



ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**«Ο Ρόλος της Επεμβατικής Νευροακτινολογίας στην αντιμετώπιση του οξέος
ισχαιμικού αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου. Ο Ρόλος του Τεχνολόγου
ακτινολόγου»**
**«The Role of Interventional Neuroradiology in the Management of Acute Ischemic
Stroke. The Role of the Radiographer»**

υπό

ΣΑΛΑΓΙΑΝΝΗ ΔΗΜΗΤΡΑ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Διπλώματος Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Φυσικές Αρχές Βιοϊατρικής Απεικόνισης και Ακτινοπροστασία»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή
Ιωαννίδης Ιωάννης, Επ. Καθηγητής, ΤΙ ΠΘ
Βλυχού Μαριάννα, Καθηγήτρια, ΤΙ ΠΘ
Τσούγκος Ιωάννης, Καθηγητής, ΤΙ ΠΘ

Λάρισα, 2025

Ευχαριστίες

Η ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας δεν θα ήταν εφικτή χωρίς την υποστήριξη και τη συμβολή πολλών ανθρώπων, στους οποίους οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες.

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω την βαθιά μου ευγνωμοσύνη στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Ιωαννίδη Ιωάννη Επίκουρο Καθηγητή Επεμβατικής Νευροακτινολογίας του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την αμέριστη καθοδήγηση, την επιστημονική του κατάρτιση και την υπομονή που επέδειξε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας μου. Οι συμβουλές και η υποστήριξή του υπήρξαν πολύτιμες και με βοήθησαν να ξεπεράσω κάθε δυσκολία.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλα τα μέλη της επιτροπής αξιολόγησης της διατριβής μου και συγκεκριμένα τον κ^ο Τσούγκο Ιωάννη, Καθηγητή Ιατρικής Φυσικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και Διευθυντή του Μεταπτυχιακού Προγράμματος BIRP και την κ^α Βλυχού Μαριάννα Καθηγήτρια Ακτινοδιαγνωστικής του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τις παρατηρήσεις τους, που συνέβαλαν στην περαιτέρω βελτίωση της εργασίας μου, καθώς και όλους τους διδάσκοντες του Μεταπτυχιακού Προγράμματος BIRP που μου μετέδωσαν πολύτιμες γνώσεις καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Θερμές ευχαριστίες ανήκουν επίσης στην οικογένειά μου, στον Άλεξ και στη Ναταλία, που στάθηκαν δίπλα μου με υπομονή και κατανόηση, παρέχοντάς μου την απαραίτητη συναισθηματική υποστήριξη για την επίτευξη των στόχων μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τους φίλους και τους συναδέλφους μου, για τη βοήθεια, τη συνεργασία και τις συζητήσεις που με ενθάρρυναν και με ενίσχυσαν καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	1
Περιεχόμενα	2
Περίληψη.....	4
Abstract.....	5
Κεφάλαιο 1:Εισαγωγή	6
1.1.Σκοπός και Σημασία της Έρευνας	6
1.2.Στόχοι της Εργασίας	7
1.3.Δομή της Εργασίας-Μεθοδολογία	7
Κεφάλαιο 2:Ανατομία και Φυσιολογία του Εγκεφάλου και του Αγγειακού Συστήματος....	9
2.1.Βασική Ανατομία του Εγκεφάλου	9
2.2.Αγγειακή Ανατομία του Εγκεφάλου.....	11
2.3.Φυσιολογία των Αγγείων του Εγκεφάλου	13
Κεφάλαιο 3:Οξύ Ισχαιμικό Αγγειακό Εγκεφαλικό Επεισόδιο.....	15
3.1.Ορισμός του Οξέος Ισχαιμικού Αγγειακού Εγκεφαλικού Επεισοδίου.....	15
3.2.Επιδημιολογικά Στοιχεία	16
3.3.Παράγοντες Κινδύνου και Παθοφυσιολογία του Οξέος Ισχαιμικού ΑΕΕ	16
3.4.Σημασία της Άμεσης Διάγνωσης και Αντιμετώπισης	19
3.5.Θεραπευτικές Παρεμβάσεις για το Ισχαιμικό ΑΕΕ.....	20
Κεφάλαιο 4:Επεμβατική Νευροακτινολογία στη Θεραπεία του Οξέος Ισχαιμικού ΑΕΕ-Μηχανική Θρομβεκτομή	21
4.1.Εισαγωγή στην Επεμβατική Νευροακτινολογία.....	21
4.1.1.Ορισμός και Τεχνικές της Επεμβατικής Νευροακτινολογίας	21
4.1.2.Ιστορική Αναδρομή και Εξέλιξη του Κλάδου με Σύγχρονες Πρακτικές.....	22
4.2.Μηχανική Θρομβεκτομή: Τεχνικές, Ενδείξεις και Αντενδείξεις	23
4.2.1.Τύποι Τεχνικών Μηχανικής Θρομβεκτομής.....	24
4.2.2.Ενδείξεις για Μηχανική Θρομβεκτομή.....	26
4.2.3.Αντενδείξεις για Μηχανική Θρομβεκτομή	26
4.2.4.Ανασκόπηση των Αποτελεσμάτων της Θρομβεκτομής.....	26
Κεφάλαιο 5:Ψηφιακός Αγγειογράφος	28
5.1.Βασικά Χαρακτηριστικά του Αγγειογραφικού Μηχανήματος.....	28
5.1.1.Αρχή Λειτουργίας του Αγγειογράφου	28
5.1.2.Περιγραφή Συστήματος Ψηφιακού Αγγειογράφου	29
5.2.Τύποι Αγγειογραφικών Μηχανημάτων	31
5.3.Τεχνολογίες Απεικόνισης και Χρήση στην Επεμβατική Νευροακτινολογία	32

Κεφάλαιο 6:Ο Ρόλος του Τεχνολόγου Ακτινολόγου στην Επεμβατική Νευροακτινολογία	37
6.1.Καθήκοντα και Υποχρεώσεις του Τεχνολόγου Ακτινολόγου στην Επεμβατική Νευροακτινολογία	37
6.2.Ακτινοπροστασία και Διαχείριση Κινδύνων	38
6.3.Προκλήσεις και Προοπτικές για τον Τεχνολόγο Ακτινολόγο	39
6.3.1.Εκπαίδευση και Εξειδίκευση	39
6.3.2.Τεχνολογικές Βελτιώσεις και ο Αντίκτυπός τους	39
6.3.3.Προκλήσεις και Ηθικά Ζητήματα	40
Κεφάλαιο 7:Βιβλιογραφική Ανασκόπηση και Μελέτες.....	41
Κεφάλαιο 8:Συμπεράσματα και προτάσεις-Συζήτηση.....	43
8.1.Συμπεράσματα- Συζήτηση.....	43
8.2.Μελλοντικές Προκλήσεις και Προοπτικές	43
Βιβλιογραφία	45
Παράρτημα	49

Περίληψη

Το οξύ ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο παραμένει μία από τις κύριες αιτίες αναπηρίας και θανάτου παγκοσμίως, απαιτώντας άμεση και αποτελεσματική θεραπεία για τη μείωση της νευρολογικής βλάβης. Η επεμβατική νευροακτινολογία έχει φέρει σημαντική πρόοδο στη θεραπεία του εγκεφαλικού, με τη μηχανική θρομβεκτομή να θεωρείται πλέον η μέθοδος εκλογής για ασθενείς με απόφραξη μεγάλων αγγείων. Αυτή η ελάχιστη επεμβατική διαδικασία χρησιμοποιεί εξειδικευμένα εργαλεία για την απομάκρυνση του θρόμβου και την αποκατάσταση της ροής του αίματος, βελτιώνοντας σημαντικά την ανάρρωση των ασθενών. Η ψηφιακή αγγειογραφία αποτελεί κρίσιμο στοιχείο αυτών των παρεμβάσεων, χρησιμοποιώντας προηγμένες τεχνολογίες απεικόνισης όπως ανιχνευτές flat-panel και συστήματα δισδιάστατης και τρισδιάστατης απεικόνισης για την ακριβή οπτικοποίηση των εγκεφαλικών αρτηριών.

Η επιτυχία τέτοιου είδους διαδικασιών όπως η μηχανική θρομβεκτομή βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στη διεπιστημονική συνεργασία, με τον ρόλο του τεχνολόγου ακτινολόγου να είναι καθοριστικός. Αυτοί οι επαγγελματίες υγείας είναι υπεύθυνοι για την προετοιμασία και λειτουργία των προηγμένων μηχανημάτων απεικόνισης, την προετοιμασία του ασθενούς, τη διαχείριση της ασφάλειας από την ακτινοβολία και την υποστήριξη κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Η εξειδίκευσή τους στην απόκτηση και βελτιστοποίηση των εικόνων είναι απαραίτητη για την ασφάλεια και την επιτυχία της διαδικασίας.

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά τον ρόλο της επεμβατικής νευροακτινολογίας στη διαχείριση του οξέος ισχαιμικού αγγειακού εγκεφαλικού, εστιάζοντας στην αποτελεσματικότητα της μηχανικής θρομβεκτομής. Παρουσιάζει τις τεχνολογίες απεικόνισης που χρησιμοποιούνται, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων ψηφιακής αγγειογραφίας, και υπογραμμίζει τη σημασία της υψηλής ποιότητας απεικόνισης για την επιτυχία της θεραπείας. Επιπλέον, τονίζεται η σημαντική συμβολή των τεχνολόγων ακτινολόγων, περιγράφοντας τα καθήκοντα και τις εξειδικευμένες δεξιότητες που απαιτούνται κατά την διάρκεια αυτών των επεμβάσεων. Μέσα από την ανάλυση των τρεχουσών πρακτικών και των μελλοντικών καινοτομιών, η μελέτη αυτή επιδιώκει να προσφέρει μία ολοκληρωμένη εικόνα των τεχνολογικών και κλινικών πτυχών της θεραπείας του ισχαιμικού αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου, τονίζοντας την ανάγκη για συνεχή βελτίωση και εκπαίδευση με στόχο την ενίσχυση της φροντίδας των ασθενών.

Abstract

Acute ischemic stroke remains a leading cause of disability and death globally, necessitating prompt and effective treatment to reduce neurological damage. The field of interventional neuroradiology has significantly advanced stroke care, with mechanical thrombectomy now regarded as a preferred method for patients with large vessel blockages. This procedure is minimally invasive, using specialized tools to extract the clot and restore blood flow, thereby enhancing patient recovery outcomes. Digital angiography is integral to these interventions, employing sophisticated imaging technologies such as flat-panel detectors and biplane systems to accurately visualize the cerebral arteries.

The success of procedures like mechanical thrombectomy depends heavily on a multidisciplinary approach, where the role of the radiographer is key. These professionals are tasked with preparing and operating advanced imaging equipment, ensuring patient readiness, managing radiation safety, and providing assistance throughout the procedure. Their proficiency in acquiring and optimizing images is vital for maintaining safety and maximizing the procedure's success.

This thesis investigates the role of interventional neuroradiology in managing acute ischemic stroke, focusing on the effectiveness of mechanical thrombectomy. It details the imaging technologies utilized, including digital angiography systems, and underscores the necessity of high-quality imaging for successful treatment. Furthermore, it highlights the crucial contributions of radiographers, detailing their responsibilities and the specialized skills required in the field. By examining current methodologies and potential future advancements, this study aims to offer a thorough overview of both the technological and clinical aspects of stroke treatment, emphasizing the need for ongoing development and education to improve patient outcomes.

Κεφάλαιο 1:Εισαγωγή

Η επεμβατική νευροακτινολογία έχει καταστεί ένας από τους πιο πρωτοποριακούς και αποτελεσματικούς τομείς της ιατρικής για την αντιμετώπιση του οξέος ισχαιμικού εγκεφαλικού επεισοδίου (ΟΙΑΕΕ), μιας από τις κύριες αιτίες θανάτου και αναπηρίας παγκοσμίως. Η αποτελεσματική θεραπεία του ΟΙΑΕΕ απαιτεί ταχύτητα αντίδρασης, ακρίβεια και εξειδικευμένες γνώσεις, καθώς οποιαδήποτε καθυστέρηση μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές νευρολογικές βλάβες ή ακόμα και θανατηφόρα αποτελέσματα. Σε αυτό το πλαίσιο, οι εξελίξεις στις επεμβατικές τεχνικές, όπως η μηχανική θρομβεκτομή, έχουν μεταμορφώσει την ιατρική πρακτική, προσφέροντας νέες δυνατότητες για την αποκατάσταση της αιμάτωσης του εγκεφάλου και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών (Εικόνα 1). Ένας βασικός παράγοντας επιτυχίας αυτών των θεραπειών είναι ο ρόλος του τεχνολόγου ακτινολόγου, ο οποίος είναι απαραίτητος στη λειτουργία του εξοπλισμού και στη διασφάλιση των υψηλών προδιαγραφών των διαδικασιών.



Εικόνα 1. Μηχανική θρομβεκτομή: Ακριβής και ελάχιστα επεμβατική διαδικασία για την απομάκρυνση θρόμβων από εγκεφαλικές αρτηρίες, χρησιμοποιώντας καθετήρα και προηγμένα συστήματα απεικόνισης σε εξειδικευμένο περιβάλλον χειρουργείου

1.1.Σκοπός και Σημασία της Έρευνας

Ο σκοπός αυτής της έρευνας είναι η διερεύνηση του ρόλου της επεμβατικής νευροακτινολογίας στη διαχείριση του οξέος ισχαιμικού εγκεφαλικού επεισοδίου, με έμφαση στη μηχανική θρομβεκτομή ως κύρια θεραπευτική επιλογή. Η μελέτη αυτή είναι σημαντική διότι αναλύει πώς οι σύγχρονες ενδαγγειακές παρεμβάσεις μπορούν να βελτιώσουν τα κλινικά αποτελέσματα και να μειώσουν τη θνησιμότητα και τη νοσηρότητα, προσφέροντας νέες δυνατότητες στους ασθενείς που δεν ανταποκρίνονται στις συμβατικές θεραπείες. Παράλληλα, τονίζει τη σημασία του ρόλου του τεχνολόγου ακτινολογίας στην επιτυχή εφαρμογή αυτών των διαδικασιών.

1.2.Στόχοι της Εργασίας

Οι κύριοι στόχοι της εργασίας περιλαμβάνουν:

- Την παρουσίαση της μηχανικής θρομβεκτομής ως καινοτόμου θεραπείας για το οξύ ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο.
- Την ανάλυση των τεχνολογιών ψηφιακής αγγειογραφίας που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια των ενδοαγγειακών παρεμβάσεων.
- Την ανάδειξη του ρόλου και των καθηκόντων του τεχνολόγου ακτινολογίας στην επεμβατική νευροακτινολογία και τη συμβολή του στην επιτυχία της διαδικασίας.
- Την εξέταση των κλινικών αποτελεσμάτων και των μελλοντικών κατευθύνσεων στον τομέα αυτό.

1.3.Δομή της Εργασίας-Μεθοδολογία

Η εργασία αποτελείται από οκτώ βασικά κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο, εισάγεται το θέμα της εργασίας, αναλύονται ο σκοπός και οι στόχοι της έρευνας, καθώς και η δομή και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναπτύσσεται το θεωρητικό πλαίσιο, εστιάζοντας στην ανατομία και τη φυσιολογία του εγκεφάλου και ειδικότερα του αγγειακού συστήματος του εγκεφάλου. Στο τρίτο κεφάλαιο, αναλύονται ο ορισμός και τα χαρακτηριστικά του οξέος ισχαιμικού ΑΕΕ, τα επιδημιολογικά στοιχεία, οι αιτίες, οι παράγοντες κινδύνου και η παθοφυσιολογία του ισχαιμικού ΑΕΕ, καθώς και η σημασία της άμεσης διάγνωσης και αντιμετώπισης του και οι πιο σημαντικές θεραπευτικές επιλογές. Στο τέταρτο κεφάλαιο, εξετάζεται η επεμβατική νευροακτινολογία, οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται, και ειδικότερα η μηχανική θρομβεκτομή, καθώς και η αποτελεσματικότητά τους. Στο επόμενο κεφάλαιο, περιγράφονται τα ψηφιακά αγγειογραφικά συστήματα και οι τεχνολογίες απεικόνισης που εφαρμόζονται στην επεμβατική νευροακτινολογία. (Εικόνα 2). Στο έκτο κεφάλαιο, αναλύεται ο ρόλος του τεχνολόγου ακτινολόγου, περιλαμβάνοντας τα καθήκοντα, τις προκλήσεις και τις προοπτικές του επαγγέλματος. Στο έβδομο κεφάλαιο, γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση και ανάλυση των πιο πρόσφατων ερευνών στον τομέα της επεμβατικής νευροακτινολογίας. Τέλος, στο όγδοο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα και οι προτάσεις για μελλοντική έρευνα και βελτίωση των επεμβατικών τεχνικών.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε περιλαμβάνει βιβλιογραφική ανασκόπηση και ανάλυση των σύγχρονων πρακτικών στην επεμβατική νευροακτινολογία. Εξετάστηκαν κλινικές μελέτες, κατευθυντήριες οδηγίες και τεχνολογικές εξελίξεις που αφορούν τη μηχανική θρομβεκτομή και την ψηφιακή αγγειογραφία. Παράλληλα, μελετήθηκαν οι αρμοδιότητες και η εκπαίδευση του τεχνολόγου ακτινολογίας, καθώς και η συμβολή του στην εξασφάλιση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας των διαδικασιών.

Η αναζήτηση των σχετικών μελετών πραγματοποιήθηκε μέσω επιστημονικών βάσεων δεδομένων όπως το Pubmed/NCBI, το Google Scholar, το Scopus και η Cochrane Library. Επιλέχθηκαν άρθρα, βιβλία και κατευθυντήριες οδηγίες που αφορούν την επεμβατική

νευροακτινολογία, τα συστήματα biplane αγγειογραφίας, τις τεχνικές θρομβεκτομής και τον ρόλο του τεχνολόγου ακτινολόγου.

Χρησιμοποιήθηκαν λέξεις-κλειδιά όπως: Interventional Neuroradiology, Acute Ischemic Stroke, Mechanical Thrombectomy, Stroke Imaging Techniques, Digital Subtraction Angiography (DSA), Cone Beam CT (CBCT), Role of Radiographer.

Η εργασία παρέχει μια λεπτομερή ανάλυση και αξιολόγηση των τεχνικών απεικόνισης και επεμβατικών διαδικασιών, όπως η μηχανική θρομβεκτομή, καθώς και του εξοπλισμού που είναι αναγκαίος για την επιτυχή ολοκλήρωσή τους. Μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και της ανάλυσης πρακτικών εφαρμογών, εξετάζεται ο ρόλος του τεχνολόγου ακτινολόγου στην επεμβατική νευροακτινολογία. Επιπλέον, αναλύονται δεδομένα από κλινικές μελέτες και διεθνείς έρευνες που αφορούν την αποτελεσματικότητα της επεμβατικής νευροακτινολογίας στην αντιμετώπιση του οξέος ισχαιμικού αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου, εστιάζοντας στις προκλήσεις, τα οφέλη και τους περιορισμούς των μεθόδων. Στο τέλος, η εργασία καταλήγει σε συμπεράσματα για τη συμβολή της επεμβατικής νευροακτινολογίας και του ρόλου του τεχνολόγου ακτινολόγου στη θεραπεία του οξέος ισχαιμικού ΑΕΕ και προτείνει μελλοντικές κατευθύνσεις και βελτιώσεις στον τομέα.



Εικόνα 2 Σύστημα Ψηφιακού Αγγειογράφου (Πηγή: emc healthcare)

Κεφάλαιο 2: Ανατομία και Φυσιολογία του Εγκεφάλου και του Αγγειακού Συστήματος

2.1. Βασική Ανατομία του Εγκεφάλου

Ο εγκέφαλος είναι το κύριο όργανο του κεντρικού νευρικού συστήματος και βρίσκεται μέσα στο κρανίο, προστατευμένος από το κρανιακό οστό. Ελέγχει κάθε σωματική και ψυχική λειτουργία του ανθρώπου. Η φαιά ουσία, που αποτελεί τον εγκεφαλικό φλοιό, είναι υπεύθυνη για την επεξεργασία ανώτερων γνωστικών λειτουργιών, ενώ η λευκή ουσία αποτελεί τις συνδέσεις μεταξύ διαφορετικών περιοχών του εγκεφάλου (Standring S, et al. 2016).

Ο εγκέφαλος διαχωρίζεται σε τρία κύρια μέρη: τα **εγκεφαλικά ημισφαίρια**, το **εγκεφαλικό στέλεχος**, και την **παρεγκεφαλίδα**. Αυτές οι δομές, καθώς και άλλα σημαντικά συστήματα του εγκεφάλου, συνεργάζονται για να εξασφαλίσουν την επιβίωση και την ομοιόσταση του οργανισμού (Bear et al., 2020).

Τα εγκεφαλικά ημισφαίρια είναι η μεγαλύτερη περιοχή του εγκεφάλου και διαχωρίζονται σε δεξί και αριστερό ημισφαίριο. Κάθε ημισφαίριο ελέγχει την αντίθετη πλευρά του σώματος και περιλαμβάνει τέσσερις λοβούς: τον μετωπιαίο, τον βρεγματικό, τον κροταφικό και τον ινιακό λοβό (Εικόνα 3).

