαλή εκπαίδευση των κύκλων βάδισης σε μη περιπατητικούς ασθενείς (Iosa et al., 2011).

Υπάρχουν πολλοί τρόποι κατηγοριοποίησης των ρομπότ που χρησιμοποιούνται στην νευρολογική αποκατάσταση. Αρχικά, τα ρομπότ κάτω άκρων μπορούν να διακριθούν σε στατικά και δυναμικά:

A) τα στατικά ρομπότ επιτρέπουν την επανεκπαίδευση βάδισης σε ένα σταθερό και προκαθορισμένο χώρο, ενώ

B) τα δυναμικά ρομπότ παρέχουν την δυνατότητα στον ασθενή να περπατάει και να εξερευνεί το περιβάλλον, χωρίς να τον περιορίζουν σε ένα προκαθορισμένο χώρο

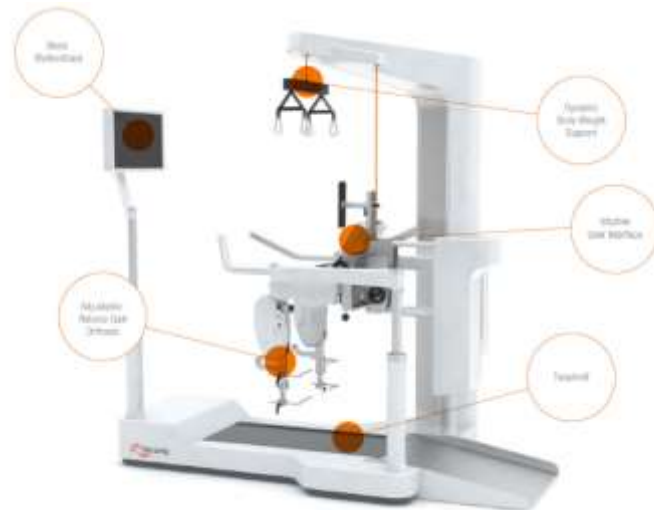
(Molteni et al., 2018; Morone et al., 2017)

Στην παρούσα εργασία, θα γίνει αναφορά μόνο στα στατικά ρομποτικά συστήματα.

Επίσης, τα ρομπότ διακρίνονται ανάλογα με τον σχεδιασμό τους, σε ρομποτικούς εξωσκελετούς και σε ρομπότ τελικού σημείου δράσης (Molteni et al., 2018).

Ρομποτικοί εξωσκελετοί (robotic exoskeletons): Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από ρομποτικά κινούμενη όρθωση των κάτω άκρων, σε συνδυασμό με σύστημα υποστήριξης του βάρους του σώματος με ιμάντα και διάδρομο βάδισης. Οι ρομποτικοί βραχίονες αυτών των συστημάτων ευθυγραμμίζονται με τον ανατομικό άξονα των τμημάτων των κάτω άκρων του ασθενή, ελέγχοντας έτσι και τις εγγύς και τις περιφερικές αρθρώσεις (Schwartz & Meiner, 2015) (Εικόνα 11). Τα κάτω άκρα του ασθενή κινούνται από την συσκευή, με βάση το προεπιλεγμένο πρόγραμμα βάδισης (Molteni et al., 2018; Kammen et al, 2019).

Το **Lokomat** (Εικόνα 9) ήταν η πρώτη ρομποτικά κινούμενη όρθωση που συνδύαζε διάδρομο βάδισης, αναπτύχθηκε από την Hocoma το 1999 (Kelley et al., 2013) και αποτελεί το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο ρομπότ αποκατάστασης στον κόσμο (Chen et al., 2013). Το Lokomat αναπαράγει την φυσιολογική εμβιομηχανική των κάτω άκρων κατά την διάρκεια της βάδισης, κινώντας τα κάτω άκρα του ασθενή στο οβελιαίο επίπεδο. Οι αρθρώσεις του ισχίου και του γόνατος κινούνται από γραμμικά ηλεκτρικά μοτέρ ενσωματωμένα στον εξωσκελετό, ενώ ανυψωτές του ποδιού προκαλούν παθητική ραχιαία κάμψη του άκρου πόδα κατά την διάρκεια της φάσης αιώρησης. Ο ασθενής παραμένει σταθεροποιημένος στις ορθώσεις με ιμάντες γύρω από την πύελο, τον μηρό και την κνήμη (Riener et al., 2010). Το Lokomat διαθέτει μια οθόνη για την ρύθμιση των παραμέτρων της συνεδρίας από τον φυσικοθεραπευτή και άλλη μια οθόνη, μέσω της οποίας οι ασθενείς μπορούν να αντλήσουν πληροφορίες για την απόδοσή τους (Mayr et al., 2007). Η γεωμετρία του μπορεί να προσαρμοστεί στην σωματοδομή του κάθε ασθενή, προσαρμόζοντας το μήκος των ρομποτικών βραχιόνων που αντιστοιχούν στον μηρό και στην κνήμη, ενώ μπορεί και να τροποποιηθεί η απόσταση των κάτω άκρων με το πλάτος της ισχιακής όρθωσης (Riener et al., 2010; Kammen et al, 2019).



Εικόνα 9: Ο ρομποτικός εξωσκελετός Lokomat (www.hocoma.com)

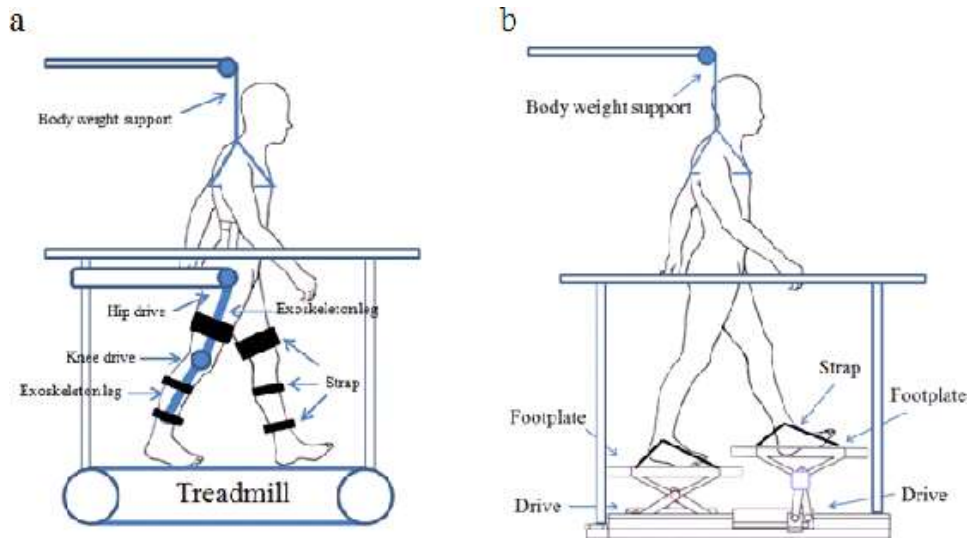
Ρομπότ τελικού σημείου δράσης (end-effector robots): Αυτού του είδους τα ρομπότ εφαρμόζουν μηχανικές δυνάμεις στα απώτερα τμήματα των κάτω άκρων (Schwartz & Meiner, 2015) (Εικόνα 11). Η κίνηση, δηλαδή, παράγεται από τον άκρο πόδα, χωρίς να υπάρχει αντιστοιχία των αρθρώσεων των κάτω άκρων του ασθενή με τα τμήματα του ρομπότ. Ο ασθενής τοποθετείται μέσω μάντα πάνω σε 2 πλατφόρμες (footplates) οι οποίες κινούνται, επιβάλλοντας προ-επιλεγμένες τροχιές, προσομοιώνοντας έτσι την φάση στήριξης και αιώρησης της βάδισης (Molteni et al., 2018; Morone et al., 2017).

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα των ρομπότ αυτών αποτελεί το **G-EO System** (Reha Tech) (Εικόνα 10). Το ρομπότ αυτό περιλαμβάνει 2 πλατφόρμες με 3 βαθμούς ελευθερίας, που επιτρέπουν την ρύθμιση του μήκους και του ύψους του βήματος και της γωνίας των πλατφόρμων (Tomelleri et al., 2011; Hesse et al., 2012). Οι τροχιές των πλατφόρμων και των οριζοντίων και κάθετων κινήσεων του κέντρου της μάζας μπορούν να προσαρμοστούν πλήρως, επιτρέποντας ακόμα και σε καθηλωμένους σε αναπηρικό αμαξίδιο ασθενείς, να εκπαιδευτούν στην βάδιση στο έδαφος καθώς και στην ανάβαση και κατάβαση σκάλας (Hesse et. al., 2012). Το σύστημα αυτό διαθέτει 3 καταστάσεις λειτουργίας: στην *παθητική λειτουργία* η κίνηση των πλατφόρμων δεν απαιτεί την ενεργητική συμμετοχή του ασθενούς, στην *ενεργητική υποβοηθούμενη λειτουργία* όταν η συμμετοχή του ασθενούς είναι πάνω από ένα ορισμένο κατώφλι, ο ασθενής ηγείται της κίνησης· σε αντίθετη περίπτωση το ρομπότ υποβοηθά την κίνηση του ασθενή και τέλος στην *ενεργητική λειτουργία* η κίνηση γίνεται εξ' ολοκλήρου από τον ασθενή (De Luca et al., 2018)



Εικόνα 10: Το ρομπότ τελικού σημείου δράσης G-EO System (www.rehatechnology.com)

Και τα 2 είδη ρομπότ έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Τα ρομπότ τύπου εξωσκελετού παρέχουν απευθείας έλεγχο των επιμέρους αρθρώσεων των κάτω άκρων, περιορίζοντας έτσι τις ανώμαλες κινήσεις και στάσεις. Παρολ' αυτά, ενδέχεται να επιτρέπουν μικρότερη ενεργητική συμμετοχή του ασθενή κατά την διάρκεια της συνεδρίας. Τα ρομπότ τελικού σημείου δράσης επιτρέπουν στον ασθενή να εκτείνει τα γόνατα του με μεγαλύτερη ευκολία και έχουν το πλεονέκτημα της εύκολης προετοιμασίας και τοποθέτησης του ασθενή. Όμως παρέχουν ελάχιστο έλεγχο στις εγγύς αρθρώσεις των κάτω άκρων, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε ανώμαλα κινητικά πρότυπα, ενώ η εξασφάλιση της ισορροπίας είναι δυσκολότερη για τον ασθενή, σε σχέση με τα άλλου είδους ρομπότ (Molteni et. al., 2018; Schwartz & Meiner, 2015; Morone et al., 2017; Kim et al., 2019).



Εικόνα 11: Σχηματική απεικόνιση των ρομποτικών εξωσκελετών και των ρομπότ τελικού σημείου δράσης (<https://www.semanticscholar.org/paper/Comparison-of-Exoskeleton-Robots-and-End-Effector-Cheng-Lai/653a685d7e678a1cb0792913452b830fa495d3e1>)

Σκοπός: Σκοπός της εργασίας είναι η παρουσίαση των επιστημονικών δεδομένων που αναφέρονται στην αποκατάσταση της βάδισης και της κινητικής λειτουργίας των κάτω άκρων μέσω του Λειτουργικού Ηλεκτρικού Ερεθισμού και της Ρομποτικής Επανεκπαίδευσης της Βάδισης. Μέσω της αρθρογραφίας θα γίνει προσπάθεια περιγραφής των παραπάνω μεθόδων αποκατάστασης, οι οποίες μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμα εργαλεία στα χέρια του φυσικοθεραπευτή στο πεδίο της νευροαποκατάστασης.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Μέθοδος: Για την εκπόνηση της εργασίας αυτής έγινε αναζήτηση στις παρακάτω βάσεις δεδομένων: PubMed, Google Scholar, MEDLINE, Cochrane Library. Επίσης, αναζητήθηκαν πληροφορίες από επιστημονικά συγγράμματα. Τα κριτήρια που λήφθηκαν για την επιλογή των άρθρων ήταν: η γλώσσα συγγραφής να είναι η αγγλική, το έτος συγγραφής να είναι από το 2010 και να αφορούν τον Λειτουργικό Ηλεκτρικό Ερεθισμό και την Ρομποτική Επανεκπαίδευση στην αποκατάσταση της βάρδισης μετά από ΑΕΕ. Πιο συγκεκριμένα στην βάση δεδομένων Pubmed η αναζήτηση των λέξεων κλειδιά «FES», «stroke» & «gait» έφερε 402 αποτελέσματα. Από αυτά τα άρθρα, τα 124 αποτελούσαν κλινικές μελέτες και τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες μελέτες και τα 88 είχαν δημοσιευτεί από το 2010 και μετά. Μετά από προσεκτική αξιολόγηση των 88 αυτών άρθρων, ο τελικός αριθμός των ερευνών που αναλύθηκαν έφτασε στις 20. Ομοίως, η αναζήτηση των λέξεων κλειδιά «RAGT» & «stroke» έφερε 329 αποτελέσματα. Από αυτά τα άρθρα, τα 107 αποτελούσαν κλινικές μελέτες και τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες μελέτες, ενώ τα 99 είχαν δημοσιευτεί από το 2010 και μετά. Έπειτα από προσεκτική αξιολόγηση των 99 αυτών άρθρων, ο τελικός αριθμός των ερευνών που αναλύθηκαν έφτασε στις 23.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ FES

Παρακάτω, αναλύονται οι έρευνες που αποδεικνύουν την αποτελεσματικότητα του FES, ταξινομημένες με βάση την θεματολογία και μεθοδολογία τους.

Η ενεργειακή δαπάνη βάρδισης (EC) έχει θεωρηθεί ότι είναι ένας σημαντικός παράγοντας συμμετοχής στην κοινότητα σε άτομα με νευρολογικά ελλείμματα βάρδισης. Στόχος της τυχαιοποιημένης ελεγχόμενης δοκιμής των Awad et al., 2016 ήταν η διερεύνηση των επιδράσεων της προπόνησης που συνδυάζει γρήγορο περπάτημα με FES στους παρετικούς πελματιαίους καμπτήρες στη φάση στήριξης και στους ραχιαίους καμπτήρες στη φάση αιώρησης (FastFES), στην EC και στην ικανότητας βάρδισης μεγάλων αποστάσεων. Για το σκοπό αυτό, 50 ασθενείς με AEE > 6 μήνες τυχαιοποιήθηκαν σε 12 εβδομάδες προπόνησης βάρδισης σε αυτοεπιλεγμένες ταχύτητες (SS), γρήγορες ταχύτητες (Fast) ή FastFES. Και οι 3 ομάδες έλαβαν ισοδύναμη προπόνηση βάρδισης που περιελάμβανε 5 περιόδους των 6' βάρδιση σε διάδρομο ακολουθούμενη από 1 περίοδο 6' βάρδιση στο έδαφος, για 36'/συνεδρία και 3 συνεδρίες/εβδομάδα. Η ταχύτητα προπόνησης για τους συμμετέχοντες στις ομάδες Fast και FastFES ήταν η μέγιστη ταχύτητα βάρδισης τους. Η προπόνηση Fast και FastFES διέφερε μόνο στο ότι 15 από τα 30 λεπτά βάρδισης σε διάδρομο υποβοηθήθηκαν από FES. Η ταχύτητα της εκπαίδευσης για τους συμμετέχοντες στην ομάδα SS ήταν η άνετη ταχύτητα βάρδισης τους. Ως μέτρα έκβασης χρησιμοποιήθηκαν το 6-Minute Walk Test (6MWT), το 10-Meter Walk Test (10MWT), ενώ μέσω ενός συστήματος μεταβολικών μετρήσεων αξιολογήθηκε η EC σε άνετη (EC-CWS) και γρήγορη (EC-Fast) ταχύτητα βάρδισης πριν και μετά την προπόνηση και σε 3μηνη παρακολούθηση. Συγκεκριμένα, μετρήθηκε η κατανάλωση οξυγόνου καθώς οι συμμετέχοντες περπατούσαν σε διάδρομο για 5' και έπειτα τα δεδομένα από το 5^ο λεπτό βαδίσματος κανονικοποιήθηκαν στο σωματικό βάρος και στην ταχύτητα για να δώσουν την EC. Ιδιαίτερη βαρύτητα δόθηκε στη μείωση του EC-CWS ανεξάρτητα από αλλαγές στην ταχύτητα βάρδισης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το FastFES προκάλεσε μειώσεις 24% και 19% στα EC-CWS και EC-Fast αντίστοιχα, ενώ ούτε η Fast ούτε η SS επηρέασαν την EC. Ακόμα, δεν σημειώθηκαν διαφορές στα κέρδη στο 6MWT μεταξύ των ομάδων. Τέλος, το 73% των συμμετεχόντων στο FastFES και το 68% των συμμετεχόντων στο Fast ανταποκρίθηκαν στην παρέμβαση, συγκριτικά με το 35% των συμμετεχόντων στην SS. Όπως προκύπτει, ο συνδυασμός γρήγορης προπόνησης βάρδισης με FES φαίνεται ότι

είναι μια αποτελεσματική προσέγγιση που δύναται να μειώσει την υψηλή EC των ατόμων με ΑΕΕ.

Στόχος της κλινικής δοκιμής των Sabut et al., 2011 ήταν να μελετήσει τις θεραπευτικές επιδράσεις του FES στον πρόσθιο κνημιαίο μυ, στη σπαστικότητα των πελματιαίων καμπτήρων, στη δύναμη των ραχιαίων καμπτήρων, στην εκούσια ραχιαία κάμψη του αστραγάλου και στην κινητική ανάκαμψη των κάτω άκρων σε επιζώντες από ΑΕΕ. Έτσι, 50 ασθενείς με σπαστική πτώση ποδιού μετά από ΑΕΕ τουλάχιστον 3 μηνών ηλικίας 37-65 ετών τυχαιοποιήθηκαν ως εξής: (1) ομάδα FES: 20-30' FES στο περνιαίο νεύρο και στον πρόσθιο κνημιαίο μυ του παρετικού άκρου σε συνδυασμό με συμβατική φυσικοθεραπεία (CPT) και (2) ομάδα ελέγχου: Μόνο CPT. Η CPT περιλάμβανε τεχνικές Bobath, φ/θ και εργοθεραπεία. Η θεραπεία διαρκούσε 1 ώρα για 5 ημέρες/εβδομάδα, για 12 εβδομάδες. Μετρήθηκαν η σπαστικότητα των πελματιαίων καμπτήρων μέσω της Modified Ashworth Scale (MAS), η δύναμη ραχιαίας κάμψης μέσω του Manual Muscle Test (MMT), η ενεργητική/παθητική ραχιαία κάμψη της ΠΔΚ με γωνιόμετρο χειρός και η κινητική ανάκτηση μέσω της Lower Limb Fugl-Meyer (FM). Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν: μείωση της σπαστικότητας των πελματιαίων καμπτήρων κατά 38,3% στην ομάδα FES και 21,2% στην ομάδα ελέγχου, αύξηση της δύναμης των ραχιαίων καμπτήρων κατά 56,6% στην ομάδα FES και 27,7% στην ομάδα ελέγχου. Η ενεργητική ραχιαία κάμψη ΠΔΚ και η κινητική λειτουργία των κάτω άκρων παρουσίασε σημαντική βελτίωση και στις 2 ομάδες, ενώ η ομάδα FES σημείωσε σημαντικές βελτιώσεις σε όλες τις παραμέτρους σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Συμπερασματικά, ο συνδυασμός FES και CPT αποδεικνύεται αποτελεσματικότερος σε σχέση με την CPT μόνο στην κινητική αποκατάσταση του ΑΕΕ.

Προηγούμενες μελέτες υποστηρίζουν ότι η πρόιμη αποκατάσταση μετά το ΑΕΕ συνδέεται με καλύτερα λειτουργικά αποτελέσματα, ειδικά για ασθενείς με μέτριο ή σοβαρό ΑΕΕ. Η πληθώρα προβλημάτων των ασθενών με ΑΕΕ στις καθημερινές τους δραστηριότητες καθιστά αναγκαία την επικέντρωση της θεραπείας στη βελτίωση της ανεξάρτητης κίνησης. (You et al., 2014). Στόχος της τυχαιοποιημένης ελεγχόμενης δοκιμής των You et al., 2014 ήταν να εξετάσουν την αποτελεσματικότητα του FES στη βελτίωση της λειτουργίας και της ικανότητας των κάτω άκρων σε καθημερινές δραστηριότητες (ADL) ασθενών με πρώιμο ΑΕΕ. Για το σκοπό αυτό, 37 ασθενείς με ΑΕΕ < 3 μηνών ηλικίας 45-80 ετών τυχαιοποιήθηκαν ως εξής: (1) ομάδα τυπικής αποκατάστασης (SR) ή (2) ομάδα FES+SR. Η τυπική αποκατάσταση περιελάμβανε 60' φ/θ με προσέγγιση Bobath και εργοθεραπεία. Η χορήγηση FES διπλού καναλιού διαρκούσε 30' και στόχευε στην πραγματοποίηση ραχιαίας

κάμψης και ανάσπασης έξω με τα ηλεκτρόδια τοποθετημένα πάνω από τα κινητικά σημεία της πρόσθιας κνήμης και στο περωναίο νεύρο. Οι θεραπείες πραγματοποιούνταν 5 ημέρες/εβδομάδα για 3 εβδομάδες. Για την αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκαν: Composite Spasticity Scale (CSS), FM, Postural Assessment Scale for Stroke patients (PASS), Berg Balance Scale (BBS) και Modified Barthel Index (MBI). Οι μετρήσεις έγιναν πριν τη θεραπεία και μετά από θεραπεία 2 και 3 εβδομάδων. Μετά από 2 εβδομάδες θεραπείας, η ομάδα FES σημείωσε σημαντική μείωση στην CSS και βελτιώσεις στα FM, MBI και PASS, ενώ μετά από 3 εβδομάδες θεραπείας παρουσίασε επιπλέον μείωση της CSS και επίσης βελτίωση των FMA, MBI και BBS. Οι βελτιώσεις στην ομάδα FES ήταν σημαντικά μεγαλύτερες συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Ως επακόλουθο, το FES στα παρρητικά κάτω άκρα νωρίς μετά το ΑΕΕ δύναται να αυξήσει την κινητικότητα και την ικανότητα των ασθενών να εκτελούν ADL.

Παράλληλα, η σπαστικότητα στο ΑΕΕ προκαλείται από αναστολή των α και γ κινητικών νευρώνων στο πρόσθιο κέρασ του Νωτιαίου Μυελού (NM) λόγω βλάβης στον άνω κινητικό νευρώνα (Ha et. al., 2020). Κάτι τέτοιο οδηγεί σε αυξημένη διεγερσιμότητα στον κινητικό νευρώνα του NM. Στόχος της έρευνας των Ha et al., 2020 ήταν να ανιχνεύσουν τα αποτελέσματα του FES σε συνδυασμό με άσκηση του αστραγάλου στην ισορροπία και διεγερσιμότητα του κινητικού νευρώνα του NM σε ασθενείς μετά από ΑΕΕ. 25 ασθενείς με ΑΕΕ τουλάχιστον 6 μηνών τοποθετήθηκαν σε: (1) ομάδα ελέγχου: γενική φ/θ, (2) πειραματική ομάδα I: εικονικό FES και άσκηση αστραγάλου ή (3) πειραματική ομάδα II: FES και άσκηση αστραγάλου. Οι παρεμβάσεις εφαρμόστηκαν για 30', 5 φορές/εβδομάδα, για 8 εβδομάδες. Το πρόγραμμα ασκήσεων αστραγάλου περιλάμβανε ανύψωση και κατέβασμα της πτέρνας και του μπροστινού μέρους και των δύο ποδιών, μεταφορές βάρους και περιστροφές κορμού από γονατιστή θέση. Το FES εφαρμόστηκε ταυτόχρονα στον πρόσθιο κνημιαίο και στον γαστροκνήμιο της πάσχουσας πλευράς. Για την αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκαν το Functional Reach Test (FRT), το Timed Up and Go test (TUG) για τη μέτρηση της ικανότητας ισορροπίας και το H-reflex (αντανακλαστικό Hoffman) για τη μέτρηση της διεγερσιμότητας του κινητικού νευρώνα του NM μέσω ηλεκτρομυογραφίας. Το αντανακλαστικό Hoffmann είναι μια αντικειμενική αξιολόγηση της σπαστικότητας μέσω της αναλογίας πλάτους του αντανακλαστικού H προς το μέγιστο κύμα M (αναλογία H/M). Μείωση της αναλογίας H/M υποδεικνύει μείωση της σπαστικότητας. Το H-reflex του N.M. και του α -κινητικού νευρώνα εμφανίζεται μέσω των προσαγωγών ινών από το διεγερμένο

σημείο. Όλα τα τεστ πραγματοποιήθηκαν πριν και μετά την παρέμβαση. Στην πειραματική ομάδα II παρατηρήθηκε μειωμένη διεγερσιμότητα των κινητικών νευρώνων του NM και το FRT βελτιώθηκε σημαντικά συγκριτικά με τις άλλες 2 ομάδες. Ωστόσο, στο TUG δεν υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ της πειραματικής ομάδας I και II. Ο συνδυασμός FES με ασκήσεις αστραγάλου αποδεικνύεται αποτελεσματική παρέμβαση που συμβάλλει στην βελτίωση της σπαστικότητας και ισορροπίας μετά από ΑΕΕ.

