



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



Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

***«ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΑΜΕΣΩΝ ΚΑΙ
ΜΑΚΡΟΠΡΟΘΕΣΜΩΝ ΕΠΙΠΛΟΚΩΝ ΤΗΣ ΕΝΔΑΡΤΗΡΕΚΤΟΜΗΣ ΣΤΙΣ
ΚΑΡΩΤΙΔΕΣ ΑΡΤΗΡΙΕΣ, ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΗΣ ΤΗΣ
ΕΠΑΝΑΣΤΕΝΩΣΗΣ»***

υπό

ΑΡΙΣΤΕΙΔΗ ΜΙΧΑΛΟΠΟΥΛΟΥ

Ειδικευόμενου Ακτινολογίας

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των

απαιτήσεων για την απόκτηση του

Διπλώματος Μεταπτυχιακών Σπουδών

***«Υπερηχογραφική Λειτουργική Απεικόνιση για την πρόληψη & διάγνωση των
αγγειακών παθήσεων»***

Θεσσαλονίκη, 2024

Επιβλέπων:

*Βασίλειος Ραφαηλίδης, Επίκουρος Καθηγητής Ακτινολογίας, Τμήμα Ιατρικής,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- 1. Βασίλειος Ραφαηλίδης, Επίκουρος Καθηγητής Ακτινολογίας, Τμήμα Ιατρικής,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*
- 2. Κωνσταντίνος Σπανός, Αναπληρωτής Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής-
Ενδοαγγειακής Χειρουργικής, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας*
- 3. Αθανάσιος Γιαννούκας, Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής, Τμήμα Ιατρικής,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας*

Τίτλος εργασίας στα αγγλικά:

**“Ultrasound assessment of immediate and long term carotid
endarterectomy, including restenosis”**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΚΟΠΟΣ.....	7
Αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια (ΑΕΕ)	7
Καρωτιδική Ενδαρτηρεκτομή (CEA) – Ενδείξεις, τεχνική και επιπλοκές.....	8
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	13
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	14
Αναφορά σε παλαιότερες βιβλιογραφικές πηγές (1988-1998)	25
ΣΥΖΗΤΗΣΗ	30
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	33

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους διδάσκοντες του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών για τις πολύτιμες γνώσεις τις οποίες μας μεταλαμπάδευσαν κατά τη διάρκεια του προγράμματος σπουδών.

Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου κύριο Ραφαηλίδη για την αμεσότητα, την καθοδήγηση και τις συμβουλές του σε αυτή μου την προσπάθεια.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου Βασίλειο και Βασιλική, την αδερφή μου Στέλλα και την σύντροφό μου Μαρία για την στήριξη και την εμπύχωση να συνεχίσω και να ολοκληρώσω την παρούσα εργασία.

Αριστείδης Μιχαλόπουλος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή

Η καρωτιδική αθηρωματική νόσος αποτελεί μια από τις σημαντικότερες αιτίες αγγειακών εγκεφαλικών συμβαμάτων (ισχαιμίας). Η χειρουργική αντιμετώπιση των συμπτωματικών ασθενών περιλαμβάνει την ενδαρτηρεκτομή ή την αγγειοπλαστική και τοποθέτηση ενδοπρόσθεσης. Η ενδαρτηρεκτομή όπως κάθε χειρουργείο είναι δυνατόν να έχει επιπλοκές, όπως η επαναστένωση. Σκοπός της μελέτης είναι να εξεταστεί η χρήση του υπέρηχου στην αναγνώριση και διαβάθμιση της επαναστένωσης και στον χαρακτηρισμό της.

Μεθοδολογία

Πραγματοποιήθηκε ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προς αναζήτηση δημοσιεύσεων σχετικών με την υπερηχογραφική διερεύνηση των χειρουργικών επιπλοκών μετά από καρωτιδική ενδαρτηρεκτομή. Συνολικά αξιολογήθηκαν 10 άρθρα, μεταξύ των οποίων συστηματικές ανασκοπήσεις, μελέτες παρατήρησης και κλινικές μελέτες.