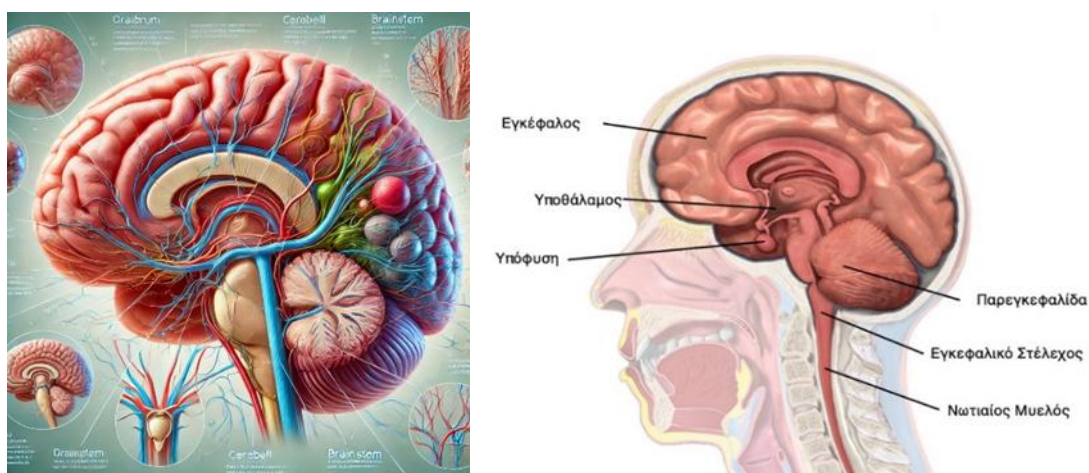
- Ο μετωπιαίος λοβός ελέγχει τις γνωστικές λειτουργίες, την κίνηση και τον λόγο.
- Ο βρεγματικός λοβός είναι υπεύθυνος για την επεξεργασία των αισθητικών πληροφοριών, όπως η αφή και η πίεση.
- Ο κροταφικός λοβός συνδέεται με την ακοή και τη μνήμη και
- Ο ινιακός λοβός επεξεργάζεται τα οπτικά ερεθίσματα.



Εικόνα 3 Λοβοί του Εγκεφάλου (Πηγή: Παιδιατρική Νευροχειρουργική)

Το εγκεφαλικό στέλεχος βρίσκεται στη βάση του εγκεφάλου και αποτελεί τον σύνδεσμο μεταξύ του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού. Αποτελείται από τον προμήκη μυελό, τη γέφυρα και το μέσο εγκεφαλο. Το στέλεχος ρυθμίζει βασικές λειτουργίες όπως η αναπνοή, η αρτηριακή πίεση και ο καρδιακός ρυθμός. Ο έλεγχος αυτών των ζωτικών λειτουργιών καθιστά το εγκεφαλικό στέλεχος κρίσιμο για την επιβίωση (Nolte, 2019).

Η παρεγκεφαλίδα βρίσκεται κάτω από τα εγκεφαλικά ημισφαίρια, πίσω από το εγκεφαλικό στέλεχος, και είναι υπεύθυνη για τη ρύθμιση της ισορροπίας και του συντονισμού των κινήσεων (Εικόνα 4). Παρά το μικρό της μέγεθος, η παρεγκεφαλίδα περιέχει περίπου το 50% των νευρώνων του εγκεφάλου και είναι υπεύθυνη για τη διατήρηση της κινητικής λειτουργίας και της ισορροπίας (Purves et al., 2018).



Εικόνα 4 Ανατομία του εγκεφάλου: Η εικόνα παρουσιάζει τις βασικές δομές του εγκεφάλου μαζί με τις κύριες αρτηρίες και φλέβες του αγγειακού συστήματος. (Πηγή: Παιδιατρική Νευροχειρουργική)

Το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ) προστατεύεται από τρία διαδοχικά μεμβρανώδη στρώματα, γνωστά ως εγκεφαλικές μήνιγγες. Αυτά τα στρώματα, από το εσωτερικό προς το εξωτερικό, είναι η χοριοειδής μήνιγγα, η αραχνοειδής μήνιγγα και η σκληρά μήνιγγα (Greenberg RW, 1994). Η χοριοειδής μήνιγγα εφάπτεται άμεσα στον εγκέφαλο, ακολουθώντας πιστά τις πτυχώσεις και τις αυλακώσεις του. Περιέχει τις αρτηρίες που παρέχουν θρεπτικά συστατικά στον εγκέφαλο. Επιπλέον, σχηματίζει προεκβολές με αγγεία, γνωστές ως χοριοειδή πλέγματα, τα οποία εισχωρούν στις κοιλίες του εγκεφάλου και αποτελούν την κύρια περιοχή παραγωγής του εγκεφαλονωτιαίου υγρού. Η αραχνοειδής μήνιγγα περιβάλλει τον εγκέφαλο εξωτερικά από τη χοριοειδή μήνιγγα, χωρίς να ακολουθεί τις πτυχώσεις και τις αυλακώσεις του (έλικες και αύλακες). Με αυτόν τον τρόπο, ανάμεσα στη χοριοειδή και την αραχνοειδή μήνιγγα δημιουργείται ένας σχισμοειδής χώρος, γνωστός ως υπαραχνοειδής χώρος, ο οποίος περιέχει εγκεφαλονωτιαίο υγρό (ΕΝΥ) (Kemp, 2012).

Το ENY στον υπαραχνοειδή χώρο προέρχεται από τις κοιλίες του εγκεφάλου μέσω της οροφής της τέταρτης κοιλίας. Αυτό το υγρό λειτουργεί ως προστατευτικός μηχανισμός για τον εγκέφαλο, καθώς τον περιβάλλει και απορροφά τις απότομες δονήσεις και μεταβολές της κίνησης του κεφαλιού, δεδομένου ότι τα υγρά δεν είναι συμπιεστά (Engelhardt E,2016).

Σε ορισμένα σημεία, ο υπαραχνοειδής χώρος διευρύνεται, σχηματίζοντας τις λεγόμενες δεξαμενές, που είναι ανατομικές περιοχές συγκέντρωσης του ENY. Οι δεξαμενές αυτές βρίσκονται κυρίως γύρω από την παρεγκεφαλίδα, με τη μεγαλύτερη να είναι η παρεγκεφαλίωνωτιαία δεξαμενή. Η σκληρή μήνιγγα βρίσκεται εξωτερικά της αραχνοειδούς μήνιγγας και έρχεται σε στενή επαφή με την εσωτερική επιφάνεια του κρανίου. Αποτελείται από δύο στρώματα (μεμβράνες) που συνδέονται μεταξύ τους, εκτός από τα σημεία όπου σχηματίζονται οι φλεβώδεις χώροι. Σε αυτές τις περιοχές, τα δύο στρώματα διαχωρίζονται για να περιβάλλουν φλέβες του εγκεφάλου, επιτρέποντας την απομάκρυνση του εγκεφαλικού αίματος. Ο χώρος ανάμεσα στη σκληρή και την αραχνοειδή μήνιγγα ονομάζεται υποσκληρίδιος χώρος, και περιέχει μικρή ποσότητα λεμφικού υγρού. Η σκληρή μήνιγγα πήρε την ονομασία της λόγω της σκληρής της υφής (Engelhardt E,2016).

Η σκληρή μήνιγγα σχηματίζει σωληνοειδείς δομές, γνωστές ως φλεβώδεις κόλποι. Οι κόλποι αυτοί επικοινωνούν μεταξύ τους και μέσω του σιγμοειδούς κόλπου αποχετεύουν το φλεβικό αίμα του εγκεφάλου προς την έσω σφαγίτιδα φλέβα. Τέλος, η σκληρή μήνιγγα σχηματίζει προεξοχές μέσα στην κρανιακή κοιλότητα σε δύο σημεία: στο δρέπανο του εγκεφάλου και στο σκηνίδιο της παρεγκεφαλίδας.

2.2.Αγγειακή Ανατομία του Εγκεφάλου

Η αγγειακή ανατομία του εγκεφάλου αποτελεί θεμελιώδη παράγοντα για τη λειτουργία του, καθώς εξασφαλίζει την παροχή οξυγόνου και θρεπτικών ουσιών μέσω του αίματος και τη διατήρηση της εγκεφαλικής υγείας. Το εγκεφαλικό αγγειακό σύστημα είναι εξαιρετικά ανεπτυγμένο και σύνθετο, περιλαμβάνοντας τόσο αρτηρίες όσο και φλέβες που αλληλεπιδρούν για να εξασφαλίσουν την ομαλή κυκλοφορία του αίματος.

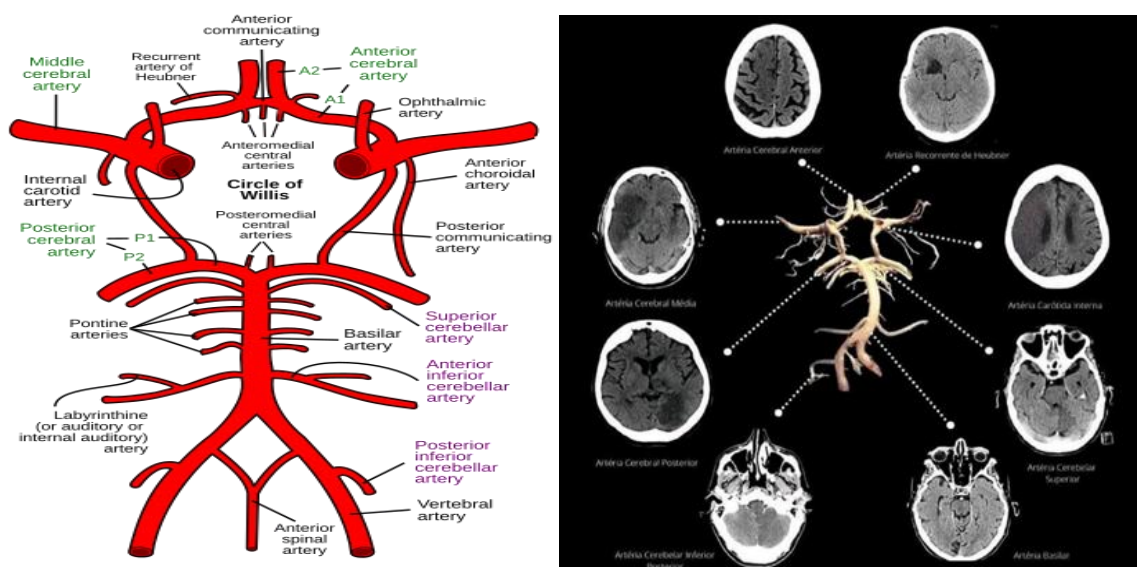
Οι κύριες αρτηρίες που τροφοδοτούν τον εγκέφαλο είναι οι δυο έσω καρωτίδες αρτηρίες και οι δύο σπονδυλικές αρτηρίες. Οι έσω καρωτιδικές αρτηρίες αναδύονται από τις κοινές καρωτιδικές αρτηρίες και εισέρχονται στον εγκέφαλο μέσω του καρωτιδικού καναλιού. Τροφοδοτούν το πρόσθιο μέρος του εγκεφάλου, συμπεριλαμβανομένων των μετωπιαίων, βρεγματικών και κροταφικών λοβών. Διακλαδίζονται στις πρόσθιες εγκεφαλικές αρτηρίες και στις μέσες εγκεφαλικές αρτηρίες, οι οποίες είναι υπεύθυνες για την αιμάτωση σημαντικών περιοχών του εγκεφάλου (Nolte, 2019).

Οι σπονδυλικές αρτηρίες προέρχονται από τις υποκλείδιες αρτηρίες και ανεβαίνουν κατά μήκος του αυχένα μέσω των εγκάρσιων αποφύσεων των αυχενικών σπονδύλων. Οι δύο σπονδυλικές αρτηρίες ενώνονται για να σχηματίσουν την βασική αρτηρία, η οποία παρέχει αίμα στο εγκεφαλικό στέλεχος, την παρεγκεφαλίδα και την ινιακή περιοχή. Στη συνέχεια,

διακλαδίζεται στις οπίσθιες εγκεφαλικές αρτηρίες, που αιματώνουν την ινιακή περιοχή και τμήματα του κροταφικού λοβού (Nolte, 2019).

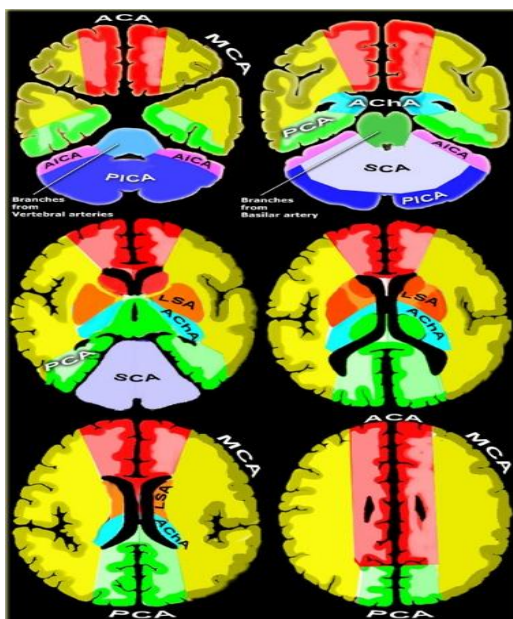
Ο Κύκλος του Willis αποτελεί έναν κυκλικό αρτηριακό σχηματισμό στη βάση του εγκεφάλου, που διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη διασφάλιση της εγκεφαλικής αιμάτωσης. Ο κύκλος του Willis λειτουργεί ως προστατευτικός μηχανισμός, επιτρέποντας την ανακατεύθυνση του αίματος ώστε να αποφευχθεί η εγκεφαλική ισχαιμία σε περίπτωση απόφραξης ή στένωσης αρτηριών. Παρόλα αυτά, οι ανατομικές παραλλαγές του κύκλου είναι συχνές και μπορεί να επηρεάσουν τη λειτουργικότητά του, αυξάνοντας τον κίνδυνο αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων (Standring, 2021, Fisher, 1965).

Ο κύκλος σχηματίζεται από την πρόσθια εγκεφαλική αρτηρία, που συνδέεται με την πρόσθια αναστομωτική αρτηρία, τις δύο έσω καρωτίδες αρτηρίες, τις δύο οπίσθιες εγκεφαλικές αρτηρίες και τις δύο οπίσθιες αναστομωτικές αρτηρίες. Σημαντικό ρόλο στη λειτουργία του κύκλου διαδραματίζει η βασική αρτηρία, η οποία σχηματίζεται από τη συνένωση των δύο σπονδυλικών αρτηριών. Η βασική αρτηρία τροφοδοτεί την παρεγκεφαλίδα, το στέλεχος και τις οπίσθιες εγκεφαλικές αρτηρίες, συμβάλλοντας έτσι στην πλήρη αιμάτωση του εγκεφάλου (Εικόνα 5).



Εικόνα 5 Διάγραμμα της αρτηριακής κυκλοφορίας στη βάση του εγκεφάλου (κάτω όψη), ο κύκλος του Willis βρίσκεται στο άνω μισό. (Πηγή: α. Wikipedia, β.top biomedical science)

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται η αγγειακή κατανομή των κύριων κλάδων των εγκεφαλικών αρτηριών (Εικόνα 6)



Εικόνα 6 Αγγειακή κατανομή των κύριων κλάδων των αρτηριών του Εγκεφάλου
(Πηγή: Radiology assistant)

Το φλεβικό σύστημα του εγκεφάλου διασφαλίζει την απομάκρυνση του αίματος και τη μεταφορά του στην καρδιά μέσω των επιπολής και εν τω βάθει φλεβών, οι οποίες καταλήγουν στους φλεβώδεις κόλπους. Οι επιπολής φλέβες απομακρύνουν αίμα από τον φλοιό και τις επιφανειακές δομές, ενώ οι εν τω βάθει φλέβες από βαθύτερες περιοχές, όπως ο θάλαμος και τα βασικά γάγγλια, που συνδέονται με τον ευθύ κόλπο. Οι φλεβώδεις κόλποι, που σχηματίζονται ανάμεσα στα στρώματα της σκληρής μήνιγγας, οδηγούν το αίμα προς την έσω σφαγίτιδα φλέβα, η οποία είναι κρίσιμη για την επιστροφή του αίματος στην καρδιά (Bear et al., 2020). Αγγειακές διαταραχές, όπως το ισχαιμικό ή το αιμορραγικό εγκεφαλικό επεισόδιο, μπορεί να προκύψουν από αποφράξεις ή ρήξεις αγγείων, οδηγώντας σε εγκεφαλικές βλάβες (Purves et al., 2018).

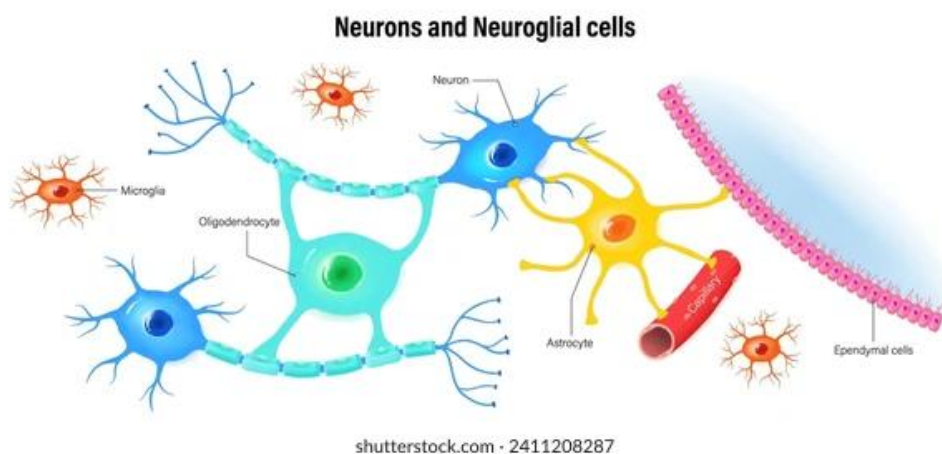
2.3. Φυσιολογία των Αγγείων του Εγκεφάλου

Η φυσιολογία του εγκεφάλου ασχολείται με τις λειτουργίες και τις διαδικασίες που επιτρέπουν τη σωστή λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου. Ο εγκέφαλος ελέγχει τόσο τις εκούσιες όσο και τις ακούσιες λειτουργίες του σώματος, όπως η κίνηση, η αίσθηση, η σκέψη, η μνήμη και η ρύθμιση των εσωτερικών οργάνων. Οι κύριες λειτουργίες του εγκεφάλου στηρίζονται στη συνεργασία πολλών νευρικών κυττάρων (νευρώνων) και στη

συνεχή αλληλεπίδραση μεταξύ διαφόρων εγκεφαλικών περιοχών μέσω ηλεκτρικών και χημικών σημάτων.

Η εγκεφαλική αιματική ροή (CBF) ρυθμίζεται για να καλύψει τις υψηλές μεταβολικές ανάγκες του εγκεφάλου, ο οποίος καταναλώνει το 20% του οξυγόνου του σώματος. Η ροή αυτή διατηρείται σταθερή μέσω μηχανισμών αυτορρύθμισης, όπως η μυογενής αντίδραση και η μεταβολική ρύθμιση (Purves et al., 2018). Ο αιματοεγκεφαλικός φραγμός (BBB) προστατεύει τον εγκέφαλο από τοξικές ουσίες, ενώ επιτρέπει τη διέλευση βασικών θρεπτικών συστατικών, όπως η γλυκόζη (Squire & Dede, 2015).

Η νευραγγειακή μονάδα, που περιλαμβάνει νευρώνες και νευρογλοιακά κύτταρα, ρυθμίζει την αιματική ροή, με τη βοήθεια μορίων όπως το μονοξείδιο του αζώτου (NO) (Εικόνα 7) (Bear et al., 2020). Η διαφορά μεταξύ της μέσης αρτηριακής πίεσης (MAP) και της ενδοκράνιας πίεσης (ICP) καθορίζει την πίεση εγκεφαλικής αιμάτωσης (CPP), η οποία επηρεάζει τη ροή του αίματος και τη νευρωνική λειτουργία.



Εικόνα 7 Νευρώνες και νευρογλοιακά κύτταρα (Πηγή: Shutterstock)

Οι εγκεφαλικές αρτηρίες ανταποκρίνονται σε φυσιολογικά ερεθίσματα, όπως η υπερκαπνία και η υποξία, μέσω αγγειοδιαστολής ή αγγειοσυστολής, προκειμένου να διασφαλίσουν την επαρκή παροχή οξυγόνου (Purves et al., 2018). Η συνεχής παροχή αίματος στον εγκέφαλο είναι ζωτικής σημασίας για τη φυσιολογική του λειτουργία. Το εγκεφαλικό αγγειακό σύστημα διασφαλίζει ότι ο εγκέφαλος λαμβάνει οξυγόνο και γλυκόζη, τα οποία είναι απαραίτητα για την ενεργειακή του κατανάλωση. Ακόμη και μία σύντομη διακοπή στην αιμάτωση μπορεί να προκαλέσει σοβαρή βλάβη, που οδηγεί σε νευρωνικές βλάβες ή θάνατο των κυττάρων (Standring et al., 2016).

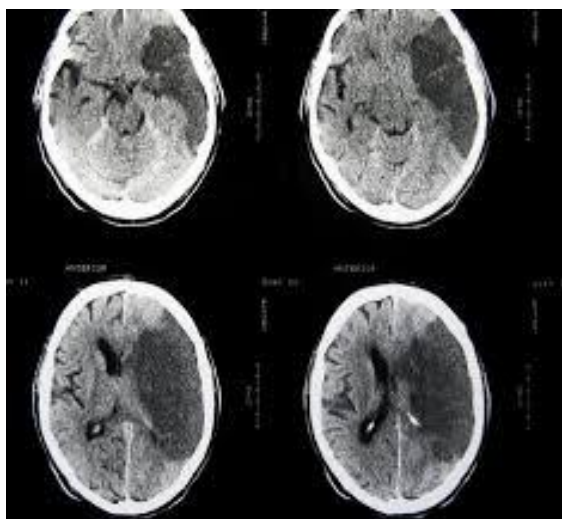
Η φυσιολογία του εγκεφάλου αποτελεί τη βάση για την κατανόηση των επιπτώσεων των αγγειακών επεισοδίων και τον τρόπο με τον οποίο οι επεμβατικές τεχνικές νευροακτινολογίας μπορούν να αποκαταστήσουν τις βλάβες που προκαλούνται από την ισχαιμία.

