



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«**ΝΕΥΡΟΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ**»

Διευθυντής ΠΜΣ: Αναπλ. Καθηγητής ΕΥΘΥΜΙΟΣ Γ. ΔΑΡΔΙΩΤΗΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

*«Τραυματική Εγκεφαλική Βλάβη (ΤΕΒ) Μετωπιαίων Λοβών στα
παιδιά:*

*Αντιμετώπιση των Επίκτητων Ελλειμμάτων στις Επιτελικές
Λειτουργίες.*

Αξιολόγηση, Τεχνικές Αποκατάστασης, Θεραπεία»

Άννα Α. Στυλιανομανωλάκη
Λογοθεραπεύτρια

Επιβλέπων Καθηγητής: Ανάργυρος Καραπέτσας
Καθηγητής Νευροψυχολογίας-Νευρογλωσσολογίας

Λάρισα, Ιανουάριος 2022

Βεβαιώνεται ότι η παρούσα διπλωματική εργασία είναι αποτέλεσμα δικής μου δουλειάς και δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής. Στις δημοσιευμένες ή μη δημοσιευμένες πηγές έχω χρησιμοποιήσει εισαγωγικά και όπου απαιτείται έχω παραθέσει τις πηγές τους στο τμήμα της βιβλιογραφίας:

Υπογραφή

ANNA A. ΣΤΥΛΙΑΝΟΜΑΝΩΛΑΚΗ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Επιστημών Υγείας, Τμήμα Ιατρικής, 2022

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΕΥΘΥΜΙΟΣ Γ. ΔΑΡΔΙΩΤΗΣ

ΑΝΑΠΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Επιβλέπων:

Ανάργυρος Β. Καραπέτσας, *Τμήμα Ειδικής Αγωγής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας*

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

1. Ευθύμιος Δαρδιώτης, Αναπλ. Καθηγητής Νευρολογίας Π.Θ.
2. Ανάργυρος Καραπέτσας, Ομ. Καθηγητής Νευροψυχολογίας-Νευρογλωσσολογίας Π.Θ.
3. Λάμπρος Μεσσήνης, Αναπλ. Καθηγητής Νευροψυχολογίας Α.Π.Θ.

Αναπληρωματικό μέλος:

.....

Τίτλος Εργασίας στα Αγγλικά:

“Children Frontal Lobe Traumatic Brain Injury (TBI): Intervention on the acquired Executive Function deficits.

Evaluation, Rehabilitation Methods, Treatment”

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	5
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ABSTRACT	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Μετωπιαίοι Λοβοί	11
1.1 Φυσιολογική Δομή και Λειτουργίες Μετωπιαίων Λοβών	11
1.1.1 Φυσιολογική Δομή και Λειτουργίες Προμετωπιαίου Φλοιού.....	13
1.2 Επιτελικές Λειτουργίες.....	15
1.2.1 Αναστολή Απάντησης	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΤΕΒ Μετωπιαίων Λοβών	21
2.1 Τραυματισμοί και Βλάβες Μετωπιαίων Λοβών.....	21
2.2 Ελλείμματα Επιτελικών Λειτουργιών	24
2.2.1 Ελλείμματα στην Αναστολή Απάντησης	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Θεραπευτική Προσέγγιση	28
3.1 Αξιολόγηση	29
3.2 Τεχνικές Αποκατάστασης.....	33
3.3 Πρακτικές Εφαρμογές.....	39
3.4 Συμπεράσματα.....	41

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία (ΜΔΕ) παραθέτει πληθώρα ερευνητικών και βιβλιογραφικών αναφορών γύρω από τους μετωπιαίους λοβούς, τις επιτελικές λειτουργίες, την αναστολή απάντησης και την αποκατάσταση μετά από τραυματική εγκεφαλική βλάβη. Η ΜΔΕ αποτελείται από τρία κεφάλαια, με γενικό και ειδικό μέρος.

Πιο αναλυτικά, το πρώτο κεφάλαιο της εργασίας, το γενικό μέρος, περιλαμβάνει στοιχεία ανατομίας και φυσιολογίας των μετωπιαίων λοβών και του προμετωπιαίου φλοιού, ενώ παραθέτει και την κατηγοριοποίηση στην οποία υπόκειται η κάθε δομή ξεχωριστά, αλλά και τις λειτουργίες τους. Εμπεριέχει, επίσης, αναδρομικές και καίριες πληροφορίες σχετικά με τις επιτελικές λειτουργίες και την ικανότητα αναστολής απάντησης, ενώ θίγει και την προσφορά τους στην καθημερινή ζωή, σε φυσιολογικό πλαίσιο.

Το δεύτερο κεφάλαιο, σε συνέχεια του γενικού μέρους, περιγράφει τους πιθανούς τρόπους τραυματισμού και βλάβης με μετωπιαίο εντοπισμό. Αναφέρει τα παθολογικά πρότυπα επιτελικών λειτουργιών και αναστολής που θα προκύψουν και πως αυτά επηρεάζουν τη διαβίωση.

Το τρίτο και τελευταίο κεφάλαιο, αποτελεί το ειδικό μέρος της ΜΔΕ. Αρχικά επεξηγείται ο τρόπος που οργανώνεται η διεπιστημονική ομάδα και κατανέμει τους ρόλους. Στη συνέχεια, αναφέρονται και περιγράφονται επαρκώς, τα πιο διαδεδομένα εργαλεία αξιολόγησης, που μπορούν να εκτιμήσουν το επίπεδο λειτουργίας του ανασταλτικού μηχανισμού. Έπειτα, παρατίθενται οι προσεγγίσεις για τον σχεδιασμό της αποκατάστασης και δίνεται έμφαση στη χρησιμότητα της συγγραφής αυτής της ΜΔΕ για τη θεραπευτική κοινότητα ή/και την ομάδα φροντιστών παιδιών με μετωπιαία ΤΒΙ.

Τέλος, καταλήγει με τα συμπεράσματα που έχουν ληφθεί, βάσει του συνόλου των πληροφοριών που συλλέχθηκαν, σχετικά με τον ρόλο των μετωπιαίων λοβών, των επιτελικών λειτουργιών, την επίδραση της βλάβης ανατομικά και λειτουργικά και την προσέγγιση και πιθανή έκβαση της αποκατάστασης μετά από ΤΒΙ.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής της ΔΕ, είχα δίπλα μου ανθρώπους που μου ενέπνεαν εμπιστοσύνη και πίστη για τον εαυτό μου. Χωρίς τη στήριξη και την ώθησή τους, δε θα είχα καταφέρει να ολοκληρώσω επιτυχώς το έργο που μου είχε ανατεθεί.

Ευχαριστώ εκ βαθέων τον καθηγητή μου, κ Ανάργυρο Καραπέτσα, που ήταν πάντοτε διαθέσιμος για συζήτηση και ανάλυση ζητημάτων και με την ενθάρρυνσή του, παρέδωσα μια άρτια ΔΕ.

Ευχαριστώ τον σύντροφό μου Χριστόφορο, τις συναδέλφους και φίλες μου Δήμητρα, Χριστίνα και Βάσω, για την υπομονή τους, τις συμβουλές τους και την ψυχολογική στήριξη που μου παρείχαν όλο αυτό το διάστημα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι μετωπιαίοι λοβοί ωριμάζουν πριν την ενηλικίωση. Είναι υπεύθυνοι για τη διαμόρφωση της προσωπικότητας και της συμπεριφοράς, ενώ συντονίζουν γνωστικές ικανότητες όπως τη μάθηση, την προσοχή και τη μνήμη. Ο προμετωπιαίος φλοιός αποτελεί βασικό μέρος των μετωπιαίων λοβών και θεωρείται ο κεντρικός επεξεργαστής των αισθητήριων, κινητικών και γνωστικών ερεθισμάτων που εισέρχονται στον εγκέφαλο. Εκεί εδράζονται και οι επιτελικές λειτουργίες, μια ομάδα γνωστικών ικανοτήτων που επιτρέπουν την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Μεταξύ των επιτελικών λειτουργιών είναι η προσαρμοστικότητα, η γνωστική ευελιξία, η λήψη αποφάσεων και η αναστολή απάντησης. Η αναστολή απάντησης αποτελεί σημείο αναφοράς του κινητικού και γνωστικού ελέγχου, καθώς με αυτή την ικανότητα γίνεται δυνατή η παρατήρηση του περιβάλλοντος, χωρίς να υπάρχει επιρροή από περισπασμούς. Μια TBI με μετωπιαίο εντοπισμό στα παιδιά, αρχικά θα διακόψει βίαια την φυσιολογική ανάπτυξη του εγκεφάλου και θα του δημιουργήσει πολλά ελλείματα σε όλα τα επίπεδα. Η ΜΔΕ έχει προσπαθήσει να υποδείξει μια ποικιλία εργαλείων, τα οποία μπορούν αξιολογήσουν τα επίκτητα ελλείματα και ένα εύρος θεραπευτικών προσεγγίσεων για την έναρξη της αποκατάστασης. Επίσης, παραθέτει κάποιες παραμέτρους που πρέπει να ληφθούν υπόψιν πριν την έναρξη του προγράμματος αποκατάστασης (όπως η ετοιμότητα του ασθενή), ενώ παρέχει πληροφορίες για την πρόγνωση του επιπέδου ανάκαμψης του τραυματισμένου παιδιού. Όπως φάνηκε από τη βιβλιογραφία, ένα παιδί ανακάμπτει σε καλύτερο βαθμό από έναν ενήλικο με την ίδια βλάβη, λόγω της πλαστικότητας. Όμως η δύναμη της πλαστικότητας δεν υπόσχεται σε κάθε περίπτωση πλήρη ανάρρωση. Το αν παράγοντες όπως, η ηλικία και η βαρύτητα της εγκεφαλικής βλάβης, παίζουν τον κεντρικό ρόλο στην πλήρη αποκατάσταση, βρίσκεται ακόμη υπό διερεύνηση.

Λέξεις-Κλειδιά: μετωπιαίοι λοβοί, προμετωπιαίος φλοιός, επιτελικές λειτουργίες, αναστολή απάντησης, αποκατάσταση

ABSTRACT

The frontal lobes mature before adulthood. They are responsible for personality formation and behavior, while coordinate cognitive abilities such as learning, attention and memory. The prefrontal cortex is an essential part of the frontal lobes and is considered to be the central processor of sensory, motor and cognitive stimuli, which enter the brain. This is where the executive functions are based, a group of cognitive abilities that allow interaction with the environment. Among the executive functions are adaptability, cognitive flexibility, decision-making and response inhibition. The response inhibition is a point of reference of motor and cognitive control, as with this ability it becomes possible to observe the environment, without there being any influence from distractions. A TBI with frontal localization in children, will, at first, violently interrupt the normal development of the brain and cause many deficits at all levels. The diploma thesis has tried to indicate a variety of assessment tools, which can evaluate acquired deficits and a range of therapeutic approaches for starting rehabilitation. It also notes some parameters that should be taken into account before the initiation of the rehabilitation program (such as the patient's readiness), while at the same time provides information on the level of recovery prognosis of the injured child. As shown by the literature, a child could recover to a better extent than an adult with the same damage, due to plasticity. However, the power of plasticity does not in any case promise full recovery. Whether factors, such as age and severity of brain damage, play the central role in full recovery is still under investigation.

Key Words: *frontal lobes, prefrontal cortex, executive functions, response inhibition, rehabilitation*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μετωπιαίοι λοβοί αποτελούν μία από τις σημαντικότερες περιοχές του εγκεφάλου, η οποία ευθύνεται για την οργάνωση του περιβάλλοντος [2]. Η δράση των μετωπιαίων λοβών και του προμετωπιαίου φλοιού είναι αυτή που επιτρέπει στο άτομο να λαμβάνει τα ερεθίσματα από το περιβάλλον (αισθητήρια, κινητικά, γνωστικά) [2, 5, 11, 12] και να ενεργοποιεί εκτελεστικά και ανασταλτικά συστήματα [10, 13, 14]. Τόσο οι μετωπιαίοι λοβοί [2] όσο και ο προμετωπιαίος φλοιός [5, 11, 12] επικοινωνούν και αλληλεπιδρούν με πολλές φλοιώδεις και υποφλοιώδεις δομές, προκειμένου να λάβουν αλλά και να μεταβιβάσουν προβολές. Οι μετωπιαίοι λοβοί αναπτύσσονται πλήρως μέχρι το τέλος της εφηβείας [2,6]. Αντίστοιχα, ο προμετωπιαίος φλοιός αναπτύσσεται και εξελίσσεται καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής και δημιουργεί συνάψεις όσο έρχεται σε επαφή και αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Υπάρχουν, βέβαια, ψυχολογικοί, κοινωνικοί και χημικοί παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την ανάπτυξή του σε κάθε στάδιο της ζωής [5].

Στην μετωπιαία και προμετωπιαία περιοχή εδράζεται το εκτελεστικό σύστημα [23, 24]. Οι εκτελεστικές-επιτελικές λειτουργίες συζητήθηκαν για πρώτη φορά από τους Luria και Vygotsky με την ονομασία «*ανώτερες νοητικές λειτουργίες*» [16]. Πρόκειται για λειτουργίες απαραίτητες για την αυτορρύθμιση και τον αυτοέλεγχο [32] και ευθύνονται για τη διατήρηση της ψυχικής και νοητικής ισορροπίας [29]. Μπορεί να υπάρξουν διακυμάνσεις στον έλεγχο των επιτελικών λειτουργιών κατά την εφηβεία, λόγω της επίδρασης βιολογικών, ψυχοκοινωνικών και γνωστικών παραγόντων [34]. Οι επιτελικές λειτουργίες πλαισιώνονται από ένα σύνολο ικανοτήτων, που επιτρέπουν στο άτομο να οργανώνει τη σκέψη του, να προγραμματίζει τις κινήσεις του, να εντοπίζει λάθη στον προγραμματισμό και να τα διορθώνει, να συγκρατεί την παρόρμησή του και να αξιολογεί τότε και πώς πρέπει να ενεργήσει [2, 17, 21, 22, 29].

Αυτή η ικανότητα, του ελέγχου της παρόρμησης, είναι ο ανασταλτικός μηχανισμός και θεωρείται ο πυρήνας του κινητικού και γνωστικού ελέγχου [38]. Η αναστολή απάντησης συσχετίζεται και αλληλεξαρτάται από την προσοχή, αφού αυτές οι ικανότητες μαζί, αποτρέπουν την επιρροή περισπασμών και διασπαστικών ερεθισμάτων [45-48].

Έχοντας αναφέρει βασικές λειτουργίες και δυνατότητες των μετωπιαίων και προμετωπιαίων περιοχών, υπογραμμίστηκε η σημαντικότητα της σωστής και αποτελεσματικής λειτουργίας των παραπάνω μηχανισμών. Τι θα συνέβαινε, όμως, αν

κάτι διέκοπτε την ανάπτυξη των φυσιολογικών προτύπων του παιδικού και ανώριμου εγκεφάλου; Και αν προέκυπτε κάποιος μετωπιαίος τραυματισμός, τι θα σήμαινε αυτό για την ανάκαμψη του εγκεφάλου; Μπορεί η πλαστικότητα του παιδικού εγκεφάλου να εγγυηθεί πλήρη ανάρρωση; Παίξει ρόλο η συχνότητα και η ένταση του προγράμματος παρέμβασης στην επιτυχία της αποκατάστασης;

Ένας εγκεφαλικός τραυματισμός μπορεί να προκύψει με πολλούς τρόπους και σε πολλές εκφάνσεις. Μπορεί να είναι ανοιχτό ή κλειστό τραύμα, εστιακό ή διάχυτο, με κώμα ή χωρίς κώμα, επιταχυνόμενο ή μη επιταχυνόμενο, υψηλής ή χαμηλής ταχύτητας [56-62]. Μια τραυματική εγκεφαλική βλάβη (traumatic brain injury, TBI) συνοδεύεται από πρωτοπαθείς και δευτεροπαθείς βλάβες, που μπορούν να δυσχεράνουν την επίπτωση της κάκωσης στην υγεία [59, 63, 64, 65]. Η μετωπιαία TBI προκαλεί δομικές αλλαγές σε φλοιώδεις περιοχές και στη λευκή και φαιά ουσία του εγκεφάλου [66-69]. Αυτές οι μεταβολές μπορεί να επηρεάσουν τη γνωστική και συμπεριφορική ανάπτυξη του παιδιού [70, 71]. Κάθε ηλικιακή ομάδα επηρεάζεται διαφορετικά από τον κάθε τύπο TBI και έχει διαφορετική πρόγνωση [79].

Τα πιο βασικά επιτελικά ελλείματα αφορούν την αυτορρύθμιση, την προσοχή, την αναστολή παρορμήσεων, τον προγραμματισμό, τον σχεδιασμό και την εκτέλεση έργων [79-83]. Τα επίκτητα ελλείματα στην αναστολή, έχουν αντίκτυπο τόσο στην έναρξη όσο και στην καταστολή μιας αντίδρασης [98]. Τα αξιολογητικά εργαλεία έχουν στόχο να εντοπίσουν το πεδίο της βλάβης και να εκτιμήσουν το επίπεδο απόδοσης του εξεταζόμενου. Τα κυριότερα εργαλεία αξιολόγησης της αναστολής είναι το *Stroop Color and Word Test* [109-116], το *Stop-Signal Task* [117-121], το *Go/No-Go Task* [126-130], το *Task Switching Test* [131-136] και το *Eriksen Flanker Task* [137-140].

Η ΜΔΕ έχει ως στόχο να παρουσιάσει την πορεία αποκατάστασης, αφότου η αξιολόγηση καταλήξει σε ορισμένα ευρήματα. Η αποκατάσταση περνάει από στάδια οργάνωσης και απαιτεί διεπιστημονικότητα και συνεργασία μεταξύ της θεραπευτικής ομάδας και της οικογένειας του τραυματισμένου παιδιού [142]. Οι προσεγγίσεις δίνουν πολλές επιλογές αντιμετώπισης των δυσκολιών και κάθε μία από αυτές εστιάζει και παρεμβαίνει με συγκεκριμένο τρόπο στα ελλείματα. Μέσα από την ΜΔΕ θα αποφανθεί εάν, επιλέγοντας την προσέγγιση που ανταποκρίνεται καλύτερα απέναντι στις επίκτητες διαταραχές, μπορεί να ωφελήσει την έκβαση του προγράμματος αποκατάστασης [174, 175].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Μετωπιαίοι Λοβοί

1.1 Φυσιολογική Δομή και Λειτουργίες Μετωπιαίων Λοβών

ΔΟΜΗ

Οι μετωπιαίοι λοβοί βρίσκονται στο πρόσθιο τμήμα του κρανίου, αποτελώντας το ένα τρίτο αυτού. Χωρίζεται από τους βρεγματικούς λοβούς στα όρια της κεντρικής αύλακας, στην πρόσθια κεντρική έλικα και από τους κροταφικούς λοβούς στο σημείο της σχισμής του Sylvius [1]. Οι μετωπιαίοι λοβοί περιλαμβάνουν κινητικές και συνειρμικές περιοχές με τις εξής υποδιαίρεσεις [2,3]:

- **Πρωτοταγής κινητικός φλοιός (primary motor cortex)**

Ο πρωτοταγής κινητικός φλοιός είναι η έδρα του σωματοτοπικού χάρτη και βρίσκεται τη θέση του στην πρόσθια κεντρική έλικα (περιοχή 4 κατά Brodmann). Ελέγχει βασικές κινήσεις των μυών του προσώπου και των άκρων, ως προς τη δύναμη αλλά και την κατεύθυνση της κίνησης. Ο χάρτης αποδίδει με ακρίβεια τον κινητικό έλεγχο κάθε μέρους του σώματος στην αναπαράστασή του, γι' αυτό κάποιες δομές μοιάζουν υπέρογκες ενώ άλλες όχι [2,4].