Σκοπός της έρευνας των Kim et al., 2015 ήταν να διερευνήσουν τις επιδράσεις του συνδυασμού FES με ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης του αστραγάλου και ασκήσεις ιδιοδεκτικότητας στην ισορροπία ασθενών με ΑΕΕ. 22 ασθενείς με ΑΕΕ τουλάχιστον 6 εβδομάδων τυχαιοποιήθηκαν ως εξής: (1) ομάδα FPS: περιλάμβανε 11 ασθενείς που έλαβαν 30' FES συνδυαστικά με 15' ασκήσεις ιδιοδεκτικότητας και 15' ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης αστραγάλου και (2) ομάδα FS: περιλάμβανε 11 ασθενείς, όπου έλαβαν 30' FES συνδυαστικά με 30' διατάσεις. Το FES χρησιμοποιήθηκε για τη διέγερση του κοινού περνιαίου νεύρου και οι παρεμβάσεις πραγματοποιήθηκαν για 60'/ημέρα, 5 ημέρες /εβδομάδα για 6 εβδομάδες. Ως μέτρα έκβασης χρησιμοποιήθηκαν: BBS, FRT και TUG. Ακόμη, χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα BioRescue για τη μέτρηση της ικανότητας ισορροπίας. Το σύστημα περιλάμβανε τη δοκιμασία Romberg, τη δοκιμασία ορίου σταθερότητας (LOS) και τη δοκιμασία forward and backward (FB) για μέτρηση του μήκους μετακίνησης του κέντρου βάρους, ενώ τα άτομα μετακινούν το υγιές πόδι στο μπροστινό μέρος της δυναμικής πλάκας σε όρθια θέση και στη συνέχεια το μετακινούν πίσω στην αρχική θέση. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις πριν και στις 3 και 6 εβδομάδες μετά από την έναρξη των ασκήσεων. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντικές βελτιώσεις και στις 2 ομάδες σε όλες τις δοκιμασίες, ωστόσο σημειώθηκε μεγαλύτερη βελτίωση σε όλες τις τιμές στην ομάδα FPS. Άρα το FES αν συνδυαστεί με ασκήσεις ιδιοδεκτικότητας και ενδυνάμωσης αστραγάλου είναι πιο αποτελεσματικό στην βελτίωση της ισορροπίας μετά από ΑΕΕ από ότι το FES σε συνδυασμό με διατάσεις.

ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ FES ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΜΥΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

Μία από τις κύριες αιτίες της ασύμμετρης μετατόπισης βάρους κατά τη διάρκεια της βάρδισης είναι η έλλειψη ενεργοποίησης των απαγωγέων του ισχίου για να λειτουργήσουν ως πνευλικό σταθεροποιητές. Οι απαγωγείς ισχίου ενεργοποιούνται κατά την αρχική διπλή στήριξη και το

αρχικό μισό της μονής στήριξης κατά τη βάρδιση. Επομένως, η μυϊκή αδυναμία του μέσου γλουτιαίου προκαλεί ετερόπλευρη πυελική πτώση οδηγώντας σε διαταραχές στην ισορροπία (Chung et al., 2014). Ακόμη, η πτώση του ποδιού είναι συχνό έλλειμμα βάρδισης λόγω μειωμένης ενεργοποίησης των ραχιαίων καμπτήρων κατά τη φάση της αιώρησης μετά από ΑΕΕ. Το FES, λοιπόν, χρησιμοποιείται για την ενεργοποίηση των απαγωγών του ισχίου για τη σταθεροποίηση της πύελου στη φάση στήριξης και των ραχιαίων καμπτήρων στη φάση αιώρησης που έχουν επηρεαστεί από το ΑΕΕ (Kim et al., 2012). Με αυτόν τον τρόπο, αυξάνεται η απόδοση βάρδισης που συνεπάγεται βελτίωση της ταχύτητας, του ρυθμού και του μήκους διασκελισμού.

Σκοπός της πολυκεντρικής μελέτης των Kim et al., 2012 ήταν η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας του FES που εφαρμόζεται στους μύες του πρόσθιου κνημιαίου και του μέσου γλουτιαίου στη βελτίωση των χωροχρονικών παραμέτρων βάρδισης σε ασθενείς με ΑΕΕ. 36 ασθενείς με ημιπάρεση από ΑΕΕ τοποθετήθηκαν σε (1) ομάδα GM+TA: βάρδιση ενεργοποιημένη από FES στον μέσο γλουτιαίο (GM) (στη φάση στήριξης) και στον πρόσθιο κνημιαίο (TA) (στη φάση αιώρησης), (2) ομάδα TA: βάρδιση ενεργοποιημένη από FES στον TA (στη φάση αιώρησης) ή (3) ομάδα Μη FES: βάρδιση χωρίς πυροδότηση FES. Οι ασθενείς βάδισαν με αυτοεπιλεγμένη ταχύτητα και αξιολογήθηκαν οι χωροχρονικοί παράμετροι βάρδισης μέσω του GAITRite. Το GAITRite είναι ένα επικυρωμένο σύστημα ανάλυσης βάρδισης και περιλαμβάνει έναν ηλεκτρικό διάδρομο αισθητήρων που μετρά τη φόρτιση των ποδιών κατά τη βάρδιση. Αναφορικά με την ταχύτητα βάρδισης, το ρυθμό και μήκος διασκελισμού η ομάδα GM+TA σημείωσε μεγαλύτερες βελτιώσεις από την ομάδα TA και αντίστοιχα η ομάδα TA σημείωσε μεγαλύτερες βελτιώσεις από την ομάδα Μη FES. Ακόμη, η ομάδα GM+TA παρουσίασε σημαντικές βελτιώσεις στο χρόνο διπλής στήριξης και στη συμμετρία βάρδισης συγκριτικά με τις άλλες 2 ομάδες. Συμπερασματικά, η εφαρμογή FES στον TA και GM συνδυαστικά με εκπαίδευση βάρδισης, δύναται να βελτιώσει τις χωροχρονικές παραμέτρους της βάρδισης.

Σκοπός της έρευνας των Chung et al., 2014 ήταν να εξετάσουν τις επιδράσεις του FES που εφαρμόζεται στον GM και στον TA κατά τη διάρκεια του κύκλου βάρδισης σε άτομα με ημιπάρεση λόγω ΑΕΕ. Για το σκοπό αυτό, 18 ασθενείς με χρόνια ΑΕΕ τοποθετήθηκαν σε: (1) ομάδα GM+TA, όπου έλαβαν εκπαίδευση βάρδισης με πυροδότηση FES στον GM (στη φάση στήριξης) και στον TA (στη φάση αιώρησης) για 30', 5 φορές/εβδομάδα για 6 εβδομάδες ή (2) σε ομάδα ελέγχου, όπου έλαβαν εκπαίδευση βάρδισης χωρίς FES για την ίδια χρονική διάρκεια. Ένας αισθητήρας ποδοδιακόπτη χρησιμοποιήθηκε για την ενεργοποίηση

της συσκευής FES στις κατάλληλες φάσεις του κύκλου βάρδισης. Αξιολογήθηκαν οι χωροχρονικές παράμετροι βάρδισης μέσω του συστήματος ανάλυσης βάρδισης GAITRite, η μυϊκή δραστηριότητα μέσω του MMT και η στατική και δυναμική ισορροπία μέσω της BBS πριν την παρέμβαση και μετά από 6 εβδομάδες. Όπως αποδείχθηκε, η ομάδα GM+TA σημείωσε σημαντικές βελτιώσεις στην ταχύτητα βάρδισης, στο ρυθμό, στο μήκος διασκελισμού, στη συμμετρία βάρδισης, στη λειτουργική δυναμική ισορροπία αλλά και στην αύξηση της μυϊκής δύναμης του GM και του TA συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου.

Σκοπός της τυχαιοποιημένης ελεγχόμενης δοκιμής των Cho MK et. al., 2015 ήταν να εξετάσουν την αποτελεσματικότητα της προπόνησης σε διάδρομο (TT) με FES που εφαρμόζεται στον μέσο γλουτιαίο GM και στον TA στην απόδοση βάρδισης και ισορροπία σε άτομα με χρόνια ΑΕΕ. Για το σκοπό αυτό, 36 ασθενείς με χρόνια ημιπάρεση (>6 μηνών) τυχαιοποιήθηκαν ως εξής: (1) n=12 ασθενείς έλαβαν προπόνηση βάρδισης με FES στον GM και TA (ομάδα TTFES-GM+TA), (2) n=12 ασθενείς έλαβαν TT με FES στον TA (ομάδα TTFES-TA) και (3) n=12 ασθενείς έλαβαν μόνο TT (ομάδα ελέγχου). Οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε 20 συνεδρίες TT (30' 5 φορές/εβδ. για 4 εβδ.), ενώ λάμβαναν και τακτική φ/θ για 1 ώρα 5 φορές/εβδ. για 4 εβδ. Ως μέτρα έκβασης χρησιμοποιήθηκαν: BBS, MMT, Medical Research Council scale (MRC), 6MWT καθώς και σύστημα ανάλυσης βάρδισης GAITRite. Η MRC αξιολόγησε χωριστά πέντε μύες (απαγωγείς ισχίου, καμπτήρες γόνατος, εκτείνοντες γόνατος, ραχιαίοι καμπτήρες και πελματιαίοι καμπτήρες) με μέγιστη βαθμολογία το 25 για το επηρεαζόμενο κάτω άκρο. Η ομάδα TTFES-GM+TA σημείωσε σημαντικές βελτιώσεις στην αύξηση της δύναμης των απαγωγέων του ισχίου, στην BBS, στο 6MWT, στην MRC καθώς και στην ταχύτητα και στο ρυθμό βάρδισης συγκριτικά με τις άλλες 2 ομάδες. Προκύπτει λοιπόν, ότι η προπόνηση σε διάδρομο αν συνδυαστεί με FES στον μέσο γλουτιαίο και πρόσθιο κνημιαίο αποτελεί ευεργετική παρέμβαση για την βελτίωση της ισορροπίας, της αντοχής, της λειτουργικής βάρδισης (βελτίωση ταχύτητας, ρυθμού, συμμετρίας, χρόνου μονής στήριξης) και δύναμης στα κάτω άκρα σε ασθενείς με χρόνια ΑΕΕ.

ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ FES ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ

Η προπόνηση με FES πολλαπλών καναλιών υποστηρίζεται ότι μπορεί να μειώσει την κινητική βλάβη, συμβάλλοντας στη βελτίωση της βάρδισης σε ασθενείς με ημιπάρεση λόγω

ΑΕΕ. Τα οφέλη από τη χρήση του περιλαμβάνουν αύξηση της μυϊκής δύναμης και αντοχής μέσω της αυξημένης εισροής ερεθισμάτων, καθώς και μείωση της σπαστικότητας και βελτίωση του κινητικού ελέγχου (Zheng et al., 2018).

Τα περισσότερα συστήματα FES έχουν περιοριστεί στη διέγερση ενός καναλιού, συνήθως των ραχιαίων καμπτήρων. Παρόλα αυτά, ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο ρόλος και άλλων μυών των κάτω άκρων κατά τη διάρκεια του κύκλου βάρδισης για τον έλεγχο του συμπλέγματος του ισχίου, του γόνατος και της ΠΔΚ κατά τις φάσεις στήριξης και αιώρησης. Τα τελευταία χρόνια ορισμένες μελέτες έχουν αρχίσει να εφαρμόζουν FES διπλού καναλιού για την ενεργοποίηση τόσο των ραχιαίων όσο και των πελματιαίων καμπτήρων. Ωστόσο, το FES 4 καναλιών φαίνεται ότι προσφέρει μια καλύτερη εναλλακτική προσέγγιση αποκατάστασης για τη βελτίωση της λειτουργίας βάρδισης (Tan et al., 2014).

Πιο συγκεκριμένα, το μοτίβο διέγερσης του FES 4 καναλιών είναι παρόμοιο με το χρονοσκόπιο ενός κανονικού κύκλου βάρδισης. Αποτέλεσμα αυτού, η επαναλαμβανόμενη διέγερση να οδηγεί σε σημαντική αισθητηριακή εισροή και ανατροφοδότηση κινητικής πληροφορίας στον εξασθενημένο εγκέφαλο συμβάλλοντας στη λειτουργική αποκατάσταση (Tan et al., 2014).

Στόχος της τυχαιοποιημένης ελεγχόμενης δοκιμής των Tan et al., 2014 ήταν να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα του FES 4 καναλιών με βάση ένα φυσιολογικό πρότυπο βάρδισης στη βελτίωση της λειτουργικότητας σε ασθενείς νωρίς μετά το ΑΕΕ. 45 ασθενείς ηλικίας 45 - 80 ετών με ισχαιμικό ΑΕΕ εντός 3 μηνών τοποθετήθηκαν σε 3 ομάδες: (1) ομάδα FES 4 καναλιών, (2) ομάδα placebo και (3) ομάδα FES 2 καναλιών. Στη διέγερση 4 καναλιών τα δύο ηλεκτρόδια κάθε καναλιού τοποθετήθηκαν πάνω από τα κινητικά σημεία του πρόσθιου κνημιαίου, του τετρακεφάλου, των οπίσθιων μηριαίων και του γαστροκνημίου του προσβεβλημένου ποδιού, ενώ στη διέγερση 2 καναλιών διεγέρθηκαν ο πρόσθιος κνημιαίος και ο μακρός και βραχύς περνιαίος με στόχο την ενεργοποίηση της ραχιαίας κάμψης και της ανάσπασης έξω. Πραγματοποιήθηκε διέγερση 30'/συνεδρία με 1 συνεδρία/ημέρα, 5 ημέρες/εβδομάδα για 3 εβδομάδες, ενώ όλοι οι ασθενείς έλαβαν την ίδια CPT. Εφόσον η πλειοψηφία δεν είχε ικανότητα βάρδισης, τα άτομα τοποθετήθηκαν σε πλάγια θέση με το προσβεβλημένο άκρο να υποστηρίζεται από ιμάντα. Όλα τα άτομα αξιολογήθηκαν στην έναρξη, στις 3 εβδομάδες θεραπείας και στους 3 μήνες μετά το τέλος της θεραπείας μέσω FM, PASS, BBS, Functional Ambulation Category (FAC) και MBI. Οι βελτιώσεις ήταν σημαντικά μεγαλύτερες στην ομάδα FES 4 καναλιών συγκριτικά με τις άλλες 2 ομάδες.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα της προπόνησης διατηρήθηκαν περίπου 3 μήνες μετά τη θεραπεία. Συμπερασματικά, το FES 4 καναλιών που βασίζεται σε ένα κανονικό μοτίβο βάρδισης, συγκριτικά με το FES διπλού καναλιού που ενεργοποιεί μόνο τη ραχιαία κάμψη, δύναται να βελτιώσει την ισορροπία, τη βάρδιση και τη λειτουργική κίνηση σε άτομα με ΑΕΕ.

Στόχος της τυχαιοποιημένης κλινικής δοκιμής των Zheng et al., 2018 ήταν η διερεύνηση της επίδρασης του FES που μιμείται τη βάρδιση στην ανάκτηση της κίνησης σε άτομα με ΑΕΕ, οι οποίοι τοποθετούνταν σε πλάγια θέση και υποστηρίζονταν από μάντες. 48 ασθενείς με ημιπάρεση λόγω ΑΕΕ < 3 μηνών ηλικίας 35-80 ετών, τυχαιοποιήθηκαν ως εξής: (1) ομάδα FES 4 καναλιών, (2) ομάδα placebo και (3) ομάδα FES 2 καναλιών. Οι ασθενείς τοποθετούνταν σε πλάγια θέση και υποστηρίζονταν από μάντες. Στην ομάδα 4 καναλιών, τα δύο επιφανειακά ηλεκτρόδια κάθε καναλιού τοποθετήθηκαν στα κινητικά σημεία του πρόσθιου κνημιαίου, του τετρακεφάλου, των οπίσθιων μηριαίων και του γαστροκνημίου του ημιπληγικού ποδιού, ενώ στην ομάδα 2 καναλιών διεγέρθηκαν ο πρόσθιος κνημιαίος και ο μακρός περνιαίος για να διευκολυνθεί η ραχιαία κάμψη και η ανάσπαση έξω. Όσοι βρίσκονταν στην ομάδα placebo, έλαβαν θεραπεία FES 4 καναλιών, αλλά χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα. Οι ασθενείς υποβλήθηκαν ταυτόχρονα σε τυπικό πρόγραμμα αποκατάστασης, ενώ η κάθε συνεδρία περιελάμβανε 30' διέγερση για 3 εβδομάδες. Πραγματοποιήθηκαν αξιολογήσεις μέσω FM, PASS, Brunel's Balance Assessment (BBA), BBS και MBI, ενώ λήφθηκε fMRI εγκεφάλου πριν και μετά την παρέμβαση. Οι ασθενείς αξιολογήθηκαν κατά την έναρξη και μετά από 1, 2 και 3 εβδομάδες. Προέκυψε ότι η ομάδα 4 καναλιών παρουσίασε σημαντικά μεγαλύτερη βελτίωση από την ομάδα των 2 καναλιών και την ομάδα placebo σε όλα τα μέτρα έκβασης. Ακόμη, παρουσιάστηκε σημαντική αύξηση στις δέσμες νευρικών ινών ομόπλευρα της βλάβης αλλά όχι ετερόπλευρα στην ομάδα 4 καναλιών. Το FES 4 καναλιών, λοιπόν, αποδεικνύεται πιο αποτελεσματικό στην κινητική ανάκαμψη και οδηγεί σε περισσότερες πλαστικές αλλαγές στον εγκέφαλο συγκριτικά με το FES 2 καναλιών.

ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ FES-CYCLING

Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί μια εναλλακτική της προπόνησης βάρδισης υποβοηθούμενη από το FES και είναι η χρήση του FES συγχρονισμένου με ποδηλατική

κίνηση (Εικόνα 8), η οποία περιλαμβάνει συντονισμένη ενεργοποίηση των μυών των κάτω άκρων, προσεγγίζοντας τις κυκλικές κινήσεις της βάρδιας. Προηγούμενες μελέτες υποδηλώνουν ότι η ποδηλασία FES είναι αποτελεσματική στη βελτίωση της μυϊκής δύναμης, της ομαλότητας της ποδηλατικής κίνησης και της μέγιστης ισχύος πεταλιού. Αυτές οι βελτιώσεις θα μπορούσαν να εξηγηθούν από την αυξημένη αισθητηριακή είσοδο ερεθισμάτων που παρέχεται στον εγκέφαλο από το FES, συμβάλλοντας στην κινητική εκμάθηση (Ambrosini et al., 2011).

Το κινηματικό μοτίβο της ποδηλατικής άσκησης φαίνεται να είναι παρόμοιο με αυτό της βάρδιας, καθώς βασίζεται σε ρυθμικά μοτίβα κίνησης, που απαιτούν ακριβή χρονισμό και συντονισμένη ενεργοποίηση των μυών των ποδιών (π.χ. εναλλαγή σύσπασης μεταξύ καμπτήρων και εκτεινόντων μυών του ισχίου και του γόνατος) (Ambrosini et al., 2011).

Η ποδηλατική άσκηση που συνδυάζεται με FES συμβάλλει στην εκούσια μυϊκή σύσπαση κατά τη διάρκεια της λειτουργικής δραστηριότητας. Ηλεκτρικό ρεύμα χαμηλής συχνότητας εφαρμόζεται είτε στα νεύρα που ελέγχουν τους μύες ή απευθείας πάνω από το κινητικό σημείο του μυ. Αυτό βελτιώνει τη νευρομυϊκή δραστηριότητα και αυξάνει τη διεγερσιμότητα του αισθητικοκινητικού φλοιού (Bauer et al., 2015).



Εικόνα 8: FES-cycling (<https://www.speedysnailmobility.co.nz/fes-bikes.html>)

Σκοπός της τυχαιοποιημένης ελεγχόμενης μελέτης των Ambrosini et al., 2011 ήταν να εξετάσουν την αποτελεσματικότητα της ποδηλασίας που προκαλείται από FES, σε σχέση με την ποδηλασία με διέγερση placebo, στη βελτίωση της κινητικότητας και της ικανότητας βάδισης σε ασθενείς με ΑΕΕ. Έτσι, 35 ασθενείς με ημιπάρεση προ 6 μηνών τοποθετήθηκαν είτε σε ομάδα εκπαίδευσης ποδηλασίας προκαλούμενη από FES, είτε σε ομάδα εκπαίδευσης παθητικής ποδηλασίας με εικονικό FES. Οι ασθενείς υποβλήθηκαν σε 20 συνεδρίες 25' συνολικής διάρκειας 4 εβδομάδων. Παράλληλα, έλαβαν και 3 ώρες/ημέρα φ/θ, που περιλάμβανε διατάσεις, ασκήσεις ενδυνάμωσης και ελέγχου του κορμού, ορθοστάτιση και εκπαίδευση βάδισης. Τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν στον τετρακέφαλο, στον μέγα γλουτιαίο και στον πρόσθιο κνημιαίο και των δύο ποδιών. Τα κύρια μέτρα έκβασης ήταν η υποκλίμακα ποδιών Motricity Index (MI) και η ταχύτητα βάδισης μέσω της χρονομέτρησης της δοκιμής βάδισης 50m, ενώ τα δευτερεύοντα ήταν το Trunk Control Test (TCT), το Upright Motor Control Test (UMCT), το μέσο έργο που παράγεται από το παρειακό πόδι και η συμμετρία στη μηχανική κίνηση μεταξύ παρειακού και μη ποδιού κατά τη διάρκεια εκούσιου πεταλιού. Η ομάδα FES σημείωσε σημαντική βελτίωση στα MI, TCT, UMCT, στην ταχύτητα βάδισης και στο μέσο έργο του παρειακού ποδιού, ενώ δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές βελτιώσεις στην ομάδα ελέγχου. Όπως μπορεί να συμπεράνει κανείς, 20 συνεδρίες FES-cycling είναι ικανές να βελτιώσουν τη λειτουργική κίνηση των κάτω άκρων σε ημιπάρεση, ενώ αξίζει να αναφερθεί ότι οι βελτιώσεις διατηρήθηκαν και κατά την παρακολούθηση 3 και 5 μηνών.

Σκοπός της τυχαιοποιημένης ελεγχόμενης δοκιμής των Bauer et al., 2015 ήταν να διερευνηθεί αν η ενεργητική ποδηλασία υποβοηθούμενη από FES είναι πιο αποτελεσματική από την ενεργητική ποδηλασία χωρίς FES στη βάδιση και ισορροπία σε ασθενείς μετά από ΑΕΕ. Πιο συγκεκριμένα, 40 ασθενείς με ΑΕΕ έως 6 μηνών και σοβαρή ημιπάρεση τοποθετήθηκαν είτε σε ομάδα ενεργούς ποδηλασίας με εφαρμογή FES στον τετρακέφαλο, στον δικέφαλο κνημιαίο και στον ημιτενοντώδη του παρειακού ποδιού, είτε σε ομάδα ενεργούς ποδηλασίας χωρίς FES. Οι συνεδρίες διαρκούσαν 20' και επαναλαμβάνονταν 3 φορές/εβδομάδα για 4 εβδομάδες. Η διέγερση συγχρονίστηκε με ποδηλατικές κινήσεις. Κάθε προπόνηση ξεκίνησε με 1' προθέρμανση ενεργητικής ποδηλασίας ακολουθούμενη από 19' ποδηλασίας με FES. Τα βασικά μέτρα έκβασης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: FAC, Tinetti Scale (TS), ενώ τα δευτερεύοντα μέτρα έκβασης ήταν: υποκλίμακα κάτω άκρων MI, η MAS και το 10MWT. Τα αποτελέσματα έδειξαν βελτιώσεις στην FAC, TS και MI και στις 2 ομάδες αλλά δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές στην MAS. Στην ομάδα FES σημειώθηκαν σημαντικά μεγαλύτερες βελτιώσεις συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου στην FAC και TS. Πιο

συγκεκριμένα, η FAC αυξήθηκε κατά 1 κατηγορία στην ομάδα ελέγχου σε αντίθεση με την ομάδα FES που παρατηρήθηκε αύξηση κατά 2 κατηγορίες, ενώ η αλλαγή στην TS ήταν 2 και 4 βαθμοί για την ομάδα ελέγχου και την ομάδα FES αντίστοιχα. Στο 10MWT οι αλλαγές ήταν ίσες και για τις 2 ομάδες. Διπλάσιοι ασθενείς στην ομάδα FES απέκτησαν ανεξάρτητη βάδιση συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Άρα, η υποβοηθούμενη από το FES ενεργητική ποδηλασία αποδεικνύεται πολλά υποσχόμενη παρέμβαση που συμβάλλει στην βελτίωση της ικανότητας βάδισης και ελέγχου της στάσης μετά από ΑΕΕ.

ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΒΑΔΙΣΗΣ ΣΕ ΔΙΑΔΡΟΜΟ ΜΕ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΒΑΡΟΥΣ (BWSTT) ΚΑΙ FES

Η BWSTT παρέχει μερική υποστήριξη του σωματικού βάρους στα κάτω άκρα, διευκολύνοντας έτσι τη βάδιση σε ασθενείς με νευρολογικές βλάβες που δεν μπορούν να υποστηρίξουν όλο το βάρος με τα κάτω άκρα. Με αυτόν τον τρόπο, αυξάνει τον έλεγχο σε όρθια στάση βελτιώνοντας το πρότυπο βάδισης. Ωστόσο, η ταχύτητα βάδισης δεν φαίνεται να παρουσιάζει σημαντική αλλαγή μετά την BWSTT σε ασθενείς με ΑΕΕ, επειδή τα αντισταθμιστικά μοτίβα κίνησης από την πτώση του άκρου πόδα οδηγούν σε επιβράδυνση της ταχύτητας βάδισης και περιορισμένη λειτουργικότητα. Παράλληλα προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι το FES σε συνδυασμό με έκκεντρη προσπάθεια μπορεί να συμβάλλει στην αύξηση της λειτουργική κίνησης (διευκολύνοντας την κινητική εκμάθηση). Η BWSTT, λοιπόν, σε συνδυασμό με FES συχνά χρησιμοποιείται με στόχο την διέγερση των ραχιαίων καμπτήρων κατά τη φάση αιώρησης, διορθώνοντας την ελλιπή ραχιαία κάμψη και περιορίζοντας τις αντισταθμιστικές φορτίσεις. Η εφαρμογή FES στους ραχιαίους καμπτήρες οδηγεί σε εισροή ερεθισμάτων στο σωματοαισθητικό σύστημα, διευκολύνοντας τη νευροπλαστικότητα και βελτιώνοντας την ικανότητα βάδισης (Lee et al., 2013).

Σκοπός της τυχαιοποιημένης ελεγχόμενης δοκιμής των Daly et al., 2011 ήταν η διερεύνηση της επίδρασης ενός πολυτροπικού πρωτοκόλλου προπόνησης βάδισης, με ή χωρίς FES στο περπάτημα σε ασθενείς με διαταραχές στο συντονισμό βάδισης. 53 ασθενείς με ΑΕΕ > 6 μήνες τοποθετήθηκαν σε: (1) ομάδα FES με ενδομυϊκά ηλεκτρόδια (FES-IM) ή (2) σε ομάδα χωρίς FES (No-FES). Ακόμη, οι ασθενείς έλαβαν ασκήσεις συντονισμού, προπόνηση BWSTT και βάδιση στο έδαφος συνολικής διάρκειας 1,5 ωρών, 4 φορές/εβδομάδα για 12 εβδομάδες. Η BWSTT ξεκίνησε με 30% υποστήριξη και μειώθηκε στο 0% ανάλογα με την

ικανότητα διατήρησης της ευθυγράμμισης του κορμού. Εμφυτεύθηκαν ηλεκτρόδια σε 8 μυς: πρόσθιο κνημιαίο, μακρό περνιαίο, γαστροκνήμιο, δικέφαλο μηριαίο, ημιμυενώδη, ημιτενοντώδη, έξω πλατύ και μέσο γλουτιαίο που διατηρήθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια της θεραπείας. Ως μέτρα έκβασης χρησιμοποιήθηκαν το Εργαλείο Αξιολόγησης και Παρέμβασης Βάδισης (GAIT), η MMT, η FM, το 6MWT, Functional Independence Measure (FIM) καθώς και ένα ερωτηματολόγιο για αξιολόγηση της υποκειμενικής απόκρισης για την άνεση του συστήματος. Το GAIT χρησιμοποιήθηκε για τον εντοπισμό αποκλίσεων στις κινήσεις άνω άκρου, κορμού, λεκάνης, ισχίου, γονάτου και αστραγάλου σε καθορισμένες φάσεις του κύκλου βάδισης μέσω εγγραφής ενός βίντεο βάδισης και εμφάνισε αυξημένη αξιοπιστία. Και οι 2 ομάδες είχαν σημαντικές βελτιώσεις σε όλα τα μέτρα έκβασης, ενώ το GAIT κατέδειξε σημαντικό πλεονέκτημα του FES-IM έναντι του No-FES στο συντονισμένο βάδισμα, το οποίο διατηρήθηκε ως και 6 μήνες μετά την περάτωση της παρέμβασης. Συμπερασματικά, η πολυτροπική εκπαίδευση βάδισης ειδικά σε συνδυασμό με FES-IM δύναται να βελτιώσει το συντονισμό σε ασθενείς με χρόνια ΑΕΕ, ωστόσο καθίσταται αναγκαία τουλάχιστον 12μηνη προπόνηση βάδισης.

Σκοπός της τυχαιοποιημένης ελεγχόμενης δοκιμής των Lee et al., 2013 ήταν η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της BWSTT με υποβοήθηση ενός συστήματος FES (ηλεκτρικά υποβοηθούμενου με τη βοήθεια ηλεκτρομυογραφίας) στη λειτουργική κίνηση και βάδιση σε ασθενείς με ΑΕΕ. 30 ασθενείς με ΑΕΕ τυχαιοποιήθηκαν ως εξής: (1) 15 ασθενείς έλαβαν BWSTT με FES (πειραματική ομάδα) και (2) 15 ασθενείς έλαβαν BWSTT (ομάδα ελέγχου), ενώ συμμετείχαν στο ίδιο τυπικό πρόγραμμα αποκατάστασης (60' CPT και 30' εργοθεραπεία). Το FES εφαρμόστηκε στον πρόσθιο κνημιαίο του προσβεβλημένου άκρου και παρείχε διέγερση όταν η μυϊκή δραστηριότητα που ανιχνευόταν από την ηλεκτρομυογραφία υπερέβαινε ένα προκαθορισμένο όριο. Οι ασθενείς υποβλήθηκαν στη θεραπεία για 30'/ημέρα, 5 φορές/εβδομάδα για 4 εβδομάδες. Η υποστήριξη βάρους ήταν αρχικά 40% και προοδευτικά μειώθηκε κατά 10% την εβδομάδα. Τα μέτρα έκβασης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: BBS, TUG, Stroke Rehabilitation Assessment of Movement (STREAM), ενώ οι χωροχρονικοί παράμετροι βάδισης (ταχύτητα, ρυθμός, μήκος βήματος παρετικής πλευράς και μήκος διασκελισμού) αξιολογήθηκαν μέσω του GAITRite. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντικά μεγαλύτερες βελτιώσεις στην πειραματική ομάδα στη λειτουργική κίνηση και βάδιση συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Επομένως, το FES μπορεί να είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για τη βελτίωση της λειτουργικής κίνησης και βάδισης σε ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο όταν συνδυάζεται με BWSTT.

ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΜΦΥΤΕΥΜΕΝΟ FES

Παρά την ευρεία χρήση τους, τα επιφανειακά ηλεκτρόδια συνεπάγονται δυσκολία τοποθέτησης και αισθητικές επιδράσεις που μπορεί να προκαλέσουν δυσχρησία ή αδυναμία διέγερσης λιγότερο επιφανειακών μυών και ερεθισμού μεγαλύτερης ακρίβειας. Από την άλλη τα πλήρως εμφυτευμένα και ενδοδερμικά ηλεκτρόδια περιλαμβάνουν αυξημένο κόστος και υποβολή σε χειρουργική επέμβαση (Watson, 2011).

Με εμφυτευμένο FES μπορεί να επιτευχθεί μια πιο ακριβής διέγερση του περονιαίου νεύρου, τόσο χωρικά και χρονικά, συγκριτικά με το επιφανειακό FES οδηγώντας σε βελτιωμένη ανύψωση του ποδιού, ενώ συνήθως δεν παρατηρούνται άλλα προβλήματα όπως ερεθισμός του δέρματος ή αλλεργικές δερματικές αντιδράσεις. Επιπλέον, έχει υποστηριχθεί ότι τα εμφυτευμένα συστήματα FES είναι τεχνικά πιο αξιόπιστα από τα επιφανειακά συστήματα (Schiemanck et al., 2015).

Σκοπός της έρευνας των Schiemanck et al., 2015 ήταν να εξετάσουν εάν ένα εμφυτεύσιμο σύστημα FES του κοινού περονιαίου νεύρου (ActiGait) είναι ικανό να βελτιώνει τη βάρδιση σε ασθενείς με χρόνια ΑΕΕ με πτώση άκρου πόδα που χρησιμοποιούσαν όρθωση AFO. Για το σκοπό αυτό, 8 ασθενείς με ΑΕΕ τουλάχιστον 6 μηνών, εξετάστηκαν πριν και κατά τη διάρκεια 2, 8 και 26 εβδομάδων μετά την ενεργοποίηση του συστήματος ActiGait ως προς: την ποιότητα βάρδισης (κινητικά και χωροχρονικά χαρακτηριστικά) κατά τη δοκιμή άνετης βάρδισης 10 μέτρων μέσω ενός συστήματος ανάλυσης 3D κίνησης, την ενεργειακή δαπάνη μέσω μέτρησης της κατανάλωσης οξυγόνου κατά τη διάρκεια του 6MWT, την συμμετοχή μέσω βηματόμετρου, του ερωτηματολογίου Physical Activity Scale for Individuals with Physical Disabilities (PASIPD) και της κλίμακας Stroke Impact Scale (SIS). Τέλος, η ικανοποίηση του χρήστη αξιολογήθηκε μέσω του ερωτηματολογίου Utility and Satisfaction που περιείχε εννέα στοιχεία σχετιζόμενα με διάφορες πτυχές του βαδίσματος και της χρήσης του συστήματος. Το σύστημα ActiGait είναι ένας διεγέρτης περονιαίου νεύρου 4 καναλιών που χρησιμοποιήθηκε για την ενεργοποίηση του πρόσθιου κνημιαίου, του μακρού/βραχύ περονιαίου και των εκτεινόντων των δακτύλων. Τα αποτελέσματα έδειξαν αύξηση της μέγιστης πελματιαίας κάμψης και της μέγιστης ισχύος στην παρειακή πλευρά, βελτίωση της συμμετρίας στο μήκος βήματος, αύξηση της ικανοποίησης χρηστών (χωρίς να σχετίζεται με τις αντικειμενικές βελτιώσεις) συγκριτικά με το AFO, το οποίο συνεπάγεται μηχανικούς

περιορισμούς στη πελματιαία κάμψη κατά τη βάδιση. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές στην ενεργειακή δαπάνη και στη συμμετοχή.

ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ AFO VS FES

Το παραδοσιακό πρότυπο θεραπείας για την πτώση του άκρου πόδα είναι η κνημοποδική όρθωση (AFO). Η όρθωση αυτή συγκρατεί το πόδι σε ουδέτερη θέση επιτυγχάνοντας αύξηση της σταθερότητας, της ταχύτητας βάδισης, της συμμετρίας και στατικής ισορροπίας σε άτομα με νευρολογική διαταραχή βάδισης. Ωστόσο, περιορίζει την κινητικότητα και μυϊκή δραστηριότητα βλάπτοντας τη δυναμική ισορροπία. Απεναντίας, ως εναλλακτική της χρήσης AFO, η εφαρμογή FES στο περνιαίο νεύρο στη φάση αιώρησης συμβάλλει στην εκούσια ραχιαία κάμψη μειώνοντας την πτώση του άκρου πόδα. Στα μειονεκτήματα του FES περιλαμβάνονται ο πιθανός ερεθισμός του δέρματος και η δυσκολία τοποθέτησης ηλεκτροδίων (Bethoux et al., 2015).

Η αποφυγή εμποδίων θεωρείται μια καλή δοκιμασία αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας του περνιαίου FES σε άτομα με AEE, γιατί σχετίζεται άμεσα με την ασφαλή και ανεξάρτητη περιήγηση στην καθημερινή ζωή. Στόχος της μελέτης των van Swigchem et al., 2012 ήταν να διερευνήσει τα πλεονεκτήματα του περνιαίου FES έναντι της όρθωσης AFO, αναφορικά με την ικανότητα αποφυγής ξαφνικών εμποδίων. Για το σκοπό αυτό, 24 ασθενείς με πτώση άκρου πόδα από AEE τουλάχιστον 6 μηνών και ικανότητα ανεξάρτητης βάδισης για πάνω από 10' σε ομοιόμορφες και ανώμαλες επιφάνειες, μέσης ηλικίας 52,6 ετών, οι οποίοι χρησιμοποιούσαν όρθωση AFO, έλαβαν διαδερμική συσκευή FES ενός καναλιού. Εξετάστηκε η ικανότητα αποφυγής 30 ξαφνικών εμποδίων μπροστά από το προσβεβλημένο πόδι κατά τη βάδιση σε διάδρομο μετά από 2 και 8 εβδομάδες είτε με FES είτε με AFO και προσδιορίστηκαν τα ποσοστά επιτυχίας αποφυγής αυτών των εμποδίων. Κατά τη διάρκεια των 2 εβδομάδων, η καθημερινή χρήση της συσκευής αυξήθηκε έως και 6 ώρες/ημέρα, ακολουθούμενη από 6 εβδομάδες ολόημερης χρήσης. Για την αποφυγή πτώσης τα άτομα φορούσαν μια ζώνη ασφαλείας συνδεδεμένη σε μια οροφή. Επαφή με το εμπόδιο, απώλεια ισορροπίας ή βάδιση δίπλα στο εμπόδιο με το παρετικό πόδι καταγράφονταν ως αποτυχίες. Τα μέτρα έκβασης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: άνετη ταχύτητα βάδισης 10 m, BBS, MAS, MI και FM. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα ποσοστά επιτυχίας ήταν υψηλότερα με το FES συγκριτικά με το AFO. Ακόμη, σε ασθενείς με χαμηλή δύναμη στα

κάτω άκρα (Motricity Index<64) ήταν πιο πιθανό το όφελος από το FES. Προκύπτει, λοιπόν, ότι το περνιαίο FES αποδεικνύεται πιο αποτελεσματικό από το AFO στην ικανότητα αποφυγής εμποδίων σε άτομα με ανεξάρτητη βάδιση, ενώ κλινικά σημαντικότερα κέρδη σημειώνονται σε ασθενείς με χαμηλή δύναμη ποδιών.

Στόχος της τυχαιοποιημένης ελεγχόμενης δοκιμής των Bethoux et al., 2015 ήταν να συγκρίνει τις επιδράσεις των FES και AFO στην βάδιση ασθενών με πτώση άκρου πόδα μετά από ΑΕΕ. 384 ασθενείς ολοκλήρωσαν τη 12μηνη παρακολούθηση. Οι ασθενείς τυχαιοποιήθηκαν στις ομάδες FES ή AFO. Τα άτομα χρησιμοποίησαν τις συσκευές της μελέτης καθ' όλη την περιήγηση τους στο σπίτι και την κοινότητα. Η συγκεκριμένη συσκευή FES περιλάμβανε διεγέρτη μονού καναλιού και μέσω ενός αισθητήρα κλίσης και ενός επιταχυνσιόμετρου ενεργοποιούσε τη ραχιαία κάμψη και τον έλεγχο του αστραγάλου, διεγείροντας το περνιαίο νεύρο στη φάση αιώρησης. Τα κύρια σημεία που εξετάστηκαν ήταν: 10 MWT και ποσοστό σοβαρών ανεπιθύμητων ενεργειών σχετικά με τη συσκευή (SAE), ενώ τα δευτερεύοντα σημεία ήταν: 6MWT, λειτουργικό προφίλ βάδισης μέσω του GaitRite και modified Emory Functional Ambulation Profile (mEFAP). Προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα: Το ποσοστό των SAE (μόνο πτώσεις σε αυτή τη μελέτη) ήταν 3,6% για την ομάδα FES και 13,6% για την ομάδα AFO, με το FES να αποδεικνύεται μη κατώτερο από το AFO (για τα πρωτεύοντα σημεία), ενώ δεν σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις 2 ομάδες. Ακόμα, και στις 2 ομάδες παρατηρήθηκε στατιστικά και κλινικά σημαντική βελτίωση στο 10MWT. Τέλος, στην ομάδα FES διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές βελτιώσεις στο 6MWT και mEFAP. Συμπεραίνεται, λοιπόν, ότι στους 12 μήνες τα FES και AFO έχουν ισοδύναμα οφέλη στην ταχύτητα βάδισης. Ωστόσο η μακροχρόνια χρήση του FES, φαίνεται ότι προσφέρει επιπλέον βελτιώσεις και στην αντοχή και λειτουργική βάδιση, όμως αυτό χρήζει περαιτέρω έρευνας.

ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ FES ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΑΛΛΑ ΜΕΣΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΚΑΘΡΕΦΤΗ ΚΑΙ FES

Στα αρχικά στάδια της κινητικής μάθησης μετά από ΑΕΕ, οι εξωτερικές πληροφορίες ανατροφοδότησης είναι ιδιαίτερα σημαντικές στην αποκατάσταση των ασθενών (Kim & Jang, 2021).

Η θεραπεία καθρέφτη βασίζεται στη θεωρία της νευροπλαστικότητας του εγκεφάλου. Συγκεκριμένα, η κίνηση του υγιούς άκρου που αντανακλάται στον καθρέφτη προβάλλεται ως κίνηση του προσβεβλημένου άκρου (φαινόμενο οπτικής ψευδαίσθησης), διεγείροντας τον κινητικό φλοιό του εγκεφάλου μέσω οπτικών ερεθισμάτων (Kim & Jang, 2021).

Η ηλεκτρική διέγερση που συνδέεται με ηλεκτρομυογραφία (ΗΜΓ/EMG) είναι μια μέθοδος πρόκλησης μυϊκής συστολής με παροχή ηλεκτρικής διέγερσης στα περιφερικά νεύρα, όταν ένα ηλεκτρικό σήμα που παράγεται από την εκούσια κίνηση του ασθενούς υπερβαίνει μια τιμή κατωφλίου που έχει οριστεί στο ΗΜΓ. Η ηλεκτρική διέγερση που προκαλείται από ΗΜΓ ενδεχομένως έχει καλύτερη επίδραση από την απλή ηλεκτρική διέγερση που εκτελείται παθητικά, καθώς περιλαμβάνει συγκέντρωση του ασθενούς για την κίνηση των μυών που χρησιμοποιούνται, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει στην ενεργοποίηση της κινητικής λειτουργίας και την κινητική εκμάθηση (Kim & Jang, 2021).

Σκοπός της έρευνας των Kim & Jang, 2021 ήταν η αξιολόγηση της επίδρασης του FES που προκαλείται από ΗΜΓ στην ισορροπία και βάρδιση σε ασθενείς με χρόνια ΑΕΕ. Για το σκοπό αυτό, 60 ασθενείς με χρόνια ΑΕΕ χωρίστηκαν σε: (1) ομάδα MT-EF (θεραπεία καθρέφτη με EMG-FES), (2) ομάδα MT (θεραπεία καθρέφτη) και (3) ομάδα CON (συντηρητική θεραπεία). Κάθε ομάδα υποβλήθηκε σε θεραπεία 60', 5 φορές/εβδομάδα για 8 εβδομάδες που περιελάμβανε και 30' CPT. Η διέγερση με πυροδότηση EMG πραγματοποιήθηκε με δύο επιφανειακά ηλεκτρόδια, τα οποία συνέλλεγαν σήματα ΗΜΓ και μετέδιδαν ηλεκτρική διέγερση. Η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων έγινε με στόχο τη διέγερση των περιβαλλόντων συνεργητικών μυών (τετρακέφαλος, οπίσθιοι μηριαίοι, πρόσθιος κνημιαίος, γαστροκνήμιος) έως ότου παρατηρήθηκαν κινήσεις κάμψης και έκτασης του γόνατος και του αστραγάλου. Πραγματοποιήθηκε μέτρηση ισορροπίας με το Biorescue (σύστημα ανάλυσης με βιοανατροφοδότηση), την BBS και το FRT, ενώ η ικανότητα βάρδιση αξιολογήθηκε με το 10MWT. Η ομάδα MT-EF αποδείχθηκε πιο αποτελεσματική στα τεστ ισορροπίας και βάρδισης από τις άλλες 2 ομάδες, ενώ δεν σημειώθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας MT και της ομάδας CON. Συμπεραίνεται λοιπόν, ότι η θεραπεία FES σε συνδυασμό με θεραπεία καθρέφτη αποτελεί πολύ σημαντική επιλογή στην ανάκτηση της ισορροπίας και βάρδισης σε ασθενείς με χρόνια ΑΕΕ, συμβάλλοντας στην πλαστικότητα του εγκεφάλου.

ΔΙΑΚΡΑΝΙΑΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ (tDCS) VS FES

Η διακρανιακή διέγερση συνεχούς ρεύματος (tDCS) είναι μια μη επεμβατική μέθοδος διέγερσης του εγκεφάλου. Μέσω ηλεκτροδίων τοποθετούμενων στο κρανίο διεγείρονται τα νευρικά κύτταρα του φλοιού, με αποτέλεσμα να προκαλούνται πλαστικές αλλαγές στον εγκέφαλο. Κλινικές μελέτες έχουν δείξει ότι το tDCS ρυθμίζει την φυσιολογική δραστηριότητα σε πολλαπλές λειτουργικές περιοχές του εγκεφάλου, βελτιώνοντας έτσι τη δυσλειτουργία των άκρων (Zhang et al., 2021).

Σκοπός της έρευνας των Zhang et al., 2021 ήταν η αξιολόγηση της επίδρασης tDCS και του FES στη λειτουργία των κάτω άκρων ασθενών με ΑΕΕ στο στάδιο ανάρρωσης. 122 ασθενείς με ημιπληγία στο στάδιο ανάρρωσης τυχαιοποιήθηκαν είτε σε ομάδα FES είτε σε ομάδα tDCS λαμβάνοντας την ίδια ρουτίνα αποκατάστασης. Η θεραπεία διαρκούσε 20' για 5 ημέρες/εβδομάδα για 8 εβδομάδες, ενώ οι συμμετέχοντες λάμβαναν συμβατικά φάρμακα και πρόγραμμα συνήθους αποκατάστασης. Στην ομάδα tDCS, ηλεκτρόδια εμποτισμένα με φυσιολογικό ορό τοποθετήθηκαν στο τριχωτό της κεφαλής, με την άνοδο στην κεντρική πρόσθια κινητική περιοχή του εγκεφάλου και την κάθοδο στο ετερόπλευρο μέτωπο. Στην ομάδα FES, χρησιμοποιήθηκε ένα εξακάναλο σύστημα εκπαίδευσης σε διάδρομο και τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν στην ΣΣ, στον μέγα γλουτιαίο, στον τετρακέφαλο, στους οπίσθιους μηριαίους, στον πρόσθιο κνημιαίο και στον γαστροκνήμιο της παρεικής πλευράς. Για την αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκαν: FM, MBI, FAC και τα σωματοαισθητικά προκλητά δυναμικά των κάτω άκρων (SEP) μέσω ηλεκτρομυογραφίας. Το SEP είναι οι ηλεκτρικές αποκρίσεις που καταγράφονται από τα περιφερικά νεύρα του σωματοαισθητικού συστήματος στις οδούς αγωγιμότητας των αισθητικών νεύρων, μετά τη λήψη της κατάλληλης διέγερσης. Η ανάκτηση του εύρους SEP σε ασθενείς με ΑΕΕ συσχετίζεται σημαντικά με την ανάκτηση της κινητικής λειτουργίας, η οποία μπορεί να βοηθήσει στην πρόβλεψη της πρόγνωσης. Οι ασθενείς αξιολογήθηκαν πριν και 4 και 8 εβδομάδες μετά τη θεραπεία. Οι βαθμολογίες FM, MBI και FAC ήταν σημαντικά υψηλότερες στην ομάδα tDCS, ωστόσο οι βαθμολογίες αυτές και στις 2 ομάδες παρουσίαζαν βελτίωση κατά τη διάρκεια της θεραπείας. Οι λανθάνοντες χρόνοι μειώθηκαν και τα πλάτη αυξήθηκαν, αλλά δεν υπήρχε σημαντική διαφορά πριν και μετά τη θεραπεία. Προκύπτει, λοιπόν, ότι τόσο το tDCS όσο και το FES συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην αύξηση της κινητικής λειτουργίας στα κάτω άκρα, ενώ το tDCS φαίνεται να είναι πιο αποτελεσματικό στο στάδιο αποκατάστασης του ΑΕΕ.

ΔΙΑΔΕΡΜΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΝΕΥΡΙΚΟΣ ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ (TENS) VS FES

Το FES διεγείρει τα κινητικά νεύρα σε ασθενείς με βλάβες του ανώτερου κινητικού νευρώνα, οδηγώντας σε αύξηση της δύναμης στην παρετική πλευρά και μείωση του μυϊκού τόνου και της σπαστικότητας βελτιώνοντας την ικανότητα βάδισης. Από την άλλη πλευρά, ο διαδερμικός ηλεκτρικός νευρικός ερεθισμός διεγείρει τα αισθητήρια νεύρα ανακουφίζοντας από τον πόνο και μειώνοντας τον μυϊκό τόνο, τη δυσκαμψία και τη σπαστικότητα (Park & Wang, 2017).