Κεφάλαιο 3:Οξύ Ισχαιμικό Αγγειακό Εγκεφαλικό Επεισόδιο

Το οξύ αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο είναι μια επείγουσα ιατρική κατάσταση που απαιτεί άμεση αντιμετώπιση για την αποφυγή σοβαρών νευρολογικών βλαβών ή θανάτου. Αυτή η ενότητα αναλύει τον ορισμό του οξέος ισχαιμικού αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου, τα επιδημιολογικά στοιχεία, τους παράγοντες κινδύνου και την παθοφυσιολογία του, καθώς και τη σημασία της άμεσης διάγνωσης και αντιμετώπισης του.

3.1.Ορισμός του Οξέος Ισχαιμικού Αγγειακού Εγκεφαλικού Επεισοδίου

Το οξύ εγκεφαλικό επεισόδιο, παλαιότερα γνωστό ως αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο (ΑΕΕ) και στην Αγγλοσαξονική γνωστό ως "Stroke", αποτελεί μια επείγουσα ιατρική κατάσταση που χαρακτηρίζεται από την ξαφνική εμφάνιση εστιακών νευρολογικών ελλειμμάτων σε μια αγγειακή περιοχή, που προέρχονται από υποκείμενες εγκεφαλικές αγγειακές παθολογίες. Το εγκεφαλικό επεισόδιο είναι κοινό σε διάφορες πληθυσμιακές ομάδες και μπορεί να προκαλέσει σημαντική νοσηρότητα και θνησιμότητα. Ο ορισμός του ΑΕΕ περιλαμβάνει δύο βασικές κατηγορίες, το ισχαιμικό ΑΕΕ και το αιμορραγικό ΑΕΕ. Ο πιο κοινός τύπος ΑΕΕ είναι το ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο (Εικόνα 8), ο οποίος αντιπροσωπεύει το 87% όλων των εγκεφαλικών επεισοδίων (Saver, 2019).



Εικόνα 8 Ισχαιμικό Αγγειακό Εγκεφαλικό Επεισόδιο όπως απεικονίζεται σε αξονική τομογραφία εγκεφάλου (Πηγή:Shutterstock)

3.2.Επιδημιολογικά Στοιχεία

Τα επιδημιολογικά στοιχεία για τα οξέα ισχαιμικά αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια (ΑΕΕ) παρέχουν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την συχνότητα εμφάνισης, την κατανομή και την επιρροή της νόσου στις διάφορες πληθυσμιακές ομάδες.

Το οξύ ισχαιμικό ΑΕΕ είναι μια παγκόσμια ιατρική πρόκληση, με σημαντική θνησιμότητα και αναπηρία. Σύμφωνα με τις τελευταίες εκτιμήσεις, περίπου 15 εκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως πλήττονται από εγκεφαλικό επεισόδιο κάθε χρόνο, εκ των οποίων περίπου 5 εκατομμύρια πεθαίνουν και 5 εκατομμύρια υπομένουν μόνιμη αναπηρία (World Health Organization, 2021).

Η εμφάνιση ισχαιμικών ΑΕΕ είναι υψηλότερη στους άνδρες σε σχέση με τις γυναίκες, αν και οι γυναίκες έχουν μεγαλύτερη θνησιμότητα από ΑΕΕ, κυρίως λόγω του υψηλότερου προσδόκιμου ζωής τους. Οι ηλικιωμένοι (άνω των 65 ετών) αποτελούν την πιο ευάλωτη ομάδα, καθώς περίπου το 70% των επεισοδίων συμβαίνουν σε αυτή την ηλικιακή ομάδα (Mann et al., 2018).

Οι χώρες με υψηλότερο ποσοστό ΑΕΕ περιλαμβάνουν τις χώρες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος, όπου οι παράγοντες κινδύνου, όπως η υπέρταση και η κακή διατροφή, είναι πιο διαδεδομένοι. Στις ανεπτυγμένες χώρες, η συχνότητα έχει μειωθεί τα τελευταία χρόνια λόγω βελτίωσης των θεραπευτικών παρεμβάσεων και της πρόληψης (Wolf et al., 2018).

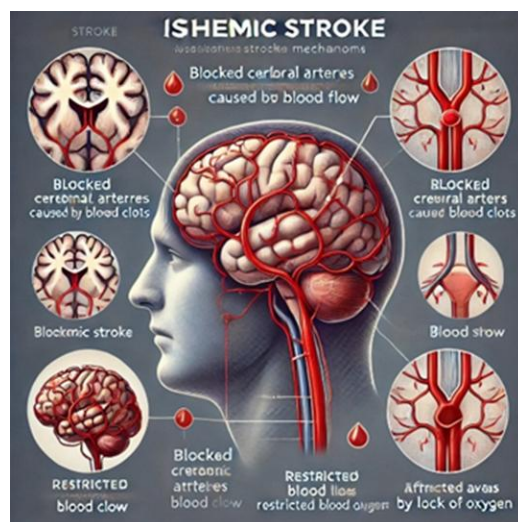
Τα εγκεφαλικά επεισόδια έχουν σοβαρές επιπτώσεις όχι μόνο στη ζωή των ατόμων αλλά και στην οικονομία. Το κόστος θεραπείας και αποκατάστασης μπορεί να είναι εξαιρετικά υψηλό, και οι κοινωνικές συνέπειες από την αναπηρία που προκαλείται από τα ΑΕΕ έχουν σημαντική επιρροή στις οικογένειες και την κοινωνία στο σύνολό της.

3.3.Παράγοντες Κινδύνου και Παθοφυσιολογία του Οξέος Ισχαιμικού ΑΕΕ

Οι παράγοντες κινδύνου για την εκδήλωση οξέος ισχαιμικού αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου (ΟΙΑΕΕ) διακρίνονται σε τροποποιήσιμους και μη τροποποιήσιμους. Στους μη τροποποιήσιμους παράγοντες περιλαμβάνονται η ηλικία, η οποία όσο αυξάνεται τόσο αυξάνεται και ο κίνδυνος εμφάνισης ΟΙΑΕΕ, το φύλο, οι άνδρες διατρέχουν υψηλότερο κίνδυνο εμφάνισης ΟΙΑΕΕ από τις γυναίκες και μάλιστα σε νεότερες ηλικίες και η γενετική προδιάθεση, η ύπαρξη δηλαδή ιστορικού οικογενειακών περιπτώσεων ΟΙΑΕΕ αυξάνει τον κίνδυνο εμφάνισης του. Τα ισχαιμικά εγκεφαλικά επεισόδια κατηγοριοποιούνται με βάση το σύστημα ταξινόμησης TOAST (Trial Org 10172 in Acute Stroke Treatment), το οποίο περιλαμβάνει τις εξής κατηγορίες:

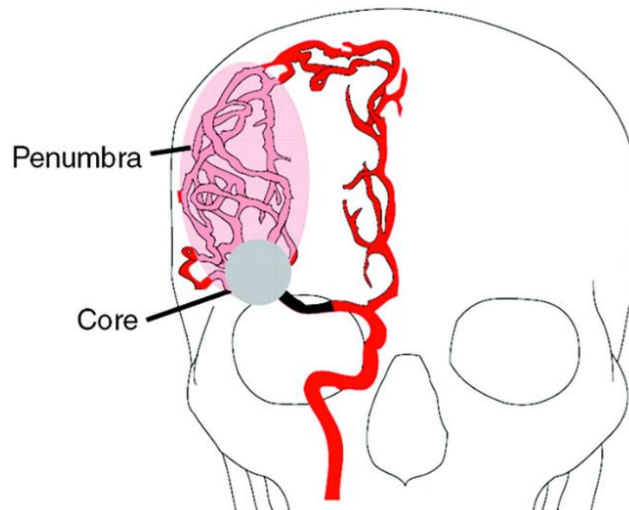
1. Καρδιοεμβολικό εγκεφαλικό: Εδώ, η πηγή του θρόμβου είναι η καρδιά. Οι διαταραχές του καρδιαγγειακού συστήματος, όπως η κολπική μαρμαρυγή, μπορεί να οδηγήσουν σε εμβολικούς θρόμβους (Norring et al., 2020). Τα καρδιογενή εγκεφαλικά κατηγοριοποιούνται σε υψηλού και μέτριου κινδύνου, με την κλινική εικόνα και την απεικόνιση του εγκεφάλου να μοιάζουν με αυτά της αθηροσκληρωτικής στένωσης (Bang et al., 2018).
2. Απόφραξη μικρών αγγείων: Εδώ παρατηρούνται μικρές βλάβες στον εγκέφαλο και η διάγνωση στηρίζεται σε κλινικά σημεία και μικρές βλάβες στον εγκέφαλο, συνήθως σε ασθενείς με ιστορικό υπέρτασης ή διαβήτη (Kernan et al., 2015).
3. Αθηροσκλήρωση ενδοκράνιων αρτηριών: Αφορά σε μεγάλες αρτηρίες του εγκεφάλου που φράσσονται από αθηροσκληρωτικές πλάκες (Sacco et al., 2013).
4. Αθηροσκλήρωση καρωτιδικών αρτηριών: Ασθενείς με υψηλού βαθμού στένωση της καρωτιδικής αρτηρίας και ομόπλευρο αιμοδυναμικό συμβιβασμό διατρέχουν υψηλό κίνδυνο για πρόωμη αναπηρία εγκεφαλικού επεισοδίου (Till Blaser et al, 2002).
5. Εγκεφαλικό αδιευκρίνιστης αιτιολογίας: Σε περιπτώσεις όπου δεν μπορεί να προσδιοριστεί η αιτία, όπως σε ασθενείς με πολλαπλές πιθανές αιτίες (Ay et al., 2014).
6. Εγκεφαλικό άλλης καθορισμένης αιτιολογίας: Σπανιότερες αιτίες εγκεφαλικού, όπως αγγειοπάθειες ή αιματολογικές διαταραχές, αναγνωρίζονται μέσω ειδικών εξετάσεων (Lazkani et al., 2016).

Η παθοφυσιολογία του οξέος ισχαιμικού ΑΕΕ περιλαμβάνει πολύπλοκες διαδικασίες που οδηγούν σε ισχαιμία του εγκεφαλικού ιστού. Η αιτιολογία του ισχαιμικού εγκεφαλικού επεισοδίου είναι συνήθως θρομβωτική ή εμβολική, προκαλώντας διαταραχή της ροής του αίματος σε μια περιοχή του εγκεφάλου (Εικόνα 9). Στο θρομβωτικό επεισόδιο, η απόφραξη οφείλεται σε θρόμβο, συνήθως λόγω αθηροσκλήρωσης ή άλλων αιτιών. Στο εμβολικό, οι θρόμβοι από άλλες περιοχές του σώματος φράζουν την αιμάτωση του εγκεφάλου, με συχνή πηγή το καρδιαγγειακό σύστημα (Albers et al., 2015). Η έλλειψη οξυγόνου και θρεπτικών ουσιών οδηγεί σε κυτταρικό θάνατο και νευρολογικές βλάβες.



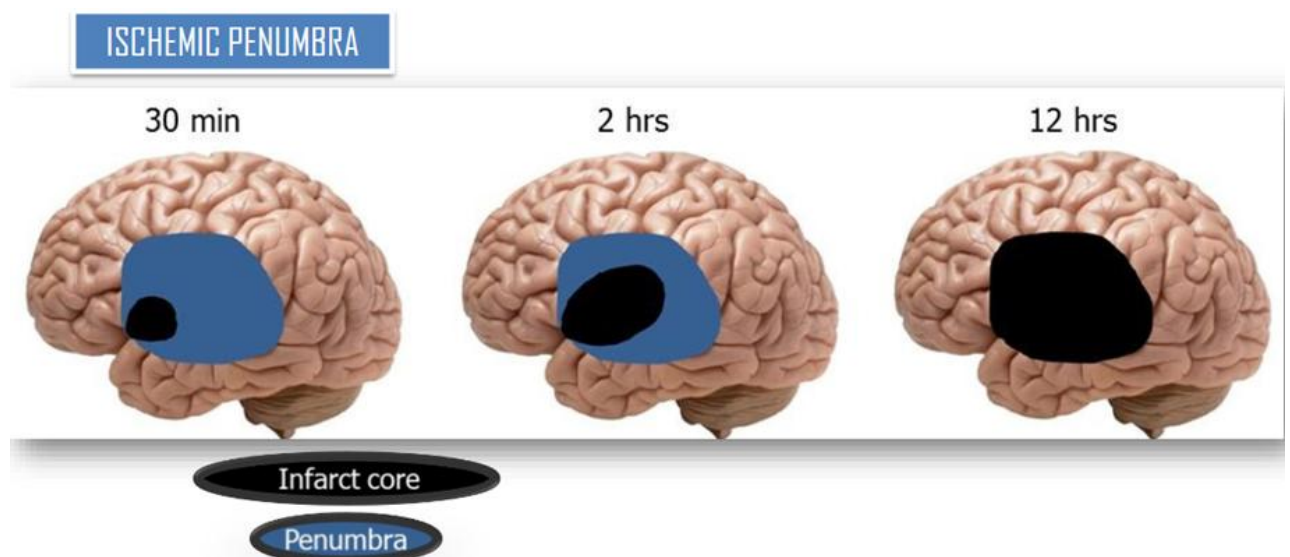
Εικόνα 9 Απεικόνιση μηχανισμού του ισχαιμικού εγκεφαλικού επεισοδίου

Κατά τη διάρκεια ενός οξέος ισχαιμικού εγκεφαλικού επεισοδίου, ο εγκεφαλικός ιστός που εξαρτάται αποκλειστικά από μία αρτηρία για την αιμάτωσή του υφίσταται θρόμβο, δημιουργώντας τον πυρήνα του εμφράκτου. (Chalet L, 2022). Περιφερικά αυτού του πυρήνα βρίσκεται η ισχαιμική παρασκιά (Ischemic Penumbra), μια περιοχή εγκεφαλικού ιστού που διατηρεί κάποια αιμάτωση μέσω της παράπλευρης κυκλοφορίας (Εικόνα 10).



Εικόνα 10 The ischemic penumbra.(Πηγή: American Journal of Neuroradiology)

Ωστόσο, με την πρόοδο του οιδήματος που προκαλείται από το έμφρακτο, η παρασκιά μειώνεται σταδιακά, οδηγώντας σε διεύρυνση του πυρήνα του εμφράκτου (Εικόνα 11).



Εικόνα 11 Ischemic Penubra (Πηγή: Astrup J, Symon L, Branston NM, Lassen NA. Cortical evoked potential and extracellular K⁺ and H⁺ at critical levels of brain ischemia. Stroke. 1977, 8:51–57)

Υπό φυσιολογικές συνθήκες, η εγκεφαλική αιμάτωση κυμαίνεται περίπου στα 50 mL/100 g/min. Όταν η αιμάτωση πέσει κάτω από το 30% του φυσιολογικού, δηλαδή <15 mL/100 g/min, αρχίζει η νεκρωτική διαδικασία των εγκεφαλικών κυττάρων. Αντίθετα, όταν η ροή του αίματος μειώνεται αλλά παραμένει άνω του 30%, ο εγκεφαλικός ιστός είναι ισχαιμικός χωρίς να έχει υποστεί ακόμη έμφρακτο. Αυτή η αρχή αναδεικνύει τη σημασία της έγκαιρης παρέμβασης, γνωστή ως «ο χρόνος είναι εγκέφαλος», υπογραμμίζοντας την ανάγκη για έγκαιρες θεραπείες επανασυναρμοποίησης σε οξύ ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο, δεδομένων των συγκεκριμένων χρονικών περιθωρίων για παρέμβαση που βασίζονται στις παραπάνω φυσιολογικές αρχές (Desowska A,2019) (Liu S,2010) (Astrup J,1981).

3.4.Σημασία της Άμεσης Διάγνωσης και Αντιμετώπισης

Η άμεση διάγνωση και αντιμετώπιση του οξέος ισχαιμικού αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου είναι κρίσιμη για την πρόληψη μόνιμων νευρολογικών βλαβών και τη μείωση της θνησιμότητας. Η γρήγορη αναγνώριση των συμπτωμάτων και η έγκαιρη παρέμβαση μπορούν να καθορίσουν την έκβαση της θεραπείας.

Το Οξύ Ισχαιμικό Αγγειακό Εγκεφαλικό Επεισόδιο συνήθως εκδηλώνεται αιφνίδια και μπορεί να ποικίλλει σε σοβαρότητα ανάλογα με τη θέση και την έκταση της βλάβης στον εγκέφαλο. Η διάγνωση του αρχίζει με τη λεπτομερή κλινική αξιολόγηση του ασθενούς. Χρησιμοποιούνται κλινικές κλίμακες όπως η κλίμακα NIHSS (National Institutes of Health Stroke Scale) για την εκτίμηση της βαρύτητας του επεισοδίου. Τα κοινά συμπτώματα περιλαμβάνουν:

- Δυσκολία στην ομιλία ή απώλεια ομιλίας (αφασία): Εμφανίζεται όταν το ΑΕΕ πλήττει τις περιοχές του εγκεφάλου που είναι υπεύθυνες για την παραγωγή ή κατανόηση της ομιλίας.
- Απώλεια όρασης ή διπλωπία: Συχνά, επηρεάζονται οι περιοχές του εγκεφάλου που σχετίζονται με την όραση, με αποτέλεσμα την απώλεια όρασης σε ένα ή και τα δύο μάτια.
- Σύγχυση ή δυσκολία στη σκέψη: Οι περιοχές του εγκεφάλου που εμπλέκονται στην μνήμη και τη σκέψη μπορεί να επηρεαστούν, οδηγώντας σε σύγχυση, δυσκολία συγκέντρωσης ή απώλεια της συνείδησης.
- Ασταθές βάδισμα ή ζάλη: Εάν το ΑΕΕ επηρεάζει τις περιοχές του εγκεφάλου που ελέγχουν την ισορροπία, μπορεί να προκαλέσει ζάλη ή απώλεια του ελέγχου των κινήσεων (Powers et al., 2019).

Τα συμπτώματα του ισχαιμικού εγκεφαλικού επεισοδίου μπορεί να διαρκέσουν λίγες ώρες ή και μέρες, και σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορούν να εμφανιστούν αναστρέψιμα αν η ιατρική παρέμβαση γίνει άμεσα. Εντούτοις, σε σοβαρές περιπτώσεις, τα συμπτώματα μπορεί να είναι μόνιμα.

Η διάγνωση του ισχαιμικού αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου απαιτεί άμεση χρήση απεικονιστικών μεθόδων για τον εντοπισμό της βλάβης. Η **Αξονική Τομογραφία (CT)** χρησιμοποιείται πρώτη λόγω ταχύτητας και βοηθά στον αποκλεισμό αιμορραγίας, αν και έχει περιορισμένη ευαισθησία στις πρώιμες ισχαιμικές αλλοιώσεις. Η **Αξονική Αγγειογραφία (CTA)** χρησιμοποιείται για την απεικόνιση αγγείων και τον εντοπισμό θρόμβων στις εγκεφαλικές αρτηρίες (Albers et al., 2015). Η **Μαγνητική Τομογραφία (MRI)** είναι πιο ευαίσθητη στην ανίχνευση πρώιμων βλαβών, με την τεχνική DWI (Diffusion) να εντοπίζει ισχαιμικές περιοχές άμεσα. Τέλος, η **Μαγνητική Αγγειογραφία (MRA)** παρέχει μη επεμβατική απεικόνιση των αγγείων χωρίς iontίζουσα ακτινοβολία, χρήσιμη για αποφράξεις και στενώσεις (Chalela J.A. et al., 2007). Η σωστή και έγκαιρη διάγνωση του ΑΕΕ είναι κρίσιμη για την άμεση εφαρμογή των κατάλληλων θεραπευτικών μεθόδων, όπως η θρομβόλυση ή η μηχανική θρομβεκτομή, οι οποίες μπορεί να μειώσουν τη σοβαρότητα των συμπτωμάτων και την πρόγνωση του ασθενούς.

3.5.Θεραπευτικές Παρεμβάσεις για το Ισχαιμικό ΑΕΕ

Οι θεραπευτικές παρεμβάσεις για το οξύ ισχαιμικό αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο (ΑΕΕ) έχουν εξελιχθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, με στόχο τη βελτίωση της έκβασης των ασθενών. Οι κύριες θεραπευτικές παρεμβάσεις περιλαμβάνουν την ενδοφλέβια θρομβόλυση και τη μηχανική θρομβεκτομή.

Η Ενδοφλέβια Θρομβόλυση, δηλαδή η χορήγηση θρομβολυτικών φαρμάκων, όπως η αλτεπλάση (alteplase) είναι η πιο συνηθισμένη θεραπεία για το ισχαιμικό ΑΕΕ. Η θεραπεία αυτή πρέπει να ξεκινήσει εντός 4.5 ωρών από την έναρξη των συμπτωμάτων για να είναι αποτελεσματική (Alberts et al., 2020). Η Ενδοφλέβια Θρομβόλυση μπορεί να μειώσει τη θνησιμότητα και την αναπηρία που σχετίζεται με το ΑΕΕ (Hacke et al., 2008).

Η μηχανική θρομβεκτομή είναι μια ελάχιστα επεμβατική διαδικασία που περιλαμβάνει την αφαίρεση του θρόμβου από το αγγείο μέσω καθετήρα. Αυτή η παρέμβαση είναι συνήθως πιο αποτελεσματική για θρόμβο που προέρχεται από εγκεφαλική αρτηρία. Η διαδικασία πρέπει να διεξάγεται το συντομότερο δυνατό, ιδανικά εντός 6-24 ωρών από την έναρξη των συμπτωμάτων (Albers et al., 2020).

Κεφάλαιο 4:Επεμβατική Νευροακτινολογία στη Θεραπεία του Οξέος Ισχαιμικού ΑΕΕ- Μηχανική Θρομβεκτομή

4.1.Εισαγωγή στην Επεμβατική Νευροακτινολογία

Η επεμβατική νευροακτινολογία έχει εξελιχθεί σε βασικό εργαλείο στη θεραπεία του οξέος ισχαιμικού αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου. Με την εφαρμογή προηγμένων ενδοαγγειακών τεχνικών, οι επεμβατικοί νευροακτινολόγοι μπορούν να αποκαταστήσουν τη βατότητα του αποκαθιστέντος κλάδου και τη ροή του αίματος και να μειώσουν τη νευρολογική βλάβη. Αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσει τις τεχνικές επεμβατικής νευροακτινολογίας με κύρια αναφορά στην μηχανική θρομβεκτομή και την κλινική της αποτελεσματικότητα.