Αποτελέσματα

Τα δεδομένα από την τρέχουσα βιβλιογραφία δείχνουν ότι ο υπέρηχος είναι μια ευαίσθητη και ειδική μέθοδος για την αναγνώριση της επαναστένωσης. Ωστόσο, λόγω των περιορισμών των μελετών της βιβλιογραφίας, δεν μπορεί να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα σχετικά με τα ακριβή doppler κριτήρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό του ποσοστού επαναστένωσης, τουλάχιστον με τη μέχρι τώρα διαθέσιμη βιβλιογραφία.

Συζήτηση

Τα βιβλιογραφικά δεδομένα σχετικά με το θέμα της μελέτης είναι ελλιπή και απαιτείται περαιτέρω έρευνα στο μέλλον προκειμένου να θεσπιστούν doppler κριτήρια για τον χαρακτηρισμό της επαναστένωσης κατόπιν ενδαρτηρεκτομής. Με τον τρόπο αυτό ο υπέρηχος ίσως αποτελέσει τη μοναδική μέθοδο για τη μετεγχειρητική παρακολούθηση ρουτίνας στους ασθενείς μετά από καρωτιδική ενδαρτηρεκτομή.

Λέξεις κλειδιά: καρωτίδα αρτηρία, ενδαρτηρεκτομή, υπέρηχος/υπερηχοτομογραφία, επιπλοκές, επαναστένωση

ABSTRACT

Introduction

Carotid atherosclerotic disease is among the most common causes of stroke. Surgical treatment of symptomatic patients consists of carotid endarterectomy (CEA) or carotid angioplasty and stenting. Not unlike any other intervention, CEA could have complications, including recurrent stenosis/restenosis. The aim of this study was to determine the use of ultrasound in the diagnosis and its classification.

Methods

A review of the current literature was performed in order to find references related with the ultrasound assessment of surgical complications after carotid endarterectomy. A total of 10 articles were included in the study, consisting of systematic reviews, observational and clinical studies.

Results

Data from the current literature show that ultrasound is a sensitive and accurate method for recognizing restenosis. However, due to limitations of the included studies, we could not reach a safe conclusion regarding which doppler criteria should be used to calculate the stenosis percentage.

Discussion

Since there is a lack of reliable literature data regarding the topic of this study, further research should be conducted in order to draw specific doppler criteria for assessing carotid restenosis after CEA. If reliable data is drawn, ultrasound could become the only imaging needed for routine follow up of patients after CEA

Keywords: carotid artery, endarterectomy, ultrasound/ultrasonography, complications, recurrent stenosis/restenosis

ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΚΟΠΟΣ

Αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια (ΑΕΕ)

Τα Αγγειακά Εγκεφαλικά Επεισόδια (ΑΕΕ) ορίζονται ως η οξεία εγκατάσταση εστιακού νευρολογικού ελλείμματος αγγειακής αιτιολογίας, το οποίο διαρκεί περισσότερο από 24 ώρες και οφείλεται σε διαταραχή της παροχής αίματος σε κάποια περιοχή του εγκεφάλου. Τα ΑΕΕ διακρίνονται σε ισχαιμικά και σε αιμορραγικά: Τα ισχαιμικά οφείλονται σε απόφραξη αγγείου ή σε ελαττωμένη παροχή αίματος άλλης αιτιολογίας ενώ τα αιμορραγικά οφείλονται στη ρήξη κάποιου αγγείου. Στα Παροδικά Ισχαιμικά Εγκεφαλικά (ΠΙΕ), το εγκεφαλικό παρέγχυμα που παρουσιάζει -προσωρινά- ισχαιμία ανακάμπτει και τα συμπτώματα διαρκούν λιγότερο από 24 ώρες. Οι πλήρεις συνέπειες ενός ΑΕΕ μπορεί να μην είναι ορατές τις δυο πρώτες εβδομάδες, καθώς οι μεθοριακές περιοχές μπορεί είτε να ανακάμψουν – επανέλθουν είτε να εξελιχθούν σε περιοχές ισχαιμίας εάν δεν αντιμετωπισθεί έγκαιρα και ορθά ο ασθενής.

