



ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
**ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΤΩΝ ΑΓΓΕΙΑΚΩΝ ΠΑΘΗΣΕΩΝ**



Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**"ΔΙΑΚΡΑΝΙΑΚΟΣ ΥΠΕΡΗΧΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ
ΑΓΓΕΙΟΠΛΑΣΤΙΚΗΣ-STENTING ΚΑΡΩΤΙΔΑΣ"**

υπό

ΑΝΑΣΤΑΣΙΟ ΜΑΣΚΑΝΑΚΗ

Αγγειοχειρουργού

Λάρισα, 2021



ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΤΩΝ ΑΓΓΕΙΑΚΩΝ ΠΑΘΗΣΕΩΝ



Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**"ΔΙΑΚΡΑΝΙΑΚΟΣ ΥΠΕΡΗΧΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ
ΑΓΓΕΙΟΠΛΑΣΤΙΚΗΣ-STENTING ΚΑΡΩΤΙΔΑΣ"**

υπό

ΑΝΑΣΤΑΣΙΟ ΜΑΣΚΑΝΑΚΗ

Αγγειοχειρουργού

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης
*«Υπερηχογραφική Λειτουργική Απεικόνιση για την πρόληψη & διάγνωση των αγγειακών
παθήσεων»*

Λάρισα, 2021

Επιβλέπων:

- Γεώργιος Κούβελος, Επ. Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής, *Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας- (Επιβλέπων)*

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

- Γεώργιος Κούβελος, Επ. Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής, *Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας- (Επιβλέπων)*
- Αθανάσιος Γιαννούκας, Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής, *Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας*
- Ιωάννης Κακίσης, Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής, *Ιατρική Σχολή, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών*

Τίτλος εργασίας στα αγγλικά: Transcranial doppler during carotid angioplasty and stenting

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θεωρώ υποχρέωση μου να ευχαριστήσω τα άτομα που με βοήθησαν για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Ευχαριστώ τον επιβλέποντα της παρούσας εργασίας, Επίκουρο Καθηγητή Κο Γεώργιο Κούβελο, για την υποστήριξη του και την συνεχή επιστημονική βοήθεια του που συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της εργασίας μου.

Θα ήθελα να εκφράσω την βαθιά ευγνωμοσύνη μου και τον σεβασμό μου στον Καθηγητή Κο Αθανάσιο Γιαννούκα για την υποστήριξη και την καθοδήγηση του.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	4
ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	9
SUMMARY	10
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ	11
1. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	12
1.1. Εισαγωγή	12
1.2. Εγκεφαλική κυκλοφορία	13
Ανατομία.....	13
Φυσιολογία.....	15
1.3. Διακρανιακή αγγειακή υπερηχογραφία	17
1.4. Αγγειοπλαστική της έσω καρωτίδας	20
2. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	23
2.1. Εισαγωγή	23
Σκοπός της μελέτης	23
2.2. Ερευνητική μεθοδολογία	24
2.3. Αποτελέσματα	25
2.4. Συζήτηση	29
2.5. Συμπεράσματα	32
3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	33

ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΜΑΣΚΑΝΑΚΗΣ (Ημερομηνία γέννησης: 19.02.1980)

ΚΛΙΝΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ

11/2020 Αγγειοχειρουργός Επιμελητής Β΄
Γ.Ν. Καβάλας

Φεβρ. 2019- Επικουρικός Επιμελητής Β

Νοεμβρ. 2020 Αγγειοχειρουργική κλινική, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ιαν. 2018- Παράταση σύμβασης Ειδικευόμενου Ιατρού μετά τη Λήψη Τίτλου

Ιαν. 2019 Ειδικότητας

Α΄ Χειρουργική Κλινική (Αγγειοχ. Τμήμα) ΕΚΠΑ, Γ.Ν.Α. «Λαϊκό»

Οκτ. 2017- Παράταση σύμβασης Ειδικευόμενου Ιατρού

Ιαν. 2018 Α΄ Χειρουργική Κλινική (Αγγειοχ. Τμήμα) ΕΚΠΑ, Γ.Ν.Α. «Λαϊκό»

Οκτ. 2013- Ειδίκευση στην Αγγειοχειρουργική

Οκτ. 2017 Α΄ Χειρουργική Κλινική (Αγγειοχ. Τμήμα) ΕΚΠΑ, Γ.Ν.Α. «Λαϊκό»

Η Ειδίκευση περιλαμβάνει εξάμηνη άσκηση στην Χειρουργικής Θώρακα (ΓΝΝΘΑ «Σωτηρία»), εξάμηνη άσκηση στην Χειρουργική Καρδιάς & Μεγάλων Αγγείων Θώρακα (ΓΝΑ ΙΠΠΟΚΡΑΤΕΙΟ)

Ιαν. 2010- Ιατρός/Υπεύθυνος

Απριλ. 2010 Κλινική Αποκαταστασης «ΑΝΑΒΙΩΣΗ», Ν.Δραμας

Νοεμ 2008. – Υπηρεσία Υπαίθρου

Νοεμ 2009 Περιφερειακό Ιατρείο Ορμενίου, Γ.Ν. Διδυμοτείχου

Απρ 2010 – Ειδίκευση στην Γεν. Χειρουργική ως προαπαιτούμενο για ειδίκευση στην

Σεπτ. 2013 Αγγειοχειρουργική

Χειρουργική Κλινική, Γ.Ν. Δραμας.

Φεβρ. – Στρατιωτική θητεία - εκτελών χρέη ιατρού μονάδας

Νοεμβ. 2009 Πλατη, Ν.Εβρου

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

2019 Διδάκτωρ Ιατρική Σχολή, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

2015-2016 Διακρατικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Ενδαγγειακές Τεχνικές» (Τελικός Βαθμός 9,44/10 Άριστα), Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Milano-Bicocca

1998-2004 Πτυχίο Ιατρικής – DIPLOMA DE LICENTA (Τελικός Βαθμός 9,45/10 Άριστα.), Ιατρική Σχολή Βουκουρεστίου – Ρουμανία.

1997-1998 Προπαρασκευαστικό έτος για την Ιατρική Σχολή Ινστιτούτο Αλλοδαπών Φοιτητών, Βουκουρεστί-Ρουμανία.

ΣΥΝΕΧΙΖΟΜΕΝΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Απρ. 2016 Εκπαίδευση σε εξομοιωτή EVAR της εταιρείας Gore, Αθήνα)

Οκτ. 2017 Advanced Trauma Life Support, American Coll. of Surgeons - Greek Chapter, Εργαστήριο Πειραματικής Χειρουργικής και Χειρουργικής Έρευνας “Ν.ΧΡΗΣΤΕΑΣ

ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΕ ΞΕΝΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ

1. Maskanakis A, Patelis N, Karaolani G, Davakis S, Schizas D, Perrea D, Klonaris C, Georgopoulos S, Liakakos T, Bakoyiannis C. Apolipoprotein J as a predictive biomarker for restenosis after carotid endarterectomy: A retrospective study. Acta Pharmacol Sin. Oct 2017. [Accepted for publication]

2. Maskanakis A*, Patelis N*, Moris D, Tsilimigras DI, Schizas D, Diakomi M, Bakoyiannis C, Georgopoulos S, Klonaris C, Liakakos T. Stenting of Subclavian Artery True and False Aneurysms: A Systematic Review. Ann Vasc Surg. 2017. [Epub ahead of print]

3. Bakoyiannis, C, Karaolani, G, Patelis N, Maskanakis, A, Tsaples, G, Klonaris, C, Georgopoulos S, Liakakos T. Dabigatran in the Treatment of Warfarin-Induced Skin Necrosis: A New Hope. Case Reports in Dermatological Medicine. 2016;3.

4. Patelis N, Diakomi M, Maskanakis A, Maltezos K, Schizas D, Papaioannou M. Saudi J Anaesth. 2018 Oct-Dec;12(4):612-617. doi: 10.4103/sja.SJA_10_18. Review. General versus local anesthesia for carotid endarterectomy:special considerations.

ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ

1. Patelis N, Liakopoulos D, Maskanakis A, Doulaptopsis M, Klonaris C. Vascular diseases quiz – Case 26 Radial artery pseudoaneurysm. Archives of Hellenic Medicine. 2014; 31(4):508.

ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑ

1. Doulaptopsis M, Patelis N, Kotzadimitriou A, Maskanakis A, Karaolani G, Tsaples G, Bakoyiannis C, Georgopoulos S, Klonaris C. Early single-centre experience with nellix evas system. Παρουσιάστηκε στο Leading Innovative Vascular Education 2015. Μάιος 2015

2. Bakoyiannis C, Moris D, Karaolani G, Patelis N, Maskanakis A, Tsaples G, Klonaris C, Georgopoulos S. A novel technique for thoracic aorta aneurysm repair in a patient with a solitary kidney. Παρουσιάστηκε στο Leading Innovative Vascular Education 2015. Μάιος 2015

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή: Η Διακρανιακή Υπερηχογραφία (ΔΥ) είναι μια σχετικά φτηνή, μη επεμβατική μέθοδος μέτρησης των χαρακτηριστικών της αιματικής ορής μέσα σε ένα αγγείο σε πραγματικό χρόνο. Η ΔΥ είναι ο πιο εύκολος τρόπος να παρακολουθείται οποιαδήποτε μεταβολή στην αιματική ροή και τα πιθανά συμβάματα ως αποτέλεσμα αυτής. Η ευκολία χρήσης της ΔΥ την καθιστά απτή για την κλινική πράξη αλλά και για ερευνητικούς σκοπούς από το 1982 που χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά.

Σκοπός: Να εξεταστεί ο ρόλος της διεγχειρητικής παρακολούθησης με ΔΥ κατά την διάρκεια της αγγειοπλαστικής της έσω καρωτίδας (CAS).

Μέθοδος: Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για τα έτη 2010-2021 μέσω του PubMed.

Αποτελέσματα: Πέντε ετερογενείς δημοσιεύσεις με συνολικά 271 ασθενείς συμπεριλήφθηκαν στην μελέτη. Η ΔΥ χρησιμοποιήθηκε διεγχειρητικά σε όλες τις μελέτες και τα αποτελέσματα της συγκρίθηκαν με αυτά της μετεγχειρητικής μαγνητικής τομογραφίας διάχυσης σε κάποιες από αυτές. Σε τρεις μελέτες χρησιμοποιήθηκε το κροταφικό ακουστικό παράθυρο ενώ στις υπόλοιπες δεν περιγράφεται. Για την καθήλωση του ηχοβολέα χρησιμοποιήθηκαν διάφορες συσκευές. Η αύξηση σήματος στην ΔΥ φαίνεται να συνδέεται με συγκεκριμένους χειρισμούς ενώ η παρουσία σημάτων δεν συνδέεται πάντα με κλινικά εμφανές ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο.