4.1.1.Ορισμός και Τεχνικές της Επεμβατικής Νευροακτινολογίας

Η επεμβατική νευροακτινολογία είναι ένας εξειδικευμένος τομέας της ακτινολογίας που επικεντρώνεται στη διάγνωση και θεραπεία αγγειακών και μη αγγειακών παθήσεων του εγκεφάλου, του νωτιαίου μυελού και της περιοχής κεφαλής-τραχήλου, χρησιμοποιώντας ελάχιστα επεμβατικές τεχνικές υπό απεικονιστική καθοδήγηση. Συνδυάζει γνώσεις από την ακτινολογία, την νευρολογία και τη νευροχειρουργική, αξιοποιώντας σύγχρονες μεθόδους απεικόνισης, όπως η ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία (DSA), η ακτινοσκόπηση, η αξονική τομογραφία (CT) και η μαγνητική τομογραφία (MRI), για την καθοδήγηση των επεμβάσεων και τη βελτίωση των κλινικών αποτελεσμάτων. Η ταχεία εξέλιξη της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια, με νέες βελτιώσεις σε καθετήρες, υλικά και στα απεικονιστικά συστήματα έχει συμβάλει στην αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση αγγειακών παθήσεων του εγκεφάλου όπως το ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο (Majoie et al., 2020).

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της επεμβατικής νευροακτινολογίας είναι η χρήση ενδαγγειακών τεχνικών, στις οποίες τα εργαλεία κινούνται μέσα από το αγγειακό σύστημα, φτάνοντας στους στόχους χωρίς την ανάγκη ανοιχτής χειρουργικής επέμβασης. Οι διαδικασίες ξεκινούν συνήθως με την παρακέντηση μιας μεγάλης αρτηρίας, όπως η μηριαία ή η κερκιδική, και την προώθηση καθετήρων και οδηγών συρμάτων υπό απεικονιστική καθοδήγηση σε πραγματικό χρόνο (Seldinger, 1953). Αυτή η μέθοδος είναι ελάχιστα επεμβατική, εξασφαλίζει ταχεία ανάρρωση και ελαχιστοποιεί τις επιπλοκές σε σχέση με τις παραδοσιακές χειρουργικές τεχνικές (Goyal et al., 2016).

Συνηθέστερες επεμβάσεις στην επεμβατική νευροακτινολογία περιλαμβάνουν την αγγειογραφία του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού για διαγνωστικούς λόγους, καθώς και την ενδαγγειακή αντιμετώπιση εγκεφαλικών ανευρυσμάτων, αρτηριοφλεβωδών

δυσπλασιών αλλά και την μηχανική θρομβεκτομή. Η αγγειογραφία του εγκεφάλου θεωρείται η βασική τεχνική για την απεικόνιση των εγκεφαλικών αγγείων, κατά την οποία εισάγεται μια σκιαγραφική ουσία μέσω καθετήρα, ακολουθούμενος από ακτινογραφίες που αποκαλύπτουν τυχόν ανωμαλίες όπως στενώσεις ή ανευρύσματα (Powers et al., 2018). Τα ανευρύσματα και οι αρτηριοφλεβώδεις δυσπλασίες του εγκεφάλου αποτελούν συχνά αίτια αιμορραγικού αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου και η ενδαγγειακή αντιμετώπιση τους βελτιώνει την κλινική έκβαση των ασθενών (Molyneux et al., 2002).

Όσον αφορά τα ισχαιμικά αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια που προκαλούνται από την απόφραξη μεγάλων αγγείων έχει αποδειχθεί από μεγάλες πολυκεντρικές κλινικές μελέτες (όπως η MR CLEAN και η EXTEND-IA, κ.α.) οι οποίες δημοσιεύτηκαν το 2015 ότι η μηχανική θρομβεκτομή βελτιώνει θεαματικά την κλινική έκβαση των ασθενών (Παράρτημα- Πίνακας 1). Κατά τη διαδικασία αυτή, χρησιμοποιούνται είτε ειδικές ενδοπροθέσεις (stent retriever) είτε καθετήρες αναρρόφησης για να απομακρύνουν τον θρόμβο επαναφέροντας τη ροή του αίματος στην περιοχή του εγκεφάλου που ισχαιμεί (Berkhemer et al., 2015, Campbell et al., 2015).

4.1.2.Ιστορική Αναδρομή και Εξέλιξη του Κλάδου με Σύγχρονες Πρακτικές

Η επεμβατική νευροακτινολογία (INR) έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο από τότε που ξεκίνησε στα μέσα του 20ού αιώνα. Αρχικά, η νευροακτινολογία επικεντρωνόταν κυρίως στη διάγνωση, με τη χρήση βασικών μεθόδων απεικόνισης όπως οι ακτινογραφίες και η εγκεφαλική αγγειογραφία, την οποία εφάρμοσε πρώτος ο Egas Moniz τη δεκαετία του 1920. Το έργο του Moniz αποτέλεσε τη βάση για την αγγειογραφία, δίνοντας τη δυνατότητα στους γιατρούς να απεικονίζουν τα αιμοφόρα αγγεία του εγκεφάλου και να εντοπίζουν ανωμαλίες, όπως ανευρύσματα και όγκους (Lima et al., 2019).

Η μετάβαση σε επεμβατικές διαδικασίες ξεκίνησε τη δεκαετία του 1950, με την ανάπτυξη νέων τεχνικών για την προσπέλαση του αγγειακού συστήματος. Μία από τις πιο σημαντικές καινοτομίες ήταν η τεχνική Seldinger, που εισήχθη από τον Seldinger το 1953. Αυτή η μέθοδος, η οποία περιλαμβάνει την εισαγωγή καθετήρα σε ένα αιμοφόρο αγγείο με τη χρήση οδηγού σύρματος, έγινε θεμέλιο για τις αγγειακές παρεμβάσεις, επιτρέποντας πιο ασφαλή και ακριβή πλοήγηση μέσα στα αγγεία (Seldinger, 1953).

Στις δεκαετίες του 1970 και του 1980, η πρόοδος στην απεικονιστική τεχνολογία, όπως η ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία (DSA), άλλαξε τη νευροακτινολογία. Η DSA βελτίωσε την απεικόνιση των αιμοφόρων αγγείων αφαιρώντας οπτικά τα οστικά στοιχεία από τις εικόνες, επιτρέποντας πιο καθαρές απεικονίσεις των αγγειακών δομών και βελτιώνοντας τη διαγνωστική ακρίβεια. Αυτή η τεχνολογική πρόοδος άνοιξε τον δρόμο για πιο εξελιγμένες ενδαγγειακές διαδικασίες, όπως ο εμβολισμός αρτηριοφλεβωδών δυσπλασιών (AVM) και η θεραπεία ανευρυσμάτων (Cognard et al., 1995).

Τη δεκαετία του 1990, ο ενδαγγειακός εμβολισμός με σπείρες εισήχθη από τον Guglielmi και αποτέλεσε σημαντικό σημείο καμπής για τη θεραπεία των ενδοκρανιακών ανευρυσμάτων. Η αποσπώμενη σπείρα Guglielmi (GDC) επιτρέπει την ελάχιστη επεμβατική απόφραξη των ανευρυσμάτων με την εισαγωγή μιας μικρής, εύκαμπτης σπείρας μέσα στον ανευρυσματικό σάκο μέσω καθετήρα. Αυτή η μέθοδος γρήγορα κέρδισε δημοτικότητα, καθώς απέδειξε ότι έχει χαμηλότερα ποσοστά επιπλοκών σε σύγκριση με την χειρουργική απολίνωση (Molyneux et al., 2002). Η μελέτη ISAT, που συνέκρινε τον εμβολισμό με την παραδοσιακή χειρουργική απολίνωση, έδειξε ότι ο εμβολισμός οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα για τους ασθενείς και αποτελεί πλέον την προτιμώμενη θεραπεία για πολλά εγκεφαλικά ανευρύσματα (Molyneux et al., 2005).

Στις αρχές της δεκαετίας του 2000, η επεμβατική νευροακτινολογία επεκτάθηκε ραγδαία, ειδικά με την ανάπτυξη της μηχανικής θρομβεκτομής για την αντιμετώπιση οξέων ισχαιμικών αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων. Οι πρώτες επιτυχημένες διαδικασίες μηχανικής θρομβεκτομής χρησιμοποιούσαν συσκευές όπως το Merci Retriever, αλλά η ανάπτυξη των ειδικών ενδοπροθέσεων (stent retrievers) και των καθετήρων αναρρόφησης βελτίωσε σημαντικά τα ποσοστά διάνοιξης των αποφραγμένων αγγείων (Saver et al., 2012). Κλινικές δοκιμές παρείχαν ισχυρές αποδείξεις για την αποτελεσματικότητα της θρομβεκτομής, καθιερώνοντάς την ως θεραπεία εκλογής για την απόφραξη μεγάλων αγγείων (Berkhemer et al., 2015, Campbell et al., 2015, Goyal et al., 2015).

Σήμερα, η επεμβατική νευροακτινολογία είναι ένας ιδιαίτερα εξειδικευμένος τομέας που συνδυάζει προηγμένες απεικονιστικές τεχνολογίες, καινοτόμες συσκευές και διεπιστημονική συνεργασία. Η ανάπτυξη νέων συσκευών, όπως τροποποιητές ροής (flow diverters) και υγρές εμβολικές ουσίες, σε συνδυασμό με προηγμένες τεχνικές απεικόνισης, όπως σύγχρονα ψηφιακά αγγειογραφικά συστήματα (με απεικονίσεις αιμάτωσης, κωνική δέσμη, cone-beam CT, 3D απεικόνιση κτλ.), διευρύνουν συνεχώς τα όρια των ελάχιστων επεμβατικών παρεμβάσεων. (Powers et al., 2018).

Συμπερασματικά, η επεμβατική νευροακτινολογία εξελίχθηκε από διαγνωστική ειδικότητα σε αποτελεσματική θεραπευτική προσέγγιση, χάρη στις τεχνολογικές προόδους και τα ισχυρά κλινικά δεδομένα. Η πορεία της αντικατοπτρίζει μια γενικότερη τάση προς ελάχιστα επεμβατικές διαδικασίες που μειώνουν τον κίνδυνο και βελτιώνουν την ανάρρωση των ασθενών, αναδεικνύοντας τη σημασία της συνεχούς έρευνας και καινοτομίας στον τομέα (Lima et al., 2019).

4.2.Μηχανική Θρομβεκτομή: Τεχνικές, Ενδείξεις και Αντενδείξεις

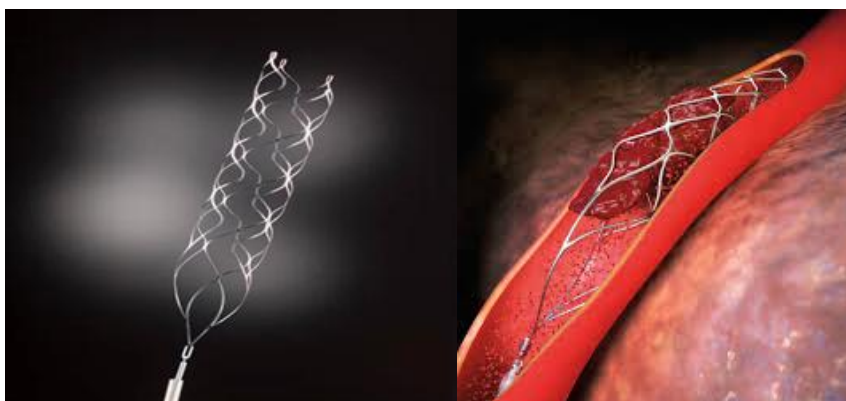
Η **μηχανική θρομβεκτομή (MT)** έχει πλέον καθιερωθεί ως η θεραπευτική μέθοδος εκλογής για την αντιμετώπιση του οξέος ισχαιμικού αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου (ΟΙΑΕΕ), ειδικά όταν πρόκειται για αποφράξεις μεγάλων αγγείων (LVO). Η διαδικασία περιλαμβάνει την απομάκρυνση του θρόμβου από τις αρτηρίες του εγκεφάλου, με στόχο την

αποκατάσταση της αιματικής ροής και τη μείωση της εγκεφαλικής βλάβης. Χάρη στην εξέλιξη των συσκευών και των τεχνικών, η μηχανική θρομβεκτομή έχει γίνει κρίσιμο μέρος της διαχείρισης των οξέων ισχαιμικών αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων.

4.2.1. Τύποι Τεχνικών Μηχανικής Θρομβεκτομής

Οι κύριες τεχνικές της μηχανικής θρομβεκτομής διαφέρουν ανάλογα με τις συσκευές και τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται. Η επιλογή της τεχνικής βασίζεται σε παράγοντες όπως η θέση της απόφραξης, η ανατομία των αγγείων του ασθενούς και η εμπειρία του ιατρού.

- **Stent Retrievers:** Τα Stent Retrievers είναι από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες συσκευές (Εικόνα 12). Ένας μικροκαθετήρας με τη βοήθεια ενός σύρματος περνάει μέσα από τον θρόμβο. Το stent προωθείται μέσω του μικροκαθετήρα και παγιδεύει εντός του συρμάτινου πλέγματός του τον θρόμβο και στη συνέχεια, μετά από λίγα λεπτά αποσύρεται. Τέλος, διενεργείται αγγειογραφία για να επιβεβαιωθεί η πλήρης αφαίρεση του θρόμβου. Κλινικές μελέτες έχουν καταδείξει την αποτελεσματικότητα των stent retrievers στην αφαίρεση των θρόμβων. (Goyal et al., 2015 Saver et al., 2015).



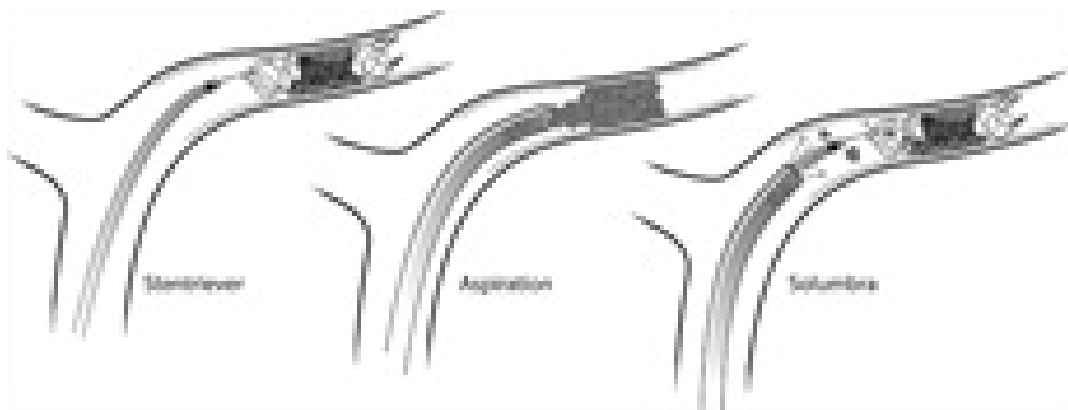
Εικόνα 12 Stent Retrievers (Πηγή: Magazines of UT Health San Antonio)

- **Θρομβεκτομή με Αναρρόφηση:** Σε αυτή την τεχνική, ένας καθετήρας μεγάλου διαμετρήματος, μαλακός και ευέλικτος προσεγγίζει τον θρόμβο. Στη συνέχεια, εφαρμόζεται αναρρόφηση με χρήση αντλίας ή σύριγγας και ο καθετήρας αφαιρείται. (Εικόνα 13). Η μέθοδος **ADAPT (A Direct Aspiration, First Pass Technique)** αποτελεί μια δημοφιλή προσέγγιση που επικεντρώνεται στην αναρρόφηση ως πρώτη επιλογή, με καλά αποτελέσματα σε περιπτώσεις μαλακών θρόμβων ή αποφράξεων σε εγγύς αγγεία (Turk et al., 2014).



Εικόνα 13 Καθετήρας αναρρόφησης (Πηγή: NeuroSafe Medical)

- **Συνδυαστική Τεχνική (Solumbra):** Η τεχνική **Solumbra** συνδυάζει τη χρήση Stent retriever και καθετήρα αναρρόφησης ταυτόχρονα. Αυτή η μέθοδος αυξάνει την πιθανότητα επιτυχούς απομάκρυνσης του θρόμβου, αξιοποιώντας τα πλεονεκτήματα και των δύο συσκευών (Εικόνα 14). Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται συχνά σε περιπτώσεις όπου η αρχική προσέγγιση αποτυγχάνει ή όταν η άμεση διάνοιξη του αγγείου είναι επιτακτική (Jahan et al., 2019).



Εικόνα 14 Τεχνικές μηχανικής θρομβεκτομής. Ένα stent retriever μόνο (αριστερά) αναπτύσσεται μέσα στον θρόμβο, ο οποίος στη συνέχεια ανακτάται. Με την τεχνική άμεσης αναρρόφησης (κέντρο), ένας καθετήρας αναρρόφησης φέρεται στη διεπιφάνεια του θρόμβου και ξεκινά η αναρρόφηση. Η τεχνική «Solumbra» (δεξιά) περιλαμβάνει τη χρήση ενός stent retriever με ταυτόχρονη αναρρόφηση. ©University at Buffalo Neurosurgery (Πηγή: CNS Neurosurgery)

4.2.2. Ενδείξεις για Μηχανική Θρομβεκτομή

Η μηχανική θρομβεκτομή εφαρμόζεται σε ασθενείς με οξύ ισχαιμικό αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο λόγω απόφραξης μεγάλων αγγείων, όπως η έσω καρωτίδα (ICA), η μέση εγκεφαλική αρτηρία (MCA) και η βασική αρτηρία. Τα βασικά κριτήρια για τη διενέργεια της μηχανικής θρομβεκτομής περιλαμβάνουν:

- **Παρουσία Απόφραξης Μεγάλου Αγγείου (LVO):** Η ύπαρξη απόφραξης επιβεβαιώνεται μέσω απεικονιστικών εξετάσεων, όπως η αγγειογραφία CT ή η MRI (Campbell et al., 2015).
- **Έναρξη Συμπτωμάτων Εντός 6 έως 8 Ωρών:** Η διαδικασία έχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα όταν πραγματοποιείται εντός 6 έως 8 ωρών από την έναρξη των συμπτωμάτων. Παρόλα αυτά, οι πρόσφατες κατευθυντήριες γραμμές και μελέτες (π.χ., DAWN, DEFUSE 3) επεκτείνουν το παράθυρο θεραπείας έως και 24 ώρες σε επιλεγμένους ασθενείς βάσει απεικονιστικών ευρημάτων (Albers et al., 2018).
- **Βαρύ νευρολογικό έλλειμα: Βαθμολογία NIHSS ≥ 6** (Powers et al., 2018).
- **Κλίμακα Rankin:** < 2 προ του εγκεφαλικού επεισοδίου.
- **Ηλικία ασθενών:** ≥ 18 ετών.
- **Απουσία εικόνας εκτεταμένων ισχαιμικών αλλοιώσεων στην αξονική τομογραφία ASPECTS ≤ 6** (Albers et al., 2018). (Παράρτημα Πίνακας 2)

4.2.3. Αντενδείξεις για Μηχανική Θρομβεκτομή

Παρόλο που η μηχανική θρομβεκτομή είναι αποτελεσματική, δεν είναι κατάλληλη για όλους τους ασθενείς. Οι κύριες αντενδείξεις περιλαμβάνουν:

- **Εκτεταμένο Εγκεφαλικό Έμφρακτο:** Όταν η απεικόνιση καταδεικνύει μεγάλη έκταση νεκρωμένου ιστού (Majoie et al., 2016).
- **Σοβαρές Συννοσηρότητες:** Ασθενείς με σοβαρά υποκείμενα νοσήματα, κακή προϋπάρχουσα λειτουργική κατάσταση (Powers et al., 2018).
- **Αδυναμία Λήψης Συγκατάθεσης:** Σε μη επείγουσες περιπτώσεις, αν δεν μπορεί να ληφθεί συγκατάθεση από τον ασθενή ή τον νομικό εκπρόσωπο, η διαδικασία μπορεί να θεωρηθεί αντένδειξη (Lapergue et al., 2017).

4.2.4. Ανασκόπηση των Αποτελεσμάτων της Θρομβεκτομής

Η μηχανική θρομβεκτομή (MT) αποτελεί μια αποτελεσματική θεραπευτική προσέγγιση για την αντιμετώπιση οξέων ισχαιμικών εγκεφαλικών επεισοδίων, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις απόφραξης μεγάλων εγκεφαλικών αγγείων. Οι πρόσφατες κλινικές μελέτες και η

τεχνολογική εξέλιξη των ενδαγγειακών τεχνικών έχουν οδηγήσει σε σημαντική βελτίωση των ποσοστών επιτυχούς διάνοιξης των αγγείων, των κλινικών αποτελεσμάτων σε διεύρυνση των ενδείξεων της μηχανικής θρομβεκτομής.