Τα ΑΕΕ αποτελούν μια από τις κυριότερες αιτίες θνητότητας και αναπηρίας παγκοσμίως. Έχει υπολογιστεί ότι 5,5 εκατομμύρια θάνατοι και 44 εκατομμύρια αναπηρίες ετησίως οφείλονται σε ΑΕΕ. Στις ΗΠΑ κάθε χρόνο 800,000 άνθρωποι παρουσιάζουν ένα ΑΕΕ (2,5% του πληθυσμού την περίοδο 2013-2016) με περίπου 185,000 των περιπτώσεων να αποτελούν νέα επεισόδια, ενώ εκτιμάται ότι τα κλινικώς σιωπηλά ΑΕΕ κυμαίνονται στο 6-28%. Οι προβλέψεις δείχνουν ανοδική πορεία της επίπτωσης των ΑΕΕ ως και το 2030. (11)

Οι παράγοντες κινδύνου για την εμφάνιση ΑΕΕ επικαλύπτονται σε μεγάλο βαθμού με αυτούς για την αθηρωμάτωση. Οι σημαντικότεροι είναι: (11)

- Φύλο: Μεγαλύτερος κίνδυνος στους άνδρες σε σύγκριση με τις γυναίκες σε ηλικίες μεγαλύτερες των 55 ετών.
- Ηλικία: Αυξημένος κίνδυνος εμφάνισης ΑΕΕ προϊόντος του χρόνου. Ο κίνδυνος κατά προσέγγιση διπλασιάζεται κάθε δεκαετία μετά την ηλικία των 55 ετών.
- Φυλή: Περίπου διπλάσια επίπτωση στους μαύρους και στους ανθρώπους ισπανικής καταγωγής (σ.σ. «Hispanics») συγκριτικά με τον γενικό πληθυσμό.

- Αρτηριακή υπέρταση
- Ατομικό αναμνηστικό: Προηγθέντα ΠΠΕ και αθηρωματική νόσος στις καρωτίδες αυξάνουν το κίνδυνο εμφάνισης ΑΕΕ.
- Οικογενειακό αναμνηστικό: Σε περίπτωση που κάποιος γονέας έχει ιστορικό ΑΕΕ, ΠΠΕ και ισχαιμίας μυοκαρδίου, ο κίνδυνος ΑΕΕ αυξάνεται μεταξύ 1,3–3,3 φορές.
- Κολπική μαρμαρυγή
- Κάπνισμα
- Υπερχοληστερολαιμία
- Σακχαρώδης διαβήτης (ΣΔ)
- Παχυσαρκία
- Κατάχρηση αλκοόλ
- Χρόνια νεφρική νόσος
- COVID-19: Έχει παρατηρηθεί ότι σε βαριές οξείες λοιμώξεις από τον SARS-COV-2 ο κίνδυνος για θρομβοεμβολικά φαινόμενα -συνεπώς και για ΑΕΕ- ήταν αυξημένος, ιδιαίτερα σε νέους ασθενείς.

Το 80% των νέων ΑΕΕ ετησίως είναι ισχαιμικά και ένα 20% αυτών οφείλονται στην αθηρωματική νόσο της τραχηλικής μοίρας των καρωτίδων αρτηριών. Είναι αποτέλεσμα αθηροεμβολικών/θρομβοεμβολικών φαινομένων ή ελαττωμένης ροής αίματος στον εγκέφαλο μέσω των καρωτίδων.

Καρωτιδική Ενδαρτηρεκτομή (CEA) – Ενδείξεις, τεχνική και επιπλοκές

Μια χειρουργική μέθοδος αντιμετώπισης – πρόληψης των ΑΕΕ που οφείλονται σε νόσο των καρωτίδων είναι η Καρωτιδική Ενδαρτηρεκτομή (Carotid Endarterectomy – CEA). Βάσει των τελευταίων κατευθυντήριων οδηγιών της Society for Vascular Surgery, η CEA συνιστάται στους περισσότερους συμπτωματικούς ασθενείς με 50-99% στένωση στην έσω καρωτίδα αρτηρία (Internal Carotid Artery – ICA). (11) Επιπλέον, η CEA θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν σε ασυμπτωματικούς ασθενείς με 70-99% στένωση της ICA, εφόσον η πιθανότητα ενός ΑΕΕ περιεγχειρητικά δεν υπερβαίνει το 3% και ο/η ασθενής έχει

προσδόκιμο επιβίωσης τουλάχιστον 3-5 έτη. Σε περίπτωση που η CEA αντενδείκνυται για ιατρικούς ή/και ανατομικούς λόγους τότε θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν η τοποθέτηση stent. Οι συμπτωματικοί ασθενείς με στένωση της ICA μικρότερης του 50% προτείνεται να ακολουθήσουν συντηρητική αντιμετώπιση.