- **Προκινητική περιοχή ή προκινητικός φλοιός (premotor cortex)**

Ο προκινητικός φλοιός είναι περιοχή προγραμματισμού, συντονισμού, προετοιμασίας και εκτέλεσης κινητικών ακολουθιών. Βρίσκεται μπροστά από την κινητική περιοχή (περιοχή 6 κατά Brodmann) και σε αυτήν ενυπάρχουν,

- η *συμπληρωματική κινητική περιοχή (supplementary motor cortex)*, χάριν της οποίας γίνεται η επιλογή απόκρισης και κατεύθυνσης ακολουθιών (περιοχή 8 κατά Brodmann),
- το *μετωπιαίο οφθαλμικό πεδίο (frontal visual field)*, που εντοπίζεται στο μέσο της εξω-ραχιαίας επιφάνειας των μετωπιαίων λοβών και είναι υπεύθυνο για τις οφθαλμικές κινήσεις (περιοχή 9 κατά Brodmann) και,
- η *περιοχή Broca (Broca area)* στην κάτω μετωπιαία έλικα, στην οποία εδράζεται το κέντρο του λόγου, που αναλαμβάνει το σχηματισμό των λέξεων

και την εκούσια εκτέλεση του κινητικού προγράμματος ομιλίας (περιοχή 44 κατά Brodmann) [2].

- **Προμετωπιαία περιοχή ή προμετωπιαίος φλοιός (prefrontal cortex)**

Ο προμετωπιαίος φλοιός είναι η περιοχή που ενοχοποιείται για την διατήρηση και εκτέλεση της αφηρημένης σκέψης, του συλλογισμού, της λογικής και της αναστολής απάντησης στα εξωτερικά ερεθίσματα. Αποτελεί μία από τις σημαντικότερες συνειρμικές περιοχές του φλοιού και βρίσκεται στο πρόσθιο μέρος των μετωπιαίων λοβών [2,3,5].

Οι μετωπιαίοι λοβοί συνδέονται στην έκτασή τους με βασικές φλοιώδεις περιοχές, πλησίον της κεντρικής αύλακας, οι οποίες συντελούν στον κινητικό έλεγχο, ενώ και η πρόσθια έλικα του προσαγωγίου αποτελεί μέρος του εσωτερικού τμήματός τους. Αλληλεπίδραση υπάρχει και μεταξύ του κογχικομετωπιαίου φλοιού με άλλες υποφλοιώδεις δομές (αμυγδαλή, θάλαμος, υποθάλαμος, ιππόκαμπος, καλυπτρική περιοχή και ενδορινικός φλοιός), κάτι που φανερώνει την ταύτισή τους με το μεταιχμιακό σύστημα, το κέντρο των συναισθημάτων [2].

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ

Σε αντίθεση με το 90%, περίπου, του εγκεφάλου που αναπτύσσεται ταχύτατα και ολοκληρώνεται πριν την πρώτη δεκαετία του ατόμου, η ωρίμανση των μετωπιαίων λοβών συμβαίνει κατά την ολοκλήρωση της εφηβικής ηλικίας έως και τα πρώτα χρόνια της ενηλικίωσης [2,6]. Το γεγονός αυτό, μπορεί να έχει τόσο θετικές όσο και αρνητικές επιπτώσεις, καθώς οι μετωπιαίοι λοβοί ευθύνονται μεταξύ άλλων για τη διαμόρφωση χαρακτηριστικών της προσωπικότητας, της κοινωνικής μάθησης και συμπεριφοράς, της βραχυπρόθεσμης μνήμης και της στρατηγικής [6]. Σημαντικό παράγοντα για την ομαλή και υγιή ανάπτυξη των μετωπιαίων λοβών, αποτελεί η πλούσια μυελίνωση της φαιάς ουσίας των μετωπιαίων λοβών, που θα αποφέρει την πλήρη ανάπλαση των εγκεφαλικών ινών, μέσα από το σχηματισμό πολυάριθμων συνδέσεων στους νευρώνες του πρόσθιου τμήματος του εγκεφάλου [6,7].

Οι μετωπιαίοι λοβοί έχουν τον κεντρικό ρόλο στην οργάνωση του περιβάλλοντος, καθώς διαχειρίζονται όλα τα συστήματα, αισθητήρια, κινητικά και γνωστικά. Ελέγχουν τις πληροφορίες που εισέρχονται από τις περιοχές του φλοιού και αναλαμβάνουν την

μεταφορά τους σε άλλες περιοχές ή/και συστήματα [2]. Έχουν ευθύνη για την εύρυθμη λειτουργία πολλών τομέων και συντονίζουν βασικές γνωστικές ικανότητες, παρουσιάζοντας, όμως, διαφορές στην κατανομή αυτών των λειτουργιών, λόγω της ασυμμετρίας τους [8]. Συγκεκριμένα, ο αριστερός μετωπιαίος λοβός συντονίζει κινήσεις που στοχεύουν στην παραγωγή ομιλίας και την οργάνωση των εκούσιων κινήσεων, σε αντίθεση με τον δεξιό λοβό, ο οποίος βοηθά στην διάκριση και αποκωδικοποίηση μη λεκτικών στοιχείων της γλώσσας [9,10].

Στις μετωπιαίες λειτουργίες συγκαταλέγονται οι παρακάτω:

- Ικανότητα μνήμης
- Ικανότητα λογικής σκέψης και κρίσης- Επίλυση προβλημάτων
- Έλεγχος των παρορμήσεων και αναστολή απάντησης
- Έλεγχος συναισθημάτων
- Οργάνωση του περιβάλλοντος και προγραμματισμός κινήσεων
- Διαμόρφωση κοινωνικής συμπεριφοράς και προσωπικότητας
- Έλεγχος και ακρίβεια των κινήσεων
- Οριοθέτηση του σώματος στο χώρο και προσανατολισμός
- Αποκωδικοποίηση μη λεκτικής γλώσσας (νοηματική, χειρονομίες)
- Σημείο εκκίνησης των επιτελικών λειτουργιών, των ανώτερων γνωστικών λειτουργιών [2,6,8,10].

1.1.1 Φυσιολογική Δομή και Λειτουργίες Προμετωπιαίου Φλοιού

ΔΟΜΗ

Ο προμετωπιαίος φλοιός διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη σκέψη και τη λογική, καθώς θεωρείται ο κεντρικός επεξεργαστής των πληροφοριών που λαμβάνονται από τα αισθητήρια, κινητικά και γνωστικά συστήματα του εγκεφάλου. Εντοπίζεται στο πρόσθιο τμήμα των μετωπιαίων λοβών και καταλαμβάνει το 30% του εγκεφαλικού φλοιού. Αποτελεί την κύρια περιοχή που αλληλοεπιδρά με τον ραχιαίο πυρήνα του θαλάμου, τον υποθάλαμο, το στέλεχος, καθώς και με την αμυγδαλή και τον ιππόκαμπο, δομές οι οποίες ενισχύουν τη μετακίνηση των πληροφοριών λόγω την ανατομικής τους θέσης. Εκτός από τη λήψη πληροφοριών, η προμετωπιαία περιοχή μεταβιβάζει τέτοιες προβολές σε πυρήνες του θαλάμου-του μεγαλύτερου μέρους του μεσεγκεφάλου- (κερκοφόρος πυρήνας, κέλυφος του φακοειδούς πυρήνα, ραβδωτό σώμα, μέλαινα

ουσία, ωχρά σφαίρα), στα βασικά γάγγλια και την παρεγκεφαλίδα, συνδέσεις που εξυπηρετούν σε μεγάλο βαθμό τις μετωπιαίες λειτουργίες [5,11,12]. Επίσης, έχει αναφερθεί πως συστήματα όπως, το καρδιαγγειακό, το αναπνευστικό, το γαστρεντερικό και το ενδοκρινικό, ενεργοποιούνται με την είσοδο αισθητηριακών ή κινητικών ερεθισμάτων στις περιοχές του προμετωπιαίου φλοιού [12].

Ο προμετωπιαίος φλοιός περιλαμβάνει,

- i. τον *κογχικομετωπιαίο φλοιό (orbitofrontal cortex)*, το σημείο εκκίνησης της αποστολής των αισθητήριων πληροφοριών προς την αμυγδαλή και τον υποθάλαμο (περιοχές 47, 11, 12, 13 κατά Brodmann),
- ii. τον *έσω κοιλιακό φλοιό (ventral cortex)*, που έχει συμπληρωματική δράση στη μεταφορά πληροφοριών από τα αισθητήρια συστήματα (περιοχές 10, 14, 25, 11, 12, 13, 32 κατά Brodmann) και,
- iii. τον *πλαγιο-ραχιαίο προμετωπιαίο φλοιό (dorsolateral prefrontal cortex) (9, 10, 44, 45, 46)*, του οποίου οι δράσεις αντανακλούν και συνδέονται με περιοχές των βρεγματικών και των κροταφικών λοβών [2,11].

Η ανάπτυξη και πλήρης διαμόρφωση του προμετωπιαίου φλοιού είναι συνεχόμενη και συμβαίνει με τη δημιουργία πυκνών συνάψεων κατά την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Ιδιαίτερα κατά την πρώτη παιδική ηλικία έως και την έναρξη της προσχολικής ηλικίας, φαίνεται πως μπαίνουν οι βάσεις για τις ανώτερες γνωστικές λειτουργίες στο νευρωνικό σύστημα. Βέβαια, έχει φανεί πως προγεννητικοί και μεταγεννητικοί παράγοντες (άγχος, φάρμακα, σχέση γονέα-παιδιού, κοινωνικό περιβάλλον παιδιού) δύναται να επηρεάσουν την αναπτυξιακή πορεία του φλοιού και ως εκ τούτου, την ενήλικη ζωή του ατόμου. Λόγω του σημαντικού ρόλου του στην επεξεργασία και ενσωμάτωση των αισθητηριακών ερεθισμάτων από το περιβάλλον, όσο περισσότερα λαμβάνει, τόσο περισσότερο μεγεθύνεται[5].

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ

Ο προμετωπιαίος φλοιός εμπλέκεται σε υψηλών απαιτήσεων έργα, που αφορούν συναισθηματικές, γνωστικές και κοινωνικές διαδικασίες, λόγω των φλοιωδών και υποφλοιωδών συνδέσεών του. Η κυριότερη λειτουργία των προμετωπιαίων περιοχών είναι ο έλεγχος των επιτελικών ή εκτελεστικών λειτουργιών. Οι ενέργειες που συντονίζουν και εκτελούν, αφορούν

- στη διατήρηση ή διαίρεση της προσοχής,
- στη συγκέντρωση,
- στην ταχύτητα επεξεργασίας των ερεθισμάτων,
- στη λήψη πρωτοβουλιών,
- στη γνωστική ευελιξία,
- στην συναισθηματική συμπεριφορά,
- στην ιεράρχηση και αλληλουχία πράξεων,
- στην προσαρμογή ανά τις συνθήκες, αλλά και
- στο σχεδιασμό [10,13,14].

1.2 Επιτελικές Λειτουργίες

ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Οι επιτελικές ή εκτελεστικές λειτουργίες συζητήθηκαν για πρώτη φορά από τον πατέρα της νευροψυχολογίας Luría και τον καθηγητή του Vygotsky, οι οποίοι μελετώντας τη σχέση μεταξύ εγκεφάλου και συμπεριφοράς, τις όρισαν ως «*ανώτερες νοητικές λειτουργίες*». Ο Luría, με μέντορά του τον καθηγητή του Vygotsky, εξέλιξε τη θεωρία του δεύτερου γύρω από τις επιτελικές-σήμερα-λειτουργίες και τις χώρισε σε τρία επίπεδα δράσης, α) κοινωνική αφύπνιση, β) ενεργοποίηση των συστημάτων επεξεργασίας των ανώτερων νοητικών λειτουργιών και γ) εντοπισμός/οργάνωση συστημάτων και εκτέλεση [15]. Βάσει αυτής της θεωρίας, οι επιτελικές λειτουργίες στοχεύουν στην αυτορρύθμιση και τον αυτοέλεγχο. Η ανάπτυξή τους στα παιδιά προκύπτει από ένα συνονθύλευμα παραγόντων, με κυριότερη την αλληλεπίδραση με το γονικό και ευρύτερο κοινωνικό περιβάλλον, η οποία θα ωθήσει το παιδί να σχηματίσει έναν εξατομικευμένο τρόπο δράσης και αντίδρασης [2,15,16]. Ο Luría υποστήριξε πως για να καταφέρει ένα παιδί να ελέγξει και να κατευθύνει τη συμπεριφορά του, χρειάζεται η συνεισφορά πολλών νοητικών και ψυχολογικών διεργασιών. Κάτι τέτοιο, συμβαίνει πιο αποτελεσματικά, περίπου στα 4;6 έτη ζωής ενός παιδιού, όπου οι λειτουργίες αυτές έχουν αναπτυχθεί περισσότερο και το παιδί μπορεί να διαχειριστεί τόσο τη σκέψη του όσο και την πράξη που θα εκτελέσει[2,16].

ΝΕΑ ΕΠΟΧΗ

Παρότι πλέον οι ειδικοί στο χώρο της νευροψυχολογίας, δε χρησιμοποιούν τον όρο «*ανώτερες νοητικές λειτουργίες*», βασίζονται στη θεωρία και τα ευρήματα των Vygotsky και Luria [16]. Με το πέρασμα των χρόνων, οι λειτουργίες αυτές αναλύθηκαν περισσότερο και χαρακτηρίστηκαν με έναν νέο, πιο περιεκτικό όρο, «*επιτελικές/εκτελεστικές λειτουργίες*». Ο όρος αυτός, εμπεριέχει γνωστικές διεργασίες, απαιτούμενες για την επίτευξη στόχων, όπως για παράδειγμα, η εργαζόμενη μνήμη, προγραμματισμός, λογική σκέψη, αναστολή αντιδράσεων, γνωστική ευελιξία, επίγνωση επιπτώσεων και εκτέλεση [17]. Μετά την κατάτμηση των επιτελικών λειτουργιών από τον Luria, σειρά πήραν κι άλλοι νευροψυχολόγοι και ερευνητές, οι οποίοι προσπάθησαν να δώσουν πιο ξεκάθαρο νόημα στον τρόπο δράσης τους, εδραιώνοντας μια γενική κατηγοριοποίηση που αποτελούταν από τρεις πυρήνες, 1) την *εναλλαγή μεταξύ νοητικών διεργασιών (Shifting)*, 2) την *ανανέωση των εισερχόμενων πληροφοριών και παρακολούθηση (Updating)* και 3) την *αναστολή δυναμικών προκαθορισμένων αντιδράσεων (Inhibition)* [18, 19].

Ο νευροψυχολόγος Ardila υποστήριξε πως ο προμετωπιαίος φλοιός ελέγχει δύο διαφορετικές κατηγορίες επιτελικών λειτουργιών και προχώρησε στην παρακάτω διάκριση, α) τις *μετα-γνωστικές* και β) τις *συναισθηματικές/παρακινητικές επιτελικές λειτουργίες*. Οι *μετα-γνωστικές επιτελικές λειτουργίες* φαίνεται να περιλαμβάνουν τον συλλογισμό, την επίλυση προβλημάτων, τον προγραμματισμό, την εργαζόμενη μνήμη, την επιλογή στρατηγικής και την εκτέλεση, ενώ οι *συναισθηματικές/παρακινητικές* αφορούν την αναστολή αντίδρασης και το συντονισμό μεταξύ λογικής και συναισθήματος [17-20].

Η πιο πρόσφατη προσπάθεια για διαχωρισμό και ομαδοποίηση των επιτελικών λειτουργιών αναφέρει τέσσερα πεδία δράσης, 1) *ορισμός έργου που επιχειρείται και δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων*, 2) *αναστολής απάντησης*, 3) *εναλλαγή μεταξύ έργων* και 4) *ικανότητα εκτέλεσης πολλαπλών έργων*. Σε συνέχεια αυτής της κατάτμησης, οι επιτελικές λειτουργίες διαχωρίστηκαν ξανά, με τρόπο πρωτοφανή, με βάση το αν εμπλέκουν ή όχι το συναίσθημα στα χαρακτηριστικά τους. Από τον διαχωρισμό προέκυψαν δύο ομάδες, α) η ομάδα “**Hot**”, στην οποία συναντάται συναισθηματική επιρροή και β) η ομάδα “**Cold**”, η οποία περιλαμβάνει λειτουργίες αμιγώς γνωστικές. Στην «συναισθηματική» ομάδα, την ομάδα των «**θερμών επιτελικών λειτουργιών**», αντιστοιχούν λειτουργίες όπως, έλεγχος και διαχείριση συναισθήματος και

επιβράβευσης, λήψη αποφάσεων που περιέχουν ρίσκο ή/και συναίσθημα, αυτό-αναφορά, κοινωνική επίγνωση και ρύθμιση αντιδράσεων υπό την παράμετρο της ύπαρξης καθυστερήσεων.

Στη «γνωστική» ομάδα, την ομάδα «**ψυχρών επιτελικών λειτουργιών**» συγκαταλέγονται μεταξύ άλλων, η εργαζόμενη μνήμη, ο έλεγχος της κατεύθυνσης της προσοχής, η επίλυση προβλημάτων, η εκτέλεση πολλαπλών έργων, ο εντοπισμός πιθανού λάθους, η παρατήρηση της επίδοσης και η γνωστική ευελιξία [21, 22].

ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ

Αναφορικά με τις περιοχές του εγκεφάλου που ελέγχουν τις επιτελικές λειτουργίες, οι κυριότερες δομές αφορούν τους μετωπιαίους λοβούς και τον προμετωπιαίο φλοιό [23, 24]. Σύμφωνα με μελέτες, έχει παρατηρηθεί ενεργοποίηση του πλαγιο-ραχιαίου προμετωπιαίου φλοιού, της συμπληρωματικής κινητικής περιοχής του προκινητικού φλοιού [17, 21, 25], του ραβδωτού σώματος και του θαλάμου [17, 26]. Επίσης, σημαντική είναι και η συνεισφορά υποφλοιωδών περιοχών, που διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στον έλεγχο των συναισθημάτων, όπως η αμυγδαλή, η νήσος, ο ιππόκαμπος και το στέλεχος, αλλά και ο φλοιός του προσαγωγίου [21].