Στόχος της μελέτης των Park & Wang, 2017 ήταν να συγκρίνουν τις επιδράσεις των FES και TENS στην ικανότητα βάδισης ασθενών με ΑΕΕ. Για το σκοπό αυτό, 30 ασθενείς με ΑΕΕ > 6 μηνών τυχαιοποιήθηκαν ως εξής: 15 ασθενείς υποβλήθηκαν σε θεραπεία FES 30' (ηλεκτρόδια τοποθετημένα στο κινητικό σημείο του πρόσθιου κνημιαίου και κάτω από την κεφαλή της περόνης) μαζί με θεραπευτική άσκηση και 15 ασθενείς υποβλήθηκαν σε θεραπεία TENS 30' (ηλεκτρόδια τοποθετημένα στο έξω σφυρό) συνδυαστικά με θεραπευτική άσκηση. Η θεραπευτική άσκηση περιλάμβανε τέντωμα του χεριού σε διαφορετικές κατευθύνσεις σε όρθια θέση, καθιστή στάση, βήμα προς τα εμπρός και προς τα πίσω. Μέσω ενός αισθητήρα επιτάχυνσης που τοποθετήθηκε κοντά στην οσφυϊκή μοίρα των ασθενών έγινε αξιολόγηση των χωροχρονικών παραμέτρων βάδισης καθώς ο ασθενής βάδιζε 8 m προς τα εμπρός με το σύνηθες πρότυπο βάδισης. Αξιολογήθηκαν ο ρυθμός και η ταχύτητα βάδισης, το μήκος διασκελισμού, η διάρκεια φάσης αιώρησης, η διάρκεια φάσης στήριξης καθώς και η διάρκεια διπλής στήριξης στην παρετική πλευρά. Ο ρυθμός και η ταχύτητα αυξήθηκαν σημαντικά μόνο στην ομάδα FES, ενώ δεν υπήρχε σημαντική διαφορά σε όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους βάδισης μεταξύ των δύο ομάδων. Έτσι προκύπτει ότι ο συνδυασμός FES με θεραπευτική άσκηση στον πρόσθιο κνημιαίο στην παρετική πλευρά δύναται να βελτιώσει άμεσα την ικανότητα βάδισης ασθενών με ΑΕΕ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ RAGT

Παρακάτω, αναλύονται οι έρευνες που αποδεικνύουν την αποτελεσματικότητα των ρομποτικών μέσων, ταξινομημένες με βάση την θεματολογία και μεθοδολογία τους.

RAGT + PT (ΜΕ ΒΑΔΙΣΗ) VS PT (ΜΕ ΒΑΔΙΣΗ)

Στην έρευνα του Dundar et al., 2014 συμμετείχαν 107 ημιπληγικοί ασθενείς, οι οποίοι είχαν υποστεί ΑΕΕ 28-365 μέρες πριν την έναρξη του πρωτοκόλλου της έρευνας. Οι ασθενείς χωρίστηκαν σε 2 ομάδες, με την 1^η να λαμβάνει RAGT με το Lokomat 2 φορές/εβδ. για 6 εβδ. τουλάχιστον σε συνδυασμό με CPT (3 φορές/εβδ. για 6 τουλάχιστον εβδ.) και την 2^η μόνο CPT (5 φορές/εβδ. για 6 τουλάχιστον εβδ.). Η CPT περιλάμβανε ασκήσεις εύρους κίνησης και ενδυνάμωσης, διατακτικές ασκήσεις, επανεκπαίδευση βάδισης και τεχνικές για την διευκόλυνση των κινήσεων στην παρετική πλευρά. Χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα μέτρα έκβασης: MAS, Brunnstrom Recovery Scale, FAC, FIM, BBS, Mini-Mental State Examination (MMSE), Short Form-36 Health Survey (SF-36). Μετά το τέλος της παρέμβασης και οι 2 ομάδες εμφάνισαν σημαντική βελτίωση σε όλες τις παραμέτρους εκτός της MAS. Επίσης, τα σκορ του FIM, MMSE, SF-36 και BBS εμφάνισαν μεγαλύτερη βελτίωση στην ομάδα που έλαβε τον συνδυασμό της ρομποτικής με την συμβατική θεραπεία.

Ο Nuner et al., 2014 επέλεξαν 30 μη περιπατητικούς ημιπληγικούς ασθενείς με υποξύ ΑΕΕ και τους χώρισαν σε 2 ομάδες. Η 1^η ομάδα έλαβε θεραπεία με το Lokomat 2 ώρες/εβδ. + 1.5 ώρες/εβδ. CPT για 8 εβδ., ενώ η 2^η μόνο CPT (3.5 ώρες/εβδ. για 8 εβδ.), η οποία είχε ως στόχο την βελτίωση της ικανότητας βάδισης. Χρησιμοποιήθηκαν τα εξής μέτρα έκβασης: 10MWT, FM, FAC, Rivermead Mobility Index (RMI), MI, SIS, SF-36 και μέγιστες ισομετρικές ροπές των εκτεινόντων και καμπτήρων του γόνατος στο παρετικό και μη άκρο. Μετά την παρέμβαση και οι 2 ομάδες εμφάνισαν σημαντική βελτίωση στο σκορ των 10MWT, FM, FAC και RMI, χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων. Επίσης, βελτίωση παρατηρήθηκε στην SIS και SF-36, χωρίς αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των ομάδων. Η μέγιστη ροπή των εκτεινόντων και καμπτήρων του φυσιολογικού άκρου και η ροπή των καμπτήρων του παρετικού άκρου δεν εμφάνισαν σημαντική βελτίωση μετά την

παρέμβαση. Αντιθέτως, η ροπή των εκτεινόντων του παρετικού άκρου παρουσίασε σημαντική αύξηση, χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων. Επομένως, οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η θεραπεία με Lokomat δεν είναι πιο αποτελεσματική από την συμβατική επανεκπαίδευση βάδισης.

Στην έρευνα του Chung, 2016 πήραν μέρος 41 ασθενείς με υποξύ ΑΕΕ, οι οποίοι χωρίστηκαν σε 2 ομάδες. Η 1^η ομάδα έλαβε CPT (5 φορές/εβδ. για 60-90 λεπτά) που περιλάμβανε επανεκπαίδευση βάδισης, επανεκπαίδευση μεταφορών, κινητοποίηση άκρων, ασκήσεις ενδυνάμωσης και ισορροπίας, ενώ χρησιμοποιήθηκαν τεχνικές για την ομαλοποίηση του μυϊκού τόνου. Η 2^η ομάδα έλαβε, επιπλέον της CPT, ρομποτική θεραπεία με το Lokomat (3-5 φορές/εβδ. για 15-30 λεπτά). Τα μέτρα έκβασης που χρησιμοποιήθηκαν περιλάμβαναν: Modified Functional Ambulation Category (MFAC), Modified Rivermead Mobility Index (MRMI), BBS, MBI. Μετά το τέλος του ερευνητικού πρωτοκόλλου παρατηρήθηκε πως και οι 2 ομάδες εμφάνισαν σημαντική βελτίωση σε όλες τις παραμέτρους. Όμως, η 2^η ομάδα εμφάνισε σημαντικά μεγαλύτερη βελτίωση σε όλες τις κλινικές δοκιμασίες, με εξαίρεση την MBI, όπου η διαφορά μεταξύ των ομάδων δεν ήταν στατιστικά σημαντική.

O Hesse et al., 2012 συγκέντρωσαν 30 ασθενείς με υποξύ ΑΕΕ και FAC \geq 1 και τους χώρισαν σε 2 ομάδες με την 1^η να λαμβάνει 30 λεπτά θεραπείας με G-EO System + 30 λεπτά φυσικοθεραπείας με συμβατική επανεκπαίδευση βάδισης (5 φορές/εβδ. για 4 εβδ.). Η 2^η ομάδα έλαβε μόνο CPT (60 λεπτών, 5 φορές/εβδ. για 4 εβδ.). Και στις 2 ομάδες, η φυσικοθεραπεία είχε ως στόχο την βελτίωση της βάδισης και της ικανότητας ανεβάσματος σκαλιών, ενώ χρησιμοποιήθηκαν και τεχνικές αναχαίτισης του μυϊκού τόνου. Όλοι οι ασθενείς συμμετείχαν σε ένα περιεκτικό πρόγραμμα αποκατάστασης που περιλάμβανε μεταξύ άλλων και καθημερινή εκπαίδευση με εργόμετρο. Τα μέτρα έκβασης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: FAC, 10MWT, RMI, MI, Resistance to Passive Movement Scale (REPAS)(για μυϊκό τόνο) . Μετά το τέλος της παρέμβασης, το σκορ της REPAS παρέμεινε ίδιο και στις 2 ομάδες. Τα υπόλοιπα μέτρα έκβασης εμφάνισαν σημαντική βελτίωση και στις 2 ομάδες, με την 1^η ομάδα να εμφανίζει σημαντικά μεγαλύτερη βελτίωση σε σύγκριση με την 2^η.

O Taveggia et al., 2016 δημοσίευσαν τα αποτελέσματα της διπλής τυφλής τυχαιοποιημένης ελεγχόμενης έρευνας, στην οποία συμμετείχαν 28 ασθενείς με ημιπάρεση με υποξύ ΑΕΕ (\leq 6

μηνών) και FAC<4. Οι ασθενείς χωρίστηκαν σε 2 ομάδες, με την 1^η να λαμβάνει συμβατική φυσικοθεραπεία για 60 λεπτά σύμφωνα με την προσέγγιση Bobath και ρομποτική θεραπεία με το Lokomat 30 λεπτών, 5 φορές/εβδ. για 5 εβδ. Η 2^η ομάδα έλαβε την ίδια θεραπεία, με την διαφορά πως η ρομποτική θεραπεία αντικαταστάθηκε από δραστηριότητες που είχαν σαν στόχο την βελτίωση της ικανότητας της βάδισης διάρκειας 30 λεπτών. Τα μέτρα έκβασης που χρησιμοποιήθηκαν περιλάμβαναν: 6MWT, 10MWT, FIM, SF-36, TS. Μετά την παρέμβαση παρατηρήθηκε πως η 1^η ομάδα εμφάνισε σημαντικά μεγαλύτερη βελτίωση στο 10MWT σε σχέση με την 2^η. Επίσης, η 2^η ομάδα εμφάνισε σημαντικά μεγαλύτερη βελτίωση στο 6MWT. Το σκορ της TS εμφάνισε σημαντική βελτίωση και στις 2 ομάδες, χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων, ενώ η SF-36 βελτιώθηκε μόνο στην 1^η ομάδα. Τέλος, το σκορ της FIM εμφάνισε σημαντική βελτίωση στην 1^η ομάδα και όχι στην 2^η. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι και οι 2 θεραπείες είναι αποτελεσματικές ως προς την βελτίωση της απόδοσης της βάδισης, αν και μόνο η ομάδα που έλαβε την ρομποτική θεραπεία εμφάνισε λειτουργική βελτίωση.

RAGT + PT (ΧΩΡΙΣ ΒΑΔΙΣΗ) VS PT (ΜΕ ΒΑΔΙΣΗ)

O Mayr et al., 2018 επέλεξαν 74 ασθενείς με ΑΕΕ στην κατανομή της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας (<8 εβδομάδων), με σκορ 1 και 2 στην FAC και Barthel Index (BI)=30-55 (μερικώς ανεξάρτητη εκτέλεση δραστηριοτήτων της καθημερινής ζωής). Όλοι οι ασθενείς έλαβαν CPT 45 λεπτών χωρίς επανεκπαίδευση βάδισης, 5 φορές/εβδ. για 8 εβδ. που περιλάμβανε, μεταξύ άλλων, διευκόλυνση επιλεκτικών κινήσεων της παρετικής πλευράς. Η 1^η ομάδα έλαβε επιπλέον ρομποτική θεραπεία 45 λεπτών με το Lokomat 5 φορές/εβδ. για 8 εβδ., ενώ η 2^η συμβατική επανεκπαίδευση βάδισης 5 φορές/εβδ. για 8 εβδ. Χρησιμοποιήθηκαν τα εξής μέτρα έκβασης: mEFAP, RMI, Mobility Milestones, Hochzirl Walking Aids Profile. Το σκορ της mEFAP εμφάνισε σημαντική βελτίωση και στις 2 ομάδες, χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων. Όσο αφορά, τις υπόλοιπες παραμέτρους, δεν εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων.

Η Aprile et al., 2017 επέλεξαν 14 ασθενείς με χρόνια ΑΕΕ (>6 μηνών) και ικανότητα βάδισης με καθόλου ή λίγη υποστήριξη και τους χώρισαν σε 2 ομάδες. Η 1^η ομάδα έλαβε ρομποτική θεραπεία με το G-EO system (45 λεπτών, 3 φορές/εβδ. για 6.5 εβδ.) σε

συνδυασμό με CPT, ενώ η 2^η CPT και συμβατική επανεκπαίδευση βάρδισης 60 λεπτών 3 φορές/εβδ. για 20 συνεδρίες. Το πρόγραμμα της συμβατικής επανεκπαίδευσης βάρδισης περιλάμβανε ασκήσεις ενδυνάμωσης, ισορροπίας, ιδιοδεκτικότητας, διατακτικές ασκήσεις, τεχνικές για την βελτίωση του ελέγχου του κορμού και βάρδιση σε παράλληλες μπάρες ή σε ανοικτό χώρο. Στην μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν τα εξής μέτρα έκβασης: MI, Ashworth Scale (AS), MRC, TUG, 6MWT, 10MWT, FAC, Walking Handicap Scale (WHS), TS, FM, ενώ αξιολογήθηκαν και εμβιομηχανικές παράμετροι της βάρδισης. Μετά το τέλος της παρέμβασης, 1^η ομάδα εμφάνισε σημαντική βελτίωση στην MRC, TS, FM και στην AS στην άρθρωση του ισχίου, ενώ η 2^η στο TUG, TS & FM. Επίσης, το σκορ της MRC, 6MWT και της AS εμφάνισε σημαντικά μεγαλύτερη βελτίωση στην 1^η ομάδα, σε σύγκριση με την 2^η. Τέλος, το MI, το 10MWT και η WHS δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων και οι εμβιομηχανικοί παράμετροι της βάρδισης δεν εμφάνισαν διαφορά εντός και μεταξύ των ομάδων.

Η έρευνα της Aprile et al., 2019 περιλάμβανε 26 ασθενείς με υποξύ AEE (2 εβδομάδων-6 μηνών), οι οποίοι είχαν την δυνατότητα να περπατήσουν χωρίς ή με λίγη υποστήριξη. Οι ασθενείς χωρίστηκαν σε 2 ομάδες, με την 1^η να λαμβάνει ρομποτική θεραπεία με G-EO System (3 φορές/εβδ. για 20 συνεδρίες) και την 2^η συμβατική επανεκπαίδευση βάρδισης (3 φορές/εβδ. για 20 συνεδρίες). Όλοι οι συμμετέχοντες συμμετείχαν σε ένα πρόγραμμα αποκατάστασης που περιλάμβανε ασκήσεις ενδυνάμωσης, λειτουργική εκπαίδευση δραστηριοτήτων, λογοθεραπεία και εργοθεραπεία. Τα μέτρα έκβασης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: FM, MI, MRC, MAS, FAC, 10MWT, 6MWT, TUG, TCT, TS, WHS, ενώ αξιολογήθηκαν και εμβιομηχανικές παράμετροι βάρδισης. Μετά το τέλος της παρέμβασης, η 1^η ομάδα εμφάνισε σημαντική βελτίωση σε όλα τα μέτρα έκβασης εκτός από την FM & MAS της ποδοκνημικής. Η 2^η ομάδα εμφάνισε σημαντική βελτίωση σε όλες τις παραμέτρους εκτός από το MI των καμπτήρων του ισχίου, την MRC των εκτεινόντων του ισχίου και των καμπτήρων και εκτεινόντων της ποδοκνημικής και το 6MWT. Επίσης, η 1^η ομάδα σε σχέση με την 2^η εμφάνισε σημαντική βελτίωση στην MRC των εκτεινόντων του ισχίου, στο TCT, 10MWT, 6MWT & TUG. Αναφορικά με τις εμβιομηχανικές παραμέτρους της βάρδισης, στην 1^η ομάδα παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στο μήκος βήματος, στον χρόνο του κύκλου βάρδισης, στον ρυθμό, στην μέση ταχύτητα αιώρησης και στήριξης στην μη προσβεβλημένη πλευρά και στο ROM του προσβεβλημένου γόνατος, σε σχέση με την 2^η. Καμία άλλη σημαντική διαφορά στις εμβιομηχανικές παραμέτρους δεν παρατηρήθηκε μεταξύ των ομάδων. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ρομποτική θεραπεία, σε σχέση με

την συμβατική, επιφέρει μεγαλύτερες βελτιώσεις στην λειτουργική και κινητική κατάσταση των ασθενών με ΑΕΕ.

RAGT VS PT (ΜΕ ΒΑΔΙΣΗ)

Στόχος των Ucar, Paker & Bugdayci, 2014 ήταν η διερεύνηση της εφαρμοσιμότητας και πιθανής αποτελεσματικότητας του Lokomat σε ασθενείς με χρόνια ημιπληγία σε σύγκριση με συμβατική κατ'οίκον άσκηση. Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν 22 ασθενείς με ημιπληγία λόγω ισχαιμικού ή αιμορραγικού εγκεφαλικού επεισοδίου τουλάχιστον 12 μηνών, οι οποίοι μπορούσαν να περπατήσουν 10 μέτρα χωρίς βοήθεια. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε 2 ομάδες ως εξής: η 1η ομάδα έλαβε θεραπεία με Lokomat 5 φορές/εβδομάδα για 2 εβδομάδες, με την κάθε συνεδρία να διαρκεί 30 λεπτά. Η 2^η ομάδα έλαβε CPT, η οποία περιλάμβανε επανεκπαίδευση βάδισης, ασκήσεις εύρους κίνησης, ισορροπίας και ενδυνάμωσης (5 φορές/εβδ. για 2 εβδ.). Σαν μέτρα έκβασης χρησιμοποιήθηκαν το TUG και το 10 MWT. Οι ασθενείς αξιολογήθηκαν μετά το τέλος της παρέμβασης (2 εβδομάδες) και μετά από 8 εβδομάδες. Και οι 2 ομάδες βελτίωσαν το σκορ και στα 2 τεστ που χρησιμοποιήθηκαν μετά από 2 και 8 εβδομάδες. Η διαφορά στα σκορ των 2 τεστ μετά τις 8 εβδομάδες, δεν ήταν στατιστικά σημαντική στην 2^η ομάδα. Όμως, η 1^η ομάδα εμφάνισε στατιστικά σημαντική βελτίωση στο TUG και στο 10MWT μετά από 8 εβδομάδες. Τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι οι ευεργετικές επιδράσεις του ρομποτικού συστήματος στην ταχύτητα βάδισης, συνέχισαν να αυξάνονται σε μεγαλύτερο βαθμό στο τέλος των 8 εβδομάδων, συγκριτικά με το πρόγραμμα άσκησης στο σπίτι. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι η θεραπεία με Lokomat παρέχει καινοτόμες προοπτικές για την επανεκπαίδευση βάδισης στην αποκατάσταση της χρόνιας ημιπληγίας, εκπαιδύοντας τους ασθενείς σε υψηλότερη ένταση και για μεγαλύτερη διάρκεια σε σχέση με την συμβατική θεραπευτική άσκηση.

Η έρευνα της Kelley et al., 2013 συνέλεξε 20 ασθενείς με χρόνια ΑΕΕ (>3 μηνών) που μπορούσαν να περπατήσουν 10 πόδια τουλάχιστον με την βοήθεια ενός ατόμου το μέγιστο, αλλά δεν είχαν την δυνατότητα να βαδίσουν ανεξάρτητα ή συστηματικά στην κοινότητα. Οι ασθενείς χωρίστηκαν σε 2 ομάδες, με την 1^η να λαμβάνει RAGT με το Lokomat (5 φορές/εβδ. για 8 εβδ.) και την 2^η συμβατική επανεκπαίδευση της βάδισης στο έδαφος (5 φορές/εβδ. για 8 εβδ.). Επίσης, η 2^η ομάδα συμμετείχε σε πρόγραμμα αποκατάστασης που περιλάμβανε, μεταξύ άλλων, ασκήσεις ισορροπίας, συντονισμού, ενδυνάμωσης και

επανεκπαίδευση μεταφορών. Στην έρευνα αυτή χρησιμοποιήθηκαν τα εξής μέτρα έκβασης: 10MWT, 6MWT, FM, BI, SIS. Μετά το τέλος της παρέμβασης παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στην FM & BI, χωρίς διαφορές μεταξύ των ομάδων, ενώ σε καμία από τις 2 ομάδες δεν παρατηρήθηκε βελτίωση στο σκορ των 10MWT, 6MWT & SIS.

RAGT + PT (ΜΕ ΒΑΔΙΣΗ) VS PT (ΜΕ ΒΑΔΙΣΗ) VS RAGT

Η προοπτική, μονή-τυφλή, τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη μελέτη του Mustafaoglu et al., 2020 είχε ως στόχο την διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της RAGT στην κινητικότητα, στις ADL και στην ποιότητα ζωής κατά την διάρκεια της αποκατάστασης του ΑΕΕ. Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν 51 ασθενείς με ΑΕΕ τουλάχιστον 3 μηνών και σκορ στην FAC>3, οποίοι χωρίστηκαν σε 3 ομάδες: Η 1^η ομάδα έλαβε RAGT και CPT, η 2^η μόνο συμβατική φυσικοθεραπεία και η 3^η μόνο RAGT. Η CPT πραγματοποιήθηκε για 45 λεπτά, 5 μέρες/εβδομάδα για 6 εβδομάδες και περιλάμβανε μετατόπιση βάρους στο παρετικό κάτω άκρο, επανεκπαίδευση μεταφορών και προοδευτική επανεκπαίδευση βάδισης στο έδαφος. Η ρομποτική θεραπεία έγινε με το Lokomat, 45 λεπτά 2 φορές/εβδομάδα για 6 εβδομάδες. Τα μέτρα έκβασης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα εξής: BI, Stroke Specific Quality of Life Scale (SS-QoL), 6MWT, Stair Climbing Test (SCT), FM, Comfortable 10-meter Walk Test (CWT), Fast 10-meter Walk Test (FWT), Rate of Perceived Exertion (RPE). Μετά το τέλος της παρέμβασης εμφανίστηκε σημαντική βελτίωση σε όλες τις παραμέτρους. Η 1^η ομάδα εμφάνισε σημαντική βελτίωση σε σχέση με τις υπόλοιπες όσο αφορά την BI, 6MWT, SS-QoL & SCT. Επιπρόσθετα, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στην 6MWT, SS-QoL, SCT, FM, CWT & RPE μεταξύ της 2^{ης} και 3^{ης} ομάδας. Τέλος, το σκορ του CWT εμφάνισε σημαντική βελτίωση στην 1^η ομάδα σε σχέση με την 3^η. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι αν και η συνδυασμένη θεραπεία οδηγεί σε μεγαλύτερη βελτίωση στην κινητικότητα, ποιότητα ζωής και δραστηριότητες καθημερινής ζωής, η συμβατική θεραπεία προκάλεσε παρόμοια βελτίωση με την RAGT σε ασθενείς με ΑΕΕ

RAGT ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΥΠΟΣΚΗΝΙΔΙΑΚΑ ΑΕΕ

Τα υποσκηνιδιακά ΑΕΕ λαμβάνουν χώρα κάτω από το επίπεδο του σκηνιδίου της παρεγκεφαλίδας και επηρεάζουν το στέλεχος ή/και την παρεγκεφαλίδα. Η παρεγκεφαλίδα

διαδραματίζει, μεταξύ άλλων, σημαντικό ρόλο στην διατήρηση της ισορροπίας και στην τροποποίηση του κινητικού ελέγχου. Οι διαταραχές της ισορροπίας μπορεί να οδηγήσουν σε αδυναμία εκτέλεσης των δραστηριοτήτων τις καθημερινής ζωής και σε συχνές πτώσεις (Kim et. al., 2019). Παρόλ' αυτά, τα αποτελέσματα της RAGT σε υποσκηνιδιακό ΑΕΕ έχουν λάβει ελάχιστη προσοχή από την επιστημονική κοινότητα.