Η CEA μπορεί να πραγματοποιηθεί υπό γενική αναισθησία ή υπό τοπική αναισθησία. Αφού τοποθετηθεί ο ασθενής στην κατάλληλη θέση και πραγματοποιηθεί η τομή του δέρματος στην τραχηλική χώρα, ο χειρουργός παρασκευάζει τον διχασμό της κοινής καρωτίδας αρτηρίας, την κοινή καρωτίδα αρτηρία (CCA), την έσω καρωτίδα αρτηρία (ICA) και την έξω καρωτίδα αρτηρία (ECA), εξασφαλίζοντας ότι δεν θα τραυματιστούν οι παρακείμενες ανατομικές δομές (αγγεία και νεύρα). Στην συνέχεια πραγματοποιείται διακοπή της ροής (clamping) στα παραπάνω αγγεία. Εφόσον εξασφαλιστεί η επαρκής αιμάτωση του εγκεφάλου -με ή χωρίς την τοποθέτηση αιματικής παράκαμψης (shunt)- ο χειρουργός μπορεί να προχωρήσει στην ενδαρτηρεκτομή.(11)

Υπάρχουν δυο τεχνικές ενδαρτηρεκτομής: Η κλασική ενδαρτηρεκτομή (Conventional CEA) και η ανάστροφη ενδαρτηρεκτομή (Eversion CEA - eCEA):

- Κλασική ενδαρτηρεκτομή: Γίνεται τομή στην ICA και αφού αναγνωριστούν τα άκρα της αθηρωματικής πλάκας πραγματοποιείται εκτομή της πλάκας μαζί με το ενδοθήλιο. Σε περίπτωση που η αθηρωματική πλάκα επεκτείνεται και στην ECA τότε γίνεται εκτομή της και από αυτήν. Όταν ολοκληρωθεί η αφαίρεση του ενδοθηλίου γίνεται συρραφή της τομής με τοποθέτηση εμβλώματος (pCEA), το οποίο μπορεί να είναι αυτόλογο ή συνθετικό. Αν παρατηρηθεί αιμορραγία από την τομή αντιμετωπίζεται διεγχειρητικά.
- Ανάστροφη ενδαρτηρεκτομή: Σε αυτή τη μέθοδο γίνεται λοξή εκτομή της ICA από τον καρωτιδικό διχασμό, αναστροφή του έξω χιτώνα της και εκτομή της αθηρωματικής πλάκας. Επιπλέον, πραγματοποιείται εκτομή της αθηρωματικής πλάκας και του ενδοθηλίου από τις CCA και ECA από την τομή στο σημείο έκφυσης της ICA. Τέλος, γίνεται τελικο-τελική αναστόμωση της ICA στο σημείο εκτομής της στον καρωτιδικό διχασμό.

Οι επιπλοκές της CEA είναι οι:

- Περιεγχειρητικό ΑΕΕ: Συνήθως οφείλεται σε οξεία απόφραξη της ICA, σε εμβολικά φαινόμενα, ισχαιμία του εγκεφάλου κατά τη διάρκεια αποκλεισμού της ICA ή σε ενδοκράνιο αιμορραγία. Τα παραπάνω είναι συνήθως απόρροια μη βέλτιστης χειρουργικής τεχνικής («technical imperfections»).
- Ισχαιμία μυοκαρδίου: Υπεύθυνη για 25-50% των θανάτων μετά από CEA.
- Τραυματισμός κρανιακών νεύρων: Παρατηρείται στο 5-20% των περιπτώσεων και αφορά κυρίως το υπογλώσσιο νεύρο, το άνω λαρυγγικό (κλάδος του πνευμονογαστρικού νεύρου) και το προσωπικό (επιχείλιος κλάδος της κάτω γνάθου). Στην περίπτωση του υπογλώσσου νεύρου, ο ασθενής παρουσιάζει αδυναμία της γλώσσας στην ίδια πλευρά με αυτή του χειρουργείου, απόκλιση προς την πληγείσα πλευρά και δυσκολία στη μάσηση. Αν τραυματιστεί το άνω λαρυγγικό νεύρο, μπορεί να παρατηρηθεί πάρεση της ομόπλευρης φωνητικής χορδής – διαταραχές ομιλίας καθώς και δυσκολία στην κατάποση. Τέλος, τραυματισμός του επιχείλιου κλάδου της κάτω γνάθου προκαλεί πτώση του κάτω χείλους ομόπλευρα.
- Αιμοδυναμική αστάθεια: Στις περισσότερες περιπτώσεις παρατηρείται εντός 2 ωρών μετά την επέμβαση. Σχετίζεται με δυσλειτουργία των τασεοϋποδοχέων στον καρωτιδικό διχασμό μετά την εκτομή της αθηρωματικής πλάκας με αποτέλεσμα την ελαττωμένη λειτουργία του συμπαθητικού συστήματος η οποία με την σειρά της οδηγεί σε υπόταση ή/και βραδυκαρδία.
- Σύνδρομο υπεραϊμάτωσης του εγκεφάλου («Cerebral Hyperperfusion Syndrome»): Σπάνια επιπλοκή η οποία παρατηρείται αρκετές ημέρες μετά το χειρουργείο και σχετίζεται με σοβαρή αρτηριακή υπέρταση. Παρουσιάζεται με κεφαλαλγία τύπου ημικρανίας η οποία εξελίσσεται σε επιληπτικές κρίσεις και σε πιο σοβαρές περιπτώσεις σε αιμορραγικό ΑΕΕ (θνητότητα 75-100% σε ορισμένες μελέτες).

- Λοιμώξεις: Εξαιρετικά σπάνιες, αφορούν τη λοίμωξη του χειρουργικού τραύματος και λοίμωξη του εμβολώματος στην κλασική μέθοδο.
- Αιμορραγία (ενδοεγκεφαλική αιμορραγία και τοπική αιμορραγία κατά το κλείσιμο της χειρουργικής τομής).
- Διαχωρισμός και ενδοθηλιακό πέταλο τοπικά στην περιοχή της επέμβασης
- Επαναστένωση: Έχει υπολογιστεί ότι συμβαίνει σε 5-22% των ασθενών μετά από CEA, όμως περίπου το 3% αυτών ήταν συμπτωματικοί. Σε μεταανάλυση 55 μελετών η συνολική επίπτωση ήταν 6-14% με την ετήσια επίπτωση να κυμαίνεται στο 1,5-4,5%. Σε άλλη ανάλυση της βάσης δεδομένων MEDLINE, η συχνότητα επαναστένωσης ήταν 10% στο πρώτο έτος, 3% στο δεύτερο και 2% στο τρίτο έτος ενώ στη μελέτη CREST στα 2 έτη η συχνότητα σημαντικής επαναστένωσης ή απόφραξης ήταν 6,3%.(11)
Παρατηρείται πιο συχνά σε γυναίκες, σε ασθενείς που συνεχίζουν το κάπνισμα μετά την επέμβαση και σε ασθενείς με σακχαρώδη διαβήτη, υπερχοληστερολαιμία και αρτηριακή υπέρταση. Όσιμη επαναστένωση εμφανίζεται εντός 2 ετών από το χειρουργείο και οφείλεται σε υπερπλασία του ενδοθηλίου στο σημείο της επέμβασης, μια φλεγμονώδη διεργασία που παράγει μια ελαστική πλάκα («rubbery plaque») πλούσια σε ινοβλάστες και λείες μυικές ίνες που περιβάλλονται από πυκνή συσσώρευση κολλαγόνου και όξινων πολυσακχαρώδων.