Συμπεράσματα: Η ΔΥ μπορεί να αποκαλύψει την παρουσία μικροεμβόλων ιδιαίτερα σε κάποιες φάσεις της CAS που θεωρούνται επικίνδυνες. Δυστυχώς όμως δεν μπορεί να διαχωρίσει τα μικροέμβολα από τις μικροφουσαλίδες αέρα, καθώς επίσης δεν μπορεί το αυξημένο σήμα στην ΔΥ να συνδεθεί με την κλινική εμφάνιση ή όχι ισχαιμικού εγκεφαλικού.

Λέξεις-κλειδιά: αγγειοπλαστική, καρωτίδα, ενδονάρθηκας, διακρανιακή υπερηχογραφία

SUMMARY

English Title: Transcranial doppler during carotid angioplasty and stenting

Background: Transcranial Doppler (TCD) is a relatively affordable, non-invasive method of real-time measuring the characteristics of blood flow in a vessel. TCD is an easy approach to monitor for changes in the blood flow and possible adverse outcomes. Due to its simplicity, TCD is a clinical and research tool since its first use in 1982.

Aim: To study the role of TCD during an internal carotid stenting

Methods: Literature review for the period 2010-2021

Results: Five heterogenous publications reporting on 271 patients were included in this study. In all publications, TCD was used during the angioplasty and some of the results were compared to postoperative magnetic resonance imaging. In three studies, the temporal acoustic window was used, while there is no available data in the rest of the studies. The TCD probe was fixed with a variety of devices. TCD signal increase is related to specific phases of the angioplasty, while signal increase is not always related to clinically evident ischemic stroke.

Conclusion: TCD can detect the presence of microemboli, especially in rather dangerous phases of the CAS procedure, but unfortunately it cannot distinguish between microemboli and air micro-bubbles. Increased TCD signal is not always related to clinically demonstrated ischemic stroke.

Keywords: angioplasty, carotid, stent, transcranial doppler

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

Ακρωνύμιο	Αγγλική ονομασία	Ελληνική ονομασία
ΔΥ	Transcranial Doppler Monitoring	Διακρανιακή υπερηχογραφία
IEE	Ischemic stroke	Ισχαιμικό (αγγειακό) εγκεφαλικό επεισόδιο
ΜΤΔ	Diffusion-weighted magnetic resonance imaging	Μαγνητική Τομογραφία Διήθησης
ΟΑ	Ophthalmic artery	Οφθαλμική Αρτηρία
ΟΑΑ		Οπίσθια Αναστομωτική Αρτηρία
ΠΧΑ		Πρόσθια Χοριοειδής Αρτηρία
ΑCΑ	Anterior Cerebral Artery	Πρόσθια εγκεφαλική αρτηρία
ΑCΤ	Activated Clotting Time	Ενεργοποιημένος χρόνος πήξης
ΑCΑS	Carotid Artery Stenting	Αγγειοπλαστική καρωτίδας με χρήση ενδονάρθηκα
ΑCΑ	Common Carotid Artery	Κοινή καρωτίδα
ΕCΑ	External Carotid Artery	Έξω καρωτίδα
ΕDRF	Endothelium-Derived Relaxing Factor	Ενδοθηλιακός χαλαρωτικός παράγοντας
ΙCΑ	Internal Carotid Artery	Έσω καρωτίδα
ΛΑΟ	Left Anterior Oblique	Αριστερή Πρόσθιο-Πλάγια θέση
ΜCΑ	Middle Cerebral Artery	Μέση εγκεφαλική αρτηρία
ΜRΙ	Magnetic Resonance Imaging	Μαγνητική τομογραφία
ΝΑSΑCΕΤ	North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial	
ΝΟ	Nitrogen Oxide	Μονοξείδιο του αζώτου
ΡCΑ	Posterior Cerebral Artery	Οπίσθια εγκεφαλική αρτηρία

1. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1. Εισαγωγή

Αναρωτιέται κανείς πως θα είχε εξελιχθεί η παγκόσμια ιστορία αν σημαντικές προσωπικότητες δεν είχαν τελειώσει το έργο τους πρόωρα συνέπεια κάποιας πάθησης. Μια σειρά μεταβιβάσεων της εξουσίας – σε καίριους περιόδους της ανθρώπινης ιστορίας – έγιναν μετά από την αναπηρία ή τον θάνατο κάποιου ατόμου που προκλήθηκε από ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο: ο Hindenburg όρισε καγκελάριο τον Χίτλερ και ο Λένιν άφησε την άωρη σοβιετική ένωση στα χέρια του Στάλιν. Ο Ρούζβελτ συμμετείχε στην σύνοδο της Γιάλλτας που σφράγισε το μέλλον του μεταπολεμικού κόσμου ασθενής μετά από εγκεφαλικό και σύμφωνα με τους ιστορικούς η ασθένεια του συνέδραμε στην ήπια στάση του απέναντι στους άλλους συνομιλητές του. Επίσης σημαντικά θα ήταν τα έργα πολλών καλλιτεχνών αν το εγκεφαλικό επεισόδιο δεν τους προλάβαινε όπως έγινε στην ηλικία των 65 για τον Μπάχ.

Τα τελευταία 70 έτη γνωρίζουμε τον ρόλο της καρωτιδικής νόσου στο ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο (ΙΕΕ) και επίσης γνωρίζουμε τον κίνδυνο πρόκλησης αυτής της διεγχειρητικής επιπλοκής κατά την ανοικτή αποκατάσταση όσο για στην αγγειοπλαστική της καρωτίδας (CAS).

Παρά την σημαντική βελτίωση των αγγειοχειρουργικών μεθόδων και τεχνικών από την πρώτη ενδαρτηρεκτομή του DeBakey το 1953 έως σήμερα τα εγκεφαλικά επεισόδια συνεχίζουν να συνδέονται με υψηλή νοσηρότητα, θνητότητα, κοινωνικό και οικονομικό κόστος. Στην αποφυγή των ισχαιμικών εγκεφαλικών επεισοδίων διεγχειρητικά, έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι όπως η διακρανιακή υπερηχογραφία (ΔΥ).

1.2. Εγκεφαλική κυκλοφορία

Ανατομία

Στην εξέταση αιματικής ροής με την χρήση του φαινομένου Doppler παίζει σημαντικό ρόλο η γωνία πρόσπτωσης του κύματος ως προς τον άξονα του αγγείου-στόχου. Έτσι η γνώση της ανατομίας των εξεταζόμενων αγγείων είναι σημαντική για την σωστή εξέταση με ΔΥ.

Η έσω καρωτίδα (ICA) ξεκινάει την πορεία της από τον διχασμό της κοινής καρωτίδας στην μεσότητα του πλάγιου τμήματος του τραχήλου. Εισέρχεται στο κρανίο από την καρωτιδική αύλακα και πορεύεται προσθιοπλάγια στο λιθοειδές τμήμα του κροταφικού οστού. Μετά την διέλευση από το ρηγματώδες τμήμα η λιθοειδής μοίρα της αρτηρίας ονομάζεται σπυραγγώδης μοίρα. Η ICA πορεύεται εντός του σπυραγγώδους κόλπου, σχηματίζει οξεία γωνία κατευθυνόμενη στο πλάγιο χείλος του σφηνοειδούς κόλπου και στη συνέχεια στρέφεται κεφαλικά, σχηματίζοντας διπλή καμπύλη δίκην λατινικού S. Η συγκεκριμένη μοίρα του αγγείου επίσης ονομάζεται και καρωτιδικό σιφώνιο και αποτελεί ένα σημαντικό στόχο του ΔΥ. (1)

Η ICA διατιτραίνει την σκληρά μήνιγγα πλάγια της πρόσθιας κλινοειδούς απόφυσης, απ' όπου ξεκινά το βραχύ υπερκλινοειδές τμήμα της το οποίο δίνει τρεις σημαντικούς κλάδους: την οφθαλμική αρτηρία (ΟΑ), την οπίσθια αναστομωτική αρτηρία (ΟΑΑ) και την πρόσθια χοριοειδής αρτηρία (ΠΧΑ).

Η ΟΑ είναι ο πρώτος υπερκλινοειδής κλάδος της ICA και διέρχεται προς τον οφθαλμικό βολβό μέσω του οπτικού τρήματος. Οι κλάδοι της ΟΑ συχνά συμμετέχουν σε αναστομωτικό δίκτυο με κλάδους της έξω καρωτίδας (ΕCA). Συνεπώς, η ΟΑ είναι δυνατόν να αποτελέσει σημαντική οδό για τροφοδοτική ροή από την ΕCA στην κυκλοφορία της ICA. Η ICA διχάζεται σε δύο μεγάλους τελικούς κλάδους, την πρόσθια αναστομωτική αρτηρία (ΑCΑ), η οποία πορεύεται πρόσθια προς τη μέση γραμμή και την μέση εγκεφαλική αρτηρία (ΜCΑ) η οποία πορεύεται πλάγια. (1)

Η ΑCΑ αιματώνει τα πρόσθια άνω και μέσα τμήματα των μετωπιαίων λοβών και την εσωτερική επιφάνεια των εγκεφαλικών ημισφαιρίων. Η ΑCΑ διαιρείται σε ένα κεντρικό τμήμα, το οποίο ξεκινάει από την έκφυση της ΑCΑ μέχρι την σύνδεση με την ΠΑΑ και σε περιφερικά τμήματα τα οποία κυκλώνουν αφιδωτά από άνω και οπίσθια το μεσολόβιο.

Η ΜCΑ πορεύεται πλάγια από τον διχασμό της ICA. Το κύριο στέλεχος της παρουσιάζει 5 έως 17 διατιτραίνοντες κλάδους, τις φακοειδοραβδωτές αρτηρίες, οι οποίες αιματώνουν τμήματα των βασικών γαγγλίων και της έσω κάψας. Μετά την είσοδο της στην σχισμή του

Sylvius, διαχωρίζεται σε δύο ή τρεις κύριους κλάδους. Ο άνω κλάδος αρδεύει το πλάγιο ημισφαίριο άνω της σχισμής του Sylvius και ο κάτω κλάδος το κροταφικό και το κατώτερο βρεγματικό λοβό. Παρατηρούνται δε πολλές παραλλαγές από την τυπική περιγραφή. Αγγειογραφικά η MCA διαιρείται σε ένα αρχικό τμήμα που αρχίζει από την έκφυση της αρτηρίας και φτάνει έως την νήσο του εγκεφάλου και περιλαμβάνει το στέλεχος της MCA, τον διχασμό της MCA και τα αρχικά τμήματα των κλάδων της MCA. Τα περιφερικά τμήματα που διέρχονται την νήσο του εγκεφάλου, καμπυλώνονται άνω της καλύπτρας της νήσου και προχωρούν μέχρι την καμπύλη επιφάνεια του εγκεφάλου.