Η τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη μελέτη της Santos et al., 2018 ήταν η πρώτη έρευνα που αξιολόγησε τις επιδράσεις της RAGT σε ασθενείς που είχαν υποστεί υποσκηνιδιακό ΑΕΕ. Στην μελέτη αυτή πήραν μέρος 19 χρόνια αταξικοί ασθενείς (> 1 έτος από την αρχική προσβολή) με τετραπληγία ή ημιπληγία, λόγω παρεγκεφαλιδικού ΑΕΕ. Όλοι οι ασθενείς έλαβαν 60 λεπτά CPT και 60 λεπτά επανεκπαίδευσης βάδισης, 3 φορές/εβδομάδα για 5 μήνες. Η CPT περιλάμβανε ασκήσεις διάτασης, ενδυνάμωσης, ισορροπίας, στατικού ελέγχου και λειτουργικές ασκήσεις, ενώ δόθηκαν οδηγίες για την πραγματοποίηση των ασκήσεων στο σπίτι. Η 1^η ομάδα ασθενών έλαβε συμβατική επανεκπαίδευση βάδισης στο έδαφος με την βοήθεια φυσικοθεραπευτή, ενώ η 2^η έλαβε RAGT με το Lokomat. Και οι δύο αυτές παρεμβάσεις πραγματοποιήθηκαν 1 φορά/εβδομάδα για 5 μήνες. Ως μέτρα έκβασης χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα: BBS, TUG, FIM και Scale for the Assessment and Rating of Ataxia (SARA). Μετά το πέρας του θεραπευτικού πρωτοκόλλου και οι 2 ομάδες εμφάνισαν σημαντική βελτίωση σε όλα τα μέτρα έκβασης, χωρίς να παρατηρηθούν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι χρόνια ασθενείς με αταξία λόγω ΑΕΕ εμφάνισαν σημαντική βελτίωση στην ισορροπία και στην ανεξαρτησία στις δραστηριότητες της καθημερινής ζωής μετά την RAGT σε συνδυασμό με συμβατική φυσικοθεραπεία και κατ'οίκον ασκήσεις.

Η μονή τυφλή, τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη crossover μελέτη του Kim et al., 2019 είχε ως στόχο την διερεύνηση των αποτελεσμάτων της RAGT σε συνδυασμό με την συμβατική επανεκπαίδευση βάδισης και την σύγκριση αυτών με συμβατική επανεκπαίδευση βάδισης, στην ισορροπία και στην λειτουργία κάτω άκρων, σε επιζήσαντες από υποσκηνιδιακό ΑΕΕ. Στην μελέτη αυτή συμμετείχαν 19 ασθενείς, οι οποίοι βρίσκονταν στο υποξύ ή χρόνιο στάδιο του ΑΕΕ και το κύριο τους ενόχλημα αποτελούσε η διαταραχή της ισορροπίας. Η 1^η ομάδα έλαβε θεραπεία με Lokomat και συμβατική επανεκπαίδευση βάδισης (CPT) και έπειτα 4 εβδομάδες συμβατική επανεκπαίδευση βάδισης, ενώ η 2^η έλαβε 4 εβδομάδες συμβατικής επανεκπαίδευσης βάδισης και έπειτα 4 εβδομάδες θεραπείας με Lokomat σε συνδυασμό με συμβατική επανεκπαίδευσης βάδισης. Η συμβατική επανεκπαίδευσης βάδισης έγινε για 60 λεπτά, 5 φορές την εβδομάδα και στόχευε στην βελτίωση της ισορροπίας, στην σταθερότητα

του κορμού και στην ισόποση φόρτιση των άκρων, ενώ η παρέμβαση που συνδύαζε τα 2 είδη θεραπειών εφαρμόστηκε για 60 λεπτά (30 λεπτά RAGT + 30 λεπτά συμβατικής επανεκπαίδευσης βάδισης). Τα μέτρα έκβασης που επιλέχθηκαν ήταν τα εξής: BBS, TIS, FM, 10MWT, Falls Efficacy Scale (FES) και SARA. Λόγω του ότι και οι 2 ομάδες δεν είχαν σημαντικές διαφορές πριν από την παρέμβαση, ούτε παρουσίασαν group by time interaction, τα ευρήματα συγκρίθηκαν μεταξύ RAGT+CPT και CPT. Μετά το πέρας της παρέμβασης τα αποτελέσματα ήταν ως εξής: Η ομάδα RAGT+CPT εμφάνισε σημαντικά μεγαλύτερη βελτίωση στο σκορ της BBS, FM και στο υποσκόρ SARA gait σε σχέση με την ομάδα CPT. Η ομάδα της RAGT+CPT βελτίωσε το TIS, FM, FAC, FES και το υποσκόρ gait & stance της SARA, ενώ η ομάδα της CPT βελτίωσε το σκορ της TIS και το υποσκόρ gait της SARA. Καμία ομάδα δεν επηρέασε σημαντικά το 10MWT, ενώ το σκορ της TIS βελτιώθηκε σημαντικά και στις 2 ομάδες, αλλά υποκλινικά. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι η παρέμβαση κατά την οποία η RAGT πραγματοποιήθηκε πρώτη ήταν αποτελεσματικότερη στην επίτευξη ανεξάρτητης βάδισης και στον στατικό έλεγχο, σε σύγκριση με την παρέμβαση που είχε την αντίθετη σειρά. Επιπλέον, η ομάδα της RAGT+CPT παρουσίασε σημαντικά μεγαλύτερη βελτίωση στην στατική ισορροπία και στην λειτουργία των κάτω άκρων, σε σύγκριση με την ίδιας διάρκειας CPT. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι η RAGT προκάλεσε σημαντική βελτίωση στην ισορροπία και στην λειτουργία κάτω άκρων σε ασθενείς με υποσκηνιδιακό ΑΕΕ, υποδεικνύοντας ότι μπορεί να αποτελεί χρήσιμη σε ασθενείς με ελλείματα της ισορροπίας που είναι αποτέλεσμα άλλων παθολογιών.

ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ RAGT ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΟΥ ΦΛΟΙΟΥ

Η επαναλαμβανόμενη εκτέλεση πολλών κύκλων βάδισης που παρέχεται κατά την διάρκεια θεραπείας με ρομποτικά συστήματα έχει βρεθεί ότι μπορεί να προάγει την κινητική εκμάθηση, προκαλώντας πλαστικές αλλαγές στο επίπεδο του κεντρικού νευρικού συστήματος (Kammen et al., 2019). Οι νευροπλαστικές αυτές αλλαγές έχουν συσχετιστεί με την ανάκτηση της ικανότητας βάδισης σε ασθενείς με ημιπληγία έπειτα από ΑΕΕ (Kim et al., 2006; Cha & Kim, 2017; Izumi, Kondo & Shindo, 2008) .

Η τυχαίοποιημένη ελεγχόμενη μελέτη του Kim et al., 2020 ήταν η πρώτη που κατέγραψε τις αλλαγές στην δραστηριότητα του εγκεφαλικού φλοιού σε ασθενείς που έλαβαν RAGT, σε σχέση με αυτούς που έλαβαν BWSTT. Στην έρευνα αυτή έλαβαν μέρος 30 ασθενείς με

ημιπληγία (3-12 μήνες μετά το επεισόδιο) και FAC=3. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν την λειτουργική φασματοσκοπία εγγύς υπέρυθρου (fNIRS) για την καταγραφή της εγκεφαλικής δραστηριότητας. Η λειτουργική φασματοσκοπία εγγύς υπέρυθρου είναι μια μη επεμβατική τεχνική απεικόνισης του εγκεφάλου, η οποία μέσω της χρήσης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας χαμηλής συχνότητας, καταγράφει αλλαγές στην αιματική ροή του εγκεφάλου, με την βοήθεια αισθητήρων στην επιφάνεια του κρανίου (Karim, Schmidt & Huppert, 2012). Στην συγκεκριμένη μελέτη οι ασθενείς χωρίστηκαν σε 2 ομάδες, με την 1^η να λαμβάνει ρομποτική θεραπεία με το G-EO System και την 2^η BWSST. Και οι 2 ομάδες υποβλήθηκαν σε θεραπεία 30 λεπτά/ημέρα, 5 φορές/εβδομάδα για 4 εβδομάδες. Ως μέτρα έκβασης χρησιμοποιήθηκαν οι αλλαγές στην δραστηριότητα περιοχών του φλοιού μετά την παρέμβαση καθώς και η FM, το TUG & το 10MWT. Μετά το τέλος της παρέμβασης παρατηρήθηκαν τα εξής: Στην 1^η ομάδα παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στην δραστηριότητα του πρωτογενούς σωματοαισθητικού φλοιού, της συμπληρωματικής κινητικής περιοχής και του προκινητικού φλοιού του προσβεβλημένου ημισφαιρίου. Στην 2^η ομάδα, καμία περιοχή του φλοιού δεν εμφάνισε σημαντική διαφορά αναφορικά με την δραστηριότητα της, μετά το τέλος της παρέμβασης. Επιπρόσθετα, σημαντική βελτίωση παρατηρήθηκε στα σκορ των FM., TUG, 10MWT και στις 2 ομάδες, με το σκορ της FM να εμφανίζει σημαντικά μεγαλύτερη βελτίωση στην 2^η ομάδα, σε σχέση με την 1^η. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ρομποτική θεραπεία προκάλεσε φλοιική αναδιοργάνωση στους ασθενείς με ημιπάρεση μετά από ΑΕΕ, αν και η ανωτερότητα έναντι της συμβατικής θεραπείας παραμένει ασαφής.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ RAGT ΣΕ ΚΑΡΔΙΟΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ

Η RAGT, εκτός των λοιπών πλεονεκτημάτων της, παρέχει στους ασθενείς την δυνατότητα να βελτιώσουν την καρδιοαναπνευστική τους ικανότητα, η βελτίωση της οποίας έχει συσχετιστεί με την λειτουργική αποκατάσταση των ασθενών μετά το ΑΕΕ (Morone et al., 2017; Chang et al., 2012). Μέσω της ρομποτικής θεραπείας οι σοβαρά προσβεβλημένοι ασθενείς μπορούν να τοποθετηθούν στην όρθια θέση, χωρίς τον κίνδυνο αύξησης της σπαστικότητας στους αντιβαρικούς μύες. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγουν την κατάκλιση, η οποία είναι πολύ πιθανόν να επιδεινώσει τις καρδιολογικές συννοσηρότητες (Morone et al., 2017).

Η έρευνα του Han et al., 2016 είχε ως στόχο την διερεύνηση της αρτηριακής ανελαστικότητας σε μη περιπατητικούς ασθενείς με υποξύ ΑΕΕ και την σύγκριση της επίδρασης της RAGT σε συνδυασμό με συμβατική θεραπεία, σε σχέση με την συμβατική θεραπεία στην λειτουργική αποκατάσταση των ασθενών. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν σαν βασική παράμετρο την baPWV (ταχύτητα σφυγμικού κύματος βραχίονα-αστραγάλου). Η ταχύτητα του σφυγμικού κύματος είναι ένας δείκτης της αρτηριακής ανελαστικότητας, η οποία σε συνδυασμό με την αθηροσκλήρωση έχει αποδειχθεί ότι συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στην παθογένεση των καρδιαγγειακών νοσημάτων. Επιπλέον, έχει προγνωστική αξία στην νοσηρότητα και θνησιμότητα από καρδιαγγειακές παθήσεις. Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι υψηλές τιμές baPWV αποτελούν προγνωστικό δείκτη για την εμφάνιση ισχαιμικού ΑΕΕ (Han et al., 2016). Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν 60 ημιπληγικοί ασθενείς με υποξύ ΑΕΕ (≤ 3 μήνες) και FAC <2 , οι οποίοι χωρίστηκαν σε 2 ομάδες. Όλοι οι ασθενείς έλαβαν συμβατική φυσικοθεραπεία για 30 λεπτά, 5 φορές/εβδομάδα για 4 εβδομάδες. Η συμβατική φυσικοθεραπεία πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την προσέγγιση Bobath και περιλάμβανε διάφορες ασκήσεις και επανεκπαίδευση μεταφορών, η οποία προόδευσε σε επανεκπαίδευση βάδισης. Η 1^η ομάδα έλαβε επιπλέον RAGT με το Lokomat για 30 λεπτά, ενώ η 2^η CPT 30 λεπτών. Σαν μέτρα έκβασης χρησιμοποιήθηκαν η baPWV, διάφορες καρδιοαναπνευστικές παράμετροι, καθώς και η FM, MBI, BBS και FAC. Μετά το τέλος της παρέμβασης παρατηρήθηκαν τα εξής: Η baPWV εμφάνισε σημαντική μείωση στην 1^η ομάδα και καμία βελτίωση στην 2^η. Επιπροσθέτως, η μέγιστη αερόβια ικανότητα και η μέγιστη καρδιακή συχνότητα εμφάνισε σημαντική αύξηση στην 1^η ομάδα, χωρίς σημαντικές αλλαγές στην 2^η. Τέλος το σκορ των FM, MBI, BBS και FAC εμφάνισε σημαντική βελτίωση και στις 2 ομάδες, χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ των 2 ομάδων. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι η RAGT σε συνδυασμό με την συμβατική θεραπεία αποτελεί μια αποτελεσματική μέθοδο για την μείωση της αρτηριακής ανελαστικότητας και την βελτίωση της μέγιστης αερόβιας ικανότητας σε μη περιπατητικούς ασθενείς με υποξύ ΑΕΕ.

Η μελέτη του Chang et al., 2012 είχε ως αντικείμενο την σύγκριση της αποτελεσματικότητας της RAGT και της συμβατικής φυσικοθεραπείας στην καρδιοαναπνευστική ικανότητα ενήλικων με ΑΕΕ. Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν 37 ασθενείς με ΑΕΕ εντός 1 μηνός και FAC <2 , οι οποίοι χωρίστηκαν σε 2 ομάδες. Η 1^η ομάδα έλαβε ρομποτική θεραπεία 40 λεπτών με το Lokomat και 60 λεπτά CPT, κάθε μέρα για 5 μέρες/εβδομάδα για 2 εβδομάδες. Η 2^η ομάδα έλαβε συνολικά 100 λεπτά συμβατικής φυσικοθεραπείας, κάθε μέρα για 5 μέρες/εβδομάδα για 2 εβδομάδες. Το πρόγραμμα φυσικοθεραπείας βασίστηκε στην

προσέγγιση Bobath και περιλάμβανε διάφορες ασκήσεις και επανεκπαίδευση μεταφορών, η οποία προόδευσε σε επανεκπαίδευση βάρδισης. Η αξιολόγηση των ασθενών έγινε με καρδιοαναπνευστικές παραμέτρους και με τις ακόλουθες δοκιμασίες: FM, MI, FAC. Μετά το τέλος της παρέμβασης, η 1^η ομάδα εμφάνισε στατιστικά σημαντική βελτίωση στην μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO₂peak), σε αντίθεση με την 2^η ομάδα. Καμία άλλη σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων δεν παρατηρήθηκε στις υπόλοιπες καρδιοαναπνευστικές παραμέτρους. Επίσης, η 1^η ομάδα εμφάνισε σημαντική βελτίωση στο σκορ της FM, σε σχέση με την 2^η, ενώ το σκορ του MI και FAC βελτιώθηκε και στις 2 ομάδες, χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι η RAGT έχει την δυνατότητα να βελτιώσει την καρδιοαναπνευστική ικανότητα των μη περιπατητικών ασθενών, αποτελώντας μια μέθοδο αεροβικής άσκησης για ασθενείς με ΑΕΕ, αν και είναι πιθανόν ότι απαιτούνται πάνω από 2 εβδομάδες συνεχούς και προοδευτικής παρέμβασης.

ΠΟΙΟΙ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΕΙΝΑΙ ΠΙΘΑΝΟΤΕΡΟ ΝΑ ΕΠΩΦΕΛΗΘΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗΝ RAGT;

Παρόλο που πολλές έρευνες έχουν συγκρίνει την ρομποτική με την συμβατική θεραπεία και τους προγνωστικούς παράγοντες για την συμβατική αποκατάσταση, λίγη προσοχή έχει δοθεί στην διερεύνηση των προγνωστικών παραγόντων για την ρομποτική θεραπεία και για το ποιοι ασθενείς είναι πιο πιθανόν να επωφεληθούν από την ρομποτική επανεκπαίδευση της βάρδισης. Οι περισσότερες έρευνες έχουν ως σκοπό να απαντήσουν στο ερώτημα «είναι οι ρομποτικές συσκευές αποτελεσματικές για όλους τους ασθενείς ;» Ο Morone et al. υπογράμμισε την ανάγκη να τροποποιηθεί η ερώτηση ως εξής: «για ποιους ασθενείς είναι οι ρομποτικές συσκευές πιο αποτελεσματικές;». Η αναγνώριση των ασθενών αυτών είναι σημαντική για οικονομικούς και ηθικούς λόγους (Morone et al., 2017, 2018).

Παρακάτω αναλύονται οι έρευνες που διερευνούν τους προγνωστικούς παράγοντες και τα κλινικά χαρακτηριστικά των ασθενών που βελτιώνονται περισσότερο από την θεραπεία με ρομποτικά μέσα:

Η τυχαίοποιημένη έρευνα του Morone et al., 2011 είχε ως σκοπό την ταυτοποίηση των χαρακτηριστικών των ασθενών που είναι πιο πιθανόν να επωφεληθούν από την RAGT. Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν 48 ασθενείς με υποξύ ΑΕΕ (2^η-6^η εβδομάδα) και σημαντικά

ελλείματα στην βάδιση (FAC<3), οι οποίοι χωρίστηκαν σε 2 ομάδες με βάση το Motricity Index: 1) υψηλό Motricity Index (HM) και 2) χαμηλό Motricity Index (LM) . Και οι 2 ομάδες έλαβαν είτε RAGT (GT), είτε συμβατική φυσικοθεραπεία (CG). Επομένως, προέκυψαν 4 υπό-ομάδες RGLM, RGHM, CGLM και CGHM.. Η ρομποτική θεραπεία πραγματοποιήθηκε με το Gait Trainer, που αποτελεί σύστημα τελικού σημείου δράσης . Όλοι οι ασθενείς υποβλήθηκαν σε πρόγραμμα αποκατάστασης 2 φορές/ημέρα για 3 συνολικά ώρες, 5 μέρες/εβδομάδα, το οποίο περιλάμβανε τεχνικές για την διευκόλυνση των κινήσεων της παρετικής πλευράς, ασκήσεις για τα άνω άκρα και την βελτίωση της ισορροπίας και επανεκπαίδευση μεταφορών . Μετά από 1 εβδομάδα εισαγωγής η ομάδα της RG αντί για την 2^η συνεδρία φυσικοθεραπείας έλαβε την RAGT για 4 εβδομάδες, ενώ οι ασθενείς της CG ομάδας υποβλήθηκαν σε πρόγραμμα συμβατικής επανεκπαίδευσης της βάδισης 40 λεπτών, αντί για την 2^η φυσικοθεραπευτική συνεδρία. Η συμβατική επανεκπαίδευση της βάδισης επικεντρώθηκε στην βελτίωση της σταθερότητας του κορμού, στην μετατόπιση βάρους στην παρετική πλευρά και στην βάδιση σε έδαφος ή ανάμεσα σε παράλληλες μπάρες. Τα μέτρα έκβασης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το FAC, RMI, Canadian Neurological Scale (CNS), TCT, MI, BI, Rankin Scale (RS), 6MWT, 10MWT και AS. Μετά το τέλος της παρέμβασης και οι 4 ομάδες βελτίωσαν τα σκορ σε όλες τις παραμέτρους εκτός από την AS. Το σκορ της FAC, 6MWT, RS, BI, TCT, RMI στην ομάδα RGLM εμφάνισε σημαντικά υψηλότερη βελτίωση σε σχέση με την ομάδα CGLM ενώ δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων CGHM & RGHM. Το χαμηλότερο σκορ της FAC μετά την παρέμβαση παρατηρήθηκε στην ομάδα CGLM. Υπολογίστηκε ότι μετά την θεραπεία το 83% των ασθενών της ομάδας RGLM απέκτησε σκορ στην πάνω από 3, σε αντίθεση με το 17% της ομάδας CGLM. Το ποσοστό ασθενών που άγγιξε το ίδιο σκορ μεταξύ των 2 υπόλοιπων ομάδων ήταν 75% για την ομάδα RGHM και 67% για την ομάδα CGHM. Οι συγγραφείς συμπέραναν ότι η RAGT σε συνδυασμό με την συμβατική φυσικοθεραπεία ίσως είναι πιο αποτελεσματική σε ασθενείς με μεγαλύτερη κινητική αναπηρία.

Οι ίδιοι ερευνητές μελέτησαν και τις μακροχρόνιες επιδράσεις των θεραπειών της RAGT και την συμβατικής φυσικοθεραπείας μετά από follow-up 2 ετών και διαπίστωσαν ότι η σημαντικά μεγαλύτερη βελτίωση στην ομάδα RGLM σε σχέση με την ομάδα CGLM παρέμεινε και μετά τη παρέλευση του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος (Morone et al., 2012).

O Morone et al., 2018 δημοσίευσαν τα αποτελέσματα της μελέτης, που αποτελούσε συνέχεια της τυχαιοποιημένης ελεγχόμενης έρευνας του 2011 με τα ίδια κριτήρια εισόδου και την ίδια μεθοδολογία, αλλά μεγαλύτερο δείγμα ασθενών. Στόχος της έρευνας ήταν να αναγνωριστούν οι προγνωστικοί παράγοντες για την εξασφάλιση καλής έκβασης στους ασθενείς που έλαβαν ρομποτική επανεκπαίδευση ή συμβατική επανεκπαίδευση της βάδισης. Στην έρευνα συμμετείχαν 100 ασθενείς οι οποίοι χωρίστηκαν σε 2 ομάδες: η 1^η ομάδα έλαβε RAGT με το Gait Trainer και η 2^η ομάδα έλαβε συμβατική επανεκπαίδευση της βάδισης. Όλοι οι ασθενείς έλαβαν συμβατική φυσικοθεραπεία. Τα μέτρα έκβασης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το FAC, το TCT & η BI. Μετά το τέλος της παρέμβασης, η 1^η ομάδα εμφάνισε σημαντικά υψηλότερο σκορ στο FAC και TCT, ενώ η διαφορά στο BI μόλις προσέγγισε το κατώφλι της στατιστικής σημαντικότητας. Στην 2^η ομάδα η καλή έκβαση, όσο αφορά το σκορ της FAC, ήταν εξαρτώμενη από το σκορ της BI την στιγμή της εισαγωγής και τον μικρό χρόνο παρέλευσης από το ΑΕΕ μέχρι την έναρξη της αποκατάστασης. Στην 1^η ομάδα, η εξάρτηση από τους 2 παράγοντες που αναφέρθηκαν ήταν μη σημαντική, ενώ ο μόνος παράγοντας που διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο ήταν το σκορ του TCT κατά την εισαγωγή. Επομένως, η μειωμένη αυτονομία των ασθενών αποτελούσε κακό προγνωστικό παράγοντα για την έκβαση της συμβατικής επανεκπαίδευσης της βάδισης, αλλά όχι για την ρομποτική επανεκπαίδευση αυτής. Θα μπορούσε, λοιπόν, να εξαχθεί το συμπέρασμα πως οι ασθενείς που έλαβαν ρομποτική επανεκπαίδευση σε συνδυασμό με συμβατική φυσικοθεραπεία, είναι πιο πιθανόν να αποκτήσουν αυτόνομη βάδιση και ότι οι πιο σοβαρά προσβεβλημένοι ασθενείς που διατηρούν κάποιο έλεγχο του κορμού είναι οι καλύτεροι υποψήφιοι για την θεραπεία με ρομποτικά μέσα.

Η μελέτη του Oh et al., 2021 είχε ως στόχο να συγκρίνει τις επιδράσεις της RAGT σε ασθενείς με $FAC < 2$ και $FAC \geq 2$ σε παραμέτρους σχετικούς με την βάδιση, σε ασθενείς με υποξύ ΑΕΕ. Στην έρευνα συμμετείχαν 57 ασθενείς με υπερσκηνιδιακό ΑΕΕ και ημιπάρεση ($FAC = 0-4$), οι οποίοι χωρίστηκαν σε 2 ομάδες. Η 1^η ομάδα περιλάμβανε τους ασθενείς με αρχικό $FAC \geq 2$ και η 2^η αυτούς με $FAC < 2$. Οι ασθενείς έλαβαν ρομποτική θεραπεία με το Walkbot-G System 3 φορές/εβδομάδα για 6 εβδομάδες, με την κάθε συνεδρία να διαρκεί 30 λεπτά. Επίσης, όλοι οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν και σε πρόγραμμα συμβατικής φυσικοθεραπείας, 2 φορές/ημέρα για 30 λεπτά με βάση την προσέγγιση Bobath. Χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα μέτρα έκβασης: FM, MAS, BBS, Trunk Impairment Scale (TIS), αριθμός βημάτων και απόσταση βάδισης. Μετά την παρέμβαση παρατηρήθηκαν τα

εξής: Η 1^η ομάδα εμφάνισε μεγαλύτερη βελτίωση στο σκορ της FM, καμία όμως ομάδα δεν κατάφερε να φτάσει την ελάχιστη κλινικά σημαντική διαφορά. Η MAS εμφάνισε ελάχιστη βελτίωση στην 2^η ομάδα και καμία βελτίωση στην 1^η. Επιπρόσθετα, η BBS εμφάνισε σημαντική βελτίωση και στις 2 ομάδες, με μεγαλύτερη βελτίωση να παρατηρείται στην 1^η ομάδα. Το σκορ της TIS βελτιώθηκε και στις 2 ομάδες, αλλά σημαντικά μόνο στην 1^η. Τέλος, ο αριθμός βημάτων και η απόσταση βάρδισης αυξήθηκαν σημαντικά και στις 2 ομάδες, χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ αυτών. Οι ερευνητές συμπέραναν πως η ρομποτική επανεκπαίδευση της βάρδισης ήταν πιο επωφελής στους ασθενείς με καλύτερη αρχικά ικανότητα βάρδισης, σε σύγκριση με τους ασθενείς που εμφάνιζαν σοβαρά ελλείμματα στην βάρδιση. Επίσης, η θεραπεία με ρομποτικά συστήματα μπορεί να βελτιώσει σε ικανοποιητικό βαθμό τα μέτρα έκβασης σχετικά με την βάρδιση σε ασθενείς με υποξύ ΑΕΕ, ανεξάρτητα από το επίπεδο της FAC που έχουν.