Εκτός, όμως, από τον εντοπισμό ενεργοποίησης περιοχών στους μετωπιαίους λοβούς κατά την εκκίνηση των επιτελικών λειτουργιών, υπάρχουν κι άλλοι λοβοί που δείχνουν να συμμετέχουν [17, 27, 28]. Συγκεκριμένα, φαίνεται πως υπάρχει συμμετοχή και της ανώτερης περιοχής του βρεγματικού λοβού [17, 29-31].

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ

Οι επιτελικές/εκτελεστικές λειτουργίες αντιπροσωπεύουν το γνωστικό έλεγχο για την αναπαραγωγή της κατάλληλης συμπεριφοράς, προκειμένου να εκτελεστεί σωστά ένας στόχος [23]. Δείγματα της ύπαρξης επιτελικών λειτουργιών στον άνθρωπο εντοπίζονται ήδη από το πρώτο έτος ενός βρέφους [2]. Είναι απαραίτητες για τη διατήρηση της ψυχικής και διανοητικής ευρυθμίας, εξυπηρετούν σημαντικό ρόλο στην σχολική επίδοση και την πορεία στην κοινωνική ζωή, ενώ ενισχύουν θετικά την ανάπτυξη του γνωστικού, κοινωνικού και ψυχολογικού τομέα. Χάρει στις λειτουργίες αυτές, μπορούν να αποφευχθούν καταστάσεις όπως, παχυσαρκία, κατάθλιψη, εθισμοί, υπερκινητικότητα (ΔΕΠ-Υ). Από την άλλη, οι λειτουργίες του γνωστικού ελέγχου,

μπορούν να προσφέρουν καλύτερη ανταπόκριση σε σχολικές δοκιμασίες, παραγωγικότητα και γενικότερα, καλύτερη ποιότητα ζωής [29]. Έχει φανεί, άλλωστε, πως απαιτούνται ισχυρές ικανότητες αυτορρύθμισης και αυτοελέγχου για τη σχολική επιτυχία [32]. Αξίζει να σημειωθεί πως έχει εντοπιστεί στενή σχέση μεταξύ γνωστικής και κινητικής ανάπτυξης, όπου η μία τροφοδοτεί την άλλη, επιτρέποντας στο παιδί να εξερευνά το περιβάλλον. Μάλιστα, κατά τα προσχολικά έτη, οι επιτελικές λειτουργίες, ο οπτικο-κινητικός συντονισμός αλλά και η καλή φυσική κατάσταση αλληλοσυνδέονται και ευνοούν τη επίδοση των παιδιών [33].

Αλλαγές στις επιτελικές λειτουργίες μπορεί να παρουσιαστούν κατά την εφηβεία, λόγω της επίδρασης βιολογικών, ψυχολογικών, κοινωνικών και γνωστικών παραγόντων [34]. Η πιο ραγδαία αλλαγή συμβαίνει με την απαρχή του γήρατος [35, 36] καθώς επηρεάζεται η ταχύτητα γνωστικής επεξεργασίας, λόγω της μείωσης του όγκου της φαιάς και της λευκής ουσίας του προμετωπιαίου φλοιού [36,37].

Ανακεφαλαιώνοντας και συνοψίζοντας, στις επιτελικές λειτουργίες συγκαταλέγονται οι εξής:

- Αναστολή της παρορμητικής αντίδρασης
- Καθοδήγηση και διατήρηση ή εναλλαγή της προσοχής
- Χρήση των αποθεμάτων της μνήμης (ανάκληση ήδη υπαρχόντων πληροφοριών και αποθήκευση νέων)
- Εναλλαγές μεταξύ έργων
- Έλεγχος του τρόπου εκτέλεσης του έργου
- Ρύθμιση της ταχύτητας ανταπόκρισης στο έργο
- Εκτίμηση αποτελεσματικότητας του παραγόμενου έργου
- Εντοπισμός λαθών και μεταβολή πρακτικών
- Ρύθμιση συναισθήματος και κοινωνικών προτύπων συμπεριφοράς
- Αυτό-παρακολούθηση και ανατροφοδότηση
- Οργάνωση του κινητικού προγράμματος για την εκτέλεση του έργου
- Οργάνωση και χρήση των πηγών γνωστικού περιεχομένου
- Εντοπισμός προαισθήματος ή διαίσθησης όσον αφορά το παραγόμενο έργο και πιθανή τροποποίηση της διαδικασίας
- Εντοπισμός και αντίσταση σε παρεμβολές

- ο Εκτίμηση συνεπειών του έργου σε πρακτικό και συναισθηματικό επίπεδο [2, 17, 21, 22, 29]

1.2.1 Αναστολή Απάντησης

Η αναστολή απάντησης είναι η ικανότητα του ατόμου να παύει την αντίδρασή του σε υποκείμενο ερέθισμα, όταν αυτή τείνει να αποβεί επικίνδυνη, απρεπής ή ο χρόνος όπου η ανταπόκριση ήταν σχετική, έχει παρέλθει. Η αναστολή απάντησης αποτελεί σημείο αναφοράς του κινητικού και γνωστικού ελέγχου [38]. Η ικανότητα αυτή θεωρείται μέρος του ανασταλτικού ελέγχου, μαζί με τη αντίσταση στις παρεμβολές [39, 40]. Η αναστολή της απόκρισης είναι μείζονος σημασίας καθώς, χάρη σε αυτή το άτομο μπορεί να σκέφτεται πριν δράσει και να μελετά τις κινήσεις του πριν τις εκτελέσει, προσπαθώντας, ταυτόχρονα, να αντισταθεί σε περισπασμούς από εξωτερικά ερεθίσματα [29, 39, 42].

Η αναστολή απάντησης και η αντίσταση στις παρεμβολές είναι αλληλένδετες διαδικασίες [42] και έχει φανεί πως έχουν σταθερά αυξανόμενη πορεία ανάπτυξης στη ζωή [43]. Έρευνες δείχνουν πως η ανάπτυξη της αναστολής μιας παρορμητικής απόκρισης, κινείται ανοδικά και αναπτύσσεται από την πρώτη σχολική ηλικία μέχρι την πρώιμη εφηβεία (6-13 ετών) [39, 43], τόσο σε ουδέτερο όσο και σε συναισθηματικά φορτισμένο περιβάλλον [39, 44]. Ωστόσο, όταν μεσολαβούν συναισθηματικές διακυμάνσεις ή αλλαγή σε μαθημένα πρότυπα (όπως για παράδειγμα υπό τις συνθήκες μιας πανδημίας όπου αποφεύγονται οι χειραψίες και η άμεση σωματική επαφή για κοινωνικούς σκοπούς), παρατηρείται λιγότερο καλή απόδοση στην ικανότητα να διακοπεί μια συνηθισμένη συμπεριφορική αντίδραση, ιδιαίτερα στους εφήβους [39].

Επίσης, έχει γίνει συσχέτιση μεταξύ ανασταλτικού ελέγχου και προσοχής, υποδηλώνοντας πως ο ελλιπής μηχανισμός της αναστολής οδηγεί σε διάσπαση της οπτικής προσοχής [45], κάτι που επιδρά αρνητικά στην επίλυση προβλημάτων [46]. Αντίστοιχο φαινόμενο αποτελεί η Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής και Υπερκινητικότητα (ΔΕΠ-Υ), στην οποία πάσχει ο ανασταλτικός έλεγχος σε όλα τα επίπεδα της αναστολής, δηλαδή στην εκδήλωση της παρορμητικής αντίδρασης, στον έλεγχο της αντίδρασης και τροποποίησή της αν κρίνεται απαραίτητο αλλά και στον εντοπισμό και αποκλεισμό τυχόν άσχετων παρεμβολών, συμπαρασύροντας και τη δράση άλλων επιτελικών λειτουργιών [47, 48].

Αξίζει να σημειωθεί το γεγονός πως η ικανότητα αναστολής απόκρισης είναι περισσότερο επαρκής στα κορίτσια έναντι των αγοριών, τόσο σε μικρές όσο και σε μεγαλύτερες ηλικίες [49-52]. Αυτές οι διαφορές ενδεχομένως να οφείλονται στη ανάπτυξη του συστήματος των βασικών γαγγλίων και συγκεκριμένα του υποθαλαμικού πυρήνα [49], και του πρόσθιου φλοιού του προσαγωγίου [49, 52], ενώ άλλοι παράγοντες που επιφέρουν την παραπάνω διαφοροποίηση είναι, οι *ανατομικές διαφορές*, που προκύπτουν από το διαφορετικό ρυθμό ανάπτυξης και ωρίμανσης του εγκεφάλου [49, 53].

ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ

Σε έργα που απαιτούν την εκκίνηση του ανασταλτικού μηχανισμού και της αναστολής απόκρισης, φαίνεται, συνήθως, να ενεργοποιείται το δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο [38]. Βασική δομή αποτελεί ο προμετωπιαίος φλοιός και η συμπληρωματική κινητική περιοχή [17, 38, 54, 55], ενώ η κάτω μετωπιαία έλικα δείχνει να έχει, επίσης, σημαντικό ρόλο στην αναστολή απάντησης [38]. Σημαντική είναι και η ενεργοποίηση του πρόσθιου φλοιού του προσαγωγίου, κατά την εκκίνηση του ανασταλτικού μηχανισμού [21, 50, 55].

Για να οριστούν καλύτερα και πιο συγκεκριμένα τις εγκεφαλικές περιοχές που εδράζουν την αναστολή απάντησης, αναφέρονται παρακάτω με αρίθμηση κατά Brodmann:

- i. περιοχή 6A, ίσως η επικρατέστερη σε συμμετοχή, που περιλαμβάνει την προκινήτρια και συμπληρωματική περιοχή,
- ii. περιοχή 8, την οποία καταλαμβάνει ο προμετωπιαίος φλοιός
- iii. περιοχές 24 και 32, εκεί εκτείνεται ο πρόσθιος φλοιός του προσαγωγίου και
- iv. περιοχές 44, 45 και 47, περιοχές του έξω κοιλιακού προμετωπιαίου φλοιού [55].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Τραυματική Εγκεφαλική Βλάβη Μετωπιαίων Λοβών

2.1 Τραυματισμοί και Βλάβες Μετωπιαίων Λοβών

Η τραυματική εγκεφαλική βλάβη (traumatic brain injury, TBI) είναι η κυριότερη αιτία βαριάς αναπηρίας και θανάτου. Πρόκειται για ένα παγκόσμιο φαινόμενο, που αφορά περίπου 65 εκατομμύρια ανθρώπους κάθε ηλικίας ανά τον κόσμο [56, 57]. Η TBI μπορεί να προκαλέσει ανεπανόρθωτες βλάβες στο άτομο, λόγω της νευρολογικής, ψυχολογικής, γνωστικής και κοινωνικής της επίδρασης [56, 58].

Οι TBIs διακρίνονται σε δύο τύπους, το **ανοικτό τραύμα** (με εστιακή τραυματική βλάβη), όπου προκύπτει διάτρηση του κρανίου και είσοδος ξένων σωμάτων εντός του εγκεφάλου και, το **κλειστό τραύμα** (με διάχυτη τραυματική βλάβη), όπου ο εγκεφαλικός ιστός δεν προσβάλλεται από εισχώρηση θραυσμάτων ή ξένων σωμάτων [56, 59, 60].

Στα **ανοιχτά τραύματα** περιλαμβάνονται,

- ο τραυματισμός από πυροβολισμό,
- ο τραυματισμός από εκρήξεις
- ο τραυματισμός από τροχαίο ατύχημα
- ο τραυματισμός από αιχμηρό αντικείμενο (π.χ. μαχαίρι) [59]

Στα **κλειστά τραύματα** περιλαμβάνονται,

- ο τραυματισμός από πτώση
- ο τραυματισμός κατά τον αθλητισμό
- ο τραυματισμός από βίαια επίθεση
- ο τραυματισμός από τροχαίο ατύχημα [61]

Εκτός, όμως, από τη διάκριση σε τύπους, οι TBIs, ταξινομούνται περαιτέρω, βάσει του μηχανισμού προσβολής. Συγκεκριμένα, η ταξινόμηση περιλαμβάνει,

- i. τις **δυνάμεις** που ασκούνται κατά την πρόκληση της TBI και μπορεί να είναι *υψηλής ή χαμηλής ταχύτητας και με επιτάχυνση ή χωρίς επιτάχυνση*
- ii. το **χρόνο** εμφάνισης των βλαβών που προέκυψαν από τον τραυματισμό και οδηγούν σε *πρωτοπαθείς και δευτεροπαθείς επιδράσεις*.

- iii. και το *επίπεδο βαρύτητας* της βλάβης, το οποίο μετρείται με την κλίμακα *κόματος της Γλασκόβης* και αποτελείται από τρία επίπεδα, *Ήπια – Μέτρια – Βαριά TBI* [59].

Η συχνότερη μορφή TBI είναι η διάχυτη βλάβη (κλειστό τραύμα) [62]. Στη διάχυτη βλάβη επιδρούν, πρωτογενώς και δευτερογενώς, βιοχημικοί, κυτταρικοί και φυσικοί μηχανισμοί. Οι πρωτογενείς επιδράσεις είναι αυτές που συμβαίνουν κατά τον τραυματισμό και είναι μη αναστρέψιμες, όπως *διάχυτη αξονική βλάβη* και *νευραγγειακή κάκωση*, ενώ οι δευτερογενείς επιδράσεις, που οφείλονται στις πρωτογενείς, είναι κριτικής σημασίας, καθώς μπορεί να διαρκέσουν από ώρες έως και χρόνια [59, 63, 64]. Μερικές οργανικές διαδικασίες που δυσλειτουργούν κατά τις δευτεροπαθείς βλάβες αφορούν την απελευθέρωση νευροδιαβιβαστών, την εκπόλωση, τη δυσλειτουργία μιτοχονδρίων, την υπεροξειδωση των λιπιδίων, ενώ μεταξύ των βλαβών που προκύπτουν είναι το εγκεφαλικό οίδημα, η ενδοκράνια υπέρταση, η ισχαιμία-υποξία, η μεταβολική διαταραχή και ο αγγειόσπασμος εγκεφαλικών αγγείων [59, 63-65].

Πρωτοπαθείς και δευτεροπαθείς βλάβες συμβαίνουν και στις εστιακές TBIs (ανοιχτό τραύμα), με την εμφάνιση, αρχικά, *εγκεφαλικής θλάσης*, *ενδοεγκεφαλικής αιμορραγίας* ή *εξωπαρεγχυματικής εγκεφαλικής αιμορραγίας*, και δευτερευόντως, νευρωνική βλάβη, εγκεφαλικό οίδημα, ισχαιμία-υποξία και μεταβολική διαταραχή [64].

ΔΟΜΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ

Η TBI επιφέρει διάφορες αλλαγές στη δομή του εγκεφάλου, οι οποίες οδηγούν σε ελλειμματικές λειτουργίες. Αυτές οι αλλαγές αφορούν α) τη *λέπτυνση φλοιωδών περιοχών* [66] και β) *την αλλοίωση της λευκής και της φαιάς ουσίας* του εγκεφαλικού φλοιού [66-69].

Οι δομές του φλοιού που παρουσιάζουν μείωση στο πάχος τους κατά τους πρώτους 3 μήνες της TBI είναι, ο άνω μετωπιαίος φλοιός (superior frontal cortex), ο κογχομετωπιαίος φλοιός (orbitofrontal cortex), ο πλαγιο-ραχιαίος μετωπιαίος φλοιός (dorsolateral frontal cortex) και ο πρόσθιος φλοιός του προσαγωγίου (anterior cingulate cortex). Κατά τον 18^ο μήνα της βλάβης, οι παραπάνω διαφοροποιήσεις στο φλοιό φαίνεται να εμμένουν, ενώ παρατηρούνται αμφίπλευρες αλλαγές σε μετωπιαίες, ατρακτοειδείς και γλωσσικές περιοχές [66].

Όλες οι παραπάνω μετωπιαίες περιοχές, θεωρούνται κέντρα ελέγχου σημαντικών επιτελικών λειτουργιών [66], σχετικών με τη συμπεριφορά και το συναίσθημα [66, 70]. Μια TBI με εντοπισμό στους μετωπιαίους λοβούς [71], λοιπόν, μπορεί να επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις στην γνωστική και συμπεριφορική ανάπτυξη, ιδιαίτερα σε παιδιατρικό πληθυσμό, καθώς η εφηβεία είναι βιολογικά μια κρίσιμη ηλικία [70, 71].

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Η εφηβεία, όπως προαναφέρθηκε, είναι μια κρίσιμη ηλικία, διότι εκείνη την περίοδο της ζωής, οργανώνονται τα δομικά και λειτουργικά συστήματα του εγκεφάλου. Αυτή η διαδικασία εξέλιξης και ωρίμανσης, καθιστά το άτομο ευάλωτο στα εξωτερικά περιβαλλοντικά ερεθίσματα [72, 73]. Η αναδιοργάνωση των φλοιωδών και υποφλοιωδών συστημάτων (μεταιχμιακό σύστημα) κατά αυτή την ηλικία, θα επιτρέψει στον μελλοντικό ενήλικα να σκέφτεται και να κρίνει με λογική, να έχει αποδεκτή κοινωνική συμπεριφορά και να καταφέρνει να χρησιμοποιήσει στρατηγικές για λήψη αποφάσεων και επίλυση προβλημάτων [72, 74].

Γίνεται αντιληπτό πως, μια TBI στη μετωπιαία περιοχή, κατά την παιδική-εφηβική ηλικία, η οποία θα προσβάλει δομές του φλοιού και θα επηρεάσει τη σύσταση της λευκής και φαιάς ουσίας του εγκεφάλου, θα αποφέρει ποικίλα γνωστικά και συμπεριφορικά ελλείμματα [66, 68, 70]. Η βλάβη θα ανακόψει την επικείμενη ανάπτυξη των νευρώνων, με αποτέλεσμα να διακόψει τις νευρογνωστικές και νευροσυμπεριφορικές διαδικασίες [66, 75]. Επίσης, μετά τον εγκεφαλικό τραυματισμό, το άτομο, δύναται να αντιμετωπίσει, εκτός από συμπεριφορικά, και, συναισθηματικά ζητήματα [66, 76].

Ένα παιδί είναι περισσότερο επιρρεπές σε ήπιο εγκεφαλικό τραυματισμό απ' ότι ένας ενήλικας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το νεότερο κρανίο έχει λεπτότερα οστά, οι μύες του λαιμού δεν είναι αρκετά δεμένοι και ώριμοι, ενώ η μυελίνη στους νευρώνες είναι ακόμη υπό ανάπτυξη. Έτσι, οι επιπτώσεις των δυνάμεων κατά τον τραυματισμό είναι ιδιαίτερα σφοδρές [72, 77]. Αντιστοίχως, μια μέτρια ή σοβαρή τραυματική βλάβη μπορεί να επιφέρει πολύ σημαντικά προβλήματα στο παιδί και τον έφηβο, που θα επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα της καθημερινής ζωής, την ψυχική υγεία, τις επικοινωνιακές δεξιότητες αλλά και την συνολική προσαρμοστικότητα [72, 78].