Η σπονδυλική αρτηρία (VA) εκφύεται από την υποκλείδιο αρτηρία στην περιοχή του τραχήλου. Το αρχικό της τμήμα εισέρχεται στο σπονδυλικό τμήμα στο ύψος του πέμπτου ή έκτου αυχενικού σπονδύλου έως το ύψος του δεύτερου αυχενικού σπονδύλου. Έπειτα στρέφεται οπίσθια του άτλαντα και εισέρχεται στο κρανίο διαμέσου του ινιακού τρήματος. Το ενδοκράνιο τμήμα της αρτηρίας δίδει τους πρόσθιους και οπίσθιους νωτιαίους κλάδους, διατιτραίνοντας κλάδους προς τον προμήκη μυελό και τον μεγάλο κλάδο της οπίσθιας κάτω παρεγκεφαλιδικής αρτηρίας. Η αριστερή σπονδυλική έχει συνήθως μεγαλύτερο αυλό από την δεξιά. Στο ύψος της του διαχωρισμού της γέφυρας από τον προμήκη, οι δύο σπονδυλικές αρτηρίες ενώνονται και σχηματίζουν την βασική αρτηρία.

Η βασική αρτηρία (BA) διέρχεται κατά μήκος της κοιλιακής επιφάνειας της γέφυρας δίδοντας διατιτραίνοντας γεφυρικούς κλάδους, την πρόσθια κάτω παρεγκεφαλιδική αρτηρία και την πρόσθια παρεγκεφαλιδική αρτηρία προτού διαχωριστεί στις δύο οπίσθιες εγκεφαλικές αρτηρίες στο ύψος του διαχωρισμού της γέφυρας από τον μεσεγκέφαλο.

Η οπίσθια εγκεφαλική αρτηρία (PCA) αρδεύει τον μεσεγκέφαλο, τον θάλαμο, τμήματα του ινιακού και του κροταφικού λοβού. Το αρχικό τμήμα της αρτηρίας έως την έκφυση της OAA πορεύεται πλάγια γύρω από το σκέλος της παρεγκεφαλίδας με γωνία η οποία είναι κατάλληλη για TCD εξέταση. Το δεύτερο τμήμα της οπίσθιας εγκεφαλικής αρτηρίας πορεύεται τοξοειδώς προς το νωτιαίο τμήμα του μεσεγκεφάλου και δύναται να εξεταστεί με ΔΥ.

Ο κύκλος του Willis συνδέει τα δύο καρωτιδικά αγγειακά συστήματα με την σπόνδυλόβασική κυκλοφορία, δημιουργώντας παράπλευρη κυκλοφορία αίματος μεταξύ των πλαγίων τμημάτων ή μεταξύ του πρόσθιου και οπίσθιου τμήματος της εγκεφαλικής κυκλοφορίας. Σε αυτόν τον αρτηριακό δακτύλιο το πρόσθιο τμήμα της κυκλοφορίας συμμετέχει με την ΠΑΑ, το αρχικό οριζόντιο τμήμα και των δύο πρόσθιων εγκεφαλικών αρτηριών, μικρά τμήματα από τις δύο ICA, και τις δύο OAA. Το οπίσθιο τμήμα της κυκλοφορίας περιλαμβάνει τα αρχικά τμήματα των δύο οπίσθιων εγκεφαλικών αρτηριών.

Φυσιολογία

Ο εγκέφαλος παρότι αποτελεί το 2% του συνολικού βάρους του ανθρώπινου σώματος αλλά λαμβάνει το 1/6 της κυκλοφορίας του αίματος και χρησιμοποιεί το 1/5 του οξυγόνου, δεδομένα που αναδεικνύουν τις μεταβολικές ανάγκες του εγκεφάλου και την αυξημένη αναγκη του για συνεχή αιμάτωση. Το θρεπτικό υπόστρωμα του εγκεφάλου αποτελεί η γλυκόζη της οποίας τα εγκεφαλικά αποθέματα επαρκούν μόλις για ένα λεπτό. (1)

Καθώς οι πολύπλοκες λειτουργίες του εγκεφάλου απαιτούν σταθερή ροή καθ' όλη τη διάρκεια του καρδιακού κύκλου – κυρίως κατά την διάρκεια της διαστολικής φάσης, όπου η αρτηριακή πίεση ελαττώνεται, η εγκεφαλική αιματική ροή παραμένει σταθερή στα 50ml/100gr/λεπτό παρά τις οποιεσδήποτε μεταβολές στον όγκο παλμού, στην αρτηριακή πίεση και στην θέση του σώματος.

Ο εγκέφαλος έχει αναπτύξει ένα εσωτερικό μηχανισμό αυτορύθμισης των αντιστάσεων σε σχέση με τις μεταβολές της πίεσης διάχυσης, που ισοδυναμεί με την μέση αρτηριακή πίεση, ώστε η εγκεφαλική ροή να παραμένει σταθερή. Με αυτόν τον τρόπο οι μεταβολές της αρτηριακής πίεσης δεν επηρεάζουν την εγκεφαλική αιμάτωση. Η ιδιότητα αυτή, είναι αποτέλεσμα της διαστολής των εγκεφαλικών αγγείων σε περίπτωση μείωσης της αρτηριακής πίεσης και της συστολής σε περίπτωση αύξησης της αρτηριακής πίεσης. Ο Giller και η ομάδα του έδειξαν ότι η μείωση κατά 30mmHg της αρτηριακής πίεσης συνεπάγεται διαστολή του αρχικού τμήματος της MCA κατά 4% και κατά 20% του δεύτερου τμήματος της, διατηρώντας σταθερή την ροή του αίματος. (2)

Διάφορες θεωρίες έχουν προταθεί για τον μηχανισμό της αυτορύθμισης στην εγκεφαλική αιμάτωση. Κατά την μυογενή θεωρία, τα μυικά κύτταρα συσπώνται ή διαστέλλονται ανάλογα με τις μεταβολές της πίεσης. Στη μεταβολική θεωρία η αυτορύθμιση οφείλεται στη απελευθέρωση αγγειοδραστικών προϊόντων, όπως το CO₂, το O₂, η αδενοσίνη, το κάλιο και το ασβέστιο. Λιγότερο πειστική είναι η νευρογενής θεωρία αφού η συμπαθητική και παρασυμπαθητική απονεύρωση σε πειραματόζωα δεν έχει διαταράξει την αυτορύθμιση. Πρόσφατα έχει προταθεί το NO ως παράγοντας σημαντικός για την αυτορύθμιση. Ως γνωστό το NO ταυτίζεται με τον EDRF. Η απόδειξη αυτής της θεωρίας απέδωσε το βραβείο Νόμπελ Φυσιολογίας στους Robert Furchgott, Luis Ignarro και Ferid Murad. (3)

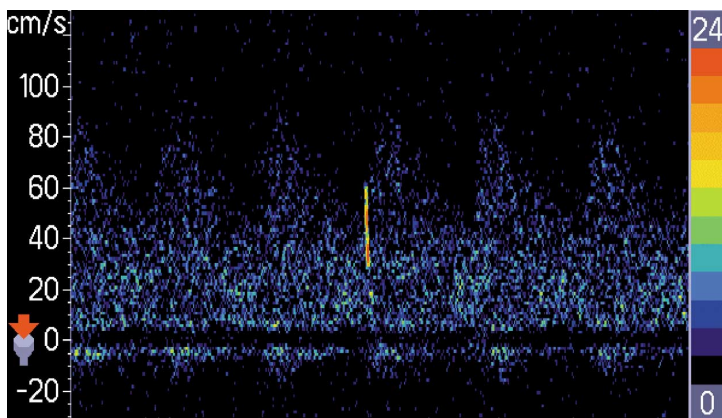
Όταν η αρτηριακή πίεση είναι χαμηλότερη από 50mmHg προκαλείται μέγιστη αγγειοδιαστολή και ενεργοποιείται ένας δεύτερος μηχανισμός που βασίζεται στην αύξηση της διάχυσης του O₂ στα εγκεφαλικά κύτταρα παρά τη μείωση της αιμάτωσης. (4) Περαιτέρω μείωση της αρτηριακής πίεσης οδηγεί τελικά στην ισχαιμία.

Η αύξηση του PCO₂ οδηγεί σε αγγειοδιαστολή, ενώ η μείωση σε αγγειοσύσπαση. Αυτός ο μηχανισμός λειτουργεί όταν η PCO₂ είναι 25-60mmHg. Αύξηση κατά 1mmHg του PCO₂ οδηγεί σε αύξηση της ροής κατά 4%. (5) Επίσης αυτός ο μηχανισμός είναι άμεσα συνδεδεμένος με την αρτηριακή πίεση και την λειτουργία της αυτορύθμισης. Όταν η πίεση είναι χαμηλή και υπάρχει αγγειοδιαστολή τότε η επίδραση του PCO₂ είναι μικρότερο. Σε μέγιστη αγγειοδιαστολή, η επίδραση είναι μηδαμινή. Παρόμοια της επίδρασης του PCO₂ φαίνεται να είναι αυτή του PH, καθώς η οξέωση προκαλεί αγγειοδιαστολή και η αλκάλωση αγγειοσύσπαση. Το PO₂ φαίνεται να έχει και αυτό ρυθμιστικό ρόλο στην εγκεφαλική κυκλοφορία. Πτώση της PO₂ κάτω από 50mmHg οδηγεί σε απότομη αύξηση της ροής προκειμένου να διατηρηθεί η οξυγόνωση των εγκεφαλικών κυττάρων. (1)

1.3. Διακρανιακή αγγειακή υπερηχογραφία

Η ΔΥ βασίζεται στην αρχή του φαινομένου Doppler, κατά την οποία τα υπερηχητικά κύματα που δημιουργούνται από τον ηχοβολέα (probe) διασχίζουν τους ιστούς και το κρανίο και αντανακλώνται από τα κινούμενα εντός των κρανιακών αγγείων ερυθρά αιμοσφαίρια. Η διαφορά στην συχνότητα μεταξύ των εκπεμπόμενων και αντανακλώμενων κυμάτων, ονομάζεται μετάθεση συχνότητας Doppler και είναι ανάλογη της ταχύτητας κίνησης των ερυθρών (δηλαδή την ταχύτητα ροής του αίματος). Από το ανακλώμενο σήμα μπορούν να καταγραφούν τα εξής χαρακτηριστικά της αιματικής ροής: μέγιστη συστολική ταχύτητα (peak systolic velocity ή Vs), τελοδοιαστολική ταχύτητα (end-diastolic velocity ή Vd), χρόνος επιτάχυνσης, δείκτης σφυγμικότητας (pulsatility index ή PI) και η μέση μέγιστη ταχύτητα (time-averaged mean maximum velocity ή Vmean). (6)

Η ταχύτητα ροής εξαρτάται από κάποιους βιολογικούς παράγοντες όπως η ηλικία, το φύλο, ο αιματοκρίτης, το ιξώδες του αίματος, την μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα, την θερμοκρασία, την ακινησία του ασθενή και την αρτηριακή πίεση. Επίσης εξαρτάται από



Εικόνα 1: Με κίτρινο και κόκκινο χρώμα φαίνεται το αυξημένο σήμα που καταγράφεται στην ΔΥ όταν μικροέμβολο περνά μέσα από το αγγείο (από *Dittrich et al, 2002*)

την γωνία με την οποία τα υπερηχητικά κύματα συναντούν το αγγείο στόχο. Σε κάθε μέτρηση της ταχύτητας ροής και τις μεταβολές της πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι παραπάνω παράγοντες. Η απότομη αύξηση της ταχύτητας στην αιματική ροή και της συχνότητας του ανακλώμενου υπερηχητικού κύματος αποδίδεται στην παρουσία

μικροεμβόλου ή φυσαλίδας αέρα εντός του αυλού του αγγείου (Εικόνα 1).