Η πολυκεντρική αναδρομική μελέτη του Mazzoleni et al., 2017 είχε ως στόχο να διερευνήσει την αποτελεσματικότητα του ρομποτικού συστήματος τελικού σημείου δράσης ως μοναδική θεραπεία, σε ασθενείς με χρόνια ΑΕΕ ως προς την αποκατάσταση της βάρδισης. Στην μελέτη συμμετείχαν 100 ασθενείς με ΑΕΕ τουλάχιστον 3 μηνών, οι οποίοι χωρίστηκαν σε 2 ομάδες ανάλογα με την σοβαρότητα των ελλειμάτων της βάρδισης: 1^η ομάδα με FAC<3 και 2^η ομάδα με FAC≥3. Οι ασθενείς έλαβαν θεραπεία με το G-EO System, για 10-20 συνεδρίες, 3 ή 5 φορές/εβδομάδα. Τα μέτρα έκβασης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: 6MWT, 10MWT, MAS, MI, FAC, WHS. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η 1^η ομάδα βελτίωσε σημαντικά το σκορ στο MI, TUG, FAC, ενώ η 2^η ομάδα πέτυχε σημαντική βελτίωση σε όλες τις παραμέτρους εκτός από το 10MWT. Πιο συγκεκριμένα, το 50% των ασθενών εμφάνισε ελάχιστα κλινικά σημαντική διαφορά στο TUG και το 61% των ασθενών στο 6MWT. Οι ερευνητές συμπέραναν πως χρόνιοι πάσχοντες από ΑΕΕ που έλαβαν μόνο RAGT εμφάνισαν σημαντική βελτίωση στην κινητική απόδοση, αντοχή κατά την βάρδιση, ισορροπία, συντονισμό, δύναμη κάτω άκρων ακόμα και στην σπαστικότητα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι μετρίως προσβεβλημένοι ασθενείς ίσως επωφεληθούν περισσότερο από τους πιο σοβαρά προσβεβλημένους ασθενείς.

Η προοπτική έρευνα του Cho DY et al., 2015 είχε ως στόχο την επιβεβαίωση της επίδρασης της RAGT στην ικανότητα βάρδισης ανεξάρτητων περιπατητικών ασθενών με ΑΕΕ, η οποία είχε την μορφή crossover μελέτης 8 εβδομάδων με 2 παράλληλες ομάδες. Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν 20 άτομα με ημιπληγία ή τετραπληγία, που είχαν υποστεί ΑΕΕ τουλάχιστον 6

μήνες πριν με FAC<2 και ήταν ανεξάρτητοι περπατητές πριν το επεισόδιο. Οι ασθενείς χωρίστηκαν σε 2 ομάδες. Στην 1^η ομάδα οι ασθενείς υποβλήθηκαν σε θεραπεία με το Lokomat τις πρώτες 4 εβδομάδες, 30 λεπτά για 3 φορές/εβδομάδα, ενώ η 2^η ομάδα μετά από 4 εβδομάδες. Οι ασθενείς έλαβαν συμβατική φυσικοθεραπεία καθ'όλη την διάρκεια της έρευνας η οποία σύμφωνα με την προσέγγιση Bobath περιλάμβανε τεχνικές αναχαίτισης της σπαστικότητας, ορθοστάτιση, ασκήσεις στην καθιστή θέση για 30 λεπτά, 5 φορές/εβδομάδα. Τα μέτρα έκβασης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: BBS, Modified Functional Reach Test (MFRT), FAC, MAS, FM, MI, MBI. Επίσης, για να επιβεβαιωθούν τα χαρακτηριστικά των ασθενών που εμφάνισαν σημαντική βελτίωση στην BBS μετά την RAGT σε σύγκριση με την συμβατική φυσικοθεραπεία, πραγματοποιήθηκε ανάλυση σε υπο-ομάδες, με βάση: α) την παράλυτη πλευρά του κάθε ασθενούς, β) την υποβοήθηση από το ρομπότ και γ) το ποσοστό της υποστήριξης του σωματικού βάρους. Μετά την παρέμβαση, το σκορ της MAS μειώθηκε ελαφρώς στην ομάδα της RAGT και αυξήθηκε ελαφρώς στην ομάδα της συμβατικής θεραπείας. Η BBS, FM, MI & MBI εμφάνισαν σημαντική βελτίωση μετά από την RAGT και την συμβατική θεραπεία, χωρίς σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων. Η FAC εμφάνισε σημαντική βελτίωση μετά την RAGT αλλά όχι μετά την συμβατική θεραπεία. Όσο αφορά το MFRT, το υπο-σκόρ του forward reach βελτιώθηκε σημαντικά μετά την RAGT και την συμβατική θεραπεία ενώ η τιμή του lateral reach εμφάνισε βελτίωση μόνο μετά την RAGT. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε υπο-ομάδες έδειξαν ότι οι ημιπληγικοί ασθενείς εμφάνισαν στατιστικά σημαντική βελτίωση στην BBS, σε σχέση με τους τετραπληγικούς. Επίσης, οι ασθενείς που κατάφεραν να μειώσουν την υποβοήθηση $\leq 45\%$ και μείωσαν αποτελεσματικά το ποσοστό υποστήριξης σωματικού βάρους $\leq 21\%$, εμφάνισαν σημαντική βελτίωση, σε αντιδιαστολή με την ομάδα που υποβλήθηκε σε συμβατική φυσικοθεραπεία.

Η μελέτη παρατήρησης του Conesa et al., 2012 περιέγραψε την λειτουργική βελτίωση ασθενών με ΑΕΕ, σχετιζόμενη με την ταχύτητα της βάδισης, την βοήθεια κατά την βάδιση και την ισορροπία μετά από ένα εντατικό πρόγραμμα αποκατάστασης που περιλάμβανε RAGT και συμβατική επανεκπαίδευση της βάδισης. Στην μελέτη αυτή συμμετείχαν 69 ασθενείς με υποξύ ΑΕΕ (εντός 6 μηνών) με σκορ 0-4 στην FAC. Όλοι οι ασθενείς συμμετείχαν σε πρόγραμμα αποκατάστασης που περιλάμβανε, μεταξύ άλλων, φυσικοθεραπεία, επανεκπαίδευση βάδισης και εργοθεραπεία και πραγματοποιήθηκε 5 ώρες/ημέρα για 5 φορές/εβδομάδα κατά την διάρκεια 8 εβδομάδων. Οι συμμετέχοντες έλαβαν τις πρώτες 4 εβδομάδες θεραπεία με το Gait Trainer 20-40 λεπτών, ανάλογα με την αντοχή του καθενός. Τις υπόλοιπες 4 εβδομάδες, οι ασθενείς υποβλήθηκαν σε συμβατική

επανεκπαίδευση βάρδισης στο έδαφος με την βοήθεια φυσικοθεραπευτή. Τα μέτρα έκβασης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: FAC, TS, 10MWT. Όσο αφορά τα αποτελέσματα, το σκορ της FAC βελτιώθηκε κατά 45% μετά την RAGT και επιπλέον 31% μετά την συμβατική επανεκπαίδευση βάρδισης. Επίσης, η ταχύτητα βάρδισης (η οποία μετρήθηκε μέσω του 10MWT) βελτιώθηκε κατά 46% μετά την RAGT και 22% μετά το πέρας της συμβατικής επανεκπαίδευσης βάρδισης. Το σκορ της TS αυξήθηκε κατά 45% (υποσκόρ gait) και 38% (υποσκόρ balance) αντιστοίχως μετά την RAGT και κατά 18% με το τέλος της 2^{ης} παρέμβασης. Το ποσοστό των μη περιπατητικών ασθενών μειώθηκε από το 85% κατά την εισαγωγή στο 34%, ενώ οι περιπατητικοί ασθενείς από το 14% αυξήθηκαν στο 65% των συμμετεχόντων. Επίσης, οι ασθενείς με αρχικό σκορ 2 και 3 στην FAC εμφάνισαν σημαντικά μεγαλύτερη βελτίωση στην ταχύτητα βάρδισης από τους ασθενείς με τις υπόλοιπες τιμές κατά την διάρκεια των 4 εβδομάδων της ρομποτικής θεραπείας. Μάλιστα, οι αλλαγές αυτές διατηρήθηκαν και για τις υπόλοιπες 4 εβδομάδες της συμβατικής επανεκπαίδευσης βάρδισης. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι το πρόγραμμα αποκατάστασης 8 εβδομάδων που περιλάμβανε και ρομποτική και συμβατική επανεκπαίδευση βάρδισης, ήταν καλά ανεκτό στους ασθενείς με υποξύ ΑΕΕ, ανεξαρτήτως δημογραφικών χαρακτηριστικών ή αρχικού σκορ FAC. Επιπρόσθετα, οι ασθενείς με μετρίου βαθμού ελλείματα στην βάρδιση εμφάνισαν μεγαλύτερη βελτίωση, όσο αφορά την ταχύτητα της βάρδισης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

A) FES

Όλο και περισσότερα στοιχεία υποστηρίζουν τη χρήση FES στην αποκατάσταση βάρδισης μετά από ΑΕΕ. Όπως προκύπτει από την κριτική αποτίμηση των αποτελεσμάτων στην παρούσα ανασκόπηση, διαπιστώνεται η αποτελεσματικότητα του FES στη βελτίωση της κινητικής λειτουργίας των κάτω άκρων σε αυτή την ομάδα ασθενών. Αναφορικά με τις μελέτες για την αποτελεσματικότητα του FES, οι έρευνες των Sabut et al., 2011 και You et al., 2014 συμφωνούν ότι ο συνδυασμός FES με τυπικό πρόγραμμα αποκατάστασης είναι αποτελεσματικότερος από την τυπική αποκατάσταση μόνο στη βελτίωση της κινητικής λειτουργίας κάτω άκρων μετά από ΑΕΕ. Επίσης, η έρευνα των Sabut et al., 2011 υποστηρίζει τα επιπλέον οφέλη του FES στη μείωση της σπαστικότητας των πελματιαίων καμπτήρων και στην αύξηση της δύναμης των ραχιαίων καμπτήρων, ενώ η έρευνα των You et al., 2014 στην αύξηση της ικανότητας πραγματοποίησης ADL. Επιπλέον, πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι η έρευνα των Sabut et al., 2011 περιλάμβανε ασθενείς με ΑΕΕ τουλάχιστον 3 μηνών, ενώ των You et al., 2014 ΑΕΕ>3 μηνών. Ακόμη, οι έρευνες των Ha et al., 2020 και Kim et al., 2015 καθιστούν σαφή την συμβολή του συνδυασμού FES με άσκηση αστραγάλου στη βελτίωση ισορροπίας μετά από ΑΕΕ, ενώ η μελέτη των Ha et al., 2020 αναφέρει και επιπλέον όφελος στη μείωση της σπαστικότητας. Τέλος το γρήγορο περπάτημα με FES δύναται να μειώσει την ενεργειακή δαπάνη μετά από ΑΕΕ.

Σχετικά με τις έρευνες FES σε διαφορετικές μυϊκές περιοχές, φαίνεται ότι η εφαρμογή FES σε GA και TA συνδυαστικά με εκπαίδευση βάρδισης δύναται να προσφέρει μεγαλύτερες βελτιώσεις στις χωροχρονικές παραμέτρους βάρδισης (ταχύτητα, ρυθμός, μήκος διασκελισμού, συμμετρία) από ότι η εφαρμογή FES στον TA ή η εκπαίδευση βάρδισης χωρίς FES. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μελέτες των Chung et al., 2014 και Cho MK et al., 2015 αναφέρουν σημαντικές βελτιώσεις στη δύναμη και ισορροπία κάτω άκρων σε ασθενείς με ΑΕΕ. Από την άλλη, οι έρευνες FES διαφορετικών καναλιών είναι σύμφωνες ως προς την ανωτερότητα του FES 4 καναλιών έναντι αυτού των 2 καναλιών και του placebo, ενώ η μελέτη των Zheng et al., 2018 αναφέρει περισσότερες πλαστικές αλλαγές σε επίπεδο φλοιού με την χρήση FES 4 καναλιών συγκριτικά με FES 2 καναλιών.

Ταυτόχρονα, οι μελέτες του FES-cycling είναι ομόφωνες ως προς την ανωτερότητα της ποδηλασίας υποβοηθούμενης από FES συγκριτικά με την απλή προπόνηση ποδηλασίας στη βελτίωση της ικανότητας βάρδισης και ελέγχου στάσης. Ομοίως, οι μελέτες για BWSTT συμφωνούν ότι όταν το FES προστέθηκε σε πρόγραμμα αποκατάστασης συνδυαστικά με BWSTT, έδωσε ακόμη πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα στην λειτουργική βάρδιση. Μάλιστα η έρευνα των Daly et al., 2011 τόνισε το σημαντικό κέρδος του FES στο συντονισμένο βάρδισμα, το οποίο διατηρήθηκε έως και 6 μήνες μετά. Αναφορικά με το εμφυτευμένο FES, η έρευνα των Schiemanck et al., 2015 δείχνει ότι η εφαρμογή του σε ασθενείς με AFO αύξησε τη μέγιστη πελματιαία κάμψη και ισχύ του αστραγάλου καθώς και τη συμμετρία στο μήκος βήματος.

Όσον αφορά τη σύγκριση FES και AFO, η έρευνα των van Swieghem et al., 2012 έδειξε υπεροχή του FES έναντι του AFO. Αντίθετα, η έρευνα των Bethoux et al., 2015 έδειξε ότι ο FES και η AFO προσφέρουν ισοδύναμα κέρδη στην ταχύτητα βάρδισης, ενώ αναφέρονται επιπλέον βελτιώσεις στην αντοχή και λειτουργική κίνηση με FES, γεγονός που χρήζει περαιτέρω μελέτης. Ακόμη, ο FES αποδεικνύεται αποτελεσματικότερος από το TENS αναφορικά με τη βελτίωση του ρυθμού και της ταχύτητας βάρδισης και λιγότερο αποτελεσματικός από την tDCS, παρά τη βελτίωση της λειτουργικότητας των κάτω άκρων που πρόσφερε. Παράλληλα, η μελέτη των Kim & Jang, 2021 έδειξε ότι η θεραπεία καθρέφτη με FES οδηγεί σε αυξημένη βελτίωση ισορροπίας και βάρδισης σε σχέση με την θεραπεία καθρέφτη μόνο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η έρευνα των Bauer et al., 2015 χρησιμοποίησε ως μέτρο έκβασης την TS, η οποία παρά την καλή αξιοπιστία της, παρουσιάζει μέτρια εγκυρότητα, γεγονός που καθιστά αναγκαία την προσεκτική κριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

Ταυτόχρονα, οι έρευνες παρουσίασαν ορισμένους περιορισμούς. Από το σύνολο των 20 ερευνών, οι 9 ανέφεραν μικρό δείγμα ασθενών, η 1 μικρή διάρκεια θεραπείας και οι 5 απουσία μακροπρόθεσμης παρακολούθησης. Επίσης οι Bethoux et al., 2015 πραγματοποίησαν μη τυφλή μελέτη, ενώ στην έρευνα των Awad et al., 2016 παρότι οι αξιολογητές δεν γνώριζαν την κατανομή της ομάδας, οι συμμετέχοντες είχαν επίγνωση, γεγονός που αυξάνει την πιθανότητα μη αξιόπιστου αποτελέσματος. Ένα επιπλέον στοιχείο είναι, ότι στην έρευνα των van Swieghem et al., 2012 συμμετείχαν μόνο περιπατητικοί ασθενείς της κοινότητας και στην έρευνα των Schiemanck et al., 2015 συμμετείχαν νέοι σχετικά ασθενείς με καλή ισορροπία και φυσική κατάσταση. Τα παραπάνω οδηγούν σε

δυσκολία γενίκευσης των δεδομένων σε όλους τους τύπους ασθενών, πολλοί από τους οποίους πιθανόν να επωφελούνταν λιγότερο. Στην έρευνα των Schiemanck et al., 2015 ακόμη απουσιάζει η παράλληλη ομάδα ελέγχου.

Στοιχεία που πρέπει να ληφθούν επίσης υπόψιν ως περιορισμοί είναι: το μεγάλο ποσοστό ασθενών που δεν εμφανίστηκαν στο follow-up στην έρευνα των Tan et al., 2014, που οδήγησε σε μείωση των ανεπαίσθητων διαφορών στις ομάδες, η αυξημένη μεταβλητότητα των αποτελεσμάτων της έρευνας των van Swigchem et al., 2012, η μεγάλη ετερογένεια του πληθυσμού στην έρευνα των Ambrosini et al., 2011 και το μεγάλο απαιτούμενο κόστος παρέμβασης στην έρευνα των Daly et al., 2011.

Τέλος, είναι αναγκαίο να αναφερθεί ότι παρόλο που στην πλειοψηφία τους οι ασθενείς δεν ανέφεραν ενόχληση ή επιπλοκές, ένας ασθενής στην έρευνα των van Swigchem et al., 2012 εμφάνισε δερματική αλλεργία στα ηλεκτρόδια και του χορηγήθηκε αργότερα εμφυτευμένο FES. Πρέπει, λοιπόν, να δίνεται προσοχή ώστε στην επιλογή των συμμετεχόντων να μην περιλαμβάνονται εκείνοι με δερματικά προβλήματα.

B) RAGT

Οι σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις στην αποκατάσταση της βάδισης έχουν φέρει επανάσταση στην κλινική πρακτική. Μέσω αυτής της ανασκόπησης έχουν παρουσιαστεί τα ευεργετικά αποτελέσματα της RAGT στους ασθενείς με ΑΕΕ. Αναφορικά με τις μελέτες που συγκρίνουν την ρομποτική σε συνδυασμό με την φυσικοθεραπεία (που περιλαμβάνει βάδιση) σε σχέση με την φυσικοθεραπεία, συνάγεται το συμπέρασμα ότι οι ασθενείς που έλαβαν και ρομποτική θεραπεία εμφανίζουν ίσως μεγαλύτερη βελτίωση από αυτούς που έλαβαν μόνο φυσικοθεραπεία. Πιο συγκεκριμένα 4 έρευνες έδειξαν υπεροχή της ρομποτικής, ενώ μόνο 1 έρευνα δεν έδειξε καλύτερα αποτελέσματα με την προσθήκη της ρομποτικής.

Επίσης, συγκρίνοντας την ρομποτική με την φυσικοθεραπεία και με τον συνδυασμό αυτών, αποδεικνύεται ότι ο συνδυασμός ρομποτικής με φυσικοθεραπεία είναι ανώτερος. Οι έρευνες που σύγκριναν την ρομποτική σε συνδυασμό με την φυσικοθεραπεία (χωρίς βάδιση) σε σχέση με την φυσικοθεραπεία, δεν κατέληξαν σε κοινό συμπέρασμα. Πιο συγκεκριμένα, 2 έρευνες παρατήρησαν ανωτερότητα της ομάδας της RAGT, ενώ 1 έρευνα έδειξε ότι η ρομποτική και η φυσικοθεραπεία, σε σχέση μόνο με την φυσικοθεραπεία είναι εξίσου αποτελεσματικές.

Επιπρόσθετα η 1η έρευνα που προέβη σε σύγκριση της ρομποτικής με την φυσικοθεραπεία βρήκε καλύτερα αποτελέσματα στους ασθενείς που έλαβαν την ρομποτική, ενώ η 2^η δεν βρήκε διαφορά στην αποτελεσματικότητα των 2 παρεμβάσεων. Αναφορικά, με τα υποσκηνιδιακά ΑΕΕ, η 1^η έρευνα έδειξε ότι η ομάδα που έλαβε την ρομποτική θεραπεία εμφάνισε παρόμοια βελτίωση με την ομάδα που δεν την έλαβε, ενώ η 2^η έδειξε ανωτερότητα της παρέμβασης που περιλάμβανε ρομποτική θεραπεία.

Και οι 2 έρευνες που μελέτησαν καρδιοαναπνευστικές παραμέτρους συμφώνησαν στο ότι η RAGT αποτελεί πολλά υποσχόμενη επιλογή για την αεροβική εξάσκηση των ασθενών με ΑΕΕ.

Τα συμπεράσματα από τις μελέτες που είχαν ως στόχο την ταυτοποίηση των κατάλληλων ασθενών για την RAGT, είναι αντικρουόμενα. Οι έρευνες του Morone et al. βρήκαν ότι οι πιο σοβαρά προσβεβλημένοι ασθενείς είναι οι καλύτεροι υποψήφιοι. Η έρευνα του Oh et al. κατέληξε στο αντίθετο συμπέρασμα, ενώ οι Mazzoleni et al. και Conesa et al. συμφώνησαν στο ότι οι μετρίως προσβεβλημένοι ασθενείς θα επωφεληθούν περισσότερο από την RAGT.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι Hesse et al., 2012, Mayr et al., 2018 και Aprile et al., χρησιμοποίησαν στις έρευνες τους μέτρα έκβασης, για το οποία η εύρεση πληροφοριών ήταν σχεδόν αδύνατη (Walking Handicap Scale, Mobility Milestones, Hochzirl Walking Aids Profile, Resistance to Passive Movement Scale). Επομένως, τα αποτελέσματα τους πρέπει να ερμηνευθούν με προσοχή. Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης, το γεγονός ότι στην έρευνα του Mayr et al, δεν ήταν δυνατόν να προσδιοριστεί αν η βελτίωση των ασθενών οφειλόταν στην θεραπεία που εφαρμόστηκε ή ήταν αποτέλεσμα της αυτόματης αποκατάστασης των ασθενών (spontaneous recovery), λόγω της επιλογής συμμετεχόντων με διαφορετικό βαθμό σοβαρότητας.

Επιπρόσθετα, όλες οι έρευνες που χρησιμοποιήθηκαν στην συγκεκριμένη ανασκόπηση είχαν αρκετούς περιορισμούς στην μεθοδολογία τους. Από τις 23 έρευνες που αναλύθηκαν, οι συγγραφείς 13 ερευνών ανέφεραν το μικρό δείγμα ασθενών σαν μειονέκτημα των ερευνών τους, οι 8 την μικρή ένταση ή/και διάρκεια του πρωτοκόλλου θεραπείας και οι 8 την απουσία (μακροχρόνιου) follow-up. Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στην έρευνα της Kelley et al., καθώς ο αριθμός των ετών από την παρέλευση του ΑΕΕ στους ασθενείς που συμμετείχαν στην ομάδα της ρομποτικής ήταν υπερδιπλάσιος, σε σχέση με την άλλη ομάδα. Το στοιχείο αυτό είναι πολύ κρίσιμο για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων, καθώς ο ρυθμός αποκατάστασης στους ασθενείς με ΑΕΕ είναι χρονοεξαρτώμενος, με το μεγαλύτερο μέρος

της κινητικής λειτουργίας να ανακάμπτει το πρώτο τρίμηνο μετά το επεισόδιο (Cassidy & Cramer, 2017).

Έχει ιδιαίτερη σημασία η αναφορά στις ψυχολογικές επιπτώσεις της ρομποτικής θεραπείας, σε σχέση με την συμβατική. Η έρευνα της Kelley et al., ανέφερε ότι οι ασθενείς που έλαβαν την RAGT ήταν εμφανώς χαρούμενοι κατά την διάρκεια της συνεδρίας. Αντιθέτως, οι ασθενείς που έλαβαν την συμβατική επανεκπαίδευση βάδισης ήταν απογοητευμένοι και συνήθως αργούσαν να παρευρεθούν στον χώρο διεξαγωγής της έρευνας. Καμία άλλη έρευνα δεν ανέφερε κάτι αντίστοιχο. Αυτό αποτελεί σημαντικό στοιχείο, το οποίο πρέπει να διερευνηθεί, καθώς οι ασθενείς μετά από ΑΕΕ, έχουν αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης κατάθλιψης, άγχους και άλλων ψυχολογικών διαταραχών (Perna & Harik, 2020).

Επιπρόσθετα στην έρευνα του Nuner et al. εντοπίστηκαν 2 σφάλματα. Ενώ αναφερόταν πως οι συμμετέχοντες ήταν μη περιπατητικοί, έγινε αναφορά στο κείμενο ότι κάποιοι ασθενείς είχαν σκορ στην FAC \geq 3, κάτι που υποδηλώνει ότι είναι περιπατητικοί. Τέλος, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν το Motricity Index σαν μέτρο έκβασης, αλλά στα αποτελέσματα, στους πίνακες και στην συζήτηση δεν βρέθηκε καμία αναφορά σε αυτό το μέτρο έκβασης.