Ενδεικτικά, μερικές περιοχές κατά Brodmann, που με την προσβολή τους θα προκαλέσουν διαταραχές σε γνωστικό, κινητικό, αισθητηριακό και συναισθηματικό επίπεδο, είναι οι εξής:

- i. περιοχές 4 & 6, με ύπαρξη ημιπάρεσης και δυσαρθρίας,
- ii. περιοχές 24 & 6, με εμφάνιση ακινησίας, διαταραχών αυτορρύθμισης και συνδρόμου ξένου χεριού
- iii. περιοχές 25, 32 & 14, με εντοπισμό διαταραχών συντονισμού κινήσεων, διαταραχών στην αναστολή απάντησης και αμνησία
- iv. περιοχές 10, 11, 12, 13 & 14, με χαρακτηριστικό σύμπτωμα την αποδιοργάνωση της προσωπικότητας
- v. περιοχές 8, 9, 10, 11, 45, 46 & 47, στις οποίες παρατηρείται έντονη αποδιοργάνωση των γνωστικών λειτουργιών [2].

2.2 Ελλείμματα Επιτελικών Λειτουργιών

Οι επιτελικές λειτουργίες είναι πολύπλοκες και μακροπρόθεσμης ανάπτυξης διεργασίες. Μια τραυματική εγκεφαλική βλάβη σε πρώιμο στάδιο, μπορεί να οδηγήσει σε πληθώρα λειτουργικών ελλειμάτων, τα οποία δε θα φανούν ξεκάθαρα και άμεσα, παρά μόνο με την έναρξη της εφηβικής περιόδου, κατά την οποία φυσιολογικά ωριμάζουν [79-81]. Η ηλικία στην οποία βρίσκεται το άτομο όταν του συμβαίνει η TBI, έχει φανεί αξιοσημείωτος παράγοντας για τα ελλείμματα που θα προκύψουν αλλά και τα ποσοστά ανάκαμψης. Ένα παιδί ή ένας έφηβος δεν ανακάμπτει στον ίδιο βαθμό και τον ίδιο ρυθμό με έναν ενήλικα, κάτι που ενδεχομένως να επηρεάζεται και από τη σοβαρότητα του τραυματισμού [72, 82].

Μετρήσιμο παράγοντα αποτελεί η «πλαστικότητα», όπου σε περίπτωση εγκεφαλικής βλάβης στα πρώτα έτη ζωής, δύναται να δημιουργεί αντισταθμίσεις, ώστε τα ελλείμματα που θα προκύψουν να μην είναι τόσο σοβαρά [79, 83]. Ιδιαίτερα στην **ηλικία των 7-9 ετών**, την πιο κρίσιμη περίοδο όσον αφορά το σχηματισμό σημαντικών επιτελικών λειτουργιών (όπως, γνωστική ευελιξία, οργάνωση, προγραμματισμός και εργαζόμενη μνήμη), παρατηρείται ταχεία ανάπτυξη των δενδριτών στους νευρώνες και η συναπτογένεση βρίσκεται σε αυξημένο επίπεδο [80]. Η πρόγνωση γι' αυτή την ηλικιακή ομάδα είναι η θετικότερη [79]. Δεν φαίνεται, όμως, να ισχύει το ίδιο και για

τις μετωπιαίες βλάβες στις ηλικίες από **10 ετών και άνω**, όπου παρατηρείται μοτίβο εξέλιξης παρόμοιο με αυτό του ενήλικου πληθυσμού, με *δυσκολίες στον έλεγχο της προσοχής και του σχεδιασμού* [72, 79, 82]. Σχετικά με τις **πρώιμες ηλικίες**, μεταξύ των **0-3ων**, τα παιδιά δείχνουν να εκδηλώνουν, κυρίως, *ελλείμματα στην αυτορρύθμιση και τον αυτοέλεγχο*, με δείγματα την *έντονη παρόρμηση, την αδυναμία διατήρησης της προσοχής και την δυσκολία προγραμματισμού και επιτυχούς εκτέλεσης έργου*. Στην προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία, δηλαδή **4-6 ετών**, τα ελλείμματα στις επιτελικές λειτουργίες αφορούν τη *γνωστική διαχείριση και τη λεκτική ευελιξία σε συνθήκες υψηλών απαιτήσεων* [79].

Εκτός, όμως, από το μοντέλο της πρώιμης πλαστικότητας, υπάρχει και η διαφορετική άποψη που υποστηρίζει την «ευπάθεια». Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, μια εγκεφαλική βλάβη που προκαλείται νωρίς στο παιδί, μπορεί να οδηγήσει σε αδυναμία απόκτησης ικανοτήτων που δεν έχουν ακόμη σχηματιστεί, επιφέροντας πολλά ελλείμματα σε διάφορα επίπεδα, που θα αποκαλυφθούν με την πάροδο των ετών και την ανάπτυξη [84-86].

Το επίπεδο ανάκαμψης του τραυματισμένου, μη ώριμου, εγκεφάλου, κυμαίνεται ανάλογα με το χρόνο και τον τύπο της βλάβης. Όμως, όσον αφορά τις μετωπιαίες τραυματικές βλάβες, που προκαλούν γλωσσική και κινητική δυσλειτουργία, αυτές δείχνουν να ανακάμπτουν σχετικά καλά, όταν συμβαίνουν σε πρώιμη ηλικία [83, 87]. Γενικές θεωρίες και εκτιμήσεις, εικάζουν πως όσο σοβαρότερη είναι η βλάβη, τόσο σοβαρές είναι και οι επιπτώσεις στο εκτελεστικό σύστημα, αλλά και όσο μεγαλύτερη είναι η ηλικία, τόσο σημαντικότερος είναι και ο κίνδυνος για μακροπρόθεσμες δυσλειτουργίες. Παρόλα αυτά, οι έρευνες που έχουν γίνει για τη διασαφήνιση των ακριβών ελλειμάτων στις επιτελικές λειτουργίες, ανά την ηλικία και τη βαρύτητα της βλάβης, δε δίνουν συγκεκριμένα και απόλυτα αποτελέσματα, λόγω μη επαρκών πληθυσμιακών δειγμάτων [79].

2.2.1 Ελλείμματα στην Αναστολή Απάντησης

Τα παιδιά που βιώνουν μια TBI, χάνουν τη δυνατότητα να έχουν μια τυπική εγκεφαλική ανάπτυξη, λόγω της διακοπής της από τον τραυματισμό, συνήθως με μετωπιαίο εντοπισμό [88, 89]. Μετά τη βλάβη, ο παιδιατρικός πληθυσμός δείχνει να αντιμετωπίζει δυσκολίες, εκτός από τον γνωστικό και συμπεριφορικό τομέα [90], και

στον έλεγχο της προσοχής και της αναστολής, ιδιαίτερα όσα από αυτά έχουν προσβληθεί από μέτρια έως βαριά TBI [91]. Η επίκτητη γνωστική εξασθένηση που, επίσης, παρατηρείται, μπορεί να οφείλεται στον ανατομικό εντοπισμό της βλάβης και όχι τόσο στη βαρύτητα του τραυματισμού [91, 92]. Αξίζει να σημειωθεί πως, γονικές μαρτυρίες επιβεβαιώνουν την φτωχή ανταπόκριση των παιδιών με TBI σε καθημερινές δραστηριότητες, με απαίτηση για ανασταλτικό έλεγχο [93]. Αυτό, ίσως, να εξηγείται από το γεγονός ότι η παθολογία που προκύπτει μετά από μετωπιαίες βλάβες, ενισχύει την εμφάνιση ελλειμάτων στον εκτελεστικό μηχανισμό (επιτελικές λειτουργίες) και ως εκ τούτου, στον έλεγχο του ανασταλτικού συστήματος [92]. Φαίνεται, λοιπόν, πως η έλλειψη αναστολής απάντησης, αποτελεί μία από τις κύριες επιπτώσεις των μετωπιαίων TBI [88, 94].

ΔΟΜΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ

Η βάση της ικανότητας αναστολής νευροβιολογικά, βρίσκεται στους μετωπιαίους λοβούς και σε περιοχές που εμπλέκουν το ραβδωτό σώμα [88, 89]. Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η συμμετοχή των βασικών γαγγλίων όσον αφορά την εκκίνηση του ανασταλτικού μηχανισμού [66, 95], της κογχικής έλικας [66] και άλλων μετωπιαίων υποφλοιωδών δικτύων [96, 97], με τη βλάβη αυτών των δομών να προκαλεί μετωπιαία σύνδρομα [98].

Η λευκή ουσία, επίσης, ενοχοποιείται για τη σημαντικότητα της δράσης της στον έλεγχο του ανασταλτικού μηχανισμού [96]. Μετά από TBI και διάχυτη αξονική βλάβη, μπορεί να προκληθεί αλλοίωση στη λευκή ουσία [99], μια βλάβη που θα επιφέρει συμπεριφορικές και συναισθηματικές διαταραχές [100]. Παιδιά που υποφέρουν από TBI αλλά δεν παρουσιάζουν βλάβες στη λευκή ουσία, δύναται να έχουν καλύτερο έλεγχο της αναστολής και παύσης αποκρίσεων, ενδεχομένως λόγω της νευρωνικής αναδιοργάνωσης [96].

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Συνήθως τα παιδιά με TBI εμφανίζουν διαταραχές στη συμπεριφορά και τη διαχείριση του συναισθήματος [90]. Οι δυσκολίες, όμως, δεν περιορίζονται μόνο εκεί. Εντοπίζονται εκπτώσεις στις δεξιότητες προγραμματισμού, την ταχύτητα επεξεργασίας των πληροφοριών και στην αναστολή των παρορμήσεων [101]. Επηρεάζονται εξίσου,

και οι δύο τύποι της αναστολής, η εκκίνηση και η καταστολή του μηχανισμού απόκρισης [96, 102, 103]. Με βάση τη δυσλειτουργία του ανασταλτικού ελέγχου, προκύπτουν δύο διαταραχές α) με *έλλειμμα στην εκκίνηση της απόκρισης*, όπου εντοπίζεται αδυναμία στην ταχεία έναρξη μιας συνηθισμένης απάντησης και β) με *έλλειμμα στην καταστολή της απόκρισης*, όπου παρατηρείται αδυναμία στην αναστολή και διακοπή μιας απάντησης [98].

Η βλάβη στον κογχομετωπιαίο φλοιό επιδρά αρνητικά στο συναίσθημα και τον έλεγχο της αναστολής, καθώς συνδέεται και με άλλες υποφλοιώδεις, μεταιχμιακές δομές. Η βλάβη αυτή, μπορεί να προκαλέσει το *κογχομετωπιαίο σύνδρομο*, το σύνδρομο της «έλλειψης αναστολών», του οποίου τα χαρακτηριστικά υποδεικνύουν παρορμητική συμπεριφορά, συναισθηματικές διακυμάνσεις, διαταραχή της προσοχής, έλλειψη κριτικής σκέψης και λογικής και φτωχό ιδεασμό [2].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Θεραπευτική Προσέγγιση

Κατά την οξεία φάση του τραυματισμού, η ιατρική ομάδα (φυσίατρος, νευρολόγος, ιατρός με άλλη απαιτούμενη ειδικότητα, νοσηλευτικό προσωπικό), θα παρέμβει ώστε να διεξάγει τις απαραίτητες εξετάσεις ή/και τα χειρουργεία, με σκοπό να σταθεροποιήσει τον ασθενή [59]. Αφού ο ασθενής ανταπεξέλθει στην ιατρική περίθαλψη, ένα πρόγραμμα αποκατάστασης, με θεραπευτές διαφόρων ειδικοτήτων, θα πλαισιώσει τις ανάγκες του ενδονοσοκομειακά και θα κληθεί να εκτιμήσει τα επίπεδα απόκρισης και απόδοσής του σε λειτουργικούς τομείς [104]. Ενδεικτικά,

- *Ένας λογοθεραπευτής*, θα εκτιμήσει την κατανόηση και την παραγωγή ομιλίας, τις επικοινωνιακές δεξιότητες και αν χρειαστεί θα εισάγει κάποιο σύστημα εναλλακτικής επικοινωνίας.
- *Ένας εργοθεραπευτής*, θα αξιολογήσει τις δεξιότητες που αφορούν στην αυτοεξυπηρέτηση και θα φροντίσει το άτομο να μπορέσει να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της καθημερινότητας.
- *Ένας φυσικοθεραπευτής*, θα εντοπίσει τις κινητικές αδυναμίες και θα ενισχύσει εκ νέου την εκμάθηση κινητικών προτύπων που έχουν επιδεινωθεί λόγω του τραυματισμού (π.χ. ισορροπία, περπάτημα).
- *Ένας νευροψυχολόγος*, θα εφαρμόσει διάφορα νευροψυχομετρικά τεστ, τα οποία θα δώσουν απαντήσεις σχετικά με το νοητικό, γνωστικό, συνειδησιακό και κοινωνικό επίπεδο του νοσούντος [105, 106].

Το πρόγραμμα αποκατάστασης στοχεύει στην ανακούφιση του ασθενή από τον πόνο, στην αντιμετώπιση της δυσκινησίας και της επιβαρυσμένης φυσικής κατάστασης, ενώ ενισχύει την αυτονομία και την επαναφορά στην καθημερινή ρουτίνα [105]. Οι στόχοι προς επίτευξη, οφείλουν να είναι εξατομικευμένοι, πρακτικοί, εφαρμόσιμοι, ενώ μείζονος σημασίας είναι η έγκαιρη έναρξη του προγράμματος για την καλύτερη πρόγνωση των ελλειμμάτων. Όσο νωρίτερα ξεκινήσει το θεραπευτικό πρόγραμμα, τόσο καλύτερη κυμαίνεται η πορεία βελτίωσης [104-107].

3.1 Αξιολόγηση

Η αξιολόγηση της ομάδας αποκατάστασης ελέγχει την κατάσταση του ασθενή με ΤΒΙ σε όλα τα επίπεδα. Οι κυριότεροι τομείς, που παρέχουν ποικιλία πληροφοριών σχετικά με τις τρέχουσες δεξιότητες του ατόμου είναι, η προσοχή, η μακροπρόθεσμη και βραχυπρόθεσμη μνήμη, οι επιτελικές λειτουργίες, η κοινωνική αλληλεπίδραση, η προσωπικότητα, το επίπεδο εναισθησίας-επίγνωσης, η γλώσσα σε επίπεδο κατανόησης και έκφρασης, η σημασιολογία και η πραγματολογία [2, 59].

Όσον αφορά τις επιτελικές λειτουργίες, αυτές μπορούν να ελεγχθούν μέσα από σταθμισμένα εργαλεία, τα οποία χορηγούνται, ως επί τω πλείστων, από νευροψυχολόγους αλλά και λογοθεραπευτές [59]. Τα τεστ αυτά, ελέγχουν τους επιμέρους τομείς των επιτελικών λειτουργιών, όπως η προσοχή, η συγκέντρωση, η γνωστική ευελιξία, ο αφηρημένος συλλογισμός, η κριτική ικανότητα, ο προσανατολισμός, η μνήμη, η αναστολή, η κατανόηση και έκφραση του λόγου αλλά και άλλες ικανότητες όπως, η έναρξη και διατήρηση του θέματος (πραγματολογία) και η κατηγοριοποίηση εννοιών (σημασιολογία) [2]. Από τα σημαντικότερα και περισσότερο διαδεδομένα σταθμισμένα εργαλεία αξιολόγησης των επιτελικών λειτουργιών είναι τα εξής:

- Κλίμακα Behaviour Rating Inventory of Executive Function (BRIEF)
- Complex Figure of Rey (CFR)
- Winsconsin Card Sorting Test (WCST)
- Controlled Oral Word Association Test (COWAT)
- Trailmaking Test
- Twenty Questions Test
- Λαβύρινθοι του Porteus
- Η Δοκιμασία του Πύργου [2, 108]

Για την πιο αναλυτική και εις βάθος αξιολόγηση της ικανότητας αναστολής, υπάρχουν ειδικά σχεδιασμένα σταθμισμένα εργαλεία, που εστιάζουν στην αναγνώριση των τύπων αναστολής και την λειτουργία τους.

Τα κυριότερα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τη διερεύνηση της λειτουργίας του ανασταλτικού μηχανισμού είναι τα παρακάτω:

- i. Stroop Color and Word Test (SCWT)
- ii. Stop Signal Task (SST)
- iii. Go/ No-Go Task
- iv. Task Switching Test
- v. Eriksen Flanker Task

Stroop Color and Word Test (SCWT)

Το SCWT είναι ένα νευροψυχολογικό εργαλείο που ελέγχει την ικανότητα αναστολής των γνωστικών παρεμβολών που προκύπτουν, όταν το άτομο προσπαθεί να επεξεργαστεί ένα κύριο και ένα δευτερεύον χαρακτηριστικό του ίδιου ερεθίσματος [109, 110]. Η δοκιμασία SCWT χρησιμοποιούταν για να αξιολογήσει και άλλες γνωστικές λειτουργίες, την προσοχή, την ταχύτητα επεξεργασίας, τη γνωστική ευελιξία αλλά και την εργαζόμενη μνήμη, εκτός από την αναστολή απάντησης [111, 112].

Το τεστ αποτελείται από τρεις λίστες λέξεων, όπου οι δύο πρώτες περιέχουν συμβατικά-μη διασπαστικά ερεθίσματα (*λέξεις και μοτίβα*) για ανάγνωση και αναγνώριση, ενώ η τρίτη λίστα έχει το μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας, καθώς περιλαμβάνει διασπαστικά ερεθίσματα, που δεν απαιτούν ανάγνωση. Συγκεκριμένα, η τελευταία λίστα αποτελείται από λέξεις-χρώματα, η οποίες είναι γραμμένες με έγχρωμο μελάνι, διαφορετικό από το χρώμα που περιγράφει η λέξη-χρώμα (δηλαδή, η λέξη «κόκκινο», θα είναι τυπωμένη με πράσινο μελάνι). Ο εξεταζόμενος πρέπει να παρακάμψει την κυρίαρχη αντίδρασή του που θα ήταν, να διαβάσει τη λέξη και να προσπαθήσει να αναγνωρίσει και να ονοματίσει το χρώμα με το οποίο είναι τυπωμένη η λέξη. Η δυσκολία που συναντούν τα άτομα που πραγματοποιούν αυτό το αξιολογητικό εργαλείο, να παρεμποδίσουν την παρεμβολή της αυτοματοποιημένης τους αντίδρασης, λέγεται “Stroop Effect” [109, 110, 113].