Μελέτες όπως οι **MR CLEAN**, **ESCAPE**, **REVASCAT** και **EXTEND-IA** (Παράρτημα-Πίνακας 3) έχουν επιβεβαιώσει ότι η μηχανική θρομβεκτομή επιτυγχάνει υψηλά ποσοστά διάνοιξης των αγγείων, με επιτυχία **TICI 2b-3** που φτάνει το 70%-90% (Goyal et al., 2015, Campbell et al., 2015). Το σύστημα ταξινόμησης **thrombolysis in cerebral infarction (TICI)** περιγράφηκε το 2003 από τον Higashida και τους συνεργάτες του ως ένα εργαλείο για τον καθορισμό της ανταπόκρισης της θρομβολυτικής θεραπείας στο ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο. Στη νευροεπεμβατική ακτινολογία, χρησιμοποιείται συχνά για ασθενείς μετά από ενδαγγειακή επαναιμάτωση και ταξινομείται από τον βαθμό 0 έως τον βαθμό 3, όπου 0 καμία αιμάτωση και 3 η πλήρης αιμάτωση του αγγείου (Higashida R. et al, 2003). Επίσης, οι ασθενείς που υποβάλλονται σε μηχανική θρομβεκτομή παρουσιάζουν καλύτερη κλινική έκβαση, όπως αποδεικνύεται από τη βελτιωμένη βαθμολογία στην κλίμακα **mRS (modified Rankin Scale)** μετά από 90 ημέρες, σε σύγκριση με εκείνους που έλαβαν την καλύτερη δυνατή θεραπευτική αντιμετώπιση, συμπεριλαμβανομένης και της θρομβόλυσης (Saver et al., 2015). Επιπλέον μελέτες όπως οι **DAWN** και **DEFUSE 3** έδειξαν ότι ακόμη και ασθενείς που υποβλήθηκαν σε θρομβεκτομή εντός 24 ωρών από την έναρξη των συμπτωμάτων παρουσιάζουν βελτιωμένη πρόγνωση όταν η επιλογή τους βασίζεται σε συγκεκριμένες απεικονιστικές ενδείξεις (Albers et al., 2018). Η χρήση του **tPA** είναι περιορισμένη στο χρονικό παράθυρο των πρώτων 4,5 ωρών από την έναρξη των συμπτωμάτων με ποσοστά διάνοιξης των αγγείων γύρω στο 30%-50% (Powers et al., 2018). Ωστόσο, για τις περιπτώσεις απόφραξης μεγάλων αγγείων, η αποτελεσματικότητα της **tPA** είναι περιορισμένη (Saver et al., 2015). Η θρομβόλυση με **tPA** σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο αιμορραγίας, με ποσοστά σοβαρής ενδοεγκεφαλικής αιμορραγίας να φτάνουν το 6% (Powers et al., 2018). Από την άλλη, η μηχανική θρομβεκτομή έχει λιγότερες σοβαρές επιπλοκές, όταν διενεργείται από έμπειρη επεμβατική ομάδα (Majoie et al., 2016). Οι μελέτες των τελευταίων ετών υποδεικνύουν ότι η μηχανική θρομβεκτομή παρέχει καλύτερα κλινικά αποτελέσματα και υψηλότερα ποσοστά λειτουργικής αποκατάστασης (Campbell et al., 2015).

Συνολικά, η μηχανική θρομβεκτομή θεωρείται πιο αποτελεσματική στην αντιμετώπιση των αποφράξεων μεγάλων αγγείων σε οξέα ισχαιμικά εγκεφαλικά επεισόδια. Παράλληλα, η χρήση της **tPA** παραμένει χρήσιμη, ιδίως όταν η μηχανική θρομβεκτομή δεν είναι άμεσα διαθέσιμη ή για ασθενείς με μικρότερες αποφράξεις που ανταποκρίνονται στη θρομβόλυση (Goyal et al., 2015).

Παρόλο που η θρομβεκτομή είναι αποτελεσματική, μπορεί να συνοδεύεται από επιπλοκές, όπως νέα εμβολικά επεισόδια και αιμορραγία. Αυτές οι επιπλοκές εμφανίζονται περίπου στο 5%-10% των ασθενών (Majoie et al., 2016). Ωστόσο, τα πιθανά οφέλη συνήθως υπερτερούν των κινδύνων, ιδιαίτερα όταν η επανασηραγγοποίηση του αγγείου επιτυγχάνεται γρήγορα (Albers et al., 2018).

Κεφάλαιο 5: Ψηφιακός Αγγειογράφος

Το σύστημα του ψηφιακού αγγειογράφου αποτελεί ένα από τα πιο κρίσιμα εργαλεία στην επεμβατική νευροακτινολογία και τις διαδικασίες επεμβατικής θεραπείας. Η ακρίβεια και η ταχύτητα των απεικονίσεων που προσφέρει το μηχάνημα είναι ουσιώδεις για την αποτελεσματική αντιμετώπιση οξέων καταστάσεων, όπως το οξύ ισχαιμικό ΑΕΕ.

5.1. Βασικά Χαρακτηριστικά του Αγγειογραφικού Μηχανήματος

5.1.1. Αρχή Λειτουργίας του Αγγειογράφου

Ο ψηφιακός αγγειογράφος είναι ένα εξειδικευμένο ιατρικό μηχάνημα (Εικόνα 15) που λειτουργεί με την ταυτόχρονη ισοκεντρική περιστροφή της λυχνίας ακτίνων Χ και του ανιχνευτή, επιτρέποντας τη λήψη εικόνων από διαφορετικές γωνίες για τρισδιάστατη απεικόνιση των αγγείων. Η εξεταστική τράπεζα κινείται σε τρεις διευθύνσεις, διευκολύνοντας την ακριβή τοποθέτηση του ασθενούς. Η γεννήτρια ακτίνων Χ υψηλής ισχύος και η λυχνία μεγάλης θερμοχωρητικότητας εξασφαλίζουν την παραγωγή ποιοτικών εικόνων χωρίς υπερθέρμανση του συστήματος. Επιπλέον, ειδικά φίλτρα διαμορφώνουν το φάσμα των ακτίνων Χ, βελτιώνοντας την αντίθεση και μειώνοντας τη δόση ακτινοβολίας. Ο συνδυασμός αυτών των τεχνολογιών επιτρέπει την ακριβή και λεπτομερή απεικόνιση των αιμοφόρων αγγείων για διαγνωστικούς και επεμβατικούς σκοπούς και η λειτουργία τους βασίζεται στην τεχνική της αγγειογραφίας, κατά την οποία ένα σκιαγραφικό υγρό χορηγείται ενδαρτηριακά, καθιστώντας τα αιμοφόρα αγγεία ορατά. Οι διαδοχικές εικόνες που λαμβάνονται αναλύονται ψηφιακά για να παρέχουν λεπτομερή αναπαράσταση της ροής του αίματος και των αγγειακών δομών (Bennett et al., 2019).



Εικόνα 15 Image Guided Therapy System Biplane (Πηγή: Philips)

5.1.2.Περιγραφή Συστήματος Ψηφιακού Αγγειογράφου

Το σύστημα του ψηφιακού αγγειογράφου περιλαμβάνει μια σειρά εξειδικευμένων εξαρτημάτων που συνεργάζονται για την ακριβή απεικόνιση των αγγείων και την υποστήριξη της διάγνωσης. Τα κύρια μέρη (Εικόνα 16) είναι:

1. Η Γεννήτρια των ακτίνων-X

Η γεννήτρια των ακτίνων-X είναι υπεύθυνη για την παροχή της απαραίτητης ενέργειας για τη δημιουργία ακτίνων-X. Χρησιμοποιεί υψηλή τάση για να ενεργοποιήσει την ακτινολογική λυχνία, επιτρέποντας την παραγωγή ακτινοβολίας υψηλής έντασης, προσαρμοσμένης στις απαιτήσεις της εξέτασης (Bushberg et al., 2011). Η γεννήτρια των ακτίνων-X βρίσκεται εκτός της αίθουσας του αγγειογράφου.

2. Η Ακτινολογική λυχνία

Η ακτινολογική λυχνία είναι η συσκευή που παράγει ακτίνες-X μέσω της πρόσκρουσης ηλεκτρονίων στην άνοδο της λυχνίας. Η λυχνία αποτελείται από κάθοδο (νήμα) και άνοδο (στόχο), όπου τα ηλεκτρόνια παράγουν την ακτινοβολία κατά την κρούση τους, μετατρέποντας την ενέργεια σε ακτίνες-X (Huda & Mettler, 2011). Στην λυχνία υπάρχουν προσαρμοσμένα επιπλέον φίλτρα για να εξασφαλίζεται η μείωση της δόσης στο δέρμα.

3. Διαφράγματα και Μετρητής KAP: Πάνω από την λυχνία υπάρχουν μη ακτινοπερατά διαφράγματα για την αυξομείωση των διαστάσεων του πεδίου. Αυτά ανάλογα με τον ανιχνευτή έχουν σχήμα ορθογωνίου ή κυκλικό. Η λειτουργία τους είναι είτε ηλεκτρομηχανική είτε χειροκίνητη. Η προσαρμογή του μεγέθους του πεδίου γίνεται αυτόματα ανάλογα με το FOV και με την απόσταση SID. Ο μετρητής KAP χρησιμοποιείται για να εκτιμηθεί η συνολική ακτινοβολία που απορροφάται από τον ασθενή κατά τη διάρκεια των ακτινολογικών εξετάσεων.

4. Εξεταστική τράπεζα

Η εξεταστική τράπεζα είναι στέρεη και άκαμπτη, ώστε να υποστηρίζει με ασφάλεια το βάρος του εξεταζόμενου, ενώ παράλληλα εξασθενεί ελάχιστα τη δέσμη των ακτίνων X, διασφαλίζοντας την ποιότητα της απεικόνισης. Διαθέτει δυνατότητα κίνησης σε τουλάχιστον τρεις άξονες, επιτρέποντας ακριβή τοποθέτηση του ασθενούς, καθώς και περιστροφή και κλίση για ευελιξία κατά την εξέταση. Η επιφάνειά της είναι κατασκευασμένη από ανθρακονήματα, υλικό που συνδυάζει υψηλή αντοχή με χαμηλή απορρόφηση ακτινοβολίας, ενώ διαθέτει λεπτό στρώμα που ενισχύει την άνεση του ασθενούς χωρίς να επηρεάζει τη διαπερατότητα των ακτίνων X. (Ballinger & Frank, 2016). Πάνω στην εξεταστική τράπεζα είναι προσαρμοσμένη η κονσόλα χειρισμού και στο κάτω μέρος είναι συνδεδεμένοι οι ποδοδιακόπτες ακτινοσκόπησης και λήψης ακτινογραφικών εικόνων.

5. Αγγειογραφική ανάρτηση με ψηφιακό ανιχνευτή

Το σύστημα ανάρτησης περιλαμβάνει βραχίονες που επιτρέπουν την τοποθέτηση της λυχνίας και του ανιχνευτή σε διάφορες γωνίες (σύστημα C-arm). Ο ψηφιακός ανιχνευτής (FP) καταγράφει την ακτινοβολία που διαπερνά τον ασθενή και τη μετατρέπει σε ηλεκτρονικό σήμα για τη δημιουργία εικόνας. Έτσι, παρέχεται η απεικόνιση των αγγείων με υψηλή ανάλυση (Seibert et al., 2012). Στον ανιχνευτή είναι προσαρμοσμένο και το

αντιδιαχυτικό διάφραγμα, το οποίο μειώνει την σκεδαζόμενη ακτινοβολία και εξασφαλίζει καλύτερη ποιότητα εικόνων.

6. Ψηφιακό σύστημα αγγειογραφικής απεικόνισης

Το ψηφιακό σύστημα αγγειογραφικής απεικόνισης περιλαμβάνει τεχνολογία ψηφιακής λήψης εικόνας και άμεσης προβολής (monitors). Οι ληφθείσες εικόνες επεξεργάζονται με φίλτρα βελτίωσης και με εξειδικευμένο λογισμικό αυξάνοντας την ευκρίνεια και διευκολύνοντας την αναγνώριση παθολογικών καταστάσεων (Smith & Webb, 2010).

7. Σύστημα υπολογιστικής τομογραφίας για τρισδιάστατη αγγειογραφία (3D απεικόνιση)

Το σύστημα 3D απεικόνισης χρησιμοποιεί εξειδικευμένο λογισμικό για τη δημιουργία τρισδιάστατων εικόνων των αγγείων. Καταγράφει εικόνες από διαφορετικές γωνίες και στη συνέχεια τις ανακατασκευάζει ψηφιακά, προσφέροντας πλήρη απεικόνιση της αγγειακής ανατομίας (Scarfe & Farman, 2008).

9. Ανεξάρτητος σταθμός ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας και διάγνωσης

Ο σταθμός αυτός (workstation) είναι ένα ξεχωριστό υπολογιστικό σύστημα με λογισμικό ανάλυσης εικόνας, που επιτρέπει στους ιατρούς και τους τεχνολόγους να επεξεργάζονται τις εικόνες, να τις μελετούν λεπτομερώς και να εξάγουν διαγνωστικά συμπεράσματα (Kalender, 2011).

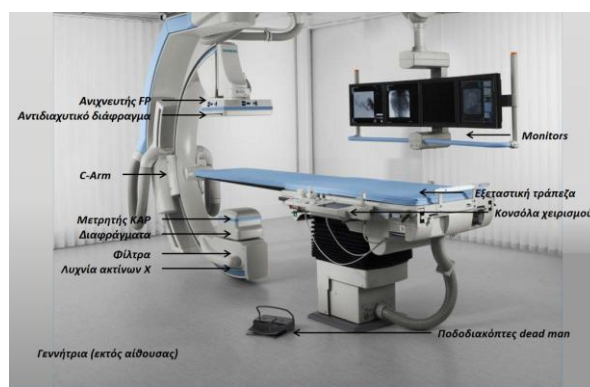
Στα σύγχρονα αγγειογραφικά συστήματα υπάρχει και η δυνατότητα του CBCT. Το CBCT λειτουργεί με βάση την αρχή της λήψης εικόνων σε κωνική δέσμη ακτίνων X (cone beam), που περιστρέφεται γύρω από τον ασθενή, επιτρέποντας την απόκτηση λεπτομερών τομών και τρισδιάστατων ανασυνθέσεων.

10. Εγχυτής σκιαγραφικής ουσίας

Η συσκευή αυτή εγχέει σκιαγραφική ουσία στον ασθενή μέσω αγγείου, καθιστώντας τα αιμοφόρα αγγεία πιο ορατά στις ακτινογραφίες. Βοηθά στην ενίσχυση της αντίθεσης της εικόνας και στην καλύτερη απεικόνιση των αγγειακών δομών (Katzberg, 2010).

11. Απαραίτητος συνοδός εξοπλισμός

Περιλαμβάνει διάφορα εργαλεία και συστήματα που υποστηρίζουν τη λειτουργία του αγγειογράφου, όπως συσκευές παρακολούθησης των ζωτικών παραμέτρων του ασθενούς και λογισμικό διαχείρισης εικόνων, διασφαλίζοντας την ομαλή λειτουργία του συστήματος, καθώς και μολύβδινες προστατευτικές ποδιές για την προστασία του προσωπικού από την ακτινοβολία (Bushberg et al., 2011).



Εικόνα 16 Βασικά μέρη συστήματος ψηφιακού αγγειογράφου (Πηγή: «Βασικές αρχές Ακτινολογίας- Επεμβατική Ακτινολογία - Αγγειογραφία» Ε. Παπαναστασίου)

5.2. Τύποι Αγγειογραφικών Μηχανημάτων

Υπάρχουν δύο τύποι αγγειογραφικών μηχανημάτων, τα single-plane συστήματα και τα biplane συστήματα.

Τα **single-plane αγγειογραφικά συστήματα** (Εικόνα 17) απεικονίζουν μόνο από μία γωνία και είναι συνήθως πιο οικονομικά και εύχρηστα για λιγότερο πολύπλοκες επεμβάσεις. Παρά την έλλειψη διπλής προβολής, τα συστήματα αυτά παραμένουν αποτελεσματικά και χρησιμοποιούνται ευρέως για αγγειογραφικές εξετάσεις σε διάφορα μέρη του σώματος, όπως τα περιφερειακά αγγεία (Fountain et al., 2015). Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στις νευροεπεμβατικές επεμβάσεις αν διαθέτουν δυνατότητα road mapping.



Εικόνα 17 Αγγειογραφικό Σύστημα Single- plane (Πηγή: WeMed)

Τα **biplane αγγειογραφικά συστήματα** (Εικόνα 18) είναι από τα πιο προηγμένα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στην επεμβατική νευροακτινολογία. Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν την ταυτόχρονη απεικόνιση σε δύο επίπεδα (πλάγια και κατακόρυφα), μειώνοντας τον χρόνο της επέμβασης και βελτιώνοντας την ακρίβεια των παρεμβάσεων (Lownie et al., 2013). Η δυνατότητα προβολής της ανατομίας από δύο οπτικές γωνίες είναι εξαιρετικά χρήσιμη σε πολύπλοκες εγκεφαλικές επεμβάσεις, όπως η θρομβεκτομή ή η διαχείριση ανευρυσμάτων. Η Cone Beam CT (CBCT) έχει ενσωματωθεί σε σύγχρονα αγγειογραφικά συστήματα για την παροχή τρισδιάστατης (3D) απεικόνισης σε πραγματικό

χρόνο. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει την απεικόνιση των αγγείων σε τρεις διαστάσεις, ενισχύοντας την ακρίβεια των επεμβάσεων και προσφέροντας λεπτομερή απεικόνιση των δομών του εγκεφάλου και των αγγείων κατά τη διάρκεια της επέμβασης (Katsanos et al., 2020).



Εικόνα 18 Αγγειογραφικό Σύστημα Biplane (Πηγή: ferventltd)

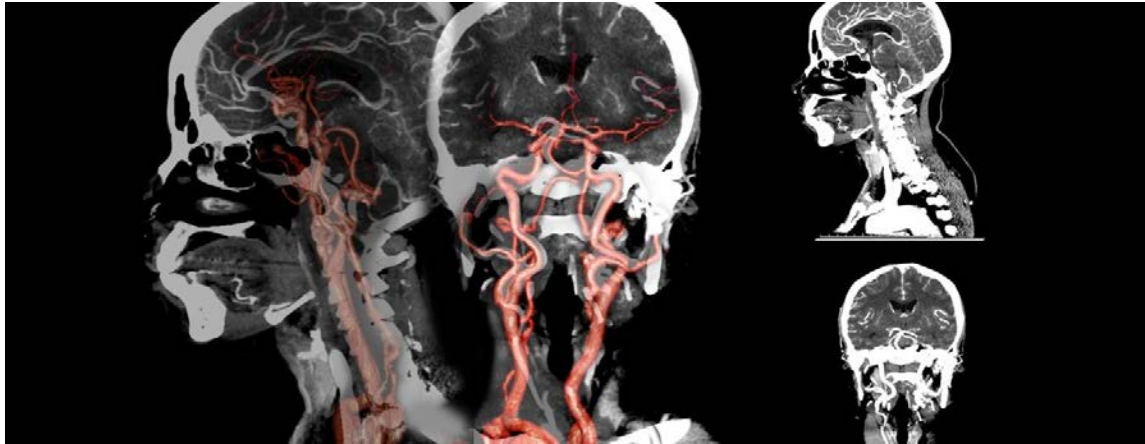
5.3.Τεχνολογίες Απεικόνισης και Χρήση στην Επεμβατική Νευροακτινολογία

Η απεικονιστική τεχνολογία διαδραματίζει καίριο ρόλο στη διάγνωση και θεραπεία του οξέος ισχαιμικού αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου , προσφέροντας ακριβείς πληροφορίες για τη μορφολογία και τη λειτουργία των εγκεφαλικών αγγείων. Οι τεχνολογίες απεικόνισης που χρησιμοποιούνται στην επεμβατική νευροακτινολογία είναι οι ακόλουθες:

1. Η Αξονική Τομογραφία (CT) και η CT-Αγγειογραφία

Η **Αξονική Τομογραφία (CT)** αποτελεί την πρώτη γραμμή απεικόνισης για τη διάγνωση του ισχαιμικού ΑΕΕ, λόγω της ταχύτητας και της ευκολίας της. Παρέχει άμεσα δεδομένα για την έκταση της εγκεφαλικής βλάβης και τη διαφοροποίηση μεταξύ ισχαιμικών και αιμορραγικών επεισοδίων. Η **CT-Αγγειογραφία (CTA)** (Εικόνα 19) χρησιμοποιείται για την απεικόνιση της εγκεφαλικής κυκλοφορίας, επιτρέποντας την αναγνώριση της θέσης της απόφραξης και την εκτίμηση της βαρύτητας του ισχαιμικού επεισοδίου (Majoie et al., 2014).

Η CTA προσφέρει υψηλή ανάλυση στις εγκεφαλικές αρτηρίες, διευκολύνοντας τις αποφάσεις για θρομβεκτομή και ενδαγγειακή θεραπεία.



Εικόνα 19 Αξονική αγγειογραφία εγκεφάλου (Πηγή: UCSF Health)

2. Η Μαγνητική Τομογραφία (MRI) και η MR-Αγγειογραφία

Η **Μαγνητική Τομογραφία (MRI)**, αν και πιο χρονοβόρα από την CT, προσφέρει λεπτομερέστερη απεικόνιση των εγκεφαλικών ιστών και είναι πιο ευαίσθητη στην ανίχνευση μικρών ισχαιμικών βλαβών. Η **MR-Αγγειογραφία (MRA)** επιτρέπει την απεικόνιση των εγκεφαλικών αγγείων χωρίς την ανάγκη χρήσης σκιαγραφικού, καθιστώντας την κατάλληλη για ασθενείς με νεφρική ανεπάρκεια ή άλλες αντενδείξεις για χορήγηση σκιαγραφικών μέσων (Lansberg et al., 2012)(Εικόνα 20). Η MRI και η MRA είναι επίσης αποτελεσματικές για την εκτίμηση της μορφολογίας των αιμοφόρων αγγείων και την αναγνώριση της αναστρέψιμης εγκεφαλικής ισχαιμίας (penumbra).