Σχετικά με την επίδραση της RAGT σε νευροπλαστικές παραμέτρους, κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί πως η έρευνα του Kim et al., 2019 χρησιμοποίησε την fNIRS, η οποία είναι σε θέση να καταγράψει μόνο την δραστηριότητα του εγκεφαλικού φλοιού. Αυτό έχει σημασία, διότι η ανθρώπινη βάδιση φαίνεται ότι ελέγχεται και από υποφλοιώδεις/ νωτιαίες δομές (Kim et al., 2019).

Σημαντική κρίνεται η αναφορά στους δυνητικούς κινδύνους που προκύπτουν από την χρήση των ρομποτικών συστημάτων. Στην έρευνα του Hesse et al., 2012 αναφέρθηκε ότι η υπερβολική καταπόνηση του καρδιαγγειακού συστήματος, η αρθρίτιδα και τα δερματικά έλκη αποτελούν πιθανούς κινδύνους από την εφαρμογή της RAGT. Στην ίδια έρευνα, ένας ασθενής διέκοψε την θεραπεία λόγω αρθρίτιδας στην άρθρωση του γόνατος. Επιπλέον, στην έρευνα της Kelley et al., 2013 5 ασθενείς εμφάνισαν σημεία δερματικής κάκωσης, παρά την προσεκτική τοποθέτηση των τμημάτων του ρομπότ που έρχονταν σε επαφή με το δέρμα του ασθενούς. Αξίζει να σημειωθεί ότι 6 έρευνες είχαν σαν κριτήριο αποκλεισμού την παρουσία δερματικών αλλοιώσεων στην περιοχή της πύελου και των κάτω άκρων. Επομένως, κρίνεται αναγκαία η διαλογή ασθενών που είναι πιο επιρρεπείς στην εμφάνιση δερματικών κακώσεων και η χρήση μεθόδων που θα αποτρέψουν την δημιουργία τους. Παρ'όλα αυτά η συντριπτική πλειοψηφία των ερευνών δεν ανέφερε επιπλοκές από την εφαρμογή της RAGT.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

A) FES

Εν κατακλείδι, ο FES αποδεικνύεται πολλά υποσχόμενη μέθοδος αποκατάστασης μετά από ΑΕΕ που προσφέρει βελτιώσεις στην ικανότητα βάδισης, στην ισορροπία και στην κινητική λειτουργία των κάτω άκρων. Προκύπτει ότι η προσθήκη FES σε πρόγραμμα συμβατικής φυσικοθεραπείας προσφέρει ακόμα μεγαλύτερες βελτιώσεις στην λειτουργική κινητικότητα των κάτω άκρων. Ακόμη, η εφαρμογή του FES στον GA και TA καθώς και το FES 4 καναλιών αποδείχθηκαν πιο αποτελεσματικά από την εφαρμογή μόνο σε TA και FES 2 καναλιών αντίστοιχα. Επιπλέον, το FES-cycling και η BWSTT υποβοηθούμενα από FES αποδείχθηκαν ιδιαίτερα ευεργετικά στην λειτουργική κίνηση μετά από ΑΕΕ. Διαπιστώθηκε επίσης, ότι ο FES είναι ανώτερος από το TENS, ανώτερος/ισοδύναμος με όρθωση AFO, λιγότερο αποτελεσματικός από την tDCS, ενώ ο συνδυασμός του με θεραπεία καθρέφτη προσδίδει σημαντικές βελτιώσεις στη βάδιση. Ωστόσο, είναι αδήριτη η ανάγκη διεξαγωγής περαιτέρω έρευνας για την επιβεβαίωση αυτών των αποτελεσμάτων.

Παράλληλα, έρευνες με παρουσία μετρήσεων εμβιομηχανικών παραμέτρων, στοιχείο που έλειπε από τις μελέτες των Awad et al., 2016, Kim et al., 2012, Cho MK et al., 2015 θα πρόσφεραν περισσότερο σαφή δεδομένα της αποτελεσματικότητας των παρεμβάσεων. Πραγματοποίηση ερευνών που περιέχουν ηλεκτρομυογραφική καταγραφή στους μύς των κάτω άκρων θα παρείχε ποσοτικά στοιχεία των φάσεων του κύκλου βάδισης σε πραγματικό χρόνο, σε μελέτες όπως αυτή των Kim et al., 2012.

Κάτι που θα μπορούσε να αξιολογηθεί επιπλέον σε ορισμένες έρευνες είναι η συμμόρφωση, οι ψυχολογικές επιπτώσεις, η προσαρμοστικότητα και η καθημερινή ζωή των ατόμων καθώς και η φθορά των συσκευών. Κάτι που επίσης πρέπει να διερευνηθεί περισσότερο είναι η επίδραση του FES στην πλαστικότητα του εγκεφάλου.

Τέλος, περαιτέρω έρευνα μακροχρόνιας παρακολούθησης θα έριχνε φως στην αποτελεσματικότητα του FES στην αποκατάσταση βάδισης μετά από ΑΕΕ μακροπρόθεσμα. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα είχε επίσης η διερεύνηση των επιδράσεων του συνδυασμού FES και tDCS, ενώ παραπάνω μελέτες απαιτούνται αναφορικά με την τιμή SEP που χρησιμοποιήθηκε ως μέτρο έκβασης στην έρευνα των Zhang et al., 2021 καθώς φαίνεται ότι μπορεί να επηρεαστεί από πληθώρα παραμέτρων.

Ολοκληρώνοντας, είναι αναγκαίο να τονιστεί η αξία της χρήσης FES συνδυαστικά με άλλες στρατηγικές επανεκπαίδευσης βάρδισης στην αποκατάσταση ατόμων με ΑΕΕ, βελτιώνοντας την καθημερινότητα και την ποιότητα ζωής τους.

B) RAGT

Συνοψίζοντας, τα ρομποτικά συστήματα παρέχουν καινοτόμες προοπτικές στην αποκατάσταση της βάρδισης σε ασθενείς που έχουν υποστεί ΑΕΕ, αναφορικά με την κινητικότητα, την λειτουργικότητα και την ισορροπία. Όλες οι έρευνες που εξετάστηκαν έδειξαν ότι η παρέμβαση που περιλάμβανε την χρήση των ρομποτικών συστημάτων ήταν εφάμιλλη ή ανώτερη της συνήθους θεραπείας, με τα άτομα που λαμβάνουν τον συνδυασμό ρομποτικής και συμβατικής θεραπείας να εμφανίζουν γενικά την μεγαλύτερη βελτίωση.

Όμως απαιτούνται περισσότερες έρευνες για την επαλήθευση ή μη της ανωτερότητας της ρομποτικής έναντι της συμβατικής θεραπείας. Η επίδραση της RAGT στις καρδιοαναπνευστικές και νευροπλαστικές παραμέτρους, στην ισορροπία των ασθενών με υποσκηνιδιακά ΑΕΕ και στις δραστηριότητες της καθημερινής ζωής, καθώς και ο τρόπος δράσης της πρέπει να αποσαφηνιστεί με περαιτέρω έρευνες.

Επιπλέον, κρίνεται αναγκαία η διεξαγωγή περαιτέρω ερευνών για την ταυτοποίηση των ασθενών που είναι πιο πιθανόν να βελτιωθούν από την χρήση της RAGT, καθώς μέχρι τώρα η αρθρογραφία δεν έχει καταλήξει σε κοινό συμπέρασμα.

Επιπρόσθετα, είναι αδήριτη ανάγκη η πραγματοποίηση τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων μελετών με μεγάλο δείγμα ασθενών και μεθοδολογική αρτιότητα για την διεξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, καθώς και η αξιολόγηση των ασθενών με μακροχρόνιο follow-up.

Περαιτέρω «θολά» σημεία που πρέπει να διευκρινιστούν αποτελούν: η ιδανική συχνότητα, ένταση και διάρκεια της θεραπείας, οι κατάλληλες παράμετροι εφαρμογής των εκάστοτε ρομποτικών συστημάτων, ο βέλτιστος χρόνος έναρξης της θεραπείας και η επίδραση της RAGT σε ασθενείς με διαφορά στην χρονιότητα του ΑΕΕ. Οι μελλοντικές προσεγγίσεις στο θέμα της ρομποτικής, θα πρέπει να εξετάσουν τις επιδράσεις της RAGT σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες (π.χ. tDCS) για την επαύξηση των αποτελεσμάτων στους ασθενείς. Επίσης, θα πρέπει να δημιουργηθούν εύχρηστα και με λιγότερο κόστος ρομποτικά

συστήματα, τα οποία θα είναι διαθέσιμα σε μεγαλύτερο κομμάτι του πληθυσμού των ασθενών με ΑΕΕ.

Ολοκληρώνοντας, η RAGT αποτελεί ένα σχετικά νέο και ελκυστικό εργαλείο στη φαρέτρα των φυσικοθεραπευτών, το οποίο μπορεί να επιφέρει σημαντικές βελτιώσεις στους ασθενείς με ΑΕΕ. Παρόλ'αυτά δεν θα πρέπει να αμελείται η χρησιμότητα των συμβατικών μεθόδων θεραπείας. Οι φυσικοθεραπευτές, ως αυτόνομοι επαγγελματίες υγείας, με την κατάλληλη αξιολόγηση και κλινικό συλλογισμό, κρίνεται σκόπιμο να επιλέγουν τον κατάλληλο συνδυασμό μεθόδων για την βελτιστοποίηση της λειτουργικής ικανότητας των ασθενών τους.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) **Aminoff M., Greenberg D., Simon R.**, 2018, Κλινική Νευρολογία, 3^η έκδοση, Μετάφραση από τα αγγλικά από Καραπαναγιωτίδη Θ., Επιστημονικές Εκδόσεις Παρισιάνου
- 2) **Bennaroch E., Daube J., Flemming K. & Westmoreland B.**, 2015, MayoClinic Νευροεπιστήμες κατά Νευρολογικά Συστήματα & Επίπεδα, 1^η ελληνική έκδοση, Μετάφραση από τα αγγλικά από Βαράκης Ι., Δημησιάνος Ν., Εκδόσεις Gotsis
- 3) **Brust J.**, 2019, CURRENT Diagnosis & Treatment: Neurology 3rd edition, McGraw Hill
- 4) **Hauser S.**, 2017, Harrison's Neurology in Clinical Medicine 4th edition, McGraw Hill
- 5) **Jones R.**, 2010, Netter Παθολογία Νευρικό Σύστημα, Μετάφραση από τα αγγλικά από Σπέγγος Κ., Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης
- 6) **Larsen S., Kegelmeyer A., Buford A., Kloos D., Heathcock C., Basso M.**, 2017, Νευρολογική Αποκατάσταση: Νευροεπιστήμη και Νευροπλαστικότητα στην Εφαρμοσμένη Φυσικοθεραπεία, Μετάφραση από τα αγγλικά από Μπακαλίδου Δ., Ιατρικές Εκδόσεις Κωνσταντάρα
- 7) **Martin S. & Kessler M.**, 2015, Φυσικοθεραπευτικές Παρεμβάσεις σε ασθενείς με Νευρολογικές παθήσεις, 2^η έκδοση, Μετάφραση από τα αγγλικά Μπακαλίδου Δ., Ιατρικές Εκδόσεις Κωνσταντάρα
- 8) **Nanda K.**, 2015, Ηλεκτροθεραπεία Βασικές Αρχές, 1^η ελληνική έκδοση, Μετάφραση από τα αγγλικά από Κατσουλάκης Κ., Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης & Broken Hill
- 9) **Runge M. & Greganti A.**, 2015, Netter Παθολογία Βασικές Αρχές, 2^η έκδοση, Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης
- 10) **Watson T.**, 2011, Ηλεκτροθεραπεία Τεκμηριωμένη Πρακτική, 1^η ελληνική έκδοση, Μετάφραση από τα αγγλικά από Δραγάση Γ., Κατσουλάκης Γ., Μαντούβαλος Μ., Ξανθός Ε., Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης & Broken Hill

ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) **Ambrosini E, Ferrante S, Pedrocchi A, Ferrigno G, Molteni F.** Cycling induced by electrical stimulation improves motor recovery in postacute hemiparetic patients: a randomized controlled trial. *Stroke*. 2011 Apr;42(4):1068-73. doi: 10.1161/STROKEAHA.110.599068. Epub 2011 Mar 3. PMID: 21372309.
- 2) **Aprile I, Iacovelli C, Goffredo M, Cruciani A, Galli M, Simbolotti C, Pecchioli C, Padua L, Galafate D, Pournajaf S, Franceschini M.** Efficacy of end-effector Robot-Assisted Gait Training in subacute stroke patients: Clinical and gait outcomes from a pilot bi-centre study. *NeuroRehabilitation*. 2019;45(2):201-212. doi: 10.3233/NRE-192778. PMID: 31498139.
- 3) **Aprile I, Iacovelli C, Padua L, Galafate D, Criscuolo S, Gabbani D, Cruciani A, Germanotta M, Di Sipio E, De Pisi F, Franceschini M.** Efficacy of Robotic-Assisted Gait Training in chronic stroke patients: Preliminary results of an Italian bi-centre study. *NeuroRehabilitation*. 2017;41(4):775-782. doi: 10.3233/NRE-172156. PMID: 28946585.
- 4) Appelros P, Nydevik I, Viitanen M. Poor outcome after first-ever stroke: predictors for death, dependency, and recurrent stroke within the first year. *Stroke*. 2003 Jan;34(1):122-6. doi: 10.1161/01.str.0000047852.05842.3c. PMID: 12511762.
- 5) **Arya KN, Verma R, Garg RK, Sharma VP, Agarwal M, Aggarwal GG.** Meaningful task-specific training (MTST) for stroke rehabilitation: a randomized controlled trial. *Top Stroke Rehabil*. 2012 May-Jun;19(3):193-211. doi: 10.1310/tsr1903-193. PMID: 22668675.
- 6) **Awad LN, Reisman DS, Pohlig RT, Binder-Macleod SA.** Reducing The Cost of Transport and Increasing Walking Distance After Stroke: A Randomized Controlled Trial on Fast Locomotor Training Combined With Functional Electrical Stimulation. *Neurorehabil Neural Repair*. 2016 Aug;30(7):661-70. doi: 10.1177/1545968315619696. Epub 2015 Nov 30. PMID: 26621366; PMCID: PMC4885807.

- 7) **Bang DH, Shin WS.** Effects of robot-assisted gait training on spatiotemporal gait parameters and balance in patients with chronic stroke: A randomized controlled pilot trial. *NeuroRehabilitation*. 2016 Apr 6;38(4):343-9. doi: 10.3233/NRE-161325. PMID: 27061162.
- 8) **Bauer P, Krewer C, Golaszewski S, Koenig E, Müller F.** Functional electrical stimulation-assisted active cycling--therapeutic effects in patients with hemiparesis from 7 days to 6 months after stroke: a randomized controlled pilot study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2015 Feb;96(2):188-96. doi: 10.1016/j.apmr.2014.09.033. Epub 2014 Oct 18. PMID: 25449195.
- 9) **Belas Dos Santos M, Barros de Oliveira C, Dos Santos A, Garabello Pires C, Dylewski V, Arida RM.** A Comparative Study of Conventional Physiotherapy versus Robot-Assisted Gait Training Associated to Physiotherapy in Individuals with Ataxia after Stroke. *Behav Neurol*. 2018 Feb 20;2018:2892065. doi: 10.1155/2018/2892065. PMID: 29675114; PMCID: PMC5838477.
- 10) **Bethoux F, Rogers HL, Nolan KJ, Abrams GM, Annaswamy T, Brandstater M, Browne B, Burnfield JM, Feng W, Freed MJ, Geis C, Greenberg J, Gudesblatt M, Ikramuddin F, Jayaraman A, Kautz SA, Lutsep HL, Madhavan S, Meilahn J, Pease WS, Rao N, Seetharama S, Sethi P, Turk MA, Wallis RA, Kufta C.** Long-Term Follow-up to a Randomized Controlled Trial Comparing Peroneal Nerve Functional Electrical Stimulation to an Ankle Foot Orthosis for Patients With Chronic Stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2015 Nov-Dec;29(10):911-22. doi: 10.1177/1545968315570325. Epub 2015 Feb 4. PMID: 25653225.
- 11) **Bots SH, Peters SAE, Woodward M.** Sex differences in coronary heart disease and stroke mortality: a global assessment of the effect of ageing between 1980 and 2010. *BMJ Glob Health*. 2017 Mar 27;2(2):e000298. doi: 10.1136/bmjgh-2017-000298. PMID: 28589033; PMCID: PMC5435266.
- 12) **Bruni MF, Melegari C, De Cola MC, Bramanti A, Bramanti P, Calabrò RS.** What does best evidence tell us about robotic gait rehabilitation in stroke patients: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Neurosci*. 2018 Feb;48:11-17. doi: 10.1016/j.jocn.2017.10.048. Epub 2017 Dec 6. PMID: 29208476.
- 13) **Campbell BCV, De Silva DA, Macleod MR, Coutts SB, Schwamm LH, Davis SM, Donnan GA.** Ischaemic stroke. *Nat Rev Dis Primers*. 2019 Oct 10;5(1):70. doi: 10.1038/s41572-019-0118-8. PMID: 31601801.
- 14) **Cassidy JM, Cramer SC.** Spontaneous and Therapeutic-Induced Mechanisms of Functional Recovery After Stroke. *Transl Stroke Res*. 2017 Feb;8(1):33-46. doi: 10.1007/s12975-016-0467-5. Epub 2016 Apr 25. PMID: 27109642; PMCID: PMC5079852.
- 15) **Cha HG, Kim MK.** Effects of strengthening exercise integrated repetitive transcranial magnetic stimulation on motor function recovery in subacute stroke patients: A randomized controlled trial. *Technol Health Care*. 2017;25(3):521-529. doi: 10.3233/THC-171294. PMID: 28106573.
- 16) **Chang WH, Kim MS, Huh JP, Lee PK, Kim YH.** Effects of robot-assisted gait training on cardiopulmonary fitness in subacute stroke patients: a randomized controlled study. *Neurorehabil Neural Repair*. 2012 May;26(4):318-24. doi: 10.1177/1545968311408916. Epub 2011 Nov 15. PMID: 22086903.
- 17) **Chapman SN, Mehndiratta P, Johansen MC, McMurry TL, Johnston KC, Southerland AM.** Current perspectives on the use of intravenous recombinant tissue plasminogen activator (tPA) for treatment of acute ischemic stroke. *Vasc Health Risk Manag*. 2014 Feb 24;10:75-87. doi: 10.2147/VHRM.S39213. PMID: 24591838; PMCID: PMC3938499.
- 18) **Chen G, Chan CK, Guo Z, Yu H.** A review of lower extremity assistive robotic exoskeletons in rehabilitation therapy. *Crit Rev Biomed Eng*. 2013;41(4-5):343-63. doi: 10.1615/critrevbiomedeng.2014010453. PMID: 24941413.
- 19) **Cho DY, Park SW, Lee MJ, Park DS, Kim EJ.** Effects of robot-assisted gait training on the balance and gait of chronic stroke patients: focus on dependent ambulators. *J Phys Ther Sci*. 2015 Oct;27(10):3053-7. doi: 10.1589/jpts.27.3053. Epub 2015 Oct 30. PMID: 26644642; PMCID: PMC4668133.

- 20) **Cho MK, Kim JH, Chung Y, Hwang S.** Treadmill gait training combined with functional electrical stimulation on hip abductor and ankle dorsiflexor muscles for chronic hemiparesis. *Gait Posture*. 2015 Jun;42(1):73-8. doi: 10.1016/j.gaitpost.2015.04.009. Epub 2015 Apr 25. PMID: 26005188.
- 21) **Chung BPH.** Effectiveness of robotic-assisted gait training in stroke rehabilitation: A retrospective matched control study. *Hong Kong Physiother J*. 2016 Nov 9;36:10-16. doi: 10.1016/j.hkpj.2016.09.001. PMID: 30931034; PMCID: PMC6385094.
- 22) **Chung Y, Kim JH, Cha Y, Hwang S.** Therapeutic effect of functional electrical stimulation-triggered gait training corresponding gait cycle for stroke. *Gait Posture*. 2014 Jul;40(3):471-5. doi: 10.1016/j.gaitpost.2014.06.002. Epub 2014 Jun 16. PMID: 24973142.
- 23) **Conesa L, Costa Ú, Morales E, Edwards DJ, Cortes M, León D, Bernabeu M, Medina J.** An observational report of intensive robotic and manual gait training in sub-acute stroke. *J Neuroeng Rehabil*. 2012 Feb 13;9:13. doi: 10.1186/1743-0003-9-13. PMID: 22329866; PMCID: PMC3305481.
- 24) **Cordonnier C, Demchuk A, Ziai W, Anderson CS.** Intracerebral haemorrhage: current approaches to acute management. *Lancet*. 2018 Oct 6;392(10154):1257-1268. doi: 10.1016/S0140-6736(18)31878-6. Erratum in: *Lancet*. 2019 Feb 2;393(10170):406. PMID: 30319113.
- 25) **Coupland AP, Thapar A, Qureshi MI, Jenkins H, Davies AH.** The definition of stroke. *J R Soc Med*. 2017 Jan;110(1):9-12. doi: 10.1177/0141076816680121. Epub 2017 Jan 13. PMID: 28084167; PMCID: PMC5298424.
- 26) **Daly JJ, Zimbelman J, Roenigk KL, McCabe JP, Rogers JM, Butler K, Burdsall R, Holcomb JP, Marsolais EB, Ruff RL.** Recovery of coordinated gait: randomized controlled stroke trial of functional electrical stimulation (FES) versus no FES, with weight-supported treadmill and over-ground training. *Neurorehabil Neural Repair*. 2011 Sep;25(7):588-96. doi: 10.1177/1545968311400092. Epub 2011 Apr 22. PMID: 21515871.
- 27) **De Luca A, Verneti H, Capra C, Pisu I, Cassiano C, Barone L, Gaito F, Danese F, Antonio Checchia G, Lentino C, Giannoni P, Casadio M.** Recovery and compensation after robotic assisted gait training in chronic stroke survivors. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2019 Nov;14(8):826-838. doi: 10.1080/17483107.2018.1466926. Epub 2018 May 9. PMID: 29741134.
- 28) **Dundar U, Toktas H, Solak O, Ulasli AM, Eroglu S.** A comparative study of conventional physiotherapy versus robotic training combined with physiotherapy in patients with stroke. *Top Stroke Rehabil*. 2014 Nov-Dec;21(6):453-61. doi: 10.1310/tsr2106-453. PMID: 25467393.
- 29) **Eckel RH, Jakicic JM, Ard JD, de Jesus JM, Houston Miller N, Hubbard VS, Lee IM, Lichtenstein AH, Loria CM, Millen BE, Nonas CA, Sacks FM, Smith SC Jr, Svetkey LP, Wadden TA, Yanovski SZ, Kendall KA, Morgan LC, Trisolini MG, Velasco G, Wnek J, Anderson JL, Halperin JL, Albert NM, Bozkurt B, Brindis RG, Curtis LH, DeMets D, Hochman JS, Kovacs RJ, Ohman EM, Pressler SJ, Sellke FW, Shen WK, Smith SC Jr, Tomaselli GF;** American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. 2013 AHA/ACC guideline on lifestyle management to reduce
- 30) **Furie K.** Epidemiology and Primary Prevention of Stroke. *Continuum (Minneapolis Minn)*. 2020 Apr;26(2):260-267. doi: 10.1212/CON.0000000000000831. PMID: 32224751.
- 31) **Grech R, Pullicino R, Thornton J, Downer J.** An efficacy and safety comparison between different stentriever designs in acute ischaemic stroke: a systematic review and meta-analysis. *Clin Radiol*. 2016 Jan;71(1):48-57. doi: 10.1016/j.crad.2015.09.011. Epub 2015 Nov 17. PMID: 26597570.
- 32) **Ha SY, Han JH, Ko YJ, Sung YH.** Ankle exercise with functional electrical stimulation affects spasticity and balance in stroke patients. *J Exerc Rehabil*. 2020 Dec 28;16(6):496-502. doi: 10.12965/jer.2040780.390. PMID: 33457385; PMCID: PMC7788250.