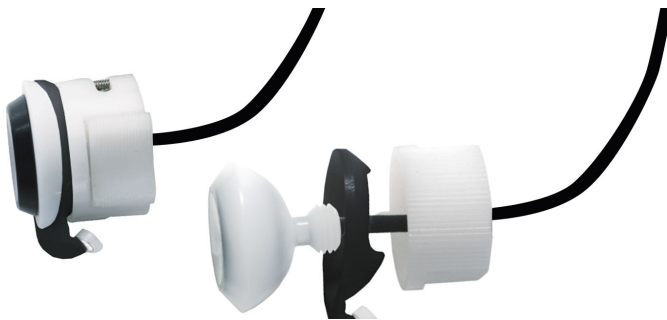
Η ταχύτητα ροής στις βασικές αρτηρίες μειώνεται κατά 0,3-0,5% ανά έτος μετά το 20^ο έτος της ηλικίας. (7-9) Το γυναικείο φύλο έχει υψηλότερες κατά 10-15% ταχύτητες ροής στην ηλικιακή ομάδα 20-60 έτη, πιθανότατα λόγω χαμηλότερου αιματοκρίτη. (7, 9) Παρόμοια με τον αιματοκρίτη, έτσι και το ιξώδες του αίματος είναι ανάστροφα ανάλογο της ταχύτητας ροής. (10-13) Η θερμοκρασία παίζει σημαντικό αλλά μη καθορισμένο ρόλο στην ταχύτητα ροής και απαιτείται περαιτέρω έρευνα πάνω στην σχέση των δύο. (14, 15)

Η ΔΥ πραγματοποιείται είτε με ηχοβολέα με ακουστικό σήμα που επιτρέπει τον αδρό έλεγχο της αιματικής ροής ή με συσκευή υπερηχοτομογραφίας που επιτρέπει την απεικόνιση του αγγείου στόχου και άλλων ανατομικών δομών. (16)

Η εξέταση με ΔΥ απαιτεί ηχοβολέα 2MHz καθώς υψηλότερη συχνότητα δεν επιτρέπει την διείσδυση των κυμάτων αρκετά βαθιά στους ιστούς (Εικόνα 2). (6, 17) Για την καλύτερη διείσδυση των κυμάτων υπάρχουν τέσσερα ακουστικά παράθυρα στο κρανίο και η γνώση τους είναι σημαντική για την μεγαλύτερη ακρίβεια των μετρήσεων (6, 8, 18):

1. Κροταφικό
2. Οφθαλμικό
3. Ινιακό
4. Υπογνάθιο

Παρότι κάθε παράθυρο έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα για την ΔΥ, σε μια πλήρη εξέταση πρέπει να εξετάζονται όλα τα αγγεία που συμμετέχουν στον κύκλο του Willis μέσω όλων των παραθύρων. (16, 19)



Εικόνα 2: Ηχοβολείς 2MHz για χρήση στην ΔΥ που καθιλώνονται σε συσκευή στήριξης

Το κροταφικό παράθυρο αποτελείται από τρία μέρη: πρόσθιο, μέσο και οπίσθιο. Στην πράξη μόνο ένα από αυτά τα τμήματα χρησιμοποιείται σε κάθε ασθενή. Μέσω αυτού του παραθύρου ο διχασμός της ICA μπορεί να αναγνωριστεί σε βάθος 55-65 χιλιοστών, με την μετάπτωση της ICA στην πρόσθια εγκεφαλική αρτηρία (ACA) να έχει ροή μακριά από τον ηχοβολέα ενώ την μετάπτωση στην μέση εγκεφαλική (MCA) να έχει ροή προς τον ηχοβολέα. Αυτό το σημείο αποτελεί χρηστικό ανατομικό σημείο προσανατολισμού. Η MCA βρίσκεται σε βάθος 35-55 χιλιοστών με πορεία ως προς τα έξω και ήπια προς τα εμπρός μετά την έκφυση της από την ICA. Η ACA βρίσκεται σε βάθος 60-70 χιλιοστών και έχει πορεία προς τα έσω και προς τα εμπρός. (16)

Η οπίσθια εγκεφαλική αρτηρία (PCA) μπορεί να εξετασθεί μέσω του οπίσθιου τμήματος του κροταφικού παραθύρου. Συνήθως η PCA βρίσκεται 1-2 εκατοστά όπισθεν του διχασμού της ICA, στο ίδιο επίπεδο με τον κύκλο του Willis και βαθύτερα από τις ICA και MCA σε βάθος 60-70 χιλιοστών. Η εγγύς PCA έχει ροή προς το ηχοβολέα ενώ η άπω αντίθετη. Η PCA

έχει χαμηλότερη ταχύτητα ροής από την MCA. Σε άτομα στα οποία η PCA έχει ροή από την ICA μέσω της οπίσθιας αναστομοτικής αρτηρίας – την λεγόμενη εμβρυακή δομή, τότε το εγγύς τμήμα της PCA είναι υποπλαστικό και δύσκολα αναγνωρίζεται.

Το οφθαλμικό παράθυρο μπορεί να αξιοποιηθεί στην εξέταση του καρωτιδικού σιφωνίου και της OA. Ο ηχοβολέας τοποθετείται πάνω στο κλειστό βλέφαρο του ασθενή και η ένταση του κύματος πρέπει να είναι μικρότερη τουλάχιστον κατά 10% από την μέγιστη, με σκοπό να αποφευχθεί ο κίνδυνος τραυματικής αποκόλλησης του φακού. Ο συνολικός χρόνος εξέτασης πρέπει επίσης να είναι σύντομος ώστε να αποφευχθεί η βλάβη. Το κύμα κατευθύνεται προς το οφθαλμικό κανάλι σε βάθος 55-70 χιλιοστών για το καρωτιδικό σιφώνιο ενώ στα 40-50 χιλιοστά βάθος βρίσκεται η OA. Η πρώτη έχει διαφορετική ροή σε κάθε τμήμα της ενώ η δεύτερη έχει ροή πάντα προς τον ηχοβολέα.

Το ινιακό παράθυρο χρησιμοποιείται για την εξέταση των βασικών και των σπονδυλικών αρτηριών σε βάθος 60-100 και 80-115 χιλιοστών αντίστοιχα.

Το υπογνάθιο παράθυρο βρίσκεται στην γωνία της κάτω γνάθου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξετάσουμε την άπω ICA σε βάθος 40-60 χιλιοστών και με ροή πάντα αντιθετα από τον ηχοβολέα.

Η ΔΥ βρίσκει σημαντική χρήση στις κάτωθι κλινικές και ερευνητικές καταστάσεις:

1. Υποαραχνοειδής αιμορραγία
2. Εγκεφαλικός αγγειόσπασμος
3. Ενδοκράνια αποφρακτική αγγειακή νόσος
4. Οξύ ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο
5. Εξέταση παράπλευρης εγκεφαλικής κυκλοφορίας
6. Δρεπανοκυτταρική αναιμία
7. Εντοπισμός μικροεμβόλων
8. Εγκεφαλική αυτορύθμιση της αιμάτωσης
9. Εξέταση του αγγειακού εγκεφαλικού τόνου
10. Έρευνα για το εγκεφαλικό τραύμα
11. Έρευνα για την άνοια

1.4. Αγγειοπλαστική της έσω καρωτίδας

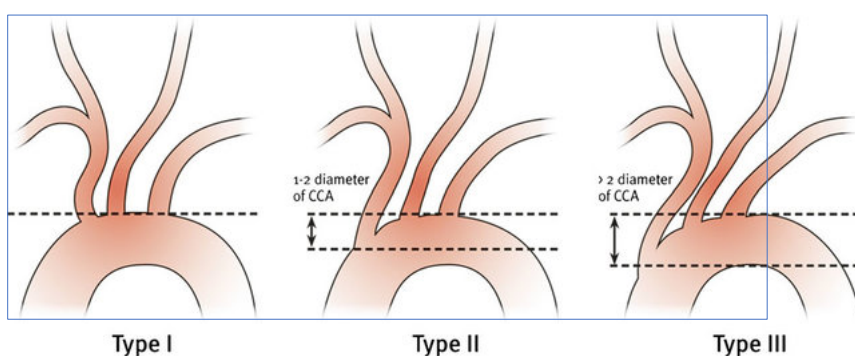
Η παρακάτω μέθοδος CAS είναι η σύνηθης ενώ υπάρχουν τροποποιήσεις τόσο ως προς τα υλικά που χρησιμοποιούνται αλλά και ως προς τις τεχνικές λεπτομέρειες.

Η δεξιά κοινή μηριαία αποτελεί την σύνηθη αγγειακή πρόσβαση για την CAS, με εναλλακτικές την αριστερή κοινή μηριαία ή την αριστερή βραχιόνιο. Έπειτα χρησιμοποιείται θηκάρι 5Fr μέσω του οποίου κάποιοι χορηγούν σε συνεχή ροή ηπαρινούχο διάλυμα.

Εφόσον δεν υπάρχει προεγχειρητική απεικόνιση με CTA, διενεργείται αγγειογραφία του αορτικού τόξου για να αναγνωρισθούν οι εκφύσεις των αγγείων με την βέλτιστη θέση να είναι στις 35 μοίρες αριστερά προσθιο-πλάγια (LAO).

Για τον καθετηριασμό της CCA χρησιμοποιείται πληθώρα καθετήρων ανάλογα με την ανατομία του αορτικού τόξου (Σχήμα ?). Στους τύπους I και II μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι περισσότεροι καθετήρες ενώ στον τύπο III προτιμώνται οι Simmons 2 ή 3 (Cook Medical Inc., Bloomington, IN).

Εφόσον επιλεγθεί η CCA πρέπει να γίνει αγγειογραφική λήψη του αγγείου τουλάχιστον



σε δύο επίπεδα για να απεικονιστεί σωστά η στένωση.