Σημαντικό ρόλο στη διεξαγωγή του Stroop Test παίζει τόσο η ταχύτητα επεξεργασίας όσο και η ακρίβεια, που συστήνεται να βαθμολογούνται ξεχωριστά και να μην είναι αλληλεξαρτώμενες, διότι δύναται να παρουσιάζουν ανομοιομορφίες [109]. Πρέπει να ληφθεί υπόψιν, ότι ένα πολύπλοκο, μη συμβατό ερέθισμα είναι πιο σύνθετο και απαιτεί περισσότερο χρόνο επεξεργασίας [113, 114]. Ασθενείς με μετωπιαίες βλάβες, τείνουν να έχουν αποτυχημένη απόδοση στο τρίτο μέρος του τεστ

(στη λίστα για την αναγνώριση του χρώματος του μελανιού των λέξεων-χρωμάτων) ως προς την ακρίβεια των απαντήσεών τους, όχι, όμως, στην ταχύτητα [115, 116].

Stop Signal Task (SST)

Άλλο ένα εργαλείο της νευροεπιστήμης που αξιολογεί την αναστολή είναι το Stop Signal Task (SST) [117]. Σ' αυτή τη δοκιμασία, ο εξεταζόμενος πραγματοποιεί ένα κινητικό μοτίβο, μια ενέργεια η οποία πρέπει να διακοπεί μόλις κάνουν την εμφάνισή τους ορισμένα σήματα stop (stop signals) [113]. Η έναρξη της διαδικασίας (go-process) σηματοδοτείται από την ανάθεση της δραστηριότητα που πρέπει να εκτελεστεί, ενώ η παύση αυτής της δραστηριότητας (stop-process) συμβαίνει με την υπόδειξη του σήματος stop, κάτι που συχνά αποκαλείται ως «μοντέλο ιπποδρόμου» (horse-race model). Η ολοκλήρωση της κινητικής ενέργειας παρά την υπόδειξη του σήματος stop, μπορεί να σημαίνει είτε ότι ο εκτελεστικός μηχανισμός έδρασε πολύ γρήγορα, είτε ότι ο ανασταλτικός μηχανισμός δεν ενεργοποιήθηκε [118, 119].

Μια παράμετρος στη δοκιμασία SST που συντελεί σημαντικά στην απόδοση του εξεταζόμενου είναι, ο χρόνος εμφάνισης του σήματος stop. Έχει παρατηρηθεί πως αν το σήμα stop παρουσιαστεί νωρίς στην διεξαγωγή του τεστ, τότε ο ασθενής είναι πολύ πιθανό να μπορεί να ενεργοποιήσει τον ανασταλτικό μηχανισμό πιο άμεσα, μιας και βρίσκεται σε ετοιμότητα και δεν έχει αφιερώσει πολύ χρόνο στην εκτέλεση της κινητικής δραστηριότητας. Εάν, όμως, το σήμα εμφανιστεί πιο αργά μέσα στη διαδικασία, τότε το άτομο ίσως να μην καταφέρει να αντιδράσει εγκαίρως, καταστέλλοντας την ενέργειά του [118, 120]. Για να θεωρηθεί η δοκιμασία επιτυχημένη, θα πρέπει το άτομο να ενεργοποιήσει το μηχανισμό αναστολής, πριν την ολοκλήρωση της κινητικής ενέργειας [121].

Σε αντίθεση με το Stroop Test, όπου ενεργοποιείται η αναστολή των παρεμβολών [122, 123], στο SST απαιτείται η καταστολή της κυρίαρχης κινητικής ενέργειας [124, 125]. Η δοκιμασία SST, επίσης, ενισχύει το σχεδιασμό τεχνικών ώστε ο ασθενής να μπορεί να αντιδρά γρηγορότερα και πιο ισορροπημένα μεταξύ των δύο σκελών του τεστ, δηλαδή, να κάνει ταχεία εκκίνηση κατά την go-process και να καταστέλλει εξίσου γρήγορα την αντίδρασή του κατά την stop-process [120, 121].

Go/No-Go Task

Ανάμεσα στα πιο γνωστά νευροψυχολογικά τεστ που χορηγούνται προς μέτρηση του μηχανισμού αναστολής είναι και το Go/No-Go Task [29, 126]. Σε αυτό το τεστ επιδιώκεται μια γρήγορη κινητική ανταπόκριση (π.χ. το πάτημα ενός κουμπιού) στην παρουσία συγκεκριμένου οπτικού ερεθίσματος (π.χ. ενός συμβόλου-στόχου), ενώ ταυτόχρονα πρέπει να αγνοούνται, άλλα, άσχετα ερεθίσματα που λειτουργούν διασπαστικά [127-129].

Αυτές οι δοκιμασίες στοχεύουν στο να μετατρέψουν τη θετική απόκριση (go-reaction) στην κυρίαρχη αντίδραση, γι' αυτό και δεν υπάρχουν πολλά παραδείγματα αρνητικής απόκρισης (no-go-reaction). Έτσι, ο εξεταζόμενος, θα είναι σε εγρήγορση όταν βλέπει διασπαστή και θα έρχεται πολύ κοντά στο να διαπράξει λάθος [126].

Η δοκιμασία Go/No-Go έχει εξελιχθεί και έχουν διαμορφωθεί παραλλαγές, οι οποίες περιλαμβάνουν κατηγορίες λέξεων (λέξεις σχετικές με φαγητό, συναισθήματα, εικόνες), όπως το “affective shifting task”. Βέβαια, τέτοιου είδους παραλλαγές, δεν ελέγχουν αμιγώς τον ανασταλτικό μηχανισμό, αλλά περισσότερο τη γνωστική ευελιξία μπροστά σε ένα εύρος λεξιλογίου [130].

Task Switching Test

Το τεστ “Task Switching” εξετάζει τους μηχανισμούς της αναστολής, μέσα από την επανάληψη [131]. Η συγκεκριμένη δοκιμασία απαιτεί συνεχείς εναλλαγές μεταξύ διαφορετικών έργων αλλά και επανάληψη της ολοκλήρωσης της ίδιας δραστηριότητας [132].

Παρότι η επανάληψη δημιουργεί την εντύπωση ότι έχει θετική επίδραση στην απόδοση, το Task Switching δείχνει πως υπάρχουν δύο πιθανές εκδοχές, διαφορετικές μεταξύ τους [131]. Η επανάληψη φαίνεται να λειτουργεί ευνοϊκά μόνο στο σκέλος του τεστ, όπου απαιτείται η συνεχόμενη και επαναλαμβανόμενη διεξαγωγή της ίδιας δραστηριότητας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο χρόνος απόκρισης ελαχιστοποιείται και τα λάθη είναι επίσης λιγότερα. Στο δεύτερο σκέλος της δοκιμασίας, σε αυτό της συνεχούς εναλλαγής έργων, η επανάληψη έχει αρνητική επίδραση, με το χρόνο απόκρισης να αυξάνεται και τα λάθη να αποτελούν συχνό φαινόμενο [133, 134]. Η θεωρία γύρω από αυτό το γεγονός υποστηρίζει ότι, στην περίπτωση που απαιτείται αλλαγή έργου, οι αντιδράσεις που αφορούσαν την προηγούμενη δραστηριότητα αναστέλλονται [135]. Όμως, ασχέτως ποια είναι η ακολουθία των δραστηριοτήτων,

όλες οι προηγούμενες αντιδράσεις αναστέλλονται, λόγω της «γενικής αναστολής» [136].

Eriksen Flanker Task

Το Eriksen Flanker Task είναι δημιούργημα της γνωστικής ψυχολογίας και εξετάζει κι αυτό με τη σειρά του τη λειτουργία του μηχανισμού αναστολής. Συγκεκριμένα, το «Flanker Task», αξιολογεί την ικανότητα καταστολής αποκρίσεων που είναι ακατάλληλες, με βάση το πλαίσιο που έχει τεθεί [137, 138].

Ο τρόπος διεξαγωγής του περιλαμβάνει έναν πίνακα με πέντε σύμβολα, εκ των οποίων το ένα αποτελεί το σύμβολο-στόχο και βρίσκεται στη μέση, ενώ υπάρχουν από δύο ακόμη σύμβολα αριστερά και δεξιά του συμβόλου-στόχου. Ο εξεταζόμενος πρέπει να αποφασίσει εάν τα σύμβολα που εμφανίζονται αριστερά και δεξιά του συμβόλου-στόχου ταυτίζονται ή όχι [139]. Τα ερεθίσματα που παρουσιάζονται, είτε είναι ίδια και ταυτόσημα, είτε είναι αντίθετα και μη ταυτόσημα, είτε είναι τελείως ασύμβατα και ουδέτερα. Για κάθε τύπο ερεθίσματος, απαιτείται διαφορετική απόκριση [140].

Οι παράμετροι που παίζουν ρόλο στη συγκεκριμένη δοκιμασία είναι, ο χρόνος επίλογής της απόκρισης, η συγκρουσιακή απόκριση, ο γνωστικός έλεγχος και η προσοχή, παράγοντες που συντελούν στην απόφαση της απάντησης [139, 140]. Κατά το «Flanker Task», αναμένεται, οι αποκρίσεις που υποδεικνύουν τη μη ταύτιση των ερεθισμάτων με το κεντρικό σύμβολο-στόχο, να είναι πιο αργές και με περισσότερα σφάλματα απάντησης [110, 137, 140].

3.2 Τεχνικές Αποκατάστασης

Οι επιπτώσεις της TBI εκτείνονται σε γνωστικό, συναισθηματικό, συμπεριφορικό, ακαδημαϊκό και κοινωνικό επίπεδο, ενώ επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό δεξιότητες όπως η προσοχή, η μνήμη και η γλώσσα [94]. Οι επιτελικές λειτουργίες προσβάλλονται στο σύνολό τους και φέρνουν δυσκολίες στην καθημερινότητα, με το άτομο να αδυνατεί να επιλύσει προβλήματα, επειδή δεν μπορεί να εξετάσει τις εναλλακτικές, ή δεν καταφέρνει να προβλέψει την επιτυχία/αποτυχία της δράσης του και άρα δε δύναται να προετοιμάσει άλλες ιδέες [141]. Ένα άτομο με μετωπιαία TBI θα αντιμετωπίσει δυσκολίες στην ιεράρχηση των βημάτων του προβλήματος κατά προτεραιότητα ενώ, όμως, η δεξιότητα συλλογισμού του μπορεί να βρίσκεται σε καλό επίπεδο, και το

αντίστροφο [2, 94, 141]. Αυτό συμβαίνει γιατί πολλές φορές το επίπεδο νοημοσύνης συγχέεται, λανθασμένα, με την λειτουργία του εκτελεστικού μηχανισμού και δίνει μια ανακριβή εικόνα των ικανοτήτων του ατόμου [2]. Ο πυρήνας των επιτελικών λειτουργιών, σύμφωνα με την εκπαιδευτική, εξελικτική και γνωστική ψυχολογία είναι, η αυτορρύθμιση [142]. Η αυτορρύθμιση αλληλοεπιδρά άμεσα με τη δεξιότητα αναστολής απάντησης, η οποία έχει αντίκτυπο στη ρύθμιση της συμπεριφοράς, στην προσοχή, τη μνήμη και τη μάθηση [143]. Ο τραυματισμός στην περιοχή εντοπισμού της αναστολής, επιφέρει διαταραχές προσωπικότητας και κοινωνικής συμπεριφοράς [144].

Σύντομα γίνεται κατανοητό, πως η αποκατάσταση των διαταραχών που προαναφέρθηκαν, θα απαιτούν συνδυασμό θεραπευτικών προσεγγίσεων αλλά και θεραπευτικών ειδικοτήτων [140, 145]. Μια καλά πλαισιωμένη διεπιστημονική ομάδα, θα αξιολογήσει σε βάθος τον ασθενή, με κύριο στόχο τον σχεδιασμό ενός απόλυτα εξατομικευμένου προγράμματος αποκατάστασης, ικανό να εισάγει και πάλι το άτομο στην κοινωνία (σπίτι, σχολείο, κοινότητα) [141]. Οι περισσότερο σημαντικές ειδικότητες, που θα παρακολουθούν το τραυματισμένο παιδί για όσο χρονικό διάστημα διαρκέσει το θεραπευτικό πρόγραμμα είναι, ο λογοθεραπευτής-λογοπαθολόγος, ο εργοθεραπευτής, ο νευροψυχολόγος, ο ειδικός παιδαγωγός, αλλά και σύμβουλοι ψυχολόγοι ή κοινωνικοί λειτουργοί [105, 106, 146].

Αφού συντονιστεί η ομάδα και προχωρήσει στην αξιολόγηση προς διερεύνηση διαταραχών και ελλειμάτων, θα γίνει η επιλογή της κατάλληλης προσέγγισης. Οι προσεγγίσεις ποικίλλουν και επιλέγονται με βάση τις ανάγκες του εκάστοτε περιστατικού [145]. Οι παρεμβάσεις για την αντιμετώπιση των γνωστικών, συμπεριφορικών και κοινωνικών ελλειμάτων μπορεί να είναι φαρμακευτικές [147] ή μη φαρμακευτικές [59, 145, 148].

ΜΗ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ

Ανάμεσα στις μη φαρμακευτικές προσεγγίσεις αποκατάστασης βρίσκονται,

- a) η *διαπροσωπική-προσαρμοστική προσέγγιση* (interpersonal and adaptive approach).

Στοχεύει στην προσαρμογή των οικείων και του περιβάλλοντος έτσι ώστε να αποφεύγονται διαταραχές συμπεριφοράς, που προκαλούνται από εξωτερικούς

παράγοντες (θόρυβοι, ενοχλητικές συνθήκες, υψηλές απαιτήσεις). Σε αυτή τη σχεσιακά εστιασμένη προσέγγιση συστήνεται η αποφυγή αρνητικά φορτισμένων καταστάσεων (στρεσογόνες, αγχωτικές περιστάσεις), η αποφυγή εκπλήξεων και απρόσμενων αλλαγών της ρουτίνας, η απλοποίηση των οδηγιών και η αποφυγή multitasking, η αποφυγή εκδήλωσης εκνευρισμού και θυμού των φροντιστών και η τήρηση οργανωμένου και δομημένου προγράμματος [148-150].

β) η ολιστική προσέγγιση (holistic approach)

Στοχεύει στην επίγνωση των δυσκολιών και την αποδοχή, με σκοπό την καλύτερη κοινωνική αποκατάσταση. Περιλαμβάνει ατομική και ομαδική ψυχοθεραπευτική παρέμβαση, εργοθεραπευτική παρέμβαση και γνωστική αποκατάσταση. Αυτή η προσέγγιση ακολουθεί κάποια στάδια, έως ότου φτάσει στην ολοκλήρωσή του. Τα στάδια αποτελούνται από 1) εντοπισμό των επιπτώσεων, 2) επίγνωση των επιπτώσεων, 3) αναδιοργάνωση-αναδιαμόρφωση, 4) επανέλεγχο των επιπτώσεων, 5) αποδοχή της νέας πραγματικότητας, 6) επίγνωση και αποδοχή εαυτού και 7) κοινωνική αποκατάσταση. Η ολιστική προσέγγιση έχει δείξει θετικά αποτελέσματα στις επίκτητες συναισθηματικές διακυμάνσεις, την αλληλεπίδραση του ατόμου με το περιβάλλον και την κοινωνική επανένταξη. Επίσης θετική έχει φανεί η συμβολή της εργοθεραπείας στην ψυχολογική και συμπεριφορική έκβαση [148, 151-153].

γ) η προσέγγιση της συστημικής ψυχοθεραπείας (systemic psychotherapy)

Στοχεύει στην αναδιοργάνωση του ασθενή με τη συνδρομή της οικογένειας και τη συμμετοχή ολόκληρης της ομάδας (θεραπευτές, οικογένεια, φροντιστές). Κατά αυτή την προσέγγιση, προσφέρονται ψυχοθεραπείες, ενημέρωση-καθοδήγηση-συμβουλές, και πρακτικές υποδείξεις όπου κρίνεται απαραίτητο [148, 154, 155].

δ) η προσέγγιση της ψυχαναλυτικής ψυχοθεραπείας (psychoanalytical psychotherapy)

Στοχεύει στην ψυχική ανάκαμψη μετά τον τραυματισμό, εμβαθύνοντας σε ζητήματα του εαυτού, επίγνωσης των δυσκολιών και αποδοχής της απώλειας (απώλειας δεξιοτήτων ή/και οργανικής). Η προσέγγιση αυτή μπορεί να εφαρμοστεί από εξειδικευμένους σε TBI ψυχολόγους και ψυχιάτρους, όμως η εγκυρότητα της μεθόδου

στη συγκεκριμένη παθολογία δεν έχει αποδειχθεί επιστημονικά και συστήνεται με επιφύλαξη [148, 156, 157].

ε) *η συμπεριφορική προσέγγιση (behavioral approach)*

Στοχεύει στο σχεδιασμό στρατηγικών που θα βοηθήσουν στον περιορισμό της κακής, παραβατικής και παρορμητικής συμπεριφοράς και ως εκ τούτου, το άτομο θα μπορέσει να αυτορυθμιστεί. Η παρέμβαση περιλαμβάνει στάδια, μέσα από τα οποία ο ασθενής θα καταφέρει να κατανοήσει και να ελέγξει την προκλητική συμπεριφορά και την εύκολη και γρήγορη κόπωση που έχει προκληθεί από την TBI. Τα στάδια περιλαμβάνουν, 1) την σταδιακή έκθεση σε προβληματικές και φορτισμένες καταστάσεις, 2) την ανάπτυξη «εσωτερικού διαλόγου» και αυτό-ομιλίας, 3) την εισαγωγή σημειωμάτων και ημερολογίων στην καθημερινότητα, 4) την εκπαίδευση συμπεριφοράς μέσα από παιχνίδια ρόλων και υποθετικών σεναρίων, 5) την εκπαίδευση σε τεχνικές επίλυσης προβλημάτων, 6) την εκμάθηση τεχνικών χαλάρωσης και τέλος 7) την εκμάθηση αντισταθμιστικών τεχνικών για πρόληψη της κόπωσης (π.χ. μείωση περισπασμών, διαχείριση διάρκειας δραστηριοτήτων). Αξίζει να σημειωθεί πως, κύριο μέλημα του σωστού σχεδιασμού των στρατηγικών είναι η επιβράβευση των θετικών συμπεριφορών για να προάγεται το αποδεκτό πρότυπο, η τροποποίηση του περιβάλλοντος έτσι ώστε να μη δημιουργείται διάσπαση της προσοχής και η παροχή συμβουλευτικής στο οικείο περιβάλλον. Με αυτό τον τρόπο, εξυπηρετούνται σκοποί συμπεριφορικής και ψυχολογικής βελτίωσης [2, 59, 148, 158, 159].