Εικόνα 20 Μαγνητική Αγγειογραφία Εγκεφάλου (Πηγή: The Radiologist Homepage)

3. Η Ψηφιακή Αφαιρετική Αγγειογραφία (Digital Subtraction Angiography, DSA)

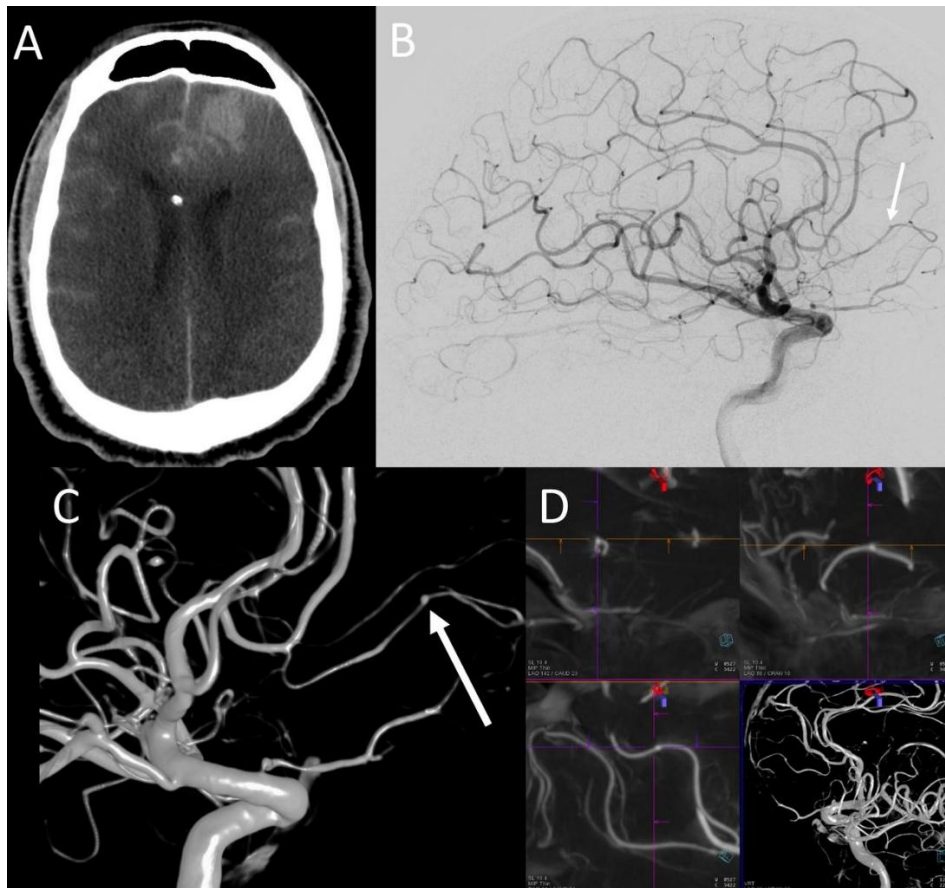
Η Ψηφιακή Αφαιρετική Αγγειογραφία (DSA) είναι η εξέταση εκλογής για την απεικόνιση των εγκεφαλικών αγγείων, προσφέροντας εξαιρετική ακρίβεια για την ανίχνευση αγγειακών παθήσεων όπως η θρόμβωση και τα ανευρύσματα. Κατά τη διάρκεια της ψηφιακής αφαιρετικής αγγειογραφίας (DSA) γίνεται λήψη μιας αρχικής εικόνας (mask) πριν από την έγχυση του σκιαγραφικού, στην οποία απεικονίζονται όλες οι ανατομικές δομές. Στη συνέχεια, λαμβάνονται διαδοχικές εικόνες κατά την έγχυση του σκιαγραφικού, όπου εκτός από τις σταθερές ανατομικές δομές, αποτυπώνονται και τα αγγεία που το έχουν προσλάβει. Με την αφαίρεση της αρχικής mask εικόνας από κάθε μία από τις νέες εικόνες, προκύπτουν εικόνες που περιέχουν αποκλειστικά τα αγγεία, βελτιώνοντας έτσι την αντίθεσή τους σε σχέση με το περιβάλλον. (Εικόνα 21). Ο εξεταζόμενος πρέπει να παραμένει ακίνητος σε όλη τη διάρκεια της διαδικασίας, ώστε να αποφευχθούν σφάλματα (artifacts) λόγω κίνησης, τα οποία θα μπορούσαν να αλλοιώσουν την ποιότητα των αφαιρετικών εικόνων. Η DSA θεωρείται απαραίτητη για τη λεπτομερή μελέτη της αγγειακής ανατομίας και χρησιμοποιείται ευρέως στην επεμβατική νευροακτινολογία (Meyers et al., 2019).



Εικόνα 21 Ψηφιακή Αφαιρετική Αγγειογραφία DSA (Πηγή: Ε. Παπαναστασίου)

Η αξιοποίηση του ψηφιακού αγγειογράφου και των συστημάτων **biplane** αποτελεί θεμελιώδες εργαλείο στη σύγχρονη ιατρική, ειδικότερα σε όλο το φάσμα των νευραγγειακών επεμβάσεων συμπεριλαμβανομένης της μηχανικής θρομβεκτομής, η οποία εφαρμόζεται κυρίως σε περιπτώσεις εγκεφαλικών επεισοδίων και άλλων αγγειακών διαταραχών. Η μηχανική θρομβεκτομή επωφελείται σημαντικά από τα σύγχρονα συστήματα απεικόνισης, καθώς η υψηλή ποιότητα εικόνας που προσφέρουν εξασφαλίζει

καθαρή και λεπτομερή απεικόνιση των αιμοφόρων αγγείων και των θρόμβων, διευκολύνοντας τη διάγνωση και την παρέμβαση. Επιπλέον, η δυνατότητα παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο δίνει τη δυνατότητα στους ιατρούς να ελέγχουν άμεσα και με ακρίβεια την πορεία της επέμβασης, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητά της. Παράλληλα, τα σύγχρονα συστήματα έχουν σχεδιαστεί για να μειώνουν σημαντικά την ακτινοβολία, προστατεύοντας τόσο τον ασθενή όσο και το ιατρικό προσωπικό κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Τα συστήματα biplane αποτελούν μια προηγμένη λύση στην αγγειογραφία, καθώς χρησιμοποιούν δύο ανεξάρτητες πηγές ακτινοβολίας που καταγράφουν εικόνες από διαφορετικές γωνίες ταυτόχρονα. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων των αγγείων, βελτιώνοντας την ακρίβεια στην καθοδήγηση εργαλείων, ειδικά σε δύσκολες περιοχές του αγγειακού συστήματος (Εικόνα 22). Επιπλέον, η ταυτόχρονη απεικόνιση μειώνει τον χρόνο της επέμβασης, εξαλείφοντας την ανάγκη επαναλαμβανόμενων κινήσεων του εξοπλισμού.



Εικόνα 22 2D-DSA, δισδιάστατη ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία. HR-CBCT, CT κωνικής δέσμης υψηλής ανάλυσης (Πηγή: Journal of Neurointerventional Surgery)

Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη καινοτόμων συστημάτων απεικόνισης που ενσωματώνουν προηγμένες λειτουργίες. Η Cone Beam CT (CBCT) είναι μια σύγχρονη τεχνολογία που χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια επεμβατικών διαδικασιών για τη λήψη τρισδιάστατων εικόνων των αγγείων και των γύρω ιστών. Το CBCT επιτρέπει στους επεμβατικούς νευροακτινολόγους να έχουν μια ακριβή και δυναμική εικόνα του

εγκεφάλου σε πραγματικό χρόνο, καθιστώντας τις επεμβάσεις πιο ασφαλείς και ακριβείς (Hirsch et al., 2020). Η δυνατότητα απεικόνισης σε 3D κατά τη διάρκεια της επέμβασης βελτιώνει την καθοδήγηση των καθετήρων και των άλλων συσκευών, μειώνοντας τις πιθανότητες επιπλοκών. Όλες οι σύγχρονες αγγειογραφικές συσκευές βασίζονται στην τεχνική της αξονικής τομογραφίας κωνικής δέσμης (CBCT) για την απόκτηση ογκομετρικών δεδομένων. Παρότι διάφορες εμπορικές ονομασίες (DynaCT, 3D-DSA, VasoCT, Innova CT) χρησιμοποιούνται για να υποδηλώσουν συγκεκριμένες εφαρμογές, όλα αυτά τα συστήματα στηρίζονται στις ίδιες βασικές αρχές απόκτησης εικόνων. Η βασική αρχή της αξονικής τομογραφίας κωνικής δέσμης (CBCT) βασίζεται στην απόκτηση πολλαπλών ακτινογραφικών προβολών κατά τη διάρκεια της περιστροφής του συστήματος γύρω από έναν συγκεκριμένο όγκο ενδιαφέροντος, συνήθως καλύπτοντας συνολικά 200°. Το σύνολο των εικόνων που προκύπτει υφίσταται ανακατασκευή μέσω οπισθοπροβολής, δημιουργώντας ένα ογκομετρικό σύνολο δεδομένων. Δύο βασικές τεχνικές CBCT που είναι σχετικές με τις νευροεπεμβάσεις είναι:

- Η **3D-DSA**, η οποία παρέχει αφαιρετική απεικόνιση των αγγείων με σκιαγραφικό και χρησιμοποιείται κυρίως για τον καθορισμό των βέλτιστων προβολών στη θεραπεία ανευρυσμάτων και παρέχει ταχύτερη απόκτηση εικόνων με λιγότερη ακτινοβολία αλλά χαμηλότερη ανάλυση μαλακών ιστών.
- Η **DynaCT** (γνωστό ως VasoCT για Philips και Innova CT για GE), που προσφέρει υψηλότερη ανάλυση και περισσότερες λεπτομέρειες, αλλά με αυξημένο χρόνο απόκτησης και μεγαλύτερη δόση ακτινοβολίας.

Παρότι και οι δύο τεχνικές βασίζονται στις ίδιες αρχές απόκτησης εικόνων, διαφοροποιούνται σε παράγοντες όπως η ταχύτητα απόκτησης, η ανάλυση και η δόση ακτινοβολίας (Eytan Raz, et al. 2022)

Κεφάλαιο 6:Ο Ρόλος του Τεχνολόγου Ακτινολόγου στην Επεμβατική Νευροακτινολογία

Η συμβολή του τεχνολόγου ακτινολόγου στην επεμβατική νευροακτινολογία είναι αναπόσπαστο στοιχείο για την επιτυχή έκβαση των διαδικασιών και την ασφάλεια των ασθενών. Η κατανόηση του ρόλου τους, από την προετοιμασία του εξοπλισμού μέχρι την εξειδικευμένη διαχείριση κατά τη διάρκεια της επέμβασης, απαιτεί υψηλή τεχνική γνώση και συνεχόμενη εκπαίδευση. Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθεί η συμβολή των επαγγελματιών αυτών στην επεμβατική νευροακτινολογία, με έμφαση στις κύριες αρμοδιότητες και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει στο σύγχρονο περιβάλλον των επεμβατικών διαδικασιών.

6.1.Καθήκοντα και Υποχρεώσεις του Τεχνολόγου Ακτινολόγου στην Επεμβατική Νευροακτινολογία

Οι τεχνολόγοι ακτινολόγοι διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στις επεμβατικές διαδικασίες, διευκολύνοντας τη διάγνωση και την αγγειακή θεραπεία μέσω απεικονιστικών μεθόδων. Η προετοιμασία και η λειτουργία του αγγειογραφικού μηχανήματος αποτελεί βασική ευθύνη του τεχνολόγου ακτινολόγου. Η ορθή παραμετροποίηση και διαχείριση των τεχνολογιών και των σκιαγραφικών ουσιών είναι καίριας σημασίας για την επιτυχή έκβαση της επέμβασης και την ασφάλεια του ασθενούς. Η διαδικασία περιλαμβάνει τον έλεγχο της γεννήτριας ακτίνων X και των ανιχνευτών για σωστή λειτουργία, τον καθαρισμό και την απολύμανση της εξεταστικής τράπεζας καθώς και την προετοιμασία του ασθενούς, συμπεριλαμβανομένης της σωστής θέσης του σώματος και της επεξήγησης της διαδικασίας στον ασθενή ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή συνεργασία και από τον ίδιο (Smith et al., 2018).

Η σωστή ρύθμιση του αγγειογραφικού μηχανήματος εξαρτάται από την εξατομικευμένη προσέγγιση για κάθε ασθενή. Οι τεχνολόγοι ακτινολόγοι πρέπει να ρυθμίζουν τις παραμέτρους της ακτινοβολίας, όπως την τάση του σωλήνα ακτίνων X (kVp), την ένταση της ακτινοβολίας (mAs), καθώς και τον χρόνο έκθεσης, ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη ποιότητα εικόνας με τη μικρότερη δυνατή δόση ακτινοβολίας στον ασθενή (Hirsch et al., 2020). Επίσης, η σωστή τοποθέτηση και ο προσανατολισμός του ασθενούς παίζει καθοριστικό ρόλο για τη σαφήνεια της απεικόνισης. Οι τεχνολόγοι πρέπει επίσης να είναι εξοικειωμένοι με τις ειδικές απαιτήσεις των επεμβατικών νευροακτινολογικών διαδικασιών, όπως η διαχείριση της διαδοχικής απεικόνισης σε πολλαπλά επίπεδα (single-plane και biplane angiography) και η χρήση του λογισμικού για την επεξεργασία και την ανάλυση των εικόνων (Gosalia et al., 2018). Η γνώση των λειτουργιών της Ψηφιακής Αφαιρετικής Αγγειογραφίας (DSA) και της δυνατότητας πραγματικού χρόνου απεικόνισης μέσω Cone Beam CT (CBCT) είναι επίσης σημαντική.

Η διαχείριση των σκιαγραφικών μέσων αποτελεί μια κρίσιμη ευθύνη του τεχνολόγου ακτινολόγου κατά τη διάρκεια των αγγειογραφικών επεμβάσεων. Τα σκιαγραφικά υγρά, που βασίζονται συνήθως σε ιωδιούχα διαλύματα, χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση της αντίθεσης στις απεικονίσεις των αγγείων, επιτρέποντας στους γιατρούς να εντοπίζουν θρόμβους, στενώσεις ή άλλες αγγειακές παθήσεις (Couch et al., 2015).

Η σωστή δόση και η μέθοδος χορήγησης των σκιαγραφικών ουσιών είναι ζωτικής σημασίας για την ασφάλεια και την ακρίβεια της εξέτασης. Οι τεχνολόγοι ακτινολόγοι σε συνεννόηση με τους νευροακτινολόγους πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τη νεφρική λειτουργία του ασθενούς, τις πιθανές αλλεργικές αντιδράσεις και άλλες αντενδείξεις. Επιπλέον, ο ρυθμός έγχυσης, η πίεση και η θερμοκρασία του σκιαγραφικού υγρού ρυθμίζονται ανάλογα με τις απαιτήσεις της επέμβασης (Morcos et al., 2014). Η προσεκτική παρακολούθηση της ενδοφλέβιας χορήγησης ή της ενδαρτηριακής έγχυσης πάντοτε με την καθοδήγηση του νευροακτινολόγου, καθιστά τις διαδικασίες ασφαλείς και αποτελεσματικές.

Η συμμετοχή του τεχνολόγου ακτινολόγου είναι κρίσιμη για την επιτυχή εκτέλεση της επεμβατικής διαδικασίας, καθώς παρέχει υποστήριξη στην ιατρική ομάδα και χειρίζεται τον εξοπλισμό με ακρίβεια.

6.2.Ακτινοπροστασία και Διαχείριση Κινδύνων

Η ακτινοπροστασία αποτελεί κρίσιμο μέρος των καθηκόντων του τεχνολόγου ακτινολόγου, ειδικά σε επεμβατικές διαδικασίες όπου η χρήση ακτίνων X είναι εκτεταμένη. Ο τεχνολόγος πρέπει να διασφαλίζει την ασφάλεια του ασθενούς και του προσωπικού, καθώς και να διαχειρίζεται τυχόν τεχνικά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν κατά τη διάρκεια της επέμβασης.

Απαραίτητη κρίνεται η λήψη μέτρων ακτινοπροστασίας για το προσωπικό και για τον ασθενή κατά τις νευροεπεμβατικές διαδικασίες, για τα οποία υπεύθυνος είναι ο τεχνολόγος ακτινολόγος. Η προστασία από την ακτινοβολία είναι απαραίτητη τόσο για τους ασθενείς όσο και για την ιατρική ομάδα, καθώς η υπερβολική έκθεση μπορεί να προκαλέσει μακροχρόνιες βλάβες. Ο τεχνολόγος εξασφαλίζει ότι τόσο ο ασθενής όσο και το προσωπικό φορούν προστατευτικές μολύβδινες ποδιές, γάντια και κολάρα για να μειωθεί η έκθεση στην ακτινοβολία. Η τοποθέτηση του ασθενούς στην εξεταστική τράπεζα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να μειώνεται η ακτινοβόληση των ευαίσθητων περιοχών και να επιτυγχάνεται η βέλτιστη απεικόνιση με ελάχιστη έκθεση. Ο τεχνολόγος προσαρμόζει την ένταση και τη διάρκεια των ακτίνων X ανάλογα με την εξέταση, χρησιμοποιώντας τη χαμηλότερη δυνατή δόση (Brenner & Hall, 2020). Τα συστήματα καταγραφής δόσης ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται για τη συνεχή παρακολούθηση της δόσης που λαμβάνει ο ασθενής, επιτρέποντας την προσαρμογή των παραμέτρων σε πραγματικό χρόνο (Jones & Smith, 2021).

Τα τεχνικά προβλήματα κατά τη διάρκεια της επέμβασης μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα της απεικόνισης και την ασφάλεια του ασθενούς. Ο τεχνολόγος πρέπει να είναι σε θέση να επιλύει γρήγορα τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν. Ο τεχνολόγος πρέπει να επιλύσει άμεσα προβλήματα όπως η αστοχία της ακτινολογικής λυχνίας ή του ψηφιακού ανιχνευτή, διασφαλίζοντας τη συνέχεια της διαδικασίας. Εάν οι εικόνες δεν είναι καθαρές, ο τεχνολόγος πρέπει να προσαρμόσει τις παραμέτρους του εξοπλισμού, όπως την ένταση της ακτινοβολίας και τη γωνία λήψης, για να βελτιώσει την ποιότητα της απεικόνισης (Gao et al., 2021). Κατά τη διάρκεια της αγγειογραφίας, ο τεχνολόγος μπορεί να χρειαστεί να προσαρμόσει τη ροή του σκιαγραφικού υγρού, ώστε να αποφευχθούν επιπλοκές και να επιτευχθεί σωστή απεικόνιση των αγγείων.

Η επιτυχής εφαρμογή των μέτρων ακτινοπροστασίας και η αποτελεσματική διαχείριση τεχνικών προβλημάτων συμβάλλουν στη μείωση των κινδύνων για τον ασθενή και το προσωπικό, διασφαλίζοντας παράλληλα τη βέλτιστη ποιότητα εικόνας και την επιτυχία της επεμβατικής διαδικασίας.

6.3. Προκλήσεις και Προοπτικές για τον Τεχνολόγο Ακτινολόγο

Η επεμβατική νευροακτινολογία είναι ένας ταχέως εξελισσόμενος τομέας που απαιτεί αυξημένες γνώσεις και δεξιότητες από τους τεχνολόγους ακτινολόγους. Η εργασία σε ένα τέτοιο περιβάλλον περιλαμβάνει την προσαρμογή σε νέες τεχνολογίες, τη συνεχή εκπαίδευση και την αντιμετώπιση ηθικών και επαγγελματικών προκλήσεων.

6.3.1. Εκπαίδευση και Εξειδίκευση

Η εκπαίδευση των τεχνολόγων ακτινολόγων στην επεμβατική νευροακτινολογία είναι θεμελιώδης για τη διασφάλιση της ασφάλειας των ασθενών και της ακρίβειας των διαδικασιών. Η βασική εκπαίδευση περιλαμβάνει θεωρητική γνώση της ανατομίας και της αγγειακής παθολογίας του εγκεφάλου καθώς και των εξειδικευμένων διαγνωστικών εργαλείων που είναι διαθέσιμα σε ένα σύγχρονο αγγειογραφικό μηχάνημα.

Η πρακτική εξάσκηση πραγματοποιείται μέσω προσομοιωτών ή σε πραγματικές κλινικές επεμβάσεις υπό την καθοδήγηση έμπειρων επαγγελματιών. Υπάρχουν ειδικά προγράμματα πιστοποίησης, όπως αυτά που προσφέρονται από διεθνείς οργανισμούς (π.χ., ARRT, ASRT), τα οποία συμβάλλουν στην εξειδίκευση και την κατανόηση των σύγχρονων τεχνικών επεμβατικής απεικόνισης (Furlan et al., 2021). Οι τεχνολόγοι ακτινολόγοι πρέπει να ανανεώνουν τις δεξιότητές τους τακτικά, καθώς η τεχνολογία και οι διαγνωστικές μέθοδοι εξελίσσονται συνεχώς.

6.3.2. Τεχνολογικές Βελτιώσεις και ο Αντίκτυπός τους

Οι τεχνολογικές εξελίξεις στη διαγνωστική απεικόνιση έχουν επηρεάσει σημαντικά την επεμβατική νευροακτινολογία, επιτρέποντας πιο ακριβείς και γρήγορες διαγνώσεις. Η

εισαγωγή προηγμένων τεχνικών, όπως η ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία (DSA), οι εξελιγμένοι ψηφιακοί ανιχνευτές (Flat-panel detectors) και τα συστήματα Cone Beam CT (CBCT), βελτίωσαν την απεικόνιση των αγγειακών δομών.

Οι τεχνολόγοι ακτινολόγοι πρέπει να εξοικειωθούν με τον νέο εξοπλισμό και τις προηγμένες τεχνολογίες, καθώς αυτές συμβάλλουν στην καλύτερη διάγνωση και θεραπεία των ασθενών. Επιπλέον, οι νέες τεχνολογίες έχουν μειώσει τη δόση ακτινοβολίας που απαιτείται για τις εξετάσεις, προσφέροντας μεγαλύτερη ασφάλεια τόσο στους ασθενείς όσο και στο προσωπικό (Rodriguez & Patel, 2019).