Ο βαθμός της στένωσης γίνεται συνήθως με τα κριτήρια NASCET και ίσως

απαιτείται η χρήση ακτινοσκιερού μεταλλικού αντικειμένου γνωστής διαμέτρου για την σωστή εκτίμηση της διαμέτρου του αγγείου.

Μετά την επιβεβαίωση της στένωσης, καθετηριάζεται η CCA με το άκρο του καθετήρα να βρίσκεται ή εντός της CCA ή στην έκφυση της ECA. Σε αυτό το σημείο συνίσταται προσοχή για να μην έρθει σε επαφή το σύρμα με το σημείο της στένωσης. Εισάγεται θηκάρι ικανού μήκους – συνήθως 90 εκατοστών – και διαμέτρου 6Fr. Κατά την προώθηση του θηκαριού πρέπει να αποσυρθεί σταδιακά ο διαστολέας ώστε να αποφευχθεί το άκρο του τελευταίου να τραυματίσει το αγγειακό τοίχωμα.

Σε αυτό το σημείο χορηγούνται ενδοφλέβια 100 μονάδες/χλγρ βάρους ηπαρίνης με στόχο ACT 250 έως 300 δευτερόλεπτα.

Μόλις προωθηθεί το θηκάρι και ο στόχος ACT επιτευχθεί προωθείται η συσκευή προστασίας που στην δική μας εμπειρία είναι φίλτρο που τοποθετείται κεφαλικότερα της βλάβης. Άλλοι αγγειοχειρουργοί ή επεμβατικοί ακτινολόγοι χρησιμοποιούν flow diverters ή αεροθάλαμο αποκλεισμού ανάλογα με την εμπειρία τους. (20)

Πρέπει να δίνεται προσοχή στην κεφαλο-ουραία διεγχειρητική μετακίνηση του φίλτρου που μπορεί να οδηγήσει σε διαχωρισμό ή αγγειόσπασμο.

Στα επόμενα βήματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί το roadmap ώστε να γνωρίζουμε ακριβώς το σημείο της στένωσης. Προωθώντας το σύρμα της συσκευής προστασίας, διασχίζουμε το σημείο της στένωσης και το φίλτρο – το οποίο πρέπει να έχει διάμετρο ελάχιστα μεγαλύτερο (~1 χιλιοστό) από την έσω καρωτίδα – τοποθετείται και εκπτύσσεται. Αν υπάρξει δυσκολία στην προώθηση του φίλτρου διαμέσου της στένωσης, εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σύρμα 0.014” και μικροκαθετήρας.

Η προδιαστολή της στένωσης αφού εκπτυχθεί το φίλτρο και προτού τοποθετηθεί ο ενδονάρθηκας παραμένει αμφιλεγόμενο σημείο. Θεωρητικά μετά την προδιαστολή με αεροθάλαμο, η διεκβολή και η έπτυξη του ενδονάρθηκα είναι πιο ατραυματική. Σύμφωνα με άλλους, η προδιαστολή μπορεί να απελευθερώσει μικρά τμήματα της αθηρωματικής πλάκας, απαιτεί επιπλέον χρόνο και μπορεί να οδηγήσει σε βραδυκαρδία και ανάγκη χορήγησης ατροπίνης.

Τα είδη των ενδονάρθηκων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ποικίλλουν αλλά όλα είναι αυτοεκπτυσσόμενα. (21) Το υλικό μπορεί να είναι νιτινόλη ή elgiloy και το μέγεθος των «κελιών» που δημιουργούνται από την «πλέξη» τους ποικίλλει. Το μήκος του ενδονάρθηκα πρέπει να είναι λίγο μεγαλύτερο από το μήκος της βλάβης ενώ η διάμετρος ίδια με την διάμετρο του αυλού της CCA. Ο ενδονάρθηκας πρέπει να τοποθετείται αρχικά στο κεφαλικότερο μέρος της βλάβης και έπειτα με λίγη τάση να εκπτύσσεται ουριαία, ώστε να αποφευχθεί η μετακίνηση κεφαλικά ή η «χαλάρωση» του.

Η μετα-διαστολή με αεροθάλαμο ίσως είναι αναγκαία εφόσον δεν έχει εκπτυχθεί επαρκώς ο ενδονάρθηκας. Γενικά συνίσταται να αποφεύγεται η μετα-διαστολή με σκοπό την «τέλεια» τελική αγγειογραφία καθώς γνωρίζουμε πως με την πάροδο του χρόνου ο ενδονάρθηκας θα διαταθεί μόνος του. (22, 23) Φαίνεται άλλωστε πως η μετα-διαστολή δεν συνδέεται με καλύτερα μετεγχειρητικά αποτελέσματα. (23)

Μόλις ολοκληρωθεί η έπτυξη του ενδονάρθηκα και η μετα-διαστολή (εφόσον απαιτείται), το φίλτρο αποσύρεται με την χρήση του ειδικού θηκαριού. Αν το φίλτρο περιέχει σημαντική ποσότητα αθηρωμάτων, τότε η αναρρόφηση του περιεχομένου πριν την απόσυρση

είναι αναγκαία. Κατά την σύμπτυξη και απόσυρση του φίλτρου γίνεται ακτινοσκόπηση για να αποφευχθεί η παγίδευση τμήματος του ενδονάρθηκα και η παράσυρση του.

Η στροφή της κεφαλής τους ασθενή ή ο χειρισμός Valsalva με βήχα ίσως βοηθήσει στην απόσυρση του φίλτρου αν αυτή είναι δυσχερής.

Η τελική αγγειογραφία όλης της ICA θα πρέπει να συγκριθεί με την προεγχειρητική ώστε να διαπιστωθεί εάν υπάρχει σημαντική υπολειπόμενη στένωση, αν έχει προκληθεί αγγειόσπασμος, αν το αγγείο έχει διαχωρισθεί και συνολικά να εκτιμηθεί η αιμάτωση του ημισφαιρίου.

2. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1. Εισαγωγή

Η ΔΥ είναι μια σχετικά φτηνή, μη επεμβατική μέθοδος μέτρησης των χαρακτηριστικών της αιματικής ορής μέσα σε ένα αγγείο σε πραγματικό χρόνο.

Η χρήση της ΔΥ κατά την ενδαρτηρεκτομή της έσω καρωτίδας έχει ήδη περιγραφεί εκτενώς σε μεγάλο αριθμό μελετών. Τα δεδομένα που παρέχει η ΔΥ συμπληρώνουν τα δεδομένα που ο σύγχρονος αγγειοχειρουργός έχει πάρει από την απεικόνιση: έγχρωμο υπερηχοτομογράφημα, αξονική ή μαγνητική αγγειογραφία.

Παρόλα αυτά η ΔΥ είναι ο πιο εύκολος τρόπος να παρακολουθείται οποιαδήποτε μεταβολή στην αιματική ροή και τα πιθανά συμβάματα ως αποτέλεσμα αυτής. Η ευκολία χρήσης της ΔΥ την καθιστά απτή για την κλινική πράξη αλλά και για ερευνητικούς σκοπούς από το 1982 που χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά. (24)

Η χρήση της ΔΥ τόσο για την μελέτη της δημιουργίας μικροεμβόλων αλλά και στην αποδοτικότητα των συσκευών προστασίας κατά την διάρκεια της CAS έχει περιγραφεί στο παρελθόν με τελευταία μελέτη και ανασκόπηση του τι γνωρίζουμε την δημοσίευση της ομάδας του Specek. (24)

Σκοπός της μελέτης

Η παρούσα μελέτη αποτελεί μια ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας των τελευταίων ετών και εξετάζει τον ρόλο της διεγχειρητικής παρακολούθησης με ΔΥ κατά την διάρκεια της αγγειοπλαστικής της έσω καρωτίδας (CAS).

2.2. Ερευνητική μεθοδολογία

Μέσω των βάσεων Pubmed και Google Scholar αναζητήθηκαν όλες οι δημοσιεύσεις από την 1^η Ιανουαρίου 2010 και έπειτα που περιείχαν στον τίτλο τους τους όρους transcranial doppler και carotid και stenting.

Λόγω του εξαιρετικά μεγάλου αριθμού αποτελεσμάτων έγινε χρήση επιπλέον μη ειδικού όρου – την λέξη during – ώστε να αφαιρεθούν αποτελέσματα που έχουν να κάνουν με την ΔΥ μετά την αγγειοπλαστική της καρωτίδας ή με screening του πληθυσμού.

Μετά από ανάγνωση των δημοσιεύσεων έγινε περαιτέρω επιλογή εκείνων που είχαν άμεση σχέση ή άμεση αναφορά στο θέμα της παρούσας εργασίας. Επίσης η βιβλιογραφία όλων των συμπεριλαμβανομένων δημοσιεύσεων ελέγχθηκε για άλλες δημοσιεύσεις που ίσως δεν είχαν βρεθεί μέσω της έρευνας, έτσι ώστε να συμπεριληφθούν.

2.3. Αποτελέσματα

Οι δημοσιεύσεις που βρέθηκαν σύμφωνα με τα κριτήρια της αναζήτησης μας ήταν πέντε με συνολικό αριθμό ασθενών τους 271 με την πλειοψηφία τους να είναι άρρενες (Πίνακας 1).

Σε όλες τις μελέτες χρησιμοποιήθηκε ηχοβολέας 2MHz. Στις περισσότερες μελέτες ο ηχοβολέας ήταν καθηλωμένος στο αντίστοιχο ακουστικό παράθυρο με κάποιου είδους συσκευή που φορούσαν οι ασθενείς στο κεφάλι τους. Σε κάποιες περιπτώσεις η ισχύς του ηχοβολέα είχε αυξηθεί πέραν των εργοστασιακών ρυθμίσεων και το εστιακό βάθος ήταν 45-60 χιλιοστά.