στ) *η γνωστική προσέγγιση (cognitive approach)*

Στοχεύει στην γνωστική αναδιοργάνωση και σε συνδυασμό με τη *συμπεριφορική προσέγγιση*, φροντίζουν να τροποποιήσουν τον παθολογικό τρόπο σκέψης και τις εμμονικές πεποιθήσεις που έχουν δημιουργηθεί ως απόρροια της δυσπροσαρμοστικότητας (maladaptation) μετά τον μετωπιαίο τραυματισμό. Όπως οι παραπάνω προσεγγίσεις αποτελούνταν από βήματα προς επίτευξη του μακροπρόθεσμου στόχου, που σε κάθε περίπτωση είναι η λειτουργικότητα και αυτονομία του ασθενή, έτσι και η γνωστική προσέγγιση έχει μια ιεραρχία όσον αφορά τις προτεραιότητες. Το πρόγραμμα παρέμβασης περιλαμβάνει 1) τον εντοπισμό των διαταραχών του συλλογισμού, 2) την αναγνώριση των γνωστικών διαταραχών και 3) τη σύνθεση της μεθοδολογίας, μέσα από την οποία θα εφαρμοστεί το πρόγραμμα

παρέμβασης, 4) την αντιμετώπιση και μείωση της βλάβης και 5) την σταδιακή και ομαλή έκθεση του ατόμου με ΤΒΙ στο εξωτερικό περιβάλλον. Η μεθοδολογία μπορεί να χρησιμοποιεί τεχνικές αντιστάθμισης και λειτουργική προσαρμογή, ενώ συστήνεται στην ομάδα, η θεραπεία να προσεγγίζει αληθινές και ρεαλιστικές συνθήκες. Επίσης, τα στάδια και οι θεραπευτικές ενισχύσεις κατατάσσονται σε μια κλίμακα, με βάση την ανάγκη για υποστήριξη μέχρι ο ασθενής να φτάσει στην αυτονόμηση. Πιο αναλυτικά, τα στάδια μπορούν να χαρακτηριστούν ως, **πρώιμο στάδιο με τη μέγιστη ανάγκη για θεραπευτική ενίσχυση, μέσο στάδιο με μέτρια ανάγκη για θεραπευτική ενίσχυση και τελικό στάδιο με ελάχιστη ανάγκη για θεραπευτική ενίσχυση** [2, 59, 148, 160, 161].

Παραδείγματα εργαλείων που λειτουργούν συμπληρωματικά και βοηθούν στη γνωστική αποκατάσταση είναι προγράμματα εικονικής πραγματικότητας (virtual reality, VR), τα οποία προσομοιώνουν ρεαλιστικά καθημερινές δραστηριότητες (μαγείρεμα, ψώνια σε καταστήματα) και προετοιμάζουν τον ασθενή να έρθει σε επαφή με το περιβάλλον [162, 163] και το λογισμικό RehaCom, ένα λογισμικό που παρέχει δραστηριότητες, οι οποίες ενισχύουν τις επιτελικές λειτουργίες, την προσοχή και συγκέντρωση και τη μνήμη [164, 165].

ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ

Οι μη φαρμακευτικές προσεγγίσεις μπορούν να δώσουν μια απάντηση για τον τρόπο με τον οποίο θα ανακάμψουν οι επιτελικές λειτουργίες στο σύνολό τους, όμως, αδυνατούν να συγκεκριμενοποιήσουν τί συμβαίνει με την αναστολή απάντησης. Από την άλλη μεριά, οι φαρμακευτικές προσεγγίσεις μπορούν να δράσουν πιο στοχευμένα πάνω σε μία αδυναμία και να τροποποιήσουν το νευροβιολογικό μηχανισμό.

α) Μεθυλφαινιδάτη (methylphenidate)

Η δράση της μεθυλφαινιδάτης είναι διεγερτική και φαίνεται να ενισχύει τους νευροδιαβιβαστές ντοπαμίνης (dopamine, DA) και νοραδρεναλίνης (noradrenaline, NA) [147]. Αξίζει να σημειωθεί πως η DA και η NA είναι πολύ σημαντικές ουσίες για τη λειτουργία του προμετωπιαίου φλοιού και των επιμέρους λειτουργιών του (επιτελικές λειτουργίες) [166]. Έχει παρατηρηθεί, λοιπόν, πως η δράση της μεθυλφαινιδάτης μπορεί να επιφέρει την ανάκαμψη του ανασταλτικού μηχανισμού. Αυτό συμβαίνει λόγω της αύξησης των επιπέδων DA και NA και της παρεμπόδισης

για επαναπρόσληψή τους [147, 166, 167]. Η χορήγηση της μεθυλφαινιδάτης συστήνεται σε περιστατικά ΔΕΠ-Υ και ψυχιατρικά νοσήματα [168, 169].

β) *Ατομοξετίνη* (atomoxetine)

Η ατομοξετίνη δρα με τρόπο παρόμοιο της μεθυλφαινιδάτης, αυξάνοντας τη δράση των νευροδιαβιβαστών DA και NA αλλά παρεμποδίζοντας την επαναπρόσληψή τους. Ενοχοποιείται ότι βοηθάει σε όλους τους τύπους της προσοχής, στη μνήμη και στην αναστολή απάντησης και η χορήγησή της συστήνεται για περιστατικά ΔΕΠ-Υ [169-171].

γ) *Σιταλοπράμη* (citalopram)

Η σιταλοπράμη θεωρείται επιλεκτικός αναστολέας επαναπρόσληψης της σεροτονίνης (selective serotonin reuptake inhibitor, SSRI). Δρα στον κογκικομετωπιαίο φλοιό και άλλες ινιακές περιοχές. Η συγκεκριμένη ουσία χορηγείται σε διάφορες παθήσεις που εμφανίζουν ελλείματα στην αναστολή, κυρίως ψυχιατρικού υπόβαθρου [169, 172].

Έχοντας παραθέσει όλες τις δυνατές προσεγγίσεις της αποκατάστασης, πρέπει να αναφερθούν κάποιες παράμετροι που πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν, πριν αλλά και κατά την έναρξη του προγράμματος. Είναι σημαντικό, να αξιολογείται η κλινική κατάσταση και η ετοιμότητα του ασθενή πριν εκείνος ξεκινήσει τις διαδικασίες ανάκαμψης. Ένας ασθενής που βιώνει έντονο πόνο, δε θα καταφέρει να βγάλει εις πέρας ένα εντατικό πρόγραμμα παρέμβασης [59]. Επομένως, ο χρόνος έναρξης, η συχνότητα εφαρμογής και η ένταση του προγράμματος οφείλει να ανταποκρίνεται στις δυνατότητες του ατόμου. Όταν ο ασθενής είναι έτοιμος, ένα ενισχυμένο διεπιστημονικό πρόγραμμα με συχνή εφαρμογή, μπορεί να επιφέρει καλή έκβαση [173].

Η πορεία της αποκατάστασης εξαρτάται, σε μεγάλο βαθμό, από τη συνεργασία των γονιών-φροντιστών με τη διεπιστημονική ομάδα και την ενεργώ συμμετοχή τους στις θεραπείες. Υψηλής σημαντικότητας είναι η αλληλεπίδραση του θεραπευόμενου με το περιβάλλον, μέσα από εξάσκηση σε δραστηριότητες καθημερινής ζωής (ΔΚΖ), καθώς ο στόχος της αποκατάστασης είναι η επανένταξη και ενσωμάτωση του παιδιού με ΤΒΙ σε πληθώρα περιβαλλόντων, όπως το σπίτι, το σχολείο και η κοινότητα [141, 173, 174].

Τέλος, χρήζει επισήμανσης το γεγονός της νευρωνικής πλαστικότητας. Είναι γνωστό ότι κατά την παιδική ηλικία ο εγκέφαλος είναι περισσότερο εύπλαστος. Ωστόσο, στην περίπτωση του εγκεφαλικού τραυματισμού σε μικρή ηλικία, η πλαστικότητα μπορεί να μην υπόσχεται πολύ θετικά αποτελέσματα, εξαιτίας της βίαιης διακοπής της ανάπτυξης που προήλθε από την κάκωση. Το τί συμβαίνει πραγματικά είναι ακόμη υπό διερεύνηση. Παρόλα αυτά, οι πιθανότητες καλύτερης ανάκαμψης των παιδιών σε συνάρτηση με τον ενήλικο πληθυσμό, τείνουν να είναι καλύτερες. Δυστυχώς, όμως, κάποια ελλείματα και δυσλειτουργίες μπορεί να μη φανούν πριν την ενηλικίωση (περισσότερες απαιτήσεις όσο μεγαλώνει το παιδί και μεγαλύτερη ανάγκη για σύνθετα εκτελεστικά έργα), προσδίδοντας μέχρι τότε την εντύπωση της πλήρους ανάκαμψης [140, 173, 174].

3.3 Πρακτικές Εφαρμογές

Η διπλωματική εργασία (ΔΕ) με τίτλο «*Τραυματική Εγκεφαλική Βλάβη Μετωπιαίων Λοβών στα Παιδιά: Αντιμετώπιση των Επίκτητων Ελλειμάτων στις Επιτελικές Λειτουργίες. Αξιολόγηση – Τεχνικές Αποκατάστασης – Θεραπεία*», παρέθεσε πληροφορίες χρήσιμες για την αναγνώριση και κατανόηση της φυσιολογικής δομής του εγκεφάλου και συγκεκριμένα, των μετωπιαίων λοβών. Η ανατομία, η φυσιολογία και οι λειτουργίες των μετωπιαίων λοβών διαδραματίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην αλληλεπίδραση των ανθρώπων με το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται. Χάρη στην υγιή ανάπτυξη και ωρίμανσή τους, το άτομο μπορεί να επικοινωνήσει, να δράσει και να αποτελέσει ενεργό μέλος της κοινωνίας. Η ΔΕ επισήμανε τους σημαντικότερους πυρήνες των φλοιωδών και υποφλοιωδών δομών των μετωπιαίων λοβών, που ευθύνονται για την ικανότητα του ανθρώπου να συλλογίζεται, να λαμβάνει αποφάσεις, να επιλύει ζητήματα και να εκτελεί απλά και σύνθετα έργα.

Η εξαρτημένη σχέση του προμετωπιαίου φλοιού και άλλων υποφλοιωδών δομών με τις επιτελικές λειτουργίες φανερώνει στον αναγνώστη πόσο καθοριστική μπορεί να γίνει μια επικείμενη βλάβη και του επιτρέπει να εκτιμήσει τη σοβαρότητα των επίκτητων επιτελικών ελλειμάτων. Οι επιτελικές λειτουργίες αποτελούν το «κέντρο ελέγχου» των ερεθισμάτων που λαμβάνονται από το περιβάλλον. Η ύπαρξή τους, χαρίζει στο άτομο, μεταξύ άλλων, γνωστική ευελιξία και λογική σκέψη. Γίνεται, λοιπόν, αντιληπτό, πόσο απαραίτητη είναι η λειτουργία τους στην ανθρώπινη ζωή αλλά

και πόσο σπουδαίο ρόλο διαδραματίζουν στην ωρίμανση του αναπτυσσόμενου ανθρώπου.

Οι πληροφορίες που καταγράφηκαν στα παραπάνω κεφάλαια, για τη συμβολή των επιτελικών λειτουργιών στην καθημερινή ζωή, μπορούν να αποτυπώσουν, τόσο το φυσιολογικό πρότυπο, όσο και το παθολογικό. Επομένως, είναι θετικό, το ότι, μέσα από τη διεξαγωγή αυτής της ΔΕ, ένας θεραπευτής θα έχει τη δυνατότητα να μάθει για τις ανώτερες γνωστικές λειτουργίες και, ενδεχομένως, να αναγνωρίσει δυσκολίες ή ελλείματα στον παιδιατρικό πληθυσμό με τον οποίο εργάζεται στο επαγγελματικό του πλαίσιο. Επιπροσθέτως, διαβάζοντας για την επίδραση μιας τραυματικής εγκεφαλικής βλάβης με μετωπιαίο εντοπισμό, θα είναι σε θέση να αντιληφθεί και, ίσως να προβλέψει, τα ελλείματα που θα προκύψουν, τόσο λόγω της θέσης του τραύματος, όσο και της γνώσης περί της παθολογικής εκδοχής των επιτελικών λειτουργιών.

Έχει δοθεί ιδιαίτερη βάση στον ανασταλτικό μηχανισμό, έναν μηχανισμό σημαντικό για την επαρκή επεξεργασία των ερεθισμάτων του περιβάλλοντος. Η ΔΕ επιτρέπει στον αναγνώστη να κατανοήσει την αναγκαιότητα αυτού του μηχανισμού σε ένα παιδί και να αντιληφθεί ότι η ύπαρξη αναστολών, βοηθά την ανατροφοδότηση από το περιβάλλον, τον αυτοέλεγχο και την τροποποίηση των ενεργειών, αν αυτές είναι ακατάλληλες ή δεν είναι πια απαραίτητες. Γίνεται προφανές, λοιπόν, πως μια μετωπιαία βλάβη (TBI) θα αποδιοργάνωνε τον μηχανισμό αναστολής, ενώ διαταραχές συμπεριφοράς, προσωπικότητας και παρόρμηση, θα πλαισίωναν την κλινική εικόνα του τραυματισμένου ατόμου.

Χρήσιμοι για τους αναγνώστες, θα φανούν οι παράγοντες που συντελούν στην αποκατάσταση αλλά και στο βαθμό ανάκαμψης, ανάλογα τη βαρύτητα του τραύματος αλλά και την ηλικία προσβολής. Η πλαστικότητα δείχνει να προσδίδει θετική πρόγνωση στα παιδιά, όμως, δεν επιφέρει πάντα την καλύτερη έκβαση και πλήρη ανάρρωση, λόγω της ξαφνικής διακοπής της εγκεφαλικής ανάπτυξης.

Με βάση τα στοιχεία που αναφέρθηκαν στη ΔΕ, σχετικά με τις πιθανές προσεγγίσεις παρέμβασης, η θεραπευτική κοινότητα ίσως μπορέσει, πιο ξεκάθαρα, να σχεδιάσει το καλύτερο δυνατό πρόγραμμα αποκατάστασης, με σκοπό την αυτονόμηση του ατόμου. Εκτός αυτού, μέσα από τα στάδια που υπαγορεύει η κάθε προσέγγιση, ο θεραπευτής θα έχει τη δυνατότητα να θέσει πιο σωστά τις θεραπευτικές προτεραιότητες και θα εντοπίσει πιο εύκολα τον τρόπο να εξατομικεύσει την αποκατάσταση.

Τέλος, η ΔΕ είχε ως στόχο να περιγράψει εμπεριστατωμένα τη φυσιολογική και παθολογική ανάπτυξη των επιτελικών λειτουργιών και του μηχανισμού αναστολής,

μετά από TBI και να καθοδηγήσει μια διεπιστημονική ομάδα, ένα θεραπευτή ή ακόμη κι έναν γονιό ή φροντιστή παιδιού που έχει υποστεί αντίστοιχο τραυματισμό, στο να κατανοήσει πώς και γιατί προέκυψαν αυτά τα ελλείματα, πώς να χειριστεί τις επίκτητες διαταραχές και τί αποτελέσματα να προσδοκά.

3.4 Συμπεράσματα

Η TBI στους μετωπιαίους λοβούς μπορεί να προκαλέσει σοβαρή αναπηρία στα παιδιά ή ακόμη και θάνατο. Η συνηθέστερη μορφή τραύματος είναι η διάχυτη αξονική βλάβη, η οποία αποτελείται από κλειστού τύπου τραύμα και έχει ως επακόλουθο πρωτογενείς και δευτερογενείς επιδράσεις, που πολλές φορές δυσχεραίνουν την κατάσταση. Τα παιδιά είναι πιο επιρρεπή στον τραυματισμό, λόγω των μαλακών οστών και των αδύναμων μυών του λαιμού. Καλύτερο ποσοστό ανάκαμψης φαίνεται να έχουν τα παιδιά που τραυματίζονται μεταξύ των ηλικιών 7-9 ετών, εξαιτίας της πυκνής συναπτογένεσης που συμβαίνει στο νευρωνικό δίκτυο εκείνη την περίοδο. Δυστυχώς, δεν είναι ακόμη ξεκάθαρο στη βιβλιογραφία, αν η ηλικία, η βαρύτητα του τραυματισμού και η πλαστικότητα συντελούν στην πλήρη ανάκαμψη του εκτελεστικού συστήματος.

Τα επίκτητα ελλείματα περιορίζουν σε μεγάλο βαθμό το παιδί και φαίνεται ότι προκαλούνται διαταραχές προσωπικότητας και συμπεριφοράς, που εμποδίζουν το παιδί να συμμετέχει εύρυθμα σε κοινωνικές δραστηριότητες. Η αξιολόγηση των ελλειμάτων στις επιτελικές λειτουργίες και την αναστολή απάντησης μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα από πολλά εργαλεία, τα οποία ελέγχουν ξεχωριστά κάθε ικανότητα. Μέσα από την αξιολόγηση, θα φανεί η γνωστική ευελιξία του παιδιού, η ταχύτητα επεξεργασίας των ερεθισμάτων, η ταχύτητα ανταπόκρισης αλλά και η ακρίβεια της απόκρισης. Όταν τα αποτελέσματα της αξιολόγησης υποδείξουν τις διαταραχές και αδυναμίες του ατόμου σε επίπεδο επιτελικών λειτουργιών και αναστολής παρορμήσεων, η διεπιστημονική ομάδα θα το πλαισιώσει, με σκοπό την έναρξη της αποκατάστασης.

Υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις, φαρμακευτικές και μη, με τις φαρμακευτικές να εστιάζουν πιο εύκολα πάνω σε συγκεκριμένη και μεμονωμένη δυσκολία, όπως στην προκειμένη περίπτωση, την αναστολή απάντησης. Η επικρατέστερες μη φαρμακευτικές προσεγγίσεις αποκατάστασης για τις επιτελικές λειτουργίες στο σύνολό τους και κατ' επέκταση και την αναστολή, είναι η γνωστική και η

συμπεριφορική, οι οποίες συνήθως δρουν μαζί για να αντιμετωπίζουν παράλληλα και σε αλληλεπίδραση γνωστικές και συμπεριφορικές διαταραχές. Στο πλαίσιο της αποκατάστασης δημιουργούνται τεχνικές αντιστάθμισης και επιδιώκεται η λειτουργική προσαρμογή. Η επανάληψη και η ένταση της παρέμβασης ενισχύουν την καλή έκβαση, γι' αυτό είναι ωφέλιμο να ορίζεται πυκνή συχνότητα του προγράμματος. Είναι σπουδαίας σημαντικότητας, οι γονείς και φροντιστές του παιδιού με TBI να έχουν επίγνωση των δυσκολιών, ρεαλιστικούς στόχους, ενεργή συμμετοχή στο πρόγραμμα αποκατάστασης και επικοινωνία με τη θεραπευτική ομάδα, ούτως ώστε να παρέχουν στο παιδί κάθε δυνατότητα για βελτίωση και καλή ανάρρωση.