6.3.3. Προκλήσεις και Ηθικά Ζητήματα

Η αυξανόμενη χρήση της επεμβατικής ακτινολογίας παρουσιάζει σημαντικές προκλήσεις, ιδίως σε σχέση με την ασφάλεια και την ηθική. Ένα από τα βασικά προβλήματα είναι η έκθεση στην ακτινοβολία, η οποία μπορεί να έχει επιβλαβείς επιπτώσεις τόσο για τους ασθενείς όσο και για το προσωπικό. Οι τεχνολόγοι ακτινολόγοι πρέπει να λαμβάνουν μέτρα ακτινοπροστασίας, όπως η χρήση προστατευτικών καλυμμάτων και η βελτιστοποίηση των παραμέτρων έκθεσης για τη μείωση της δόσης της ακτινοβολίας.

Τα ηθικά ζητήματα περιλαμβάνουν επίσης τη διαχείριση των προσωπικών δεδομένων των ασθενών. Καθώς οι τεχνολόγοι ακτινολόγοι έχουν πρόσβαση σε απεικονιστικά δεδομένα υψηλής ευαισθησίας, είναι απαραίτητο να τηρούνται αυστηρά οι κανονισμοί προστασίας δεδομένων, όπως το GDPR στην Ευρώπη. Η προστασία της ιδιωτικότητας των ασθενών και η αποφυγή ακατάλληλης χρήσης των δεδομένων αποτελούν βασικές ευθύνες (Thompson & McGrath, 2022).

Επιπλέον, υπάρχει η πρόκληση της επαγγελματικής κόπωσης (burnout), η οποία είναι ιδιαίτερα συχνή σε περιβάλλοντα υψηλού άγχους, όπως οι επεμβατικές διαδικασίες. Οι τεχνολόγοι ακτινολόγοι πρέπει να αναπτύξουν δεξιότητες διαχείρισης άγχους και να συνεργάζονται με τους συναδέλφους τους για να υποστηρίξουν τη σωματική και ψυχική τους υγεία.

Κεφάλαιο 7:Βιβλιογραφική Ανασκόπηση και Μελέτες

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η σύγχρονη βιβλιογραφία και οι πιο πρόσφατες μελέτες που σχετίζονται με την επεμβατική νευροακτινολογία, με έμφαση στις εξελίξεις, τις τεχνικές και τα αποτελέσματα της εφαρμογής αυτών των μεθόδων στην κλινική πράξη, καθώς και στα πρότυπα πρακτικής και τις διεθνείς συστάσεις για την πραγματοποίηση αυτών των επεμβάσεων. Η επεμβατική νευροακτινολογία έχει εξελιχθεί σημαντικά τις τελευταίες δύο δεκαετίες, λόγω των προόδων στην απεικόνιση και στις ελάχιστες επεμβατικές τεχνικές. Η ανασκόπηση των πιο πρόσφατων ερευνών επισημαίνει τα εξής κύρια θέματα:

1. **Προόδους στις Τεχνικές Επεμβατικής Απεικόνισης:** Σύμφωνα με τον Campbell et al. (2020), η χρήση της ψηφιακής αφαίρεσης αγγειογραφίας (Digital Subtraction Angiography, DSA) έχει βελτιώσει σημαντικά την ικανότητα των κλινικών να εντοπίζουν και να θεραπεύουν αγγειακές παθήσεις, όπως τα ανευρύσματα και οι αρτηριοφλεβικές δυσπλασίες. Επιπλέον, οι νέες τεχνικές, όπως η χρήση του Cone Beam CT (CBCT), επιτρέπουν καλύτερη καθοδήγηση των ενδαγγειακών παρεμβάσεων, μειώνοντας τον κίνδυνο επιπλοκών (Meyer & Schramm, 2021).
2. **Μελέτες για την Εφαρμογή Θρομβεκτομής σε Ασθενείς με ΑΕΕ:** Σύμφωνα με την έρευνα των Albers et al. (2018), η θρομβεκτομή έχει αποδειχθεί αποτελεσματική στη θεραπεία του ισχαιμικού εγκεφαλικού επεισοδίου, ειδικά όταν εφαρμόζεται εντός του χρονικού παραθύρου των 6 ωρών. Οι νέες κατευθυντήριες οδηγίες υποστηρίζουν τη χρήση των μεθόδων αυτών σε συνδυασμό με σύγχρονες τεχνικές απεικόνισης, όπως η MRI και η CTA, για τον ακριβή εντοπισμό της απόφραξης.
3. **Συγκριτικές Μελέτες Απεικονιστικών Μεθόδων:** Η αξονική τομογραφία (CT) και η μαγνητική τομογραφία (MRI) είναι οι κύριες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη διάγνωση των αγγειακών παθήσεων του εγκεφάλου. Σύμφωνα με τον Smith et al. (2019), η Μαγνητική Τομογραφία MRI, ειδικά με τη χρήση του DWI (Diffusion Weighted Imaging), προσφέρει μεγαλύτερη ευαισθησία στην ανίχνευση πρώιμων ισχαιμικών αλλοιώσεων σε σύγκριση με την Αξονική Τομογραφία CT. Ωστόσο, η Αξονική Τομογραφία CT παραμένει η πρώτη επιλογή λόγω της ταχύτητάς της και της διαθεσιμότητάς της στα περισσότερα κλινικά κέντρα.
4. **Κλινικές Μελέτες για τη Χρήση Συσκευών Ενδαγγειακής Θεραπείας:** Οι συσκευές ενδαγγειακής θεραπείας, όπως οι ενδαγγειακοί καθετήρες και τα stents, έχουν αποδειχθεί πολύτιμα εργαλεία στην επεμβατική νευροακτινολογία. Σύμφωνα με τον Gao et al. (2021), οι νεότερες γενιές συσκευών προσφέρουν καλύτερο έλεγχο κατά τη διάρκεια των διαδικασιών και έχουν μειώσει τον χρόνο ανάρρωσης των ασθενών. Παράλληλα, οι επιπλοκές που σχετίζονται με τη χρήση τους έχουν μειωθεί σημαντικά χάρη στις βελτιώσεις στον σχεδιασμό και τα υλικά.
5. **Μελέτες για την Ακτινοπροστασία και Ασφάλεια:** Ένα σημαντικό θέμα στη βιβλιογραφία είναι η ασφάλεια των επεμβατικών διαδικασιών και η προστασία από την ακτινοβολία. Σύμφωνα με την ανασκόπηση των Thompson & McGrath (2022), η βελτίωση των τεχνικών απεικόνισης και οι οδηγίες ακτινοπροστασίας έχουν συμβάλει στη μείωση της έκθεσης τόσο των ασθενών όσο και του προσωπικού σε

ιοντίζουσα ακτινοβολία. Η χρήση συστημάτων χαμηλής δόσης και οι βελτιστοποιημένες τεχνικές απεικόνισης αποτελούν βασικά στοιχεία για την ασφάλεια των επεμβατικών διαδικασιών.

6. **Σύμφωνα με τα πρότυπα πρακτικής και τις διεθνείς συστάσεις** στις επεμβατικές επεμβάσεις για το οξύ ισχαιμικό αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο, ένα κατάλληλο επεμβατικό αγγειογραφικό εργαστήριο πρέπει να είναι εξοπλισμένο ώστε να υποστηρίξει τη χορήγηση γενικής αναισθησίας ως μέρος των τακτικών διαδικασιών. Ιδανικά, οι επεμβάσεις θα πρέπει να εκτελούνται με τη χρήση μονάδας διπλού επιπέδου(biplane) ψηφιακής αγγειογραφίας, η οποία διαθέτει δυνατότητες αξονικής τομογραφίας με επίπεδο ανιχνευτή (flat panel CT) και τον απαραίτητο εξοπλισμό και λογισμικό, προκειμένου να εξασφαλίζεται αγγειογραφία εγκεφάλου υψηλής ποιότητας. Σε βασικό επίπεδο, κάθε εργαστήριο πρέπει τουλάχιστον να διαθέτει μια μονάδα μονού επιπέδου (single plane) ψηφιακής αγγειογραφίας υψηλής ανάλυσης, εξοπλισμένη με δυνατότητα road mapping. Επιπλέον, θα πρέπει να εφαρμόζονται μέτρα προστασίας για την ακτινοβολία, σύμφωνα με τους εθνικούς κανονισμούς, και να υπάρχουν ορισμένα υπεύθυνα άτομα για τη διενέργεια των απαραίτητων ελέγχων και αξιολογήσεων. Ιδανικά σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να είναι:

- i. Ένας νευροεπεμβατικός ιατρός
- ii. Ένας βοηθός: Ένα δεύτερο άτομο αποστειρωμένο (π.χ. υποστηρικτικός ιατρός επεμβάσεων AIS, ειδικευόμενος ιατρός, νοσηλευτής-βοηθός, ή ακτινολόγος)
- iii. Ένας τεχνολόγος ακτινολόγος
- iv. Ένας νοσηλευτής ή βοηθός νοσηλευτή και
- v. Ανεξάρτητα από τον τύπο της αναισθησίας, θα πρέπει να είναι διαθέσιμη 24/7 υπηρεσία αναισθησιολογίας.

Στις επεμβάσεις αυτές, ως ελάχιστη σύνθεση, θα πρέπει να είναι παρόντες ένας νευροεπεμβατικός ιατρός, ένας τεχνολόγος ακτινολόγος και κατάλληλα εκπαιδευμένο νοσηλευτικό προσωπικό.

Οι ελάχιστες απαιτήσεις για τα κέντρα που παρέχουν θεραπείες παρέμβασης στο οξύ ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο παρέχονται στο παράρτημα στον πίνακα 4.

Σύμφωνα με τα πρότυπα αυτά, σε ιδανικές συνθήκες, όλοι οι ασθενείς θα πρέπει να λαμβάνουν θεραπεία σε ένα κέντρο που προσφέρει πλήρες φάσμα νευροενδαγγειακής φροντίδας (κέντρο επιπέδου 1). Ωστόσο, για γεωγραφικούς λόγους, ορισμένοι ασθενείς δεν μπορούν να φτάσουν σε τέτοιο κέντρο μέσα σε λογικό χρονικό διάστημα. Με αυτή την προοπτική, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στον καθορισμό συστάσεων για τις προϋποθέσεις οργάνωσης κέντρων εγκεφαλικών που παρέχουν μηχανική θρομβεκτομή για AIS, αλλά όχι για άλλες νευραγγειακές παθήσεις (κέντρο επιπέδου 2). Τέλος, ορισμένα κέντρα διαθέτουν μονάδα εγκεφαλικών επεισοδίων και παρέχουν ενδοφλέβια θρομβόλυση, αλλά δεν προσφέρουν καμία ενδαγγειακή θεραπεία για εγκεφαλικά επεισόδια (κέντρο επιπέδου 3)(Laurent Pierot, et al, 2015).

Λόγω του σχετικά μικρού χρονικού διαστήματος που έχει παρέλθει από τη δημοσίευση των αποδείξεων υπέρ της μηχανικής θρομβεκτομής, ορισμένες οργανωτικές πτυχές εξακολουθούν να απαιτούν επιστημονική επικύρωση.

Κεφάλαιο 8:Συμπεράσματα και προτάσεις-Συζήτηση

8.1.Συμπεράσματα- Συζήτηση

Η επεμβατική νευροακτινολογία έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο, καθιστώντας την έναν από τους πιο αποτελεσματικούς τομείς στην αντιμετώπιση του οξέος ισχαιμικού αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου. Τεχνικές όπως η μηχανική θρομβεκτομή έχουν αναδειχθεί ως πρότυπο θεραπείας, με πολλαπλά οφέλη για τους ασθενείς. Η μηχανική θρομβεκτομή, ειδικότερα, έχει αποδειχθεί εξαιρετικά αποτελεσματική σε περιπτώσεις απόφραξης μεγάλων εγκεφαλικών αγγείων, μειώνοντας τη θνησιμότητα και τις μακροχρόνιες αναπηρίες, όπως καταδεικνύουν μελέτες υψηλού κύρους, συμπεριλαμβανομένων των MR CLEAN και DAWN. Παράλληλα, η χρήση προηγμένων διαγνωστικών και επεμβατικών τεχνολογιών, όπως η ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία (DSA) και το Cone Beam CT (CBCT) και η αγγειογραφία με αξονική τομογραφία, έχει συμβάλει στη βελτίωση της διάγνωσης, της ταχύτητας παρέμβασης και της ακρίβειας κατά την εκτέλεση των επεμβάσεων. Η χρήση σύγχρονων εργαλείων, όπως τα stent retrievers, βελτίωσε την αποτελεσματικότητα των επεμβάσεων. Η συνεργασία με εξειδικευμένες ομάδες, που περιλαμβάνουν επεμβατικούς νευροακτινολόγους, αναισθησιολόγους, τεχνολόγους ακτινολόγους και εξειδικευμένους νοσηλευτές είναι κρίσιμη για την επιτυχία της θεραπείας.

Η συμβολή του τεχνολόγου ακτινολόγου στην επεμβατική νευροακτινολογία είναι αναντικατάστατη. Ο ρόλος του ξεκινά από την προετοιμασία του εξοπλισμού και την υποστήριξη της ιατρικής ομάδας κατά τη διάρκεια των επεμβάσεων και επεκτείνεται στη διασφάλιση της ακτινοπροστασίας και την ακριβή διαχείριση της ακτινοβολίας. Οι τεχνολόγοι ακτινολόγοι έχουν θεμελιώδη σημασία για την επιτυχία των διαδικασιών, καθώς η σωστή ρύθμιση των συστημάτων απεικόνισης και η αποτελεσματική συνεργασία με την υπόλοιπη ομάδα καθιστούν εφικτές τις ακριβείς και ασφαλείς επεμβάσεις. Η συνεχής εκπαίδευση και η εξειδίκευση των τεχνολόγων αποτελούν κρίσιμους παράγοντες που ενισχύουν την ποιότητα και την αποτελεσματικότητα των πράξεων.

Η ανάλυση δεδομένων από τη βιβλιογραφία και τις κλινικές μελέτες υποδεικνύει ότι η έγκαιρη διάγνωση και η ταχεία παρέμβαση είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχή αντιμετώπιση των εγκεφαλικών επεισοδίων. Οι πολυκεντρικές μελέτες αποδεικνύουν ότι οι επεμβατικές τεχνικές, όπως η μηχανική θρομβεκτομή, υπερέχουν έναντι παραδοσιακών προσεγγίσεων όταν εφαρμόζονται εντός του θεραπευτικού παραθύρου. Παράλληλα, τα νέα συστήματα και οι τεχνικές υψηλής ακρίβειας έχουν αυξήσει σημαντικά τα ποσοστά επιτυχίας των επεμβάσεων, ενώ μειώνουν τους κινδύνους και τις επιπλοκές.

8.2.Μελλοντικές Προκλήσεις και Προοπτικές

Η επεμβατική νευροακτινολογία και ο ρόλος του τεχνολόγου ακτινολόγου βρίσκονται αντιμέτωποι με σημαντικές προκλήσεις, ενώ παράλληλα αναδεικνύονται πολλές προοπτικές για το μέλλον. Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, όπως η πρόοδος στη ρομποτική και η ενσωμάτωση συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης (AI), υπόσχεται μεγαλύτερη ακρίβεια και

αποτελεσματικότητα στις επεμβάσεις. Παράλληλα, η χρήση εξελιγμένων απεικονιστικών εργαλείων και ανάλυσης δεδομένων διευρύνει το θεραπευτικό παράθυρο, επιτρέποντας τη θεραπεία περισσότερων ασθενών σε μεγαλύτερα χρονικά πλαίσια.

Η ανάγκη για συνεχή εκπαίδευση των τεχνολόγων ακτινολόγων είναι επιτακτική, ώστε να μπορούν να ανταποκριθούν στις νέες απαιτήσεις, όπως η ενσωμάτωση του ΑΙ στις διαδικασίες. Επιπλέον, ζητήματα που αφορούν την ηθική και την ακτινοπροστασία αποκτούν ολοένα και μεγαλύτερη σημασία, καθώς οι τεχνολόγοι πρέπει να διαχειρίζονται τα νέα δεδομένα που αφορούν υψηλά πρότυπα ασφαλείας της ακτινοβολίας και να συμμορφώνονται με τις συνεχώς εξελισσόμενες κατευθυντήριες οδηγίες.

Συνολικά, η επεμβατική νευροακτινολογία βρίσκεται σε μια φάση διαρκούς εξέλιξης, με σημαντική συμβολή στην αντιμετώπιση των οξέων ισχαιμικών αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων. Η συμβολή των τεχνολόγων ακτινολόγων δεν περιορίζεται στην τεχνική υποστήριξη, αλλά περιλαμβάνει και την εξασφάλιση της ομαλής διεξαγωγής των επεμβάσεων και την προστασία του ασθενούς και του προσωπικού. Η συνεχής εκπαίδευση και η διαρκής ενημέρωση σχετικά με τις τεχνολογικές εξελίξεις θα εξασφαλίσουν τη διατήρηση υψηλού επιπέδου παροχής υπηρεσιών, καθιστώντας τον ρόλο του τεχνολόγου ακτινολόγου ακόμα πιο σημαντικό στη μελλοντική πρακτική και θα εξασφαλίσει την προσαρμογή του επαγγέλματος στις μελλοντικές προκλήσεις και απαιτήσεις.

Βιβλιογραφία

1. Adams, R. D., & Victor, M. (2014). Principles of Neurology. McGraw Hill Education.
2. Albers, G. W., et al. (2018). Thrombectomy for strokes at 6 to 16 hours with selection by perfusion imaging. *New England Journal of Medicine*, 378(8), 708-718.
3. Albers, G. W., et al. (2019). *New England Journal of Medicine*, 378(8), 708-718.
4. Albers, G. W., Marks, M. P., & Marks, D. R. (2020). Thrombectomy 6 to 24 Hours after Stroke with a Mismatch between Deficit and Infarct. *New England Journal of Medicine*, 378(1), 11-21.
5. Albers, G. W., Marks, M. P., Christensen, S., & Lansberg, M. G. (2015). Thrombectomy for acute ischemic stroke. *The New England Journal of Medicine*, 372(24), 2379-2387.
6. Angiography Systems. *Journal of Medical Imaging and Diagnosis*, 59(1), 12-29.
7. Astrup J, Siesjö BK, Symon L. Thresholds in cerebral ischemia - the ischemic penumbra. *Stroke*. 1981 Nov-Dec;12(6):723-5. [PubMed]
8. Ay, H., Koroshetz, W. J., & Benner, T. (2014). Causes and mechanisms of ischemic stroke: Etiology of ischemic stroke. *Neurology*, 82(12), 1-12.
9. Baharoglu, M. I., & van der Worp, H. B. (2010). "Neuroimaging of Acute Stroke: CT and MRI". *Stroke* 41(10), 2428-2434.
10. Ballinger, P. W., & Frank, E. D. (2016). *Merrill's Atlas of Radiographic Positioning & Procedures*.
11. Bang, O. Y., Gumbinger, C., & Lee, J. H. (2018). Cardioembolic stroke. *Frontiers in Neurology*, 9, 9.
12. Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2020). *Neuroscience: Exploring the Brain*. Wolters Kluwer.
13. Berkhemer, O. A., et al. (2015). A randomized trial of intra-arterial treatment for acute ischemic stroke. *The New England Journal of Medicine*, 372(1), 11-20.
14. Blaser T, Hofmann K, Buerger T, Effenberger O, Wallesch CW, Goertler M. Risk of stroke, transient ischemic attack, and vessel occlusion before endarterectomy in patients with symptomatic severe carotid stenosis. *Stroke*. 2002 Apr;33(4):1057-62.
15. Brenner, D. J., & Hall, E. J. (2020). Radiation Protection in Interventional Radiology: Principles and Guidelines. *Journal of Radiological Protection*, 40(2), 215-230.
16. Bushberg, J. T., Seibert, J. A., Leidholdt, E. M., & Boone, J. M. (2011). *The Essential Physics of Medical Imaging*.
17. Cameron, H., Hickey, T., & Hart, S. (2019). Role of Early Rehabilitation in Patients with Stroke. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 51(7), 588-594.
18. Campbell, B. C. V., et al. (2015). Endovascular therapy for ischemic stroke with perfusion-imaging selection. *New England Journal of Medicine*, 372(11), 1009-1018.
19. Campbell, B. C. V., Mitchell, P. J., & Desmond, P. M. (2015). "Imaging of Acute Ischemic Stroke: An Update on MRI and CT". *Frontiers in Neurology*, 6, 155.
20. Chalela, J.A., Kidwell, C.S., Nentwich, L.M., Luby, M., Butman, J.A., Demchuk, A.M., Hill, M.D., et al. (2007). "Magnetic resonance imaging and computed tomography in emergency assessment of patients with suspected acute stroke: a prospective comparison." *The Lancet*, 369(9558), 293-298.
21. Chalet L, Boutelier T, Christen T, Raguene D, Debatisse J, Eker OF, Becker G, Nighoghossian N, Cho TH, Canet-Soulas E, Mechtouff L. Clinical Imaging of the Penumbra in Ischemic Stroke: From the Concept to the Era of Mechanical Thrombectomy.
22. Chaloupka, J. C., & Mangla, R. (2014). Endovascular interventions for acute ischemic stroke: history and perspectives. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, 6(4), 337-346.
23. Cognard, C., et al. (1995). Endovascular treatment of intracranial aneurysms with detachable coils: European experience. *Journal of Neurosurgery*, 83(5), 792-795.
24. Couch, L. S., & David, C. D. (2015). Contrast media in angiography: Mechanisms of action and safety considerations. *Journal of Radiology Nursing*, 34(4), 195-202.
25. Desowska A, Turner DL. Dynamics of brain connectivity after stroke. *Rev Neurosci*. 2019 Jul 26;30(6):605-623. [PubMed]
26. Dirnagl, U., Becker, K., & Meisel, A. (1999). Pathobiology of Injury and Repair in Stroke. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, 19(12), 1345-1360.
27. Donnelly, J. B., O'Neill, S. H., & Murray, A. (2019). Role of Imaging in the Diagnosis and Management of Acute Stroke. *BMJ*, 367, 15823.
28. Engelhardt E. Magendie and Luschka: Holes in the 4th ventricle. *Dement Neuropsychol*. 2016 Jul-Sep;10(3):254-258.
29. European Society of Radiology. (2014). Guidelines on radiation protection and training for medical professionals involved in fluoroscopic procedures. *Insights into Imaging*, 5(4), 385-390.