- 33) **Han EY, Im SH, Kim BR, Seo MJ, Kim MO.** Robot-assisted gait training improves brachial-ankle pulse wave velocity and peak aerobic capacity in subacute stroke patients with totally dependent ambulation: Randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*. 2016 Oct;95(41):e5078. doi: 10.1097/MD.0000000000005078. PMID: 27741123; PMCID: PMC5072950.
- 34) **Hemphill JC 3rd, Greenberg SM, Anderson CS, Becker K, Bendok BR, Cushman M, Fung GL, Goldstein JN, Macdonald RL, Mitchell PH, Scott PA, Selim MH, Woo D;** American Heart Association Stroke Council; Council on Cardiovascular and Stroke Nursing; Council on Clinical Cardiology. Guidelines for the Management of Spontaneous Intracerebral Hemorrhage: A Guideline for Healthcare Professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2015 Jul;46(7):2032-60. doi: 10.1161/STR.000000000000069. Epub 2015 May 28. PMID: 26022637.
- 35) **Henderson KM, Clark CJ, Lewis TT, Aggarwal NT, Beck T, Guo H, Lunos S, Brearley A, Mendes de Leon CF, Evans DA, Everson-Rose SA.** Psychosocial distress and stroke risk in older adults. *Stroke*. 2013 Feb;44(2):367-72. doi: 10.1161/STROKEAHA.112.679159. Epub 2012 Dec 13. PMID: 23238864; PMCID: PMC3552144.
- 36) **Herpich F, Rincon F.** Management of Acute Ischemic Stroke. *Crit Care Med*. 2020 Nov;48(11):1654-1663. doi: 10.1097/CCM.0000000000004597. PMID: 32947473; PMCID: PMC7540624.
- 37) **Hesse S, Tomelleri C, Bardeleben A, Werner C, Waldner A.** Robot-assisted practice of gait and stair climbing in nonambulatory stroke patients. *J Rehabil Res Dev*. 2012;49(4):613-22. doi: 10.1682/jrrd.2011.08.0142. PMID: 22773263.
- 38) **Holsbeeke L, Ketelaar M, Schoemaker MM, Gorter JW.** Capacity, capability, and performance: different constructs or three of a kind? *Arch Phys Med Rehabil*. 2009 May;90(5):849-55. doi: 10.1016/j.apmr.2008.11.015. PMID: 19406307.
- 39) **Hui C, Tadi P, Patti L.** Ischemic Stroke. 2021 Sep 29. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan-. PMID: 29763173.
- 40) **Hurford R, Sekhar A, Hughes TAT, Muir KW.** Diagnosis and management of acute ischaemic stroke. *Pract Neurol*. 2020 Aug;20(4):304-316. doi: 10.1136/practneurol-2020-002557. Epub 2020 Jun 7. PMID: 32507747; PMCID: PMC7577107
- 41) **Iosa M, Morone G, Bragoni M, De Angelis D, Venturiero V, Coiro P, Pratesi L, Paolucci S.** Driving electromechanically assisted Gait Trainer for people with stroke. *J Rehabil Res Dev*. 2011;48(2):135-46. doi: 10.1682/jrrd.2010.04.0069. PMID: 21480088.
- 42) **Izumi S, Kondo T, Shindo K.** Transcranial magnetic stimulation synchronized with maximal movement effort of the hemiplegic hand after stroke: a double-blinded controlled pilot study. *J Rehabil Med*. 2008 Jan;40(1):49-54. doi: 10.2340/16501977-0133. PMID: 18176737.
- 43) **Jauch EC, Saver JL, Adams HP Jr, Bruno A, Connors JJ, Demaerschalk BM, Khatri P, McMullan PW Jr, Qureshi AI, Rosenfield K, Scott PA, Summers DR, Wang DZ, Wintermark M, Yonas H;** American Heart Association Stroke Council; Council on Cardiovascular Nursing; Council on Peripheral Vascular Disease; Council on Clinical Cardiology. Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2013 Mar;44(3):870-947. doi: 10.1161/STR.0b013e318284056a. Epub 2013 Jan 31. PMID: 23370205.
- 44) **Joshi KJ, Ascherio A, Manson JE, Stampfer MJ, Rimm EB, Speizer FE, Hennekens CH, Spiegelman D, Willett WC.** Fruit and vegetable intake in relation to risk of ischemic stroke. *JAMA*. 1999 Oct 6;282(13):1233-9. doi: 10.1001/jama.282.13.1233. PMID: 10517425.
- 45) **Karim H, Schmidt B, Dart D, Beluk N, Huppert T.** Functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) of brain function during active balancing using a video game system. *Gait Posture*. 2012;35(3):367-372. doi:10.1016/j.gaitpost.2011.10.007
- 46) **Kernan WN, Ovbiagele B, Black HR, Bravata DM, Chimowitz MI, Ezekowitz MD, Fang MC, Fisher M, Furie KL, Heck DV, Johnston SC, Kasner SE, Kittner SJ, Mitchell PH,**

- Rich MW, Richardson D, Schwamm LH, Wilson JA;** American Heart Association Stroke Council, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, Council on Clinical Cardiology, and Council on Peripheral Vascular Disease. Guidelines for the prevention of stroke in patients with stroke and transient ischemic attack: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2014 Jul;45(7):2160-236. doi: 10.1161/STR.0000000000000024. Epub 2014 May 1. Erratum in: *Stroke*. 2015 Feb;46(2):e54. PMID: 24788967.
- 47) **Kelley CP, Childress J, Boake C, Noser EA.** Over-ground and robotic-assisted locomotor training in adults with chronic stroke: a blinded randomized clinical trial. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2013 Mar;8(2):161-8. doi: 10.3109/17483107.2012.714052. Epub 2012 Sep 20. PMID: 22992166.
- 48) **Kelly-Hayes M.** Influence of age and health behaviors on stroke risk: lessons from longitudinal studies. *J Am Geriatr Soc*. 2010 Oct;58 Suppl 2(Suppl 2): S325-8. doi: 10.1111/j.1532-5415.2010.02915. x. PMID: 21029062; PMCID: PMC3006180.
- 49) **Kim DH, Jang SH.** Effects of Mirror Therapy Combined with EMG-Triggered Functional Electrical Stimulation to Improve on Standing Balance and Gait Ability in Patient with Chronic Stroke. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Apr 2;18(7):3721
- 50) **Kim H, Park G, Shin JH, You JH.** Neuroplastic effects of end-effector robotic gait training for hemiparetic stroke: a randomised controlled trial. *Sci Rep*. 2020 Jul 27;10(1):12461. doi: 10.1038/s41598-020-69367-3. PMID: 32719420; PMCID: PMC7385173.
- 51) **Kim HY, Shin JH, Yang SP, Shin MA, Lee SH.** Robot-assisted gait training for balance and lower extremity function in patients with infratentorial stroke: a single-blinded randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil*. 2019 Jul 29;16(1):99. doi: 10.1186/s12984-019-0553-5. PMID: 31358017; PMCID: PMC6664752.
- 52) **Kim JH, Chung Y, Kim Y, Hwang S.** Functional electrical stimulation applied to gluteus medius and tibialis anterior corresponding gait cycle for stroke. *Gait Posture*. 2012 May;36(1):65-7. doi: 10.1016/j.gaitpost.2012.01.006. Epub 2012 Mar 4. PMID: 22390959.
- 53) **Kim K, Lee S, Kim D, Kim KS.** The effects of ankle joint muscle strengthening and proprioceptive exercise programs accompanied by functional electrical stimulation on stroke patients' balance. *J Phys Ther Sci*. 2015 Sep;27(9):2971-5. doi: 10.1589/jpts.27.2971. Epub 2015 Sep 30. PMID: 26504337; PMCID: PMC4616138.
- 54) **Kim YH, You SH, Ko MH, Park JW, Lee KH, Jang SH, Yoo WK, Hallett M.** Repetitive transcranial magnetic stimulation-induced corticomotor excitability and associated motor skill acquisition in chronic stroke. *Stroke*. 2006 Jun;37(6):1471-6. doi: 10.1161/01.STR.0000221233.55497.51. Epub 2006 May 4. Erratum in: *Stroke*. 2006 Nov;37(11):2861. PMID: 16675743.
- 55) **Kinoshita S, Abo M, Okamoto T, Tanaka N.** Utility of the Revised Version of the Ability for Basic Movement Scale in Predicting Ambulation during Rehabilitation in Poststroke Patients. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2017 Aug;26(8):1663-1669. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.02.021. Epub 2017 May 31. PMID: 28579021.
- 56) **Kwah LK, Diong J.** National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS). *J Physiother*. 2014 Mar;60(1):61. doi: 10.1016/j.jphys.2013.12.012. Epub 2014 May 3. PMID: 24856948.
- 57) **Lee HJ, Cho KH, Lee WH.** The effects of body weight support treadmill training with power-assisted functional electrical stimulation on functional movement and gait in stroke patients. *Am J Phys Med Rehabil*. 2013 Dec;92(12):1051-9. doi: 10.1097/PHM.0000000000000040. PMID: 24252934.
- 58) **Li S, Francisco GE, Zhou P.** Post-stroke Hemiplegic Gait: New Perspective and Insights. *Front Physiol*. 2018 Aug 2; 9:1021
- 59) **Manno EM, Atkinson JL, Fulgham JR, Wijdicks EF.** Emerging medical and surgical management strategies in the evaluation and treatment of intracerebral hemorrhage. *Mayo Clin Proc*. 2005 Mar;80(3):420-33. doi: 10.4065/80.3.420. PMID: 15757025.
- 60) **Mazzoleni S, Focacci A, Franceschini M, Waldner A, Spagnuolo C, Battini E, Bonaiuti D.** Robot-assisted end-effector-based gait training in chronic stroke patients: A multicentric

- uncontrolled observational retrospective clinical study. *NeuroRehabilitation*. 2017;40(4):483-492. doi: 10.3233/NRE-161435. PMID: 28211822.
- 61) **Mayr A, Quirbach E, Picelli A, Kofler M, Smania N, Saltuari L.** Early robot-assisted gait retraining in non-ambulatory patients with stroke: a single blind randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2018 Dec;54(6):819-826. doi: 10.23736/S1973-9087.18.04832-3. Epub 2018 Mar 29. PMID: 29600688.
 - 62) **McGurgan IJ, Ziai WC, Werring DJ, Al-Shahi Salman R, Parry-Jones AR.** Acute intracerebral haemorrhage: diagnosis and management. *Pract Neurol*. 2020 Dec 7;21(2):128–36. doi: 10.1136/practneurol-2020-002763. Epub ahead of print. PMID: 33288539; PMCID: PMC7982923.
 - 63) **Melanie Wyld, Angela C Webster,** Chronic Kidney Disease is a Risk Factor for Stroke, *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, Volume 30, Issue 9,2021,105730, ISSN 10523057, <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.105730>.
 - 64) **Meschia JF, Brott T.** Ischaemic stroke. *Eur J Neurol*. 2018 Jan;25(1):35-40. doi: 10.1111/ene.13409. Epub 2017 Sep 21. PMID: 28800170.
 - 65) **Meschia JF, Bushnell C, Boden-Albala B, Braun LT, Bravata DM, Chaturvedi S, Creager MA, Eckel RH, Elkind MS, Fornage M, Goldstein LB, Greenberg SM, Horvath SE, Iadecola C, Jauch EC, Moore WS, Wilson JA;** American Heart Association Stroke Council; Council on Cardiovascular and Stroke Nursing; Council on Clinical Cardiology; Council on Functional Genomics and Translational Biology; Council on Hypertension. Guidelines for the primary prevention of stroke: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2014 Dec;45(12):3754-832. doi: 10.1161/STR.0000000000000046. Epub 2014 Oct 28. PMID: 25355838; PMCID: PMC5020564.
 - 66) **Molteni F, Gasperini G, Cannaviello G, Guanzioli E.** Exoskeleton and End-Effector Robots for Upper and Lower Limbs Rehabilitation: Narrative Review. *PM R*. 2018 Sep;10(9 Suppl 2):S174-S188. doi: 10.1016/j.pmrj.2018.06.005. PMID: 30269804.
 - 67) **Morone G, Masiero S, Coiro P, De Angelis D, Venturiero V, Paolucci S, Iosa M.** Clinical features of patients who might benefit more from walking robotic training. *Restor Neurol Neurosci*. 2018;36(2):293-299. doi: 10.3233/RNN-170799. PMID: 29526861.
 - 68) **Morone G, Bragoni M, Iosa M, De Angelis D, Venturiero V, Coiro P, Pratesi L, Paolucci S.** Who may benefit from robotic-assisted gait training? A randomized clinical trial in patients with subacute stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2011 Sep;25(7):636-44. doi: 10.1177/1545968311401034. Epub 2011 Mar 26. PMID: 21444654.
 - 69) **Morone G, Iosa M, Bragoni M, De Angelis D, Venturiero V, Coiro P, Riso R, Pratesi L, Paolucci S.** Who may have durable benefit from robotic gait training?: a 2-year follow-up randomized controlled trial in patients with subacute stroke. *Stroke*. 2012 Apr;43(4):1140-2. doi: 10.1161/STROKEAHA.111.638148. Epub 2011 Dec 15. PMID: 22180255.
 - 70) **Morone G, Paolucci S, Cherubini A, De Angelis D, Venturiero V, Coiro P, Iosa M.** Robot-assisted gait training for stroke patients: current state of the art and perspectives of robotics. *Neuropsychiatr Dis Treat*. 2017 May 15;13:1303-1311. doi: 10.2147/NDT.S114102. PMID: 28553117; PMCID: PMC5440028.
 - 71) **Mustafaoglu R, Erhan B, Yeldan I, Gunduz B, Tarakci E.** Does robot-assisted gait training improve mobility, activities of daily living and quality of life in stroke? A single-blinded, randomized controlled trial. *Acta Neurol Belg*. 2020 Apr;120(2):335-344. doi: 10.1007/s13760-020-01276-8. Epub 2020 Jan 28. PMID: 31989505.
 - 72) **National Institute of Neurological Disorders and Stroke rt-PA Stroke Study Group.** Tissue plasminogen activator for acute ischemic stroke. *N Engl J Med*. 1995 Dec 14;333(24):1581-7. doi: 10.1056/NEJM199512143332401. PMID: 7477192.
 - 73) **Oh W, Park C, Oh S, You SJH.** Stage 2: Who Are the Best Candidates for Robotic Gait Training Rehabilitation in Hemiparetic Stroke? *J Clin Med*. 2021 Dec 6;10(23):5715. doi: 10.3390/jcm10235715. PMID: 34884417; PMCID: PMC8658177.

- 74) **Pallesen LP, Barlinn K, Puetz V.** Role of Decompressive Craniectomy in Ischemic Stroke. *Front Neurol.* 2019 Jan 9;9:1119. doi: 10.3389/fneur.2018.01119. PMID: 30687210; PMCID: PMC6333741.
- 75) **Park SJ, Wang JS.** The immediate effect of FES and TENS on gait parameters in patients after stroke. *J Phys Ther Sci.* 2017 Dec;29(12):2212-2214. doi: 10.1589/jpts.29.2212. Epub 2017 Dec 13. PMID: 29643608; PMCID: PMC5890234.
- 76) **Perna R, Harik L.** The role of rehabilitation psychology in stroke care described through case examples. *NeuroRehabilitation.* 2020;46(2):195-204. doi: 10.3233/NRE-192970. PMID: 32083601.
- 77) **Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, Adeoye OM, Bambakidis NC, Becker K, Biller J, Brown M, Demaerschalk BM, Hoh B, Jauch EC, Kidwell CS, Leslie-Mazwi TM, Ovbiagele B, Scott PA, Sheth KN, Southerland AM, Summers DV, Tirschwell DL.** Guidelines for the Early Management of Patients with Acute Ischemic Stroke: 2019 Update to the 2018 Guidelines for the Early Management of Acute Ischemic Stroke: A Guideline for Healthcare Professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke.* 2019 Dec;50(12): e344-e418. doi: 10.1161/STR.0000000000000211. Epub 2019 Oct 30. Erratum in: *Stroke.* 2019 Dec;50(12):e440-e441. PMID: 31662037.
- 78) **R. Riener, L. Lünenburger, I. C. Maier, G. Colombo, V. Dietz,** "Locomotor Training in Subjects with Sensori-Motor Deficits: An Overview of the Robotic Gait Orthosis Lokomat", *Journal of Healthcare Engineering*, vol. 1, Article ID 517674, 20 pages, 2010. <https://doi.org/10.1260/2040-2295.1.2.197>
- 79) **Sabut SK, Sikdar C, Kumar R, Mahadevappa M.** Functional electrical stimulation of dorsiflexor muscle: effects on dorsiflexor strength, plantarflexor spasticity, and motor recovery in stroke patients. *NeuroRehabilitation.* 2011;29(4):393-400. doi: 10.3233/NRE-2011-0717. PMID: 22207067.
- 80) **Sarikaya H, Ferro J, Arnold M.** Stroke prevention--medical and lifestyle measures. *Eur Neurol.* 2015;73(3-4):150-7. doi: 10.1159/000367652. Epub 2015 Jan 6. PMID: 25573327.
- 81) **Schiemanck S, Berenpas F, van Swigchem R, van den Munckhof P, de Vries J, Beelen A, Nollet F, Geurts AC.** Effects of implantable peroneal nerve stimulation on gait quality, energy expenditure, participation and user satisfaction in patients with post-stroke drop foot using an ankle-foot orthosis. *Restor Neurol Neurosci.* 2015;33(6):795-807. doi: 10.3233/RNN-150501. PMID: 26484694.
- 82) **Shafaat O, Sotoudeh H.** Stroke Imaging. 2021 May 8. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan-. PMID: 31536242.
- 83) **Song KJ, Chun MH, Lee J, Lee C.** The effect of robot-assisted gait training on cortical activation in stroke patients: A functional near-infrared spectroscopy study. *NeuroRehabilitation.* 2021;49(1):65-73. doi: 10.3233/NRE-210034. PMID: 33998555.
- 84) **Song S.** Hyperacute management of ischemic stroke. *Semin Neurol.* 2013 Nov;33(5):427-35. doi: 10.1055/s-0033-1364213. Epub 2014 Feb 6. PMID: 24504604; PMCID: PMC6053687.
- 85) **Southerland AM.** Clinical Evaluation of the Patient with Acute Stroke. *Continuum (Minneapolis, Minn).* 2017 Feb;23(1, Cerebrovascular Disease):40-61. doi: 10.1212/CON.0000000000000437. PMID: 28157743.
- 86) **Sparaco M, Ciolli L, Zini A.** Posterior circulation ischaemic stroke-a review part I: anatomy, aetiology, and clinical presentations. *Neurol Sci.* 2019 Oct;40(10):1995-2006. doi: 10.1007/s10072-019-03977-2. Epub 2019 Jun 20. PMID: 31222544.
- 87) **Steiner T, Kaste M, Forsting M, Mendelow D, Kwiecinski H, Szikora I, Juvela S, Marchel A, Chapot R, Cognard C, Unterberg A, Hacke W.** Recommendations for the management of intracranial haemorrhage - part I: spontaneous intracerebral haemorrhage. The European Stroke Initiative Writing Committee and the Writing Committee for the EUSI Executive Committee. *Cerebrovasc Dis.* 2006;22(4):294-316. doi: 10.1159/000094831. Epub

- 2006 Jul 28. Erratum in: *Cerebrovasc Dis.* 2006;22(5-6):461. Katse, Markku PMID: 16926557.
- 88) **Schwartz I, Meiner Z.** Robotic-assisted gait training in neurological patients: who may benefit? *Ann Biomed Eng.* 2015 May;43(5):1260-9. doi: 10.1007/s10439-015-1283-x. Epub 2015 Feb 28. PMID: 25724733.
- 89) **Tadi P, Lui F.** Acute Stroke. 2021 Sep 29. In: *StatPearls [Internet].* Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan-. PMID: 30570990.
- 90) **Taveggia G, Borboni A, Mulé C, Villafañe JH, Negrini S.** Conflicting results of robot-assisted versus usual gait training during postacute rehabilitation of stroke patients: a randomized clinical trial. *Int J Rehabil Res.* 2016 Mar;39(1):29-35. doi: 10.1097/MRR.000000000000137. PMID: 26512928; PMCID: PMC4900426.
- 91) **Tan Z, Liu H, Yan T, Jin D, He X, Zheng X, Xu S, Tan C.** The effectiveness of functional electrical stimulation based on a normal gait pattern on subjects with early stroke: a randomized controlled trial. *Biomed Res Int.* 2014; 2014:545408
- 92) **Teasell R, Salbach NM, Foley N, Mountain A, Cameron JI, Jong A, Acerra NE, Bastasi D, Carter SL, Fung J, Halabi ML, Iruthayarajah J, Harris J, Kim E, Noland A, Pooyania S, Rochette A, Stack BD, Symcox E, Timpson D, Varghese S, Verrilli S, Gubitza G, Casaubon LK, Dowlatshahi D, Lindsay MP.** Canadian Stroke Best Practice Recommendations: Rehabilitation, Recovery, and Community Participation following Stroke. Part One: Rehabilitation and Recovery Following Stroke; 6th Edition Update 2019. *Int J Stroke.* 2020 Oct;15(7):763-788. doi: 10.1177/1747493019897843. Epub 2020 Jan 27. PMID: 31983296.
- 93) **Tomelleri C, Waldner A, Werner C, Hesse S.** Adaptive locomotor training on an end-effector gait robot: evaluation of the ground reaction forces in different training conditions. *IEEE Int Conf Rehabil Robot.* 2011;2011:5975492. doi: 10.1109/ICORR.2011.5975492. PMID: 22275689.
- 94) **Towfighi A, Saver JL, Engelhardt R, Ovbiagele B.** A midlife stroke surge among women in the United States. *Neurology.* 2007 Nov 13;69(20):1898-904. doi: 10.1212/01.wnl.0000268491.89956.c2. Epub 2007 Jun 20. PMID: 17581944.
- 95) **Uçar DE, Paker N, Buğdaycı D.** Lokomat: a therapeutic chance for patients with chronic hemiplegia. *NeuroRehabilitation.* 2014;34(3):447-53. doi: 10.3233/NRE-141054. PMID: 24463231.
- 96) **Unnithan AKA, Mehta P.** Hemorrhagic Stroke. 2022 Feb 5. In: *StatPearls [Internet].* Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan-. PMID: 32644599.
- 97) **Vahedi K, Vicaut E, Mateo J, Kurtz A, Orabi M, Guichard JP, Boutron C, Couvreur G, Rouanet F, Touzé E, Guillon B, Carpentier A, Yelnik A, George B, Payen D, Boussier MG; DECIMAL Investigators.** Sequential-design, multicenter, randomized, controlled trial of early decompressive craniectomy in malignant middle cerebral artery infarction (DECIMAL Trial). *Stroke.* 2007 Sep;38(9):2506-17. doi: 10.1161/STROKEAHA.107.485235. Epub 2007 Aug 9. PMID: 17690311.
- 98) **van Kammen K, Boonstra AM, van der Woude LHV, Visscher C, Reinders-Messelink HA, den Otter R.** Lokomat guided gait in hemiparetic stroke patients: the effects of training parameters on muscle activity and temporal symmetry. *Disabil Rehabil.* 2020 Oct;42(21):2977-2985. doi: 10.1080/09638288.2019.1579259. Epub 2019 Apr 11. PMID: 30973764.
- 99) **van Nunen MP, Gerrits KH, Konijnenbelt M, Janssen TW, de Haan A.** Recovery of walking ability using a robotic device in subacute stroke patients: a randomized controlled study. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2015 Mar;10(2):141-8. doi: 10.3109/17483107.2013.873489. Epub 2014 Mar 10. PMID: 24611590.
- 100) **van Swigchem R, van Duijnhoven HJ, den Boer J, Geurts AC, Weerdesteyn V.** Effect of peroneal electrical stimulation versus an ankle-foot orthosis on obstacle avoidance ability in people with stroke-related foot drop. *Phys Ther.* 2012 Mar;92(3):398-406. doi: 10.2522/ptj.20100405. Epub 2011 Dec 1. PMID: 22135711.

- 101) **Veerbeek, Janne & van Wegen, Erwin & Peppen, R.P.S. & Hendriks, Erik & Rietberg, Marc B. & Wees, Ph.J. & Heijblom, Karin & Goos, A.A.G. & Hanssen, W.O. & Wel, B.C. & Jong, Lex D. & Kamphuis, Jip & Noom, M.M. & Schaft, R. & Smeets, C.J. & Vluggen, Tom & Vijsma, D.R.B. & Vollmar, C.M. & Kwakkel, Gert.** (2014). Clinical Practice Guideline for Physical Therapy after Stroke (Dutch: KNGF-richtlijn Beroerte).
- 102) **You G, Liang H, Yan T.** Functional electrical stimulation early after stroke improves lower limb motor function and ability in activities of daily living. *NeuroRehabilitation*. 2014;35(3):381-9. doi: 10.3233/NRE-141129. PMID: 25227538.
- 103) **Zhang XH, Gu T, Liu XW, Han P, Lv HL, Wang YL, Xiao P.** The Effect of Transcranial Direct Current Stimulation and Functional Electrical Stimulation on the Lower Limb Function of Stroke Patients. *Front Neurosci*. 2021 Sep 21;15:685931. doi: 10.3389/fnins.2021.685931. PMID: 34621150; PMCID: PMC8490679.
- 104) **Zheng X, Chen D, Yan T, Jin D, Zhuang Z, Tan Z, Wu W.** A Randomized Clinical Trial of a Functional Electrical Stimulation Mimic to Gait Promotes Motor Recovery and Brain Remodeling in Acute Stroke. *Behav Neurol*. 2018 Dec 18;2018:8923520. doi: 10.1155/2018/8923520. PMID: 30662575; PMCID: PMC6312612.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

- 1) **Royal College of Physicians**, 2016, Stroke Guidelines
<https://www.rcplondon.ac.uk/guidelines-policy/stroke-guidelines>
- 2) **Evidence Based Review of Stroke Rehabilitation**, 2020, Canadian Partnership for Stroke Recovery <http://www.ebrsr.com/>