Βιβλιογραφία

- [1] Drake RL, Vogl W, Mitchell AWM. Gray's Ανατομία. ISBN 960-399-472-3. Αθήνα: Εκδόσεις Π.Χ. Παπαγαλίδης, 2007, σελ. 787-788.
- [2] Βάρβογλη Α. Ερευνώντας τους λαβυρίθους του εγκεφάλου. ISBN 960-03-4222-9. Αθήνα: Εκδόσεις Καστανιώτη, 2006, σελ. 76-139.
- [3] Sherwood CC, Smaers JB. What's the fuss over human frontal lobe evolution? Trends in Cognitive Sciences. 2013; 9(17): 432-433.
- [4] Schellekens W, Petridou N, Ramsey NF. Detailed somatotopy in primary motor and somatosensory cortex revealed by Gaussian population receptive fields. NeuroImage. 2018; 179: 337–347.
- [5] Kolba B, Mychasiuka R, Muhammada A, Lia Y, Frost DO, Gibba R, 2012. Experience and the developing prefrontal cortex. 18/12/2021 από https://www.pnas.org/content/pnas/109/Supplement_2/17186.full.pdf.
- [6] Leisman G, Melillo R. The Development of the Frontal Lobes in Infancy and Childhood: Asymmetry and the Nature of Temperament and Affect. In: Frontal lobe: Anatomy, functions and injuries. Editor Andrea E Cavanna. ISBN 1-62081-727-6. New York: Nova Scientific Publishers 2013. Pages 1-30.
- [7] Vandewouw MM, Hunt BAE, Ziolkowski J, Taylor MJ. The developing relations between networks of cortical myelin and neurophysiological connectivity. NeuroImage. 2021; 237: 118-142.
- [8] Καραπέτσας ΑΒ. Νευροψυχολογία του αναπτυσσόμενου ανθρώπου: Πώς θα κατανοήσουμε τη συμπεριφορά Παιδιού-Εφήβου-Ενήλικα. ISBN 978-618-82180-1-7. Βόλος: Εργαστήριο Νευροψυχολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2015; 97-121.
- [9] Corballis MC. Evolution of cerebral asymmetry. In: Evolution of the Human Brain: From Matter to Mind. Editor Michel A. Hofman. ISBN: 9780444643186. Academic Press 2019. Pages 153-178.
- [10] Van Horn JD, Berman KF, Weinberger DR. Functional lateralization of the prefrontal cortex during traditional frontal lobe tasks. Biological Psychiatry. 1996; 39(6): 389-466.
- [11] Groenewegen HJ, Uylings HBM. The prefrontal cortex and the integration of sensory, limbic and autonomic information. In: Cognition, emotion and autonomic responses: The integrative role of the prefrontal cortex and limbic structures. Editor H.B.M. Uylings, G.G. van Eden, J.P.C. de Bruin, M.G.P. Feenstra, C.M.A. Pennartz. ISBN 978-0-444-50332-9. Elsevier 2000. Pages 3-499.
- [12] Hrvoj-Mihica B, Semendeferi K. Neurodevelopmental disorders of the prefrontal cortex in an evolutionary context. In: Evolution of the Human Brain: From Matter to Mind. Editor Michel A. Hofman. ISBN 9780444643186. Academic Press 2019. Pages 109-127.
- [13] Kuo MF, Nitsche MA. Exploring prefrontal cortex functions in healthy humans by transcranial electrical stimulation. Neuroscience Bulletin. 2015; 31(2): 198–206.
- [14] Van Eden CG, Buijs RM. Functional neuroanatomy of the prefrontal cortex: autonomic interactions. In: Cognition, emotion and autonomic responses: The integrative role of the prefrontal cortex and limbic structures. Editor H.B.M. Uylings, G.G. van Eden, J.P.C. de Bruin, M.G.P. Feenstra, C.M.A. Pennartz. ISBN 978-0-444-50332-9. Elsevier 2000. Pages 49-62.
- [15] Akhutina TV, Pylaeva NM. L.Vygotsky, A.Luria and Developmental Neuropsychology. Psychology in Russia: State of the Art. 2011; 5(1): 155-175.
- [16] Bodrova E, Leong DJ, Akhutina TV. When everything new is well-forgotten old: Vygotsky/Luria insights in the development of executive functions. In: Thriving in childhood and adolescence: The role of self-regulation processes. New Directions for Child and Adolescent Development. Editor R. M. Lerner, J. V. Lerner, E. P. Bowers, S. Lewin-Bizan, S. Gestsdottir, & J. B. Urban. ISSN 1534-8687. Wiley Periodicals 2011. Pages 11–28.
- [17] Ardila A, Bernal B, Rosselli M. Executive Functions Brain System: An Activation Likelihood Estimation Meta-analytic Study. In: Archives of Clinical Neuropsychology. Editor Gregory P. Lee. ISSN 1873-5843. Oxford University Press 2018. Pages 379-405
- [18] Miyaky A, Friedman N, Emerson M, Witzki A, Howerter A. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “Frontal Lobe” tasks: A latent variable analysis. Cognitive Psychology. 2000; 41(1): 49–100.
- [19] Ardila A. On the evolutionary origins of executive functions. Brain and Cognition. 2008; 68(1): 92–99.
- [20] Ardila A. There are two different dysexecutive syndromes. Journal of Neurological Disorders. 2013; 1(14): 1–4.
- [21] Salehinejad MA, Ghanavati E, Rashid MHA, Nitsche MA. Hot and cold executive functions in the brain: A prefrontal-cingular network. Brain and Neuroscience Advances. 2021; 5: 1–19.
- [22] Ward J. The Student's Guide to Cognitive Neuroscience. ISBN 978-1-351-03518-7. London: Taylor & Francis 2020. Pages

385-414.

- [23] Miller EK, Cohen JD. An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*. 2001; 24(1): 167–202.
- [24] Stuss DT, Alexander MP. Executive functions and the frontal lobes: A conceptual view. *Psychological Research*. 2000; 63(3): 289–298.
- [25] Bonini F, Burle B, Liégeois-Chauvel C, Régis J, Chauvel P, Vidal F. Action monitoring and medial frontal cortex: Leading role of supplementary motor area. *Science*. 2014; 343(6173): 888–891.
- [26] Lewis SJ, Dove A, Robbins TW, Barker RA, Owen AM. Striatal contributions to working memory: A functional magnetic resonance imaging study in humans. *European Journal of Neuroscience*. 2004; 19(3): 755–760.
- [27] Andrés P, Van der Linden M. Are central executive functions working in patients with focal frontal lesions? *Neuropsychologia*. 2002; 40(7): 835–845.
- [28] Hausen HS, Lachmann EA, Nagler W. Cerebral diaschisis following cerebellar hemorrhage. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1997; 78(5): 546–549.
- [29] Diamond A. Executive functions. *Annual Review of Psychology*. 2013; 64(1): 135–168.
- [30] Niendam TA, Laird AR, Ray KL, Dean MY, Glahn DC, Carter CS. Meta-analytic evidence for a superordinate cognitive control network subserving diverse executive functions. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*. 2012; 12(2): 241–268.
- [31] Sauseng P, Klimesch W, Schabus M, Doppelmayr M. Fronto-parietal EEG coherence in theta and upper alpha reflect central executive functions of working memory. *International Journal of Psychophysiology*. 2005; 57(2): 97–103.
- [32] Blair C, Raver CC. School Readiness and Self-Regulation: A Developmental Psychobiological Approach. *Annual Review of Psychology*. 2015; 66: 711–731.
- [33] Oberer N, Gashaj V, Roebbers CM. Executive functions, visual-motor coordination, physical fitness and academic achievement: Longitudinal relations in typically developing children. *Human Movement Science*. 2018; 58: 69–79.
- [34] Chaku N, Hoyt LT, Barry K. Executive functioning profiles in adolescence: Using person-centered approaches to understand heterogeneity. *Cognitive Development*. 2021; 60: 1-19.
- [35] Bettcher BM, Mungas D, Patel N, Eloffson J, Dutt S, Wynna M, Watson CL, Stephens M, Walsh CM, Kramer JH. Neuroanatomical substrates of executive functions: Beyond prefrontal structures. *Neuropsychologia*. 2016; 85: 100–109.
- [36] Albinet CT, Boucard G, Bouquet CA, Audiffren M. Processing speed and executive functions in cognitive aging: How to disentangle their mutual relationship? *Brain and Cognition*. 2012; 79(1): 1–11.
- [37] Kerchner GA, Racine CA, Hale S, Wilhelm R, Laluz V, Miller BL, Kramer JH, 2012. Cognitive processing speed in older adults: relationship with white matter integrity. 19/12/2021 από <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0050425>.
- [38] Chambers CD, Garavan H, Bellgrove MA. Insights into the neural basis of response inhibition from cognitive and clinical neuroscience. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2009; 33(5): 631–646.
- [39] Salvia E, Aïte A, Vidal J, Borst G. Hot and cool response inhibition abilities develop linearly from late childhood to young adulthood. *Cognitive Development*. 2021; 58 (1): 1-6.
- [40] Eagle DM, Bari A, Robbins TW. The neuropsychopharmacology of action inhibition: Cross-species translation of the stop-signal and go/no-go tasks. *Psychopharmacology*. 2008; 199(3): 439–456.
- [41] Diamond A, Ling DS. Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience*. 2016; 18: 34–48.
- [42] Aïte A, Cassotti M, Linzarini A, Osmont A, Houd' e O, Borst G. Adolescents' inhibitory control: Keep it cool or lose control. *Developmental Science*. 2018; 21(1): 1-9.
- [43] Urben S, Van der Linden M, Barisnikov K. Emotional modulation of the ability to inhibit a prepotent response during childhood. *Developmental Neuropsychology*. 2012; 37(8): 668–681.
- [44] Schel MA, Crone EA, 2013. Development of response inhibition in the context of relevant versus irrelevant emotions. 19/12/2021 από <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2013.00383/full>.
- [45] Guarino KF, Wakefield EM, Morrison RG, Richland LE. Exploring how visual attention, inhibitory control, and co-speech gesture instruction contribute to children's analogical reasoning ability. *Cognitive Development*. 2021; 58(1): 1-15.
- [46] Dumas LAA, Morrison RG, Richland LE, 2018. Individual differences in relational learning and analogical reasoning: A computational model of longitudinal change. 19/12/2021 από <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.01235/full>.

- [47] Scheres A, Oosterlaan J, Geurts H, Morein-Zamir S, Meiran N, Schut H, Vlasveld L, Sergeant JA. Executive functioning in boys with ADHD: Primarily an inhibition deficit? *Archives of Clinical Neuropsychology*. 2004; 19(4): 569–594.
- [48] Barkley RA. Behavioral Inhibition, Sustained Attention, and Executive Functions: Constructing a Unifying Theory of ADHD. *Psychological Bulletin*. 1997; 121(1): 65-94.
- [49] Ribeiro F, Cavaglia R, Rato JR. Sex differences in response inhibition in young children. *Cognitive Development*. 2021; 58: 1-11.
- [50] Kochanska G, Murray KT, Harlan ET. Effortful Control in Early Childhood: Continuity and Change, Antecedents and Implications for Social Development. *Developmental Psychology*. 2000; 36(2): 220-232.
- [51] Driscoll H, Zinkivskay A, Evans K, Campbell A. Gender differences in social representations of aggression: The phenomenological experience of differences in inhibitory control? *British Journal of Psychology*. 2006; 97(Pt 2): 139-153.
- [52] Mansouri FA, Fehring DJ, Gaillard A, Jaberzadeh S, Parkington H. Sex dependency of inhibitory control functions. *Biology of Sex Differences*. 2016; 7(11): 1-13.
- [53] Lenroot RK, Gogtay N, Greenstein DK, Wells EM, Wallace GL, Clasen LS, Blumenthal LD, Lerch J, Zijdenbos AP, Evans AC, Thompson PM, Giedda JN. Sexual dimorphism of brain developmental trajectories during childhood and adolescence. *NeuroImage*. 2007; 36(4): 1065-1073.
- [54] Aron A. The Neural Basis of Inhibition in Cognitive Control. *The Neuroscientist*. 2007; 13(3): 214-228
- [55] Picton TW, Stuss DT, Alexander MP, Shallice T, Binns MA, Gillingham S. Effects of Focal Frontal Lesions on Response Inhibition. *Cerebral Cortex*. 2007; 17(4): 826-838.
- [56] Sabet N, Soltani Z, Khaksari M. Multipotential and systemic effects of traumatic brain injury. *Journal of Neuroimmunology*. 2021; 357: 1-14.
- [57] Dewan MC, Rattani A, Gupta S, Baticulon RE, Hung YC, Punchak M, Agrawal A, Adeleye AO, Shrima MG, Rubiano AM. Estimating the global incidence of traumatic brain injury. *Journal of Neurosurgery*. 2018; 130(4): 1080–1097.
- [58] Bazarian JJ, Cernak I, Noble-haesslein L, Potolicchio S, Temkin N. Long-term neurologic outcomes after traumatic brain injury. *The Journal of Head Trauma Rehabilitation*. 2009; 24(6): 439–451.
- [59] Davis AG. *Αφασιολογία: Διαταραχές και Κλινική Πρακτική*. ISBN 978-960-489-112-2. Αθήνα: Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης, 2011, σελ. 377-420.
- [60] Mofid B, Soltani Z, Khaksari M, Shahrokhi N, Nakhaee N, Karamouzian S, Ahmadinejad M, Maiel M, Khazaeli P. What are the progesterone-induced changes of the outcome and the serum markers of injury, oxidant activity and inflammation in diffuse axonal injury patients? *International Immunopharmacology*. 2016; 32: 103–110.
- [61] Koliatsos VE, Rao V. The behavioral neuroscience of traumatic brain injury. *Neuropsychiatry*. 2020; 43(2): 213-414.
- [62] Schmidt OI, Infanger M, Heyde CE, Ertel W, Stahel PF, 2004. The role of neuroinflammation in traumatic brain injury. 21/12/2021 από <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00068-004-1394-9>.
- [63] Dehghanian F, Soltani Z, Khaksari M, 2020. Can Mesenchymal Stem Cells Act Multipotential in Traumatic Brain Injury? 21/12/2021 από <https://link.springer.com/article/10.1007/s12031-019-01475-> .
- [64] Κ Παπαδοπούλου, Γ Τσαούση. Παθοφυσιολογική προσέγγιση της επιβάρυνσης των νευρογνωσιακών διαταραχών σε ασθενείς με κρανιοεγκεφαλική κάκωση. *Archives of Hellenic Medicine*. 2020; 37(4): 445-456.
- [65] Ανέστης Μπεκριδέλης. Κρανιοεγκεφαλικές Κακώσεις. *Θέματα Αναισθησιολογίας και Εντατικής Ιατρικής*. 1993; 9(18-19): 132-143.
- [66] Wildea EA, Merkleya TL, Bigler ED, Maxh JE, Schmidta AT, Ayouba KW, McCauleya SR, Hunterb JV, Hantena G, Li X, Chub ZD, Levina HS. Longitudinal changes in cortical thickness in children after traumatic brain injury and their relation to behavioral regulation and emotional control. *International Journal of Developmental Neuroscience*. 2012; 30: 267-276.
- [67] Beauchamp MH, Ditchfield M, Maller JJ, Catroppa C, Godfrey C, Rosenfeld JV, Anderson VA. Hippocampus, amygdala and global brain changes 10 years after childhood traumatic brain injury. *International Journal of Developmental Neuroscience*. 2011; 29(2): 137–143.
- [68] McCauley SR, Wilde EA, Merkle TL, Schnelle KP, Bigler ED, Hunter JV, Chu Z, Vásquez AC, Levin HS. Patterns of cortical thinning in relation to event-based prospective memory performance three months after moderate to severe traumatic brain injury in children. *Developmental Neuropsychology*. 2010; 35(3): 318–332.
- [69] Rausa VC, Shapiro J, Seal ML, Davis GA, Anderson V, Babl FE, Veal R, Parkin G, Ryan NP, Takagi M. Neuroimaging in paediatric mild traumatic brain injury: a systematic review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2020; 118: 643-653.
- [70] Suskauer SJ, Huisman TA. Neuroimaging in pediatric traumatic brain injury: current and future predictors of functional

- outcome. *Developmental Disabilities Research Review*. 2009; 15(2): 117–123.
- [71] Rosso IM, Young AD, Femia LA, Yurgelun-Todd DA. Cognitive and emotional components of frontal lobe functioning in childhood and adolescence. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2004; 1021(1): 355–362.
- [72] Christensen J, Eyolfson E, Salberg S, Mychasiuk R. Traumatic brain injury in adolescence: A review of the neurobiological and behavioural underpinnings and outcomes. *Developmental Review*. 2021; 59(1): 1-15.
- [73] Christensen J, Noel M, Mychasiuk R. Neurobiological mechanisms underlying the sleep-pain relationship in adolescence: A review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2019; 96: 401–413.
- [74] Sisk CL, Zehr JL. Pubertal hormones organize the adolescent brain and behavior. *Frontiers in Neuroendocrinology*. 2005; 26(3–4): 163–174.
- [75] Catroppa C, Anderson V, Ditchfield M, Coleman L. Using magnetic resonance imaging to predict new learning outcome at 5 years after childhood traumatic brain injury. *Journal of Child Neurology*. 2008; 23(5): 486–496.
- [76] Max JE, Keatley E, Wilde EA, Bigler ED, Schachar RJ, Saunders AE, Ewing-Cobbs L, Chapman SB, Dennis M, Yang TT, Levin HS. Depression in children and adolescents in the first 6 months after traumatic brain injury. *International Journal of Developmental Neuroscience*. 2011; 30(3): 239-245.
- [77] Karlin AM. Concussion in the pediatric and adolescent population: “Different population, different concerns”. *PM&R*. 2011; 3(10): 369–379.
- [78] Rivara FP, Koepsell TD, Wang J, Temkin N, Dorsch A, Vavilala MS, Durbin D, Jaffe KM. Disability 3, 12, and 24 months after traumatic brain injury among children and adolescents. *Pediatrics*. 2011; 128(5): 1129–1138.
- [79] Jacobs R, Harvey AS, Anderson V. Executive function following focal frontal lobe lesions: Impact of timing of lesion on outcome. *Cortex*. 2007; 43(6): 792-805.
- [80] Anderson P. Assessment and Development of Executive Function (EF) During Childhood. *Child Neuropsychology*. 2002; 8(2): 71-82.
- [81] Eslinger PJ, Grattan LM, Damasio H, Damasio AR. Developmental consequences of childhood frontal lobe damage. *Archives of Neurology*. 1992; 49(7): 764–769.
- [82] Sariaslan A, Sharp DJ, D’Onofrio BM, Larsson H, Fazel S. Long-term outcomes associated with traumatic brain injury in childhood and adolescence: A nationwide Swedish cohort study of a wide range of medical and social outcomes. *PLoS Medicine*. 2016; 13(8): 1-18.
- [83] Kennard MA. Cortical reorganization of motor function. *Archives of Neurology and Psychiatry*. 1942; 48(2): 227-240.
- [84] Hebb DO, 1949. *The Organization of Behavior*. 28/12/2021 από https://pure.mpg.de/rest/items/item_2346268_3/component/file_2346267/content.
- [85] Anderson V, Moore C. Age at injury as a predictor of outcome following pediatric head injury: A longitudinal perspective. *Child Neuropsychology*. 1995; 1(3): 187-202.
- [86] Kolb B. Synaptic Plasticity and the Organization of Behaviour After Early and Late Brain Injury. *Canadian Journal of Experimental Psychology*. 1999; 53(1): 62-75.
- [87] Vargha-Khadem F, Carr LJ, Isaacs E, Brett E, Adams C, Mishkin M. Onset of speech after left hemispherectomy in a nine-year-old boy. *Brain*. 1997; 120(1): 159-182.
- [88] Ornstein TJ, Max JE, Schachar R, Dennis M, Bames M, Ewing-Cobbs L, Levin HS. Response inhibition in children with and without ADHD after traumatic brain injury. *Journal of Neuropsychology*. 2013; 7(1): 1–11.
- [89] Mattson AJ, Levin HS. Frontal lobe dysfunction following closed head injury. A review of the literature. *Journal of Nervous and Mental Disease*. 1990; 178(5): 282–291.
- [90] Levin HS, Hanten, G. Executive functions after traumatic brain injury in children. *Pediatric Neurology*. 2005; 33(2): 79–93.
- [91] Power T, Catroppa C, Coleman L, Ditchfield M, Anderson V. Do lesion site and severity predict deficits in attentional control after preschool traumatic brain injury (TBI)? *Brain Injury*. 2007; 21(3): 279–292.
- [92] Aron AR, Poldrack RA. The cognitive neuroscience of response inhibition: Relevance for genetic research in ADHD. *Biological Psychiatry*. 2005; 57(11): 1285–1292.
- [93] Anderson VA, Anderson P, Northam E, Jacobs R, Mikiewicz O. Relationships between cognitive and behavioral measures of executive function in children with brain disease. *Child Neuropsychology*. 2002; 8(4): 231–240.
- [94] Leblanc N, Chen S, Swank PR, Ewing-Cobbs L, Bames M, Dennis M, Schachar R. Response inhibition after traumatic brain injury (TBI) in children: Impairment and recovery. *Developmental Neuropsychology*. 2005; 28(3): 829–848.