Το 2010 ο Gattuso και οι συνεργάτες του διεξήγαγαν μελέτη στην οποία σύγκριναν τον αριθμό των έμβολων που προκύπτουν στο διεγχειρητικό αμφοτερόπλευρο ΔΥ στην CAS με και χωρίς συσκευή προστασίας. 152 ασθενείς χωρίστηκαν στις δύο ομάδες. (25) Εκτός από τον διεγχειρητικό ΔΥ, είχε προηγηθεί προεγχειρητική εξέταση με ΔΥ και νέα επανεξέταση ακολούθησε 60 λεπτά μετά το πέρας της επέμβασης. Παράλληλα ο ασθενής εξετάστηκε και με μαγνητικής τομογραφία διήθησης (ΜΤΔ ή Diffusion-weighted magnetic resonance imaging) πριν το εξιτήριο, συνήθως την 1^η ή 2^η μετεγχειρητική ημέρα. Σε αυτή την μελέτη χρησιμοποιήθηκε μια πληθώρα ενδοαρτηκών: Wallstent (n=119, 79.6%), Precise (n=19, 12.8%), Acculink (n=8, 5.3%) και Protégé (n=4, 2.8%). Υπήρξε παρόμοια μεγάλος αριθμός συσκευών προστασίας: Epifilter Wire EZ (73.3%), Angioguard (12.7%), Accunet (5.3%), SpiderX (8.7%). Δεν αναφέρεται το σημείο της αγγειακής πρόσβασης ή το ακουστικό παράθυρο, αν και εύλογα μπορούμε να συμπεράνουμε πως χρησιμοποιήθηκε το κροταφικό. Υπήρξαν διεγχειρητικές και μετεγχειρητικές επιπλοκές στους έξι μήνες follow-up. Σε δύο περιπτώσεις η επέμβαση έπρεπε να σταματήσει καταλήγοντας σε τεχνική επιτυχία 99,98%. Στους 66 (44%) ασθενείς υπήρξαν ευρήματα από την ΜΤΔ ενώ συμπτωματικοί ήταν μόνο πέντε ασθενείς. Ο ΔΥ έδειξε και στους πέντε αυτούς ασθενείς υψηλά σήματα μικροσκοπικών εμβόλων κατά την έκπτυξη του ενδοάρθρα αλλά και στην μεταδιαστολή με αεροθάλαμο. Οι συγγραφείς αναφέρουν – μεταξύ άλλων – πως ο ΔΥ μπορεί να δείξει τις μικροεμβολές αμφοτερόπλευρα, τόσο υποκλινικές όσο και συμπτωματικές. Η μελέτη καταλήγει πως πολλές από τις μικροεμβολές που κατά γράφει ο ΔΥ είναι ασυμπτωματικές παρότι φαίνονται αργότερα στην ΜΤΔ και αναφέρει χαρακτηριστικά πως τα αποτελέσματα τους μοιάζουν με παλαιότερα.

Επίσης το ίδιο έτος, η ομάδα του McDonald μια παρόμοια μελέτη με 30 ασθενείς (21 άνδρες). (26) Σε αυτή την μελέτη επίσης εξετάστηκε η διαφορά στην εμφάνιση μικροεμβόλων μεταξύ δύο ομάδων που υπεβλήθησαν σε CAS: μιας στην οποία χρησιμοποιήθηκε συσκευή

προστασίας (Emboshield) και άλλης που δεν έγινε χρήση τέτοια συσκευής. Η εκτίμηση του αριθμού μικροεμβόλων έγινε με ΔΥ αλλά και με ΜΤΔ, δηλαδή το ερευνητικό πρωτόκολλο ήταν παρόμοιο με αυτό της προαναφερθείσας μελέτης του Gattuso. Χρησιμοποιήθηκε ενδονάρθηκας Wallstent σε όλους τους ασθενείς. Στον ΔΥ φάνηκε πως η διέλευση της συσκευής προστασίας προκάλεσε σημαντικά υψηλότερη παρουσία μικροεμβόλων αλλά στα υπόλοιπα στάδια της επέμβασης δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά. Η τεχνική επιτυχία ήταν 97% και υπήρξαν επιπλοκές: ένα έλασσον εγκεφαλικό επεισόδιο εντός της πρώτης μετεγχειρητικής ημέρας και ένα μείζον επεισόδιο την 14^η ημέρα. Οι συγγραφείς καταλήγουν πως ο ΔΥ καταγράφει υψηλότερα ποσοστά μικροεμβόλων απ'ότι η ΜΤΔ (ιδιαίτερα με χρήση συσκευής προστασίας) και ο ρόλος της πρώτης πρέπει να εξετασθεί περαιτέρω.

Το 2011, ο Montorsi και η ομάδα του μελέτησαν τις διαφορές μεταξύ εγγύς και άπω συσκευών προστασίας κατά την διάρκεια της CAS σε 53 ασθενείς με ευπαθείς πλάκες υψηλού κινδύνου (83% άνδρες). (27) Στο σκέλος με την άπω συσκευή προστασίας (φίλτρο) χρησιμοποιήθηκε το FilterWire EZ και σε όλους τους ασθενείς τοποθετήθηκαν ενδονάρθηκας Wallstent. Η τεχνική επιτυχία ήταν 100% παρά το γεγονός πως σε μια περίπτωση η έκπτυξη του εγγύς αεροθαλάμου προστασίας δεν ήταν πλήρης λόγω ανατομίας του αγγείου. Η παρουσία μικροεμβόλων μελετήθηκε με συνεχή έλεγχο με ΔΥ σε όλες τις φάσεις της CAS όπως και στις προηγούμενες μελέτες. Επίσης έγινε επανέλεγχος του ασθενή με ΜΤΔ στις 48 ώρες και στις 30 ημέρες μετά την επέμβαση. Το ακουστικό παράθυρο που χρησιμοποιήθηκε ήταν κυρίως το κροταφικό καθώς και άλλα συμπληρωματικά. Στην διεκβολή του ενδονάρθηκα, στην έκπτυξη του καθώς και την μεταδιαστολή με αεροθάλαμο (όπου αυτή έγινε) φάνηκε πως η παρουσία μικροεμβόλων στον ΔΥ ήταν σημαντικά υψηλότερη στην ομάδα με το φίλτρο έναντι της ομάδας με την εγγύς προστασία, κάτι που ήταν αναμενόμενο. Επιπλοκές υπήρξαν και στις δύο ομάδες: ένα περιστατικό εμβολής αμφιβληστροειδούς και δύο παροδικά ισχαιμικά επεισόδια. Στα αποτελέσματα τους οι συγγραφείς αναφέρουν πως η παρουσία μικροεμβόλων στον ΔΥ δεν σχετίζεται πάντα με ανάπτυξη κλινικής εικόνας παρότι το εν τρίτο των ασθενών είχαν ευρήματα στην ΜΤΔ.

Δύο χρόνια αργότερα, το 2013, ο Almekhlafi και οι συνεργάτες του συνέκριναν τα ευρήματα του διεγχειρητικού ΔΥ με τα μετεγχειρητικά ευρήματα της Μαγνητικής Τομογραφίας (MRI) εγκεφάλου. (28) Ο πληθυσμός ήταν 30 άτομα εκ των οποίων τα 10 γυναίκες. Από τον μετεγχειρητικό έλεγχο αποκλείστηκαν συνολικά δέκα άτομα, εκ των οποίων τα οκτώ (έξι γυναίκες και δύο άνδρες) λόγω αδυναμίας εξεύρεσης ακουστικού παραθύρου στην κροταφική περιοχή. Τα υπόλοιπα άτομα εξαιρέθησαν λόγω αδυναμίας παρακολούθησης με MRI. Χρησιμοποιήθηκαν Wallstent και FilterWire EZ και η τεχνική επιτυχία ήταν 100%.

Δεν υπήρξαν διεγχειρητικά συμβάματα, ενώ στις 24 ώρες δύο ασθενείς ανέπτυξαν ελαφριά εικόνας ισχαιμικού εγκεφαλικού επεισοδίου και απαιτήθηκε μεγαλύτερη νοσηλεία έως ότου βελτιωθούν και επιστρέψουν στην οικία τους. Σε αυτές τις περιπτώσεις τα ευρήματα του ΔΥ ήταν συμβατά με τα μετεγχειρητικά ευρήματα της MRI (τόσο σε αριθμό αλλά και σε μέσο όγκο των εστιών ισχαιμίας). Επίσης τα σήματα στον ΔΥ από τα μικροέμβολα ήταν υψηλότερα στην έκπτυξη των ενδο-υλικών (αεροθαλάμων, φίλτρου, ενδονάρθηκα). Δεν υπήρχε στατιστική διαφορά μεταξύ συμπτωματικών και ασυμπτωματικών ασθενών στον μέσο αριθμό και στον συνολικό αριθμό μικροεμβόλων. Καταλήγουν δε οι συγγραφείς πως ο ΔΥ μπορεί να προβλέψει την έκβαση από τον αριθμό και το μέγεθος των μικροεμβόλων.

Στην νεώτερη μελέτη του 2016, η ομάδα του da Paz Oliveira σύγκρινε για μια ακόμα φορά την παρουσία μικροεμβόλων στην ενδαρτηρεκτομή και την CAS της έσω καρωτίδας. (29) Ο πληθυσμός της μελέτης ήταν μικρός, με μόλις 16 συμμετέχοντες, εκ των οποίων 87.5% άνδρες. Στους ασθενείς που υπεβλήθησαν σε CAS χρησιμοποιήθηκαν κυρίως ενδονάρθηκες Protégé ενώ σε όλους τους ασθενείς η συσκευή προστασίας ήταν η Spider FX. Ο ΔΥ χρησιμοποιήθηκε τόσο στον προεγχειρητικό έλεγχο αλλά και καθ'όλη την διάρκεια της επέμβασης, αναρτημένος σε ειδικό στήριγμα στο κροταφικό παράθυρο. Η τεχνική επιτυχία ήταν 100% και υπήρξε ένας θάνατος στην ομάδα του CAS την 25^η μετεγχειρητική ημέρα (6.1%). Οι συγγραφείς αναφέρουν λιγότερα σήματα από μικροέμβολα στην ενδαρτηρεκτομή απ'ότι στην CAS. Επίσης αναφέρεται πως ο εντοπισμός μικροεμβόλων ήταν σχεδόν στα ίδια επίπεδα σε όλα τα στάδια της επέμβασης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Δημοσιεύσεις της περιόδου 2010-2021

Έτος	Πρώτος συγγραφέας	Αριθμός ασθενών	Σκοπός της μελέτης	Ηχοβολέας ΔΥ	Follow up	Ακουστικό Παράθυρο	Αποτελέσματα	Τεχνική Επιτυχία
2010	Gattuso	152	Σύγκριση μεταξύ CAS με και άνευ συσκευής προστασίας	2 MHz	6 μήνες	-	-	99.98%
2010	MacDonald	30	Αποτελεσματικότητας της συσκευής προστασίας στην CAS	-	30 ημέρες	-	1 έλλασον εγκεφαλικό, 1 μείζων στις 14 ημέρες	97%
2011	Montorsi	53	Σύγκριση μεταξύ εγγύς και άπω συσκευής προστασίας	2 MHz	-	Κυρίως κροταφικό	1 εμβολισμός αμφιβληστροειδούς, 1 μη-σχετιζόμενος θάνατος, 2 παραδικά ισχαιμικά	100%
2013	Almekhlafi	20	Σύγκριση μεταξύ ΔΥ και μετεγχειρητικής MRI	2 MHz	-	Κροταφικό	2 ισχαιμικά στις 24 ώρες	100%
2016	da Paz Oliveira	16	Σύγκριση μεταξύ CAS & CEA	2 MHz	30 ημέρες	Κροταφικό	1 θάνατος στις 25 ημέρες	100%

2.4. Συζήτηση

Όπως φάνηκε από την αρχική έρευνα, η βιβλιογραφία σχετικά με την χρήση της ΔΥ στην καρωτιδική νόσο είναι πλούσια. Η πλειοψηφία όμως των δημοσιεύσεων – πριν και μετά το 2010 που τέθηκε ως ορόσημο στην παρούσα μελέτη – σχεδόν αποκλειστικά αφορά την χρήση της ΔΥ πριν, κατά την διάρκεια και μετά από ενδαρτηρεκτομή της καρωτίδας. Αντίθετα η βιβλιογραφία που σχετίζεται με την ΔΥ στην αγγειοπλαστική και stenting της έσω καρωτίδας είναι σχετικά περιορισμένη. Αυτό εξηγεί και τον μικρό όγκο δεδομένων της τελευταίας δεκαετίας που απομονώθηκε και αναλύθηκε ώστε να προκύψουν τα παρόντα ευρήματα. Παρότι τα αποτελέσματα των 271 ασθενών είναι περιορισμένης στατιστικής σημαντικότητας, μπορούν να αναδείξουν κάποιες δυνατότητες και κάποιους περιορισμούς στην ΔΥ κατά την CAS.