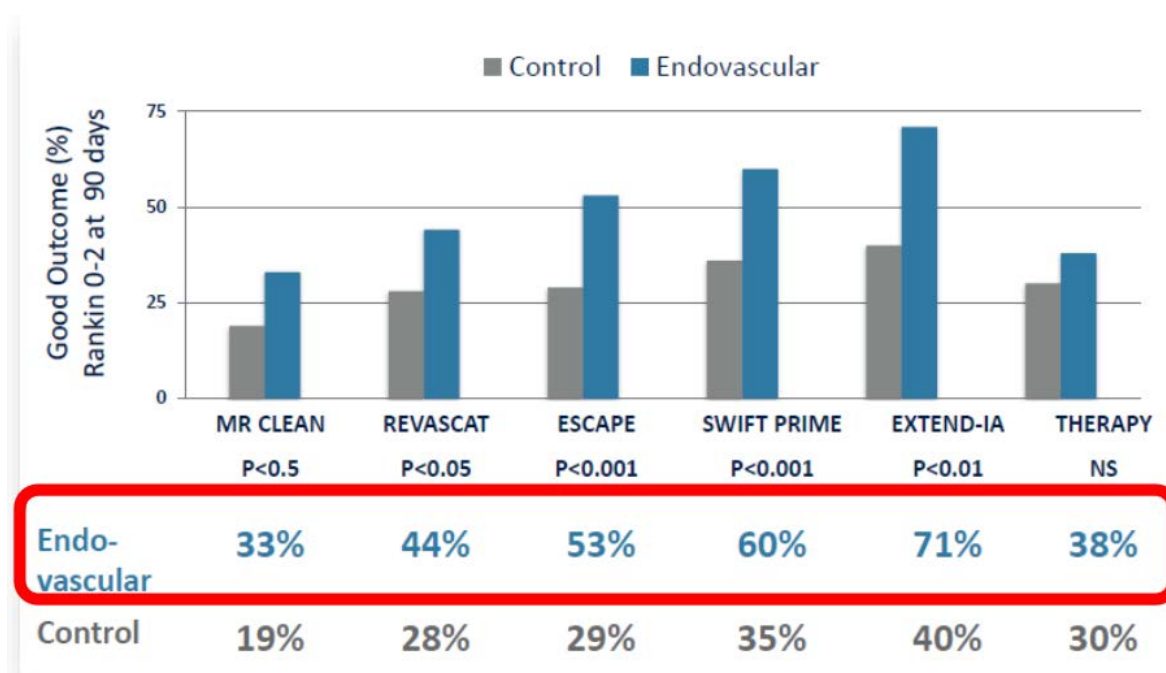
30. Eytan Raz ,1 Erez Nossek,2 Daniel H Sahlein,3 Vera Sharashidze,1 Vinayak Narayan,1 Aryan Ali,1 Rogelio Esparza,2 Simone Peschillo ,4 Charlotte Chung,1 Francesco Diana ,5 Safia Syed,1 Peter Kim Nelson,1,2 Maksim Shapiro (2022) Principles, techniques and applications of high resolution cone beam CT angiography in the neuroangio suite.
31. Feigin, V. L., Norrving, B., & Mensah, G. A. (2020). Global Burden of Stroke. *Circulation Research*, 120(3), 439–448.
32. Fisher, C. M. (1965). The circle of Willis: Anatomical variations. *Archives of Neurology*, 13(1), 30-38
33. Fisher, M., & Saver, J. L. (2019). Future directions of acute ischaemic stroke therapy. *The Lancet Neurology*, 8(6), 558–559.
34. Fountain, D. M., Jabbour, P., & Hasan, D. (2015). Single plane versus biplane angiography in the treatment of cerebral aneurysms: advantages and disadvantages. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, 7(2), 135-138.
35. Furie, K. L., & Kasner, S. E. (2011). Acute ischemic stroke: Etiology and classification. *Stroke*, 42(11), 3091-3093.
36. Furlan, A. J., et al. (2021). Training and Certification in Neurointerventional Radiology: The Importance of Specialized Education. *Journal of Neuroimaging*, 31(3), 215-230.
37. Gao, L., et al. (2021). Technical Challenges and Solutions in Interventional Radiology: An Overview. *Interventional Radiology Journal*, 45(4), 112-125.
38. Goldstein, L. B., Bushnell, C. D., Adams, R. J., Appel, L. J., Braun, L. T., Chaturvedi, S., et al. (2011). Guidelines for the primary prevention of stroke. *Stroke*, 42(2), 517–584.
39. Gosalia, K., Sanelli, P., & Ougorets, I. (2018). Radiation management and optimization in neurointerventional procedures. *Neuroimaging Clinics of North America*, 28(4), 611-620.
40. Goyal, M., et al. (2015). Randomized assessment of rapid endovascular treatment of ischemic stroke. *New England Journal of Medicine*, 372(11), 1019-1030.
41. Goyal, M., Menon, B. K., van Zwam, W. H., Dippel, D. W. J., Mitchell, P. J., Demchuk, A. M., et al. (2016). Endovascular thrombectomy after large-vessel ischaemic stroke: A meta-analysis of individual patient data from five randomised trials. *The Lancet*, 387(10029), 1723–1731.
42. Greenberg RW, Lane EL, Cinnamon J, Farmer P, Hyman RA. The cranial meninges: anatomic considerations. *Semin Ultrasound CT MR*. 1994 Dec;15(6):454-65. Hacke, W., Albers, G. W., & Marks, M. P. (2008). Thrombectomy for Stroke with a Mismatch between Deficit and Infarct. *New England Journal of Medicine*, 358(21), 2479-2490.
43. Hacke, W., Kaste, M., Bluhmki, E., Brozman, M., Davalos, A., Guidetti, D., et al. (2008). Thrombolysis with alteplase 3 to 4.5 hours after acute ischemic stroke. *The New England Journal of Medicine*, 359(13), 1317–1329.
44. Hirsch, J. A., Chandra, R. V., & Nicola, G. N. (2020). Cone Beam CT in Neurointerventional Procedures: Technical and Clinical Applications. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, 12(5), 495-501.
45. Huda, W., & Mettler, F. A. (2011). Radiation Physics for Medical Imaging.
46. Jahan, R., et al. (2019). Solitaire technique in thrombectomy for acute ischemic stroke. *Journal of Neurointerventional Surgery*, 11(1), 16-20.
47. Johnston, S. C., & Smith, E. E. (2019). The Epidemiology of Stroke. *The Journal of NeuroInterventional Surgery*, 11(8), 799-804.
48. Jones, M., & Smith, P. (2021). Dose Monitoring and Radiation Safety in Neurointerventional Procedures. *Neurosurgery and Radiology Review*, 32(3), 305-317.
49. Jones, R., & Brown, L. (2020). Advances in Neurointerventional Radiology: Role of the Radiologic Technologist. *Journal of Radiology*, 56(2), 123-134.
50. Kalender, W. A. (2011). Computed Tomography: Fundamentals, System Technology, Image Quality, Applications.
51. Katsanos, A. H., Bhogal, P., Fischer, U., & Dippel, D. W. (2020). Three-dimensional imaging modalities in acute ischemic stroke treatment: A review of the literature. *Stroke*, 51(12), 3478-3485.
52. Katzberg, R. W. (2010). The Use of Contrast Agents in Diagnostic Imaging.
53. Kaufmann, T. J. (2017). Endovascular technologies in neurointervention: the role of imaging. *Radiology Clinics of North America*, 55(3), 485-496.
54. Kemp WJ, Tubbs RS, Cohen-Gadol AA. The innervation of the cranial dura mater: neurosurgical case correlates and a review of the literature. *World Neurosurg*. 2012 Nov;78(5):505-10.
55. Kernan, W. N., Ovbiagele, B., & Black, H. R. (2015). Guidelines for the prevention of stroke in patients with stroke and transient ischemic attack. *Stroke*, 46(7), 2557-2567.
56. Kostulas, K., Olsson, T., & Mörner, S. (2021). Acute Ischemic Stroke: A Review of Its Definition and Classification. *Journal of Neurology*, 268(4), 1213-1221.

57. Lansberg, M. G., Straka, M., Kemp, S., & Mlynash, M. (2012). MRI and CT perfusion imaging in acute ischemic stroke: do they provide the same information. *Stroke*, 43(4), 1246-1252.
58. Lapergue, B., et al. (2017). A Direct Aspiration First Pass Technique (DAFPT) for thrombectomy. *Stroke*, 48(10), 2852-2858.
59. Lazkani, A., Niazi, M., & Van Der Lugt, A. (2016). Cerebrovascular diseases and stroke. *Frontiers in Neurology*, 7, 58.
60. Lima, L., & Santos, M. (2019). Egas Moniz and the development of cerebral angiography: A historical review. *Journal of Medical Biography*, 27(1), 18-23.
61. Liu S, Levine SR, Winn HR. Targeting ischemic penumbra: part I - from pathophysiology to therapeutic strategy. *J Exp Stroke Transl Med*. 2010 Mar 15;3(1):47-55. [PMC free article] [PubMed]
62. Lownie, S. P., Menon, B. K., Demchuk, A. M., & Hill, M. D. (2013). Advances in acute ischemic stroke intervention: use of biplane angiography for mechanical thrombectomy. *American Journal of Neuroradiology*, 34(3), 562-566.
63. Lyden, P. D., & Lu, M. (2004). "Stroke and Neuroimaging". *Stroke*, 35(11), 2369-2374.
64. Majoie, C. B. L. M., et al. (2014). "Endovascular Therapy for Acute Stroke: The Future of Neurointervention". *Stroke*, 45(12), 3550-3556.
65. Majoie, C. B. L. M., et al. (2014). Computed Tomography (CT) in Stroke Diagnosis: Rapid Assessment Techniques. *Stroke Imaging Handbook*, 8th Edition, pp. 45-67.
66. Majoie, C. B. L. M., et al. (2016). Imaging-based selection for intra-arterial thrombectomy in acute ischemic stroke. *Journal of Neuroimaging*, 26(2), 276-284.
67. Majoie, C. B. L. M., van der Lugt, A., & van der Zwan, A. (2016). The Role of Endovascular Therapy in Acute Ischemic Stroke. *The Lancet Neurology*, 15(4), 399-406.
68. Majoie, C. B., et al. (2020). Stroke: Pathophysiology, Diagnosis, and Management, 331-348.
69. Majoie, C. B., van Zwam, W. H., & Dippel, D. W. (2014). CT angiography in acute stroke: how accurate is the match between occlusion location and infarct volume. *Radiology*, 273(2), 485-493.
70. Mann, J. P., Gupta, R. A., & Brown, M. D. (2018). Epidemiology of Stroke. *The Journal of Emergency Medicine*, 55(3), 343-348.
71. Mayo Clinic. (2022). Stroke. Retrieved from Mayo Clinic.
72. Meyers, P. M., Schumacher, H. C., & Higashida, R. T. (2019). Digital subtraction angiography (DSA) techniques and applications in acute stroke treatment. *Neurosurgery Clinics of North America*, 29(4), 567-579.
73. Meyers, P. M., Schumacher, H. C., Higashida, R. T., & Aletich, V. A. (2019). Clinical neuroradiology and interventional neuroradiology: digital subtraction angiography (DSA) techniques. *Neurosurgery Clinics of North America*, 29(1), 1-15.
74. Molyneux, A. J., et al. (2005). International subarachnoid aneurysm trial (ISAT): Long-term follow-up results. *The Lancet*, 366(9488), 809-817.
75. Morcos, S. K., Thomsen, H. S., & Webb, J. A. (2014). Contrast media: Safety issues and recommendations. *European Radiology*, 24(1), 97-108.
76. Nogueira, R. G., et al. (2017). Thrombectomy 6 to 24 hours after stroke with a mismatch between deficit and infarct. *The New England Journal of Medicine*, 378(1), 11-21.
77. Nolte, J. (2019). *The Human Brain: An Introduction to its Functional Anatomy*. Elsevier.
78. Norrving, B., Kissela, B., & Pavlovic, A. (2020). Stroke: A Global Perspective. *The Lancet Neurology*, 19(9), 814-825.
79. Pelz, D. M. (2014). Neuroangiography: Current concepts and future directions. *Neurosurgery Clinics of North America*, 25(4), 633-647.
80. Powers, W. J., et al. (2015). "Thrombectomy for Stroke: Interventional Treatment for Acute Ischemic Stroke". *Lancet Neurology*, 14(5), 497-506.
81. Powers, W. J., Rabinstein, A. A., & Ackerson, T. (2019). Guidelines for the Early Management of Patients with Acute Ischemic Stroke: A Guideline for Healthcare Professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, 50(12), e344-e418.
82. Powers, W. J., Rabinstein, A. A., Ackerson, T., Adeoye, O. M., Bambakidis, N. C., Becker, K., ... & on behalf of the American Heart Association Stroke Council. (2018). 2018 Guidelines for the Early Management of Patients with Acute Ischemic Stroke: A Guideline for Healthcare Professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, 49(3), e46-e99.
83. Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., et al. (2018). *Neuroscience*. Sinauer Associates.
84. Rabinstein, A. A., & Powers, W. J. (2015). Intravenous and endovascular treatment of

- acute ischemic stroke. *Continuum: Lifelong Learning in Neurology*, 21(6), 1602-1622.
85. Rodriguez, T., & Patel, N. (2019). Advancements in X-ray Tube Technology for Interventional Radiology. *Radiology Technology Update*, 12(2), 89-102.
 86. Rothwell, P. M., & Warlow, C. P. (2005). *Essentials of Stroke*. Cambridge University Press.
 87. Sacco, R. L., Kasner, S. E., & Broderick, J. P. (2013). An updated definition of stroke: The American Heart Association/American Stroke Association 2013 guidelines. *Stroke*, 44(7), 2049-2059.
 88. Saver, J. L. (2019). Advances in the Management of Acute Ischemic Stroke. *The New England Journal of Medicine*, 383(1), 1-10.
 - Adams, R. D., & Victor, M. (2014). *Principles of Neurology*. McGraw Hill Education.
 89. Saver, J. L., et al. (2015). Solitaire flow restoration thrombectomy for acute ischemic stroke. *Stroke*, 46(2), 439-441.
 90. Saver, J. L., et al. (2019). Time to treatment with endovascular thrombectomy and outcomes from ischemic stroke: A meta-analysis. *JAMA*, 316(12), 1279-1288.
 91. Scarfe, W. C., & Farman, A. G. (2008). *Cone Beam Computed Tomography: Oral and Maxillofacial Applications*.
 92. Schroeder, J. W., & Flynn, B. (2019). Continuing education and the evolving role of radiologic technologists in neurointervention. *Radiologic Technology*, 91(1), 56-64.
 93. Seibert, J. A., Boone, J. M., & Lindfors, K. K. (2012). Digital detectors in radiology.
 94. Seldinger, S. I. (1953). Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography: A new technique. *Acta Radiologica*, 39(5), 368-376.
 95. Smith, H., & Webb, J. (2010). *Digital Imaging Systems for Plain Radiography*.
 96. Smith, T. J., et al. (2022). Technologist Contributions in Acute Stroke Management. *Stroke Research Journal*, 18(4), 567-580.
 - Squire, L. R., & Dede, A. J. (2015). *Memory Systems of the Brain: A Brief History and Current Perspective*.
 97. Squire, L. R., & Dede, A. J. O. (2015). Conscious and Unconscious Memory Systems. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 7(3), a021667.
 98. Standring, S. (2021). *Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice* (42nd ed.). Elsevier.
 99. Thompson, J., & McGrath, S. (2022). *Image Processing and Enhancement in Digital*
 100. Turk, A. S., et al. (2014). ADAPT technique: A direct aspiration first pass technique for stroke thrombectomy. *Journal of Neurointerventional Surgery*, 6(4), 280-284.
 101. Wenderoth, J. D., & Nguyen, T. (2020). *Interventional neuroradiology: A practical guide for technologists and clinicians*. Cambridge University Press.
 102. Wolf, P. A., Mitchell, J. A., & Kelly-Hayes, M. (2018). Epidemiology of Stroke. *Stroke*, 49(9), 2341-2349.
 103. World Health Organization. (2021). *World Health Statistics 2021*. Retrieved from WHO

Παράρτημα

Πίνακας 1 Σύγκριση ποσοστών καλής έκβασης (Rankin 0-2 στις 90 ημέρες) μεταξύ ενδοαγγειακής θεραπείας και ομάδας ελέγχου σε έξι μεγάλες κλινικές μελέτες



Πίνακας 2 Recommendations for Mechanical Thrombectomy Indications (Πηγή: Indications for Surgical Intervention in the Treatment of Ischemic Stroke)

Class	LOE	Recommendation
I	A	<u>0 to 6 Hours from Onset</u> 1. Patients should receive mechanical thrombectomy with a stent retriever if they meet all the following criteria: (i) prestroke mRS score of 0 to 1; (ii) causative occlusion of the internal carotid artery or MCA segment 1 (M1); (iii) age ≥ 18 years; (iv) NIHSS score of ≥ 6 ; (v) ASPECTS of ≥ 6 ; and (vi) treatment can be initiated (groin puncture) within 6 hours of symptom onset.
IIb	B-R	2. Although the benefits are uncertain, the use of mechanical thrombectomy with stent retrievers may be reasonable for carefully selected patients with AIS in whom treatment can be initiated (groin puncture) within 6 hours of symptom onset and who: have causative occlusion of the MCA segment 2 (M2) or MCA segment 3 (M3) portion of the MCAs
IIb	B-R	have prestroke mRS score >1, ASPECTS <6, or NIHSS score <6, and causative occlusion of the internal carotid artery (ICA) or proximal MCA (M1)
IIb	C-LD	have causative occlusion of the anterior cerebral arteries, vertebral arteries, basilar artery, or posterior cerebral arteries
I	A	<u>6 to 24 Hours from Onset</u> 3. In selected patients with AIS within 6 to 16 hours of last known normal who have LVO in the anterior circulation and meet other DAWN or DEFUSE 3 eligibility criteria, mechanical thrombectomy is recommended
IIa	B-R	4. In selected patients with AIS within 16 to 24 hours of last known normal who have LVO in the anterior circulation and meet other DAWN eligibility criteria, mechanical thrombectomy is reasonable

Note: Recommendations adopted from Guidelines for the Early Management of Patients with Acute Ischemic Stroke: 2019 Update

- Class of recommendation (Class): I (strong benefit), IIa (moderate benefit), IIb (weak benefit), III (moderate no benefit or strong harm)
- Level of evidence (LOE): A (high quality), B-R (moderate quality randomized), B-NR (moderate quality nonrandomized), C-LD (observation or registry with limited data), C-EO (expert opinion).

Πίνακας 3 Συγκριτικός πίνακας κλινικών μελετών (SWIFT PRIME, EXTEND IA, REVASCAT, ESCAPE, MR CLEAN) που αξιολογούν την αποτελεσματικότητα της ενδοαγγειακής θεραπείας έναντι της καλύτερης ιατρικής φροντίδας στη θεραπεία του αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου. (Πηγή: New England Journal of Medicine (NEJM))

	SWIFT PRIME (Global)	EXTEND IA (AUS, NZ)	REVASCAT (Spain)	ESCAPE (Global)	MR CLEAN (Netherlands)
Randomization of patients to best medical care vs best medical care + Endovascular	✓	✓	✓	✓	✓
Time Window Studied	Onset to 6 hours	Onset to 6 hours	Onset to 8 hours	Onset to 12 hours	Onset to 6 hours
Number of Patients	196	70	206	316	500
Age	18-80	>18	18-80	>18	>18
Analysis of Primary Endpoint	Rankin Shift	Reperfusion at 24 hrs and dramatic NIHSS improvement at 3d	Rankin Shift	Rankin Shift	Rankin Shift
Imaging Modality	NCCT, CTA, CTP or MRI/MRA/PWI	NCCT, CTA, CTP Mismatch	CTA or MRA, ASPECTS	NCCT, CTA, Collateral assessment on multiphase CTA ASPECTS	ASPECTS
Median NIHSS	17/17	13/17	17/17	17/16	18/17
Primary Device Studied	Solitaire™ Device	Solitaire™ Device	Solitaire™ Device	Solitaire™ Device	Stent retrievers
Statistically Significant Benefit	✓	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 4 Συνοπτικός πίνακας που παρουσιάζει τις δυνατότητες των κέντρων επιπέδου 1, 2 και 3 στη διαχείριση αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων (Πηγή: American Stroke Association (ASA))

Table 1 General summary of capabilities of level 1, 2, and 3 centers				
	level 1 center		level 2 center	level 3 center
Offers full spectrum of neuroendovascular and endovascular, arteriovenous malformations, arteriovenous fistulas, etc)	Yes	No	No therapy (including aneurysm treatment, surgical and endovascular, arteriovenous malformations, arteriovenous fistulas, etc)	
Offers endovascular stroke therapy	Yes		Yes	No
Offers intravenous tissue plasminogen activator	Yes		Yes	Yes
Minimum No of stroke patients per year	250		100	50
Minimum thrombectomy volume per year	50		50	N/A
Dedicated neuro-intensive care unit	Yes		Optional	Not needed
Dedicated stroke unit	Yes		Yes	Yes
Open neurosurgical services on site	Yes		Optional	Not needed
Geographic restriction?	No		Yes (should be more than 2 hours' transport time from a level 1 center)	
Inter-facility transfers processes	Receives cases from level 1 and 2 centers		Will transfer some cases to a level 1 center. Will occasionally receive transfers from level 3 centers if no level 1 center is in place with a level 1 center available within 2 hours from the level 3 center (preferable), or a level 2 center	
			Has standardized transfer	