- [95] Chevrier AD, Noseworthy MD, Schachar R. Dissociation of response inhibition and performance monitoring in the stop signal task using event-related fMRI. *Human Brain Mapping*. 2007; 28 (12): 1347–1358.
- [96] Lipszyc J, Levin H, Hanten G, Hunter J, Dennis M, Schachar R. Frontal White Matter Damage Impairs Response Inhibition in Children Following Traumatic Brain Injury. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 2014; 29(3): 289–299.
- [97] Aron AR, Behrens TE, Smith S, Frank MJ, Poldrack RA. Triangulating a cognitive control network using diffusion-weighted magnetic resonance imaging (MRI) and functional MRI. *Journal of Neuroscience*. 2007; 27(14): 3743–3752.
- [98] Godefroy O. Frontal syndrome and disorders of executive functions. *Journal of Neurology*. 2003; 250(1): 1-6.
- [99] Levine B, Katz DI, Dade L, Black SE. Novel approaches to the assessment of frontal damage and executive deficits in traumatic brain injury. In: *Principles of frontal lobe function*. Editors Donald T. Stuss, Robert T. Knight. ISBN 13: 9780195134971. Oxford University Press 2002. Pages 448–465.
- [100] Wozniak JR, Krach L, Ward E, Mueller BA, Muetzel R, Schnoebelen S. Neurocognitive and neuroimaging correlates of pediatric traumatic brain injury: A diffusion tensor imaging (DTI) study. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 2007; 22(5): 555–568.
- [101] Levin HS, Wilde EA, Chu Z, Yallampalli R, Hanten GR, Li X. Diffusion tensor imaging in relation to cognitive and functional outcome of traumatic brain injury in children. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*. 2008; 23(4): 197–208.
- [102] Ornstein TJ, Levin HS, Chen S, Hanten G, Ewing-Cobbs L, Dennis M. Performance monitoring in children following traumatic brain injury. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*. 2009; 50(4): 506–513.
- [103] Schachar R, Levin HS, Max JE, Purvis K, Chen S. Attention deficit hyperactivity disorder symptoms and response inhibition after closed head injury in children: Do preinjury behavior and injury severity predict outcome? *Developmental Neuropsychology*. 2004; 25(1–2): 179–198.
- [104] Niedzwecki CM, Rogers AT, Fallat ME. Using Rehabilitation along the Pediatric Trauma Continuum as a Strategy to Define Outcomes in Traumatic Brain Injury. *Clinical Pediatric Emergency Medicine*. 2018; 19(3): 260-27.
- [105] Schuchat A, Houry D, Baldwin G. The Management of Traumatic Brain Injury in Children: Opportunities for Action. 30/12/2021 από <https://www.cdc.gov/traumaticbraininjury/pdf/reportstocongress/managementoftbiinchildren/TBI-ReporttoCongress-508.pdf>.
- [106] Naess HL, Vikane E, Wehling EI, Skouen JS, Bell RF, Johnsen LG. Effect of Early Interdisciplinary Rehabilitation for Trauma Patients: A Systematic Review. *Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation*. 2020; 2(4): 1-8.
- [107] Vasudevan V, Amatya B, Chopra S, Zhang N, Astrakhantseva I, Khan F. Minimum technical standards and recommendations for traumatic brain injury specialist rehabilitation teams in sudden-onset disasters (for Disaster Rehabilitation Committee special session). *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2018; 61: 120.
- [108] Τάβταρος Σ, Νικολάου Ο. Executive functions: Exploration of the “Behavior Rating Inventory of Executive Function” (BRIEF) in 6-12 aged children. *Psychology: the Journal of the Hellenic Psychological Society*. 2009; 16(4): 361-378.
- [109] Scarpina F, Tagini S. The Stroop Color and Word Test. 30/12/2021 από <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2017.00557/full>
- [110] Stroop JR. Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*. 1935; 18(6): 643–662.
- [111] Jensen AR, Rohwer WD. The Stroop Color-Word Test: a Review. *Acta Psychologica*. 1966; 25(1): 36–93.
- [112] Kane MJ, Engle RW. Working-memory capacity and the control of attention: the contributions of goal neglect, response competition, and task set to Stroop interference. *Journal of Experimental Psychology: General*. 2003; 132(1): 47–70.
- [115] Stuss DT, Floden D, Alexander MP, Levine B, Katz D. Stroop performance in focal lesion patients: dissociation of processes and frontal lobe lesion location. *Neuropsychologia*. 2001; 39(8): 771–786.
- [116] Swick D, Jovanovic J. Anterior cingulate cortex and the Stroop task: Neuropsychological evidence for topographic specificity. *Neuropsychologia*. 2002; 40(8): 1240–1253.
- [117] Verbruggen F, Liefooghe B, Vandierendonck A. The interaction between stop-signal inhibition and distractor interference in the flanker and Stroop task. *Acta Psychologica*. 2004; 116(1): 21–37.
- [118] Logan GD, Cowan WB. On the ability to inhibit thought and action: A theory of an act of control. *Psychological Review*. 1984; 91(3): 295–327.
- [119] Kalanthroff E, Goldfarb L, Henik A. Evidence for interaction between the stop-signal and the Stroop task conflict. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*. 2013; 39(2): 579–592.
- [120] Verbruggen F, Logan GD. Models of response inhibition in the stop-signal and stop-change paradigms. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 2009; 33(5): 647–661.

- [121] Verbruggen F, Logan GD. Response inhibition in the stop-signal Paradigm. *Trends in Cognitive Science*. 2008; 12(11): 418-424.
- [122] Nigg JT. On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: Views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin*. 2000; 126(2): 220-246.
- [123] Stahl C, Voss A, Schmitz F, Nuszbaum M, Tuscher O, Lieb K, Klauer KC. Behavioral components of impulsivity. *Journal of Experimental Psychology: General*. 2014; 143(2): 850–856.
- [124] Friedman NP, Miyake A. The relations among inhibition and interference control functions: A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*. 2004; 133(1): 101–135.
- [125] Geurts HM, Van den Bergh SF, Ruzzano L. Prepotent response inhibition and interference control in autism spectrum disorders: Two meta-analyses. *Autism Research*. 2014; 7(4): 407–420.
- [126] Meule A. Reporting and Interpreting Task Performance in Go/No-Go Affective Shifting Tasks. 30/12/2021 από <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2017.00701/full>.
- [127] Kaufman JN, Ross TJ, Stein EA, Garavan H. Cingulate hypoactivity in cocaine users during a GO–NOGO task as revealed by event-related functional magnetic resonance imaging. *Journal of Neuroscience*. 2003; 23(21): 7839–7843.
- [128] Smith JL, Jamadar S, Provost AL, Michie PT. Motor and non-motor inhibition in the Go/NoGo task: An ERP and fMRI study. *International Journal of Psychophysiology*. 2013; 87(3): 244-253.
- [129] Benikos N, Johnstone SJ, Roodenrys SJ. Varying task difficulty in the Go/Nogo task: The effects of inhibitory control, arousal, and perceived effort on ERP components. *International Journal of Psychophysiology*. 2013; 87(3): 262-272.
- [130] Murphy FC, Sahakian BJ, Rubinsztein JS, Michael A, Rogers RD, Robbins TW, Paykel ES. Emotional bias and inhibitory control processes in mania and depression. *Psychological Medicine*. 1999; 29(6): 1307–1321.
- [131] Liu H, Zhang Q. Response inhibition in the task-switching paradigm. *Biological Psychology*. 2020; 156: 1-9.
- [132] Koch I, Poljac E, Müller H, Kiesel A. Cognitive structure, flexibility, and plasticity in human multitasking-An integrative review of dual-task and task-switching research. *Psychological Bulletin*. 2018; 144(6): 557–583.
- [133] Altmann EM. Testing probability matching and episodic retrieval accounts of response repetition effects in task switching. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2011; 37(4): 935–951.
- [134] Gade M, Schuh S, Druet M, Koch I. Inhibitory control in task switching. In: *Task switching and cognitive control*. Editors James Grange, George Houghton. ISBN-13: 9780199921959. Oxford University Press 2014. Pages 137–159.
- [135] Rogers RD, Monsell SD. Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*. 1995; 124(2): 207–231.
- [136] Hübner R, Druet MD. Response execution, selection, or activation: what is sufficient for response-related repetition effects under task shifting? *Psychological Research*. 2006; 70(4): 245–261.
- [137] Eriksen BA, Eriksen CW. Effects of noise letters on the identification of target letters in a non-search task. *Perception & Psychophysics*. 1974; 16(1): 143–149.
- [138] Ghinescu R, Schachtman TR, Ramsey AK, Gratton G, Fabiani M. Conflict adaptation adaptation and cue competition in an Eriksen flanker task. 30/12/2021 από <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0167119>.
- [139] Gratton G, Coles MGH, Donchin E. Optimizing the use of information: Strategic control of activation of responses. *Journal of Experimental Psychology: General*. 1992; 121(4): 480–506.
- [140] Richardson RA, Michener PN, Gann CL, Womack A, Ghinescu R, Schachtman TR. Potentiation of performance in an Eriksen flanker task. *Learning and Motivation*. 2021; 73: 1-9.
- [141] Kennedy MRT, Coelho C. Self-Regulation after Traumatic Brain Injury: A Framework for Intervention of Memory and Problem Solving. *Seminars in Speech and Language*. 2005; 26(4): 242-255.
- [142] Butterfield EC, Belmont JM. Assessing and improving the executive cognitive functions of mentally retarded people. In: *The psychology of mental retardation: Issues and approaches*. Editors Irv Bialer, Manny Sternlicht. ISBN: 0-88437-013-5. Psychological Dimensions 1977. Pages 277–318.
- [143] Pascual-Leone J. Reflections on Working Memory: Are the Two Models Complementary? *Journal of Experimental Child Psychology*. 2000; 77(2): 138–154.
- [144] Tranel D, Eslinger PJ. Effects of Early Onset Brain Injury on the Development of Cognition and Behavior: Introduction to the Special Issue. *Developmental Psychology*. 2000; 18(3): 273-280.
- [145] McDonald BC, Flashmana LA, Saykina AJ. Executive dysfunction following traumatic brain injury: Neural substrates and treatment strategies. *NeuroRehabilitation*. 2002; 17(4): 333-344.

- [146] Kennedy MRT, Coelho C, Turkstra L, Ylvisaker M, Sohlberg MM, Yorkston K, Chiou HH, Kan PF. Intervention for executive functions after traumatic brain injury: A systematic review, meta-analysis and clinical recommendations. *Neuropsychological Rehabilitation*. 2008; 18(3): 257-299.
- [147] Moreno-López L, Manktelow AE, Sahakian BJ, Menona DK, Stamatakis EA. Anything goes? Regulation of the neural processes underlying response inhibition in TBI patients. *European Neuropsychopharmacology*. 2017; 27(2): 159–169.
- [148] Wiart L, Luaute J, Stefan A, Plantier D, Hamonete J. Non pharmacological treatments for psychological and behavioural disorders following traumatic brain injury (TBI). A systematic literature review and expert opinion leading to recommendations. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2016; 59(1): 31–41.
- [149] Hanks RA, Rapport LJ, Wertheimer J, Koviak C. Randomized Controlled Trial of Peer Mentoring for Individuals With Traumatic Brain Injury and Their Significant Others. *American Congress of Rehabilitation Medicine*. 2012; 93(8): 1297-1304.
- [150] Walker A, Nott MT, Doyle M, Onus M, McCarthy, Baguley IJ. Effectiveness of a group anger management programme after severe traumatic brain injury. *Brain Injury*. 2010; 24(3): 517-524.
- [151] Schönberger M, Humle F, Teasdale TW. The development of the therapeutic working alliance, patients' awareness and their compliance during the process of brain injury rehabilitation. *Brain Injury*. 2006; 20(4): 445-454.
- [152] Dahlberg CA, Cusick CP, Hawley LA, Newman JK, MA, Morey CE, Harrison-Felix CL, Whiteneck GG. Treatment Efficacy of Social Communication Skills Training After Traumatic Brain Injury: A Randomized Treatment and Deferred Treatment Controlled Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2007; 88(12): 1561-1573.
- [153] Hofer H, Holtforth MG, Frischknecht E, Znoj HJ. Fostering Adjustment to Acquired Brain Injury by Psychotherapeutic Interventions: A Preliminary Study. *Applied Neuropsychology*. 2010; 17(1): 18-26.
- [154] Lefebvre H, Pelchat D, Levert MJ. Interdisciplinary Family Intervention Program: A Partnership Among Health Professionals, Traumatic Brain Injury Patients, and Caregiving Relatives. *Journal of Trauma Nursing*. 2007; 14(2): 100-113.
- [155] Kreutzer JS, Stejskala TM, Godwina EE, Powell VD, Arango-Lasprilla JC. A mixed methods evaluation of the Brain Injury Family Intervention. *NeuroRehabilitation*. 2010; 27(1): 19–29.
- [156] Lewis L, Rosenberg SJ. Psychoanalytic Psychotherapy with Brain-Injured Adult Psychiatric Patients. *The Journal of Nervous and Mental Disease*. 1990; 178(2): 69-77.
- [157] Miller L. Psychotherapy of the brain-injured patient: Principles and practices. *Cognitive Rehabilitation*. 1991; 9(2): 24–30.
- [158] Manchester D, Wall G, Dawson P, Jackson H. A forensic peer group approach to bullying after traumatic brain injury. *Neuropsychological Rehabilitation*. 2007; 17(2): 206-229.
- [159] Waldron B, Casserly LM, O'Sullivan C. Cognitive behavioural therapy for depression and anxiety in adults with acquired brain injury: What works for whom? *Neuropsychological Rehabilitation*. 2012; 23(1): 64-101.
- [160] Anson K, Ponsford J. Who benefits? Outcome following a coping skills group intervention for traumatically brain injured individuals. *Brain Injury*. 2006; 20(1): 1-13.
- [161] Mateer CA, Sira CS. Cognitive and emotional consequences of TBI: Intervention strategies for vocational rehabilitation. *NeuroRehabilitation*. 2006; 21(4): 315–326.
- [162] Maggio MG, De Luca R, Molonia F, Porcari B, Destro M, Casella C, Salvati R, Bramanti P, Calabro RS. Cognitive rehabilitation in patients with traumatic brain injury: A narrative review on the emerging use of virtual reality. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2019; 61: 1-4.
- [163] Alashram AR, Annino G, Padua E, Romagnoli C, Mercuri NB. Cognitive rehabilitation post traumatic brain injury: A systematic review for emerging use of virtual reality technology. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2019; 66: 209–219.
- [164] Pantartzidou A, Dionysiotis Y, Stefan E, Samliidi E, Georgiadis T, Kandyllakis E. RehaCom software application is effective in cognitive rehabilitation of patients with brain injuries. 30/12/2021 από <https://www.oatext.com/rehaCom-software-application-is-effective-in-cognitive-rehabilitation-of-patients-with-brain-injuries.php>.
- [165] Fernández E, Bringas ML, Salazar S, Rodríguez D, García ME, Torres M. Clinical Impact of RehaCom Software for Cognitive Rehabilitation of Patients with Acquired Brain Injury. *MEDICC Review*. 2012; 14(4): 32-35.
- [166] Amsten AFT, Li BM. Neurobiology of Executive Functions: Catecholamine Influences on Prefrontal Cortical Functions. *Biological Psychiatry*. 2005; 57(11): 1377-1384.
- [167] Aron AR, Dowson JH, Sahakian BJ, Robbins TW. Methylphenidate Improves Response Inhibition in Adults with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Biological Psychiatry*. 2003; 54(12): 1465-1468.

- [168] Vaidya CJ, Austin G, Kirkorian G, Ridlehuber HW, Desmond JE, Glover GH, Gabriel GDE. Selective effects of methylphenidate in attention deficit hyperactivity disorder: A functional magnetic resonance study. *PNAS*. 1998; 95(24): 14494-14499.
- [169] Nandam LS, Hester R, Bellgrove MA. Dissociable and common effects of methylphenidate, atomoxetine and citalopram on response inhibition neural networks. *Neuropsychologia*. 2014; 56: 263–270.
- [170] Gau SSF, Shang CY. Improvement of executive functions in boys with attention deficit hyperactivity disorder: an open-label follow-up study with once-daily atomoxetine. *International Journal of Neuropsychopharmacology*. 2010; 13(2): 243–256.
- [171] Chamberlain SR, Hampshire A, Müller U, Rubia K, del Campo N, Craig K, Regenthal R, Suckling J, Roiser JP, Grant JE, Bullmore ET, Robbins TW, Sahakian BJ. Atomoxetine Modulates Right Inferior Frontal Activation During Inhibitory Control: A Pharmacological Functional Magnetic Resonance Imaging Study. *Biological Psychiatry*. 2009; 65(7): 550-555.
- [172] Hennig J, Netter P. Oral application of citalopram (20 mg) and its usefulness for neuroendocrine challenge tests. *International Journal of Neuropsychopharmacology*. 2002; 5(1): 67-71.
- [173] Palanivel V, Burrough M. Acquired brain injury in children, and their rehabilitation: where we are now? *Paediatrics and Child Health*. 2021; 31(5): 176-180.
- [174] Turner-Stokes L, Wade D. Rehabilitation following acquired brain injury: concise guidance. *Clinical Medicine*. 2004; 4(1): 61-65.