Η ΔΥ παρέχει δύο πολύ σημαντικές παραμέτρους για την συνεχή παρακολούθηση κατά την διάρκεια της CAS: η πρώτη είναι η παρακολούθηση της αιματικής ροής και του όγκου σφυγμού στην MCA. Αυτά τα πλεονεκτήματα της ΔΥ περιγράφησαν σχεδόν από την πρώτη βιβλιογραφική αναφορά της μεθόδου το 1994 από τον Gaunt και τους συνεργάτες του. (30)

Η χρήση συσκευής προστασίας του εγκεφάλου οδηγεί στην παύση ή την αναστροφή της ροής στην ομόπλευρη ICA με αποτέλεσμα την δραματική πτώση της ταχύτητας της ροής της MCA. (31) Σε ασθενείς με σημαντική ετερόπλευρη αθηρωματική νόσο, ανεπαρκές παράπλευρο δίκτυο ή ανεπαρκή κύκλο του Willis, η πτώση της ταχύτητας καταγράφεται άμεσα και ίσως πριν της εμφάνισης της κλινικής εικόνας. Με αυτόν τον τρόπο εκτιμάται η επιρροή της συσκευής προστασίας και της χρήσης αεροθαλάμου στην αιματική ροή και αναλόγως μεταβάλλεται το διεγχειρητικό πλάνο.

Στον παρελθόν, οι Parodi και Bates έχουν περιγράψει την μέθοδο αποκλεισμού της MCA και της αναστροφής της αιματικής ροής σε αυτή μέσω της ΔΥ. (32) Τα ευρήματα της μελέτης τους παίζουν - ακόμη και σήμερα - σημαντικό ρόλο στην βελτίωση των συσκευών προστασίας αλλά και της θρομβοαναρρόφησης με καθετήρα μετά από οξύ εγκεφαλικό επεισόδιο.

Στους ασθενείς που έχουν επαρκή κύκλο του Willis και υποβάλλονται σε CAS με συσκευή προστασίας τύπου φίλτρου, η παύσης της αιματικής ροής στην ομόπλευρη MCA όπως αυτή καταγράφεται στην ΔΥ μπορεί να αποτελεί κακό προγνωστικό παράγοντα και να σημαίνει πλήρωση του φίλτρου από ευμεγέθη θρόμβο ή σπασμό της ICA. Τα διάφορα φίλτρα έχουν πεπερασμένο όγκο θρόμβων ή εμβόλων που χωρούν χωρίς να προκληθεί στάση της αιματικής ροής. (33) Οι μεταβολές στο σήμα doppler μπορούν να δείξουν αν υπάρχει τέτοιο σύμβαμα. (34)

Από τα αποτελέσματα της μελέτης μας δεν παρατηρήθηκε πτώση της ταχύτητας ροής στην ομόπλευρη MCA κατά την CAS, ενώ η ετερόπλευρη MCA αποτέλεσε σημείο παρατήρησης μόνο σε μια από τις μελέτες, η οποία αναφέρει μικροέμβολα από την διέλευση του σύρματος οδηγού.

Η δεύτερη παράμετρος είναι η παρακολούθηση μικροεμβόλων μέσω ΔΥ κατά την CAS. Η ανακλαστική ικανότητα των μικροεμβόλων καθώς παιρνούν στην MCA παράγει έντονα ανακλαστικά κύματα προς τον ηχοβολέα που καταγράφονται ως αιχμές σήματος με υψηλή ταχύτητα. (35-37) Αυτά τα έντονα σήματα μπορούν να καταδείξουν την μετακίνηση μικροεμβόλων στο σύστημα εγκεφαλικό ημισφαίριο. (37) Δυστυχώς η τεχνολογία της ΔΥ δεν επιτρέπει τον διαχωρισμό των μικροεμβόλων από μικρές φυσαλίδες αέρα ή artifacts, κάτι που αποτελεί και μειονέκτημα της. (38-40) In vitro μελέτες παρέχουν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τα τμήματα που απελευθερώνονται στην κυκλοφορία κατά τα διάφορα στάδια της CAS. (41, 42) Από μελέτη σε ex vitro ζωικό μοντέλο προκύπτει πως ο μέγιστος κίνδυνος εμβολισμού κατά την CAS είναι κατά το άδειασμα του αεροθαλάμου. (43, 44)

Πράγματι, όπως προκύπτει και από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, δεν μπορεί να γίνει διαχωρισμός του σήματος που προκαλείται από την διέλευση μικροεμβόλων με τα σήματα που προκαλεί η χορήγηση σκιαγραφικού ή μικροφυσαλίδων αέρα. Στις περισσότερες δημοσιεύσεις, τα σήματα στην ΔΥ που προκλήθηκαν κατά την χορήγηση σκιαγραφικού αγνοήθηκαν κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Όπως φαίνεται από τις δημοσιεύσεις που περιλήφθησαν στην μελέτη μας, τα στάδια τα οποία συνδέονται με την παρουσία μικροεμβόλων είναι κυρίως όταν από το σημείο της στένωσης διέρχονται οι ενδονάρθηκες καθώς και κατά την έκπτυξη αυτών ή των αεροθαλάμων. Αυτά τα ευρήματα είναι συμβατά με όσα γνωρίζουμε έως τώρα και που έχουν δημοσιευτεί παλαιότερα. (45) Εδώ πρέπει να αναφέρουμε ξανά την αδυναμία διαχωρισμού των σημάτων στην ΔΥ που προκαλούνται από μικροέμβολα από εκείνα που είναι αποτέλεσμα διέλευσης μικροφυσαλίδων αέρα. Αυτή η αδυναμία της μεθόδου ίσως να εξηγεί γιατί ο αριθμός των σημάτων που καταγράφονται είναι μεγαλύτερος από τον επιπολεασμό κλινικά σημαντικών ισχαιμικών εγκεφαλικών ή ισχαιμικών εστιών ως ευρήματα στις μετεγχειρητικές απεικονίσεις του εγκεφάλου. Βέβαια τόσο οι μικροφυσαλίδες όσο και τα μικροέμβολα ευθύνονται για ισχαιμικά επεισόδια. (46)

Από μεταanalύσεις γνωρίζουμε πως η ΔΥ έχει ευαισθησία 81% και ειδικότητα 92% στην πρόγνωση ισχαιμικών εγκεφαλικών επεισοδίων κατά την ενδαρτηρεκτομή της καρωτίδας ενώ για την CAS δεν υπάρχει ανάλογη ανάλυση. (47) Η αναγνώριση συγκεκριμένων «μοτίβων»

στα σήματα της ΔΥ μπορεί να οδηγήσει στην καλύτερη αποκωδικοποίηση τους και την βελτίωση της προγνωστικής αξίας της ΔΥ. (48, 49)

Η χρήση ΔΥ κατά την διάρκεια της CAS δεν είναι μια απλή μέθοδος. Ο ηχοβολέας πρέπει να παραμείνει σταθερός καθ'όλη την διάρκεια της επέμβασης κάτι που είναι δυνατό με ειδικές συσκευές ή εξοπλισμό (headbands, head frames, brackets κ.α.) (Εικόνα 3). Σε έναν αριθμό ασθενών (περίπου 10-20%) δεν είναι δυνατή η καταγραφή σήματος λόγω έλλειψης του κατάλληλου ακουστικού παραθύρου. Αυτό περιεγράφηκε και στις δημοσιεύσεις που συμπεριλάβαμε στην μελέτη μας. (50)



Εικόνα 3: Συσκευή σταθεροποίησης του ηχοβολέα για ΔΥ (από Naqvi et al, 2013)

2.5. Συμπεράσματα

Την τελευταία δεκαετία η βιβλιογραφία που σχετίζεται με την χρήση της ΔΥ κατά την CAS εμφανίζεται περιορισμένη με μόλις πέντε δημοσιεύσεις από τις οποίες μπορούν να αντληθούν κάποια δεδομένα. Παρόμοια και ο αριθμός των ασθενών είναι σχετικά μικρός όταν συγκριθεί με τα δεδομένα που υπάρχουν για την ΔΥ στην καρωτιδική ενδαρτηρεκτομή ή εκτός του χειρουργείου.

Η νεότερη σχετική βιβλιογραφία φαίνεται να αναπαραγάγει τα αποτελέσματα των παλαιότερων σχετικών δημοσιεύσεων. Η ΔΥ μπορεί να αποκαλύψει την παρουσία μικροεμβόλων ιδιαίτερα σε κάποιες φάσεις της CAS που θεωρούνται επικίνδυνες. Δυστυχώς όμως δεν μπορεί να διαχωρίσει τα μικροέμβολα από τις μικροφουσαλίδες αέρα, καθώς επίσης δεν μπορεί το αυξημένο σήμα στην ΔΥ να συνδεθεί με την κλινική εμφάνιση ή όχι ισχαιμικού εγκεφαλικού.

3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βακάλος Α. Η συμβολή του διακρανιακού doppler (transcranial doppler ultrasonography TCD) στην αντιμετώπιση ασθενών με κρανιοεγκεφαλική κάκωση σε ΜΕΘ Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Σχολή Επιστημών Υγείας, Τμήμα Ιατρικής; 2003 [4/7/2021]. Available from: <http://hdl.handle.net/10442/hedi/13938>.
2. Giller CA, Bowman G, Dyer H, Mootz L, Krippner W. Cerebral arterial diameters during changes in blood pressure and carbon dioxide during craniotomy. *Neurosurgery*. 1993;32(5):737-41; discussion 41-2.
3. Angerson WJ, Sheldon CD, Barbenel JC, Gaylor JDS, Fisher AC. *Blood Flow in the Brain*: Oxford University Press, USA; 1989.
4. Derdeyn CP, Grubb RL, Powers WJ. Cerebral hemodynamic impairment: methods of measurement and association with stroke risk. *Neurology*. 1999;53(2):251-258.
5. Harper AM, Glass HI. Effect of alterations in the arterial carbon dioxide tension on the blood flow through the cerebral cortex at normal and low arterial blood pressures. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*. 1965;28(5):449.
6. DeWitt LD, Wechsler LR. Transcranial Doppler. *Stroke*. 1988;19(7):915-21.
7. Vriens EM, Kraaier V, Musbach M, Wieneke GH, van Huffelen AC. Transcranial pulsed Doppler measurements of blood velocity in the middle cerebral artery: reference values at rest and during hyperventilation in healthy volunteers in relation to age and sex. *Ultrasound Med Biol*. 1989;15(1):1-8.
8. Arnolds BJ, von Reutern GM. Transcranial Doppler sonography. Examination technique and normal reference values. *Ultrasound Med Biol*. 1986;12(2):115-23.
9. Grolimund P, Seiler RW. Age dependence of the flow velocity in the basal cerebral arteries--a transcranial Doppler ultrasound study. *Ultrasound Med Biol*. 1988;14(3):191-8.
10. Ameriso SF, Paganini-Hill A, Meiselman HJ, Fisher M. Correlates of middle cerebral artery blood velocity in the elderly. *Stroke*. 1990;21(11):1579-83.
11. Brass LM, Pavlakis SG, DeVivo D, Piomelli S, Mohr JP. Transcranial Doppler measurements of the middle cerebral artery. Effect of hematocrit. *Stroke*. 1988;19(12):1466-9.
12. Fiermonte G, Aloe Spiriti MA, Latagliata R, Petti MC, Giacomini P. Polycythaemia vera and cerebral blood flow: a preliminary study with transcranial Doppler. *J Intern Med*. 1993;234(6):599-602.

13. Macko RF, Ameriso SF, Akmal M, Paganini-Hill A, Mohler JG, Massry SG, et al. Arterial oxygen content and age are determinants of middle cerebral artery blood flow velocity. *Stroke*. 1993;24(7):1025-8.
14. Bisschops LL, van der Hoeven JG, Hoedemaekers CW. Effects of prolonged mild hypothermia on cerebral blood flow after cardiac arrest. *Crit Care Med*. 2012;40(8):2362-7.
15. Doering TJ, Brix J, Schneider B, Rimpler M. Cerebral hemodynamics and cerebral metabolism during cold and warm stress. *Am J Phys Med Rehabil*. 1996;75(6):408-15.
16. Purkayastha S, Sorond F. Transcranial Doppler ultrasound: technique and application. *Semin Neurol*. 2012;32(4):411-20.
17. Aaslid R, Markwalder TM, Nornes H. Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. *J Neurosurg*. 1982;57(6):769-74.
18. Hennerici M, Rautenberg W, Sitzer G, Schwartz A. Transcranial Doppler ultrasound for the assessment of intracranial arterial flow velocity--Part 1. Examination technique and normal values. *Surg Neurol*. 1987;27(5):439-48.
19. Alexandrov AV, Sloan MA, Wong LK, Douville C, Razumovsky AY, Koroshetz WJ, et al. Practice standards for transcranial Doppler ultrasound: part I--test performance. *J Neuroimaging*. 2007;17(1):11-8.
20. Ahn SH, Prince EA, Dubel GJ. Carotid artery stenting: review of technique and update of recent literature. *Semin Intervent Radiol*. 2013;30(3):288-96.
21. Kouvelos GN, Patelis N, Antoniou GA, Lazaris A, Matsagkas MI. Meta-analysis of the Effect of Stent Design on 30-Day Outcome After Carotid Artery Stenting. *J Endovasc Ther*. 2015;22(5):789-97.
22. Lownie SP, Pelz DM, Lee DH, Men S, Gulka I, Kalapos P. Efficacy of treatment of severe carotid bifurcation stenosis by using self-expanding stents without deliberate use of angioplasty balloons. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2005;26(5):1241-8.
23. Maynar M, Baldi S, Rostagno R, Zander T, Rabellino M, Llorens R, et al. Carotid stenting without use of balloon angioplasty and distal protection devices: preliminary experience in 100 cases. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2007;28(7):1378-83.
24. Spacek M, Sorrell VL, Veselka J. Transcranial Doppler Ultrasound in the Current Era of Carotid Artery Stenting. *Ultraschall Med*. 2015;36(4):337-41.
25. Gattuso R, Martinelli O, Alunno A, D'Angeli I, Felli M, Castiglione A, et al. Carotid stenting and transcranial Doppler monitoring: indications for carotid stenosis treatment. *Vasc Endovascular Surg*. 2010;44(7):535-8.

26. Macdonald S, Evans DH, Griffiths PD, McKeivitt FM, Venables GS, Cleveland TJ, et al. Filter-protected versus unprotected carotid artery stenting: a randomised trial. *Cerebrovasc Dis.* 2010;29(3):282-9.
27. Montorsi P, Caputi L, Galli S, Ciceri E, Ballerini G, Agrifoglio M, et al. Microembolization during carotid artery stenting in patients with high-risk, lipid-rich plaque. A randomized trial of proximal versus distal cerebral protection. *J Am Coll Cardiol.* 2011;58(16):1656-63.
28. Almekhlafi MA, Demchuk AM, Mishra S, Bal S, Menon BK, Wiebe S, et al. Malignant emboli on transcranial Doppler during carotid stenting predict postprocedure diffusion-weighted imaging lesions. *Stroke.* 2013;44(5):1317-22.
29. Oliveira GDP, Guillaumon AT, Benvindo SC, Lima JMT, Barreto SRF, Avelar WM, et al. A comparative analysis of transcranial Doppler parameters acquired during carotid stenting and semi-eversion carotid endarterectomy. *J Vasc Bras.* 2016;15(3):197-204.
30. Gaunt ME, Martin PJ, Smith JL, Rimmer T, Cherryman G, Ratliff DA, et al. Clinical relevance of intraoperative embolization detected by transcranial Doppler ultrasonography during carotid endarterectomy: a prospective study of 100 patients. *Br J Surg.* 1994;81(10):1435-9.
31. Tan WA, Bates MC, Wholey MH. Cerebral protection systems for distal emboli during carotid artery interventions. *J Interv Cardiol.* 2001;14(4):465-74.
32. Parodi JC, Bates MC. Angioplasty and stent with reversal of internal carotid flow as a cerebral protection device. *ATLAS: Vascular and Endovascular Surgical Techniques.* 2001:198-213.
33. Kindel M, Spiller P. Transient occlusion of an Angioguard protection system by massive embolization during angioplasty of a degenerated aortocoronary saphenous vein graft. *Catheterization and cardiovascular interventions.* 2002;55(4):501-4.
34. Benichou H, Bergeron P. Carotid angioplasty and stenting: will periprocedural transcranial Doppler monitoring be important? *Journal of Endovascular Therapy.* 1996;3(2):217-23.
35. Moehring MA, Ritcey JA. Microembolus Sizing in a Blood-Mimicking Fluid Using a Novel Dual-Frequency Pulsed Doppler. *Echocardiography.* 1996;13(5):573-8.
36. Moehring M, Ritcey J, Ishimaru A. Sizing emboli in blood using pulse Doppler ultrasound. II. Effects of beam refraction. *IEEE transactions on biomedical engineering.* 1996;43(6):581-8.

37. Crawley F, Clifton A, Buckenham T, Loosemore T, Taylor RS, Brown MM. Comparison of hemodynamic cerebral ischemia and microembolic signals detected during carotid endarterectomy and carotid angioplasty. *Stroke*. 1997;28(12):2460-4.
38. Devuyst G, Darbellay G, Vesin J-M, Kemeny V, Ritter M, Droste D, et al. Automatic classification of HITS into artifacts or solid or gaseous emboli by a wavelet representation combined with dual-gate TCD. *Stroke*. 2001;32(12):2803-9.
39. Georgiadis D, Uhlmann F, Lindner A, Zierz S. Differentiation between true microembolic signals and artefacts using an arbitrary sample volume. *Ultrasound in medicine & biology*. 2000;26(3):493-6.
40. Rodriguez RA, Giachino A, Hosking M, Nathan HJ. Transcranial Doppler characteristics of different embolic materials during in vivo testing. *Journal of Neuroimaging*. 2002;12(3):259-66.
41. Ohki T, Roubin GS, Veith FJ, Iyer SS, Brady E. Efficacy of a filter device in the prevention of embolic events during carotid angioplasty and stenting: an ex vivo analysis. *Journal of vascular surgery*. 1999;30(6):1034-44.
42. Coggia M, Goëau-Brissonnière O, Duval J-L, Leschi J-P, Letort M, Nagel M-D. Embolic risk of the different stages of carotid bifurcation balloon angioplasty: an experimental study. *Journal of vascular surgery*. 2000;31(3):550-7.
43. Ackerstaff R, Antonius Carotid Endarterectomy A, Group SS. Transcranial Doppler monitoring in angioplasty and stenting of the carotid bifurcation. *Journal of Endovascular Therapy*. 2003;10(4):702-10.
44. Orlandi G, Fanucchi S, Fioretti C, Acerbi G, Puglioli M, Padolecchia R, et al. Characteristics of cerebral microembolism during carotid stenting and angioplasty alone. *Archives of neurology*. 2001;58(9):1410-3.
45. Vos JA, van den Berg JC, Ernst SM, Suttorp MJ, Overtoom TT, Mauser HW, et al. Carotid angioplasty and stent placement: comparison of transcranial Doppler US data and clinical outcome with and without filtering cerebral protection devices in 509 patients. *Radiology*. 2005;234(2):493-9.
46. Vukovic-Cvetkovic V. Microembolus detection by transcranial Doppler sonography: review of the literature. *Stroke Res Treat*. 2012;2012:382361.
47. Guay J, Kopp S. Cerebral monitors versus regional anesthesia to detect cerebral ischemia in patients undergoing carotid endarterectomy: a meta-analysis. *Can J Anaesth*. 2013;60(3):266-79.

48. Jeong HS, Song HJ, Lee JH, Choi SW, Kim J. Interpretation of TCD spectral patterns detected during carotid artery stent interventions. *J Endovasc Ther.* 2011;18(4):518-26.
49. Dittrich R, Ritter MA, Droste DW. Microembolus detection by transcranial doppler sonography. *Eur J Ultrasound.* 2002;16(1-2):21-30.
50. Li J, Shalabi A, Ji F, Meng L. Monitoring cerebral ischemia during carotid endarterectomy and stenting. *J Biomed Res.* 2017;31(1).