Ο υπέρηχος είναι μια ευρέως διαθέσιμη, γρήγορη και εύκολα επαναλήψιμη εξέταση, η οποία δεν απαιτεί προετοιμασία από τη μεριά του ασθενούς. Επιπλέον, δεν χρησιμοποιεί ιονίζουσα ακτινοβολία και έχει χαμηλό κόστος. Οι επιπλοκές που είναι δυνατόν να παρακολουθήσουμε με τη χρήση του υπέρηχου είναι η οξεία απόφραξη της ICA, η αιμορραγία, ο διαχωρισμός και η επαναστένωση.

Με τον υπέρηχο μπορεί να απεικονιστεί ο αυλός των αγγείων, το ενδοθήλιο, η παρουσία αθηρωματικών αλλοιώσεων και η σύσταση τους.

Επιπλέον, με τη χρήση του pulsed-waved doppler να γίνει μέτρηση των ταχυτήτων και ανάλυση των κυματομορφών της ροής του αίματος στον αυλό των αγγείων. Σύμφωνα με τα τρέχοντα υπερηχογραφικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την ποσοτικοποίηση της στένωσης στην ενδογενή ICA, οι τιμές που πρέπει να υπολογιστούν είναι η μέγιστη συστολική ταχύτητα ροής (Peak Systolic Velocity – PSV), η τελοδιαστολική ταχύτητα ροής (End Diastolic Velocity – EDV) και ο λόγος PSV ICA/CCA. Τα κριτήρια συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα: (1)

	Κύρια κριτήρια		Δευτερεύοντα κριτήρια	
Ποσοστό στένωσης (%)	PSV _{ICA} (cm/s)	Οπτική εκτίμηση της πλάκας (%)	Λόγος PSV _{ICA} /PSV _{CCA}	EDV _{ICA} (cm/s)
Φυσιολογική	<125	Απουσία	<2	<40
<50	<125	<50	<2	<40
50-69	125-230	≥50	2-4	40-100
≥70	>230	≥50	>4	>100
Σχεδόν πλήρης απόφραξη	Υψηλή, χαμηλή ή μη ανιχνεύσιμη	Ορατή	Ποικίλλει	Ποικίλλει
Πλήρης απόφραξη	Μη ανιχνεύσιμη	Ορατή, μη ανιχνεύσιμος αυλός	Μη υπολογίσιμος	Μη ανιχνεύσιμη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται ανασκόπηση της βιβλιογραφίας με σκοπό να διαπιστωθεί η συνεισφορά της υπερηχογραφικής μεθόδου στην αναγνώριση αυτών των επιπλοκών εστιάζοντας κυρίως στην επαναστένωση.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την συγγραφή της διπλωματικής εργασίας αντλήθηκε κατά κύριο λόγο από τη βάση δεδομένων PubMed. Τα κριτήρια αναζήτησης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα εξής: (((carotid endarterectomy) AND (restenosis))) AND (duplex OR Doppler OR ultrasound)) AND (criteria OR threshold OR cut-off). Η αναζήτηση απέδωσε 91 αποτελέσματα – περιλήψεις.

Μετά από την αξιολόγηση των περιλήψεων, έγινε επιλογή των σχετικών με το αντικείμενο της εργασίας άρθρα. Επιπλέον, αξιολογήθηκαν οι βιβλιογραφικές αναφορές από τα άρθρα που επιλέχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν ορισμένα από αυτά στο κείμενο της εργασίας.

Συνολικά, συμπεριελήφθησαν 10 άρθρα μεταξύ των οποίων συστηματικές ανασκοπήσεις, τυχαιοποιημένες κλινικές μελέτες, μελέτες παρατήρησης και ερευνητικές μελέτες.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι Millet et al συνέταξαν μια ανασκόπηση βασισμένη σε εικόνες (pictorial essay) των επιπλοκών μετά από ανοιχτό ή ενδαγγειακό χειρουργείο της εξωκράνιας μοίρας των καρωτίδων αρτηριών με συσχέτιση των ευρημάτων με αξονική αγγειογραφία (Computed Tomography Angiography – CTA), μαγνητική τομογραφία (Magnetic Resonance Imaging – MRI) και ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία (Digital Subtraction Angiography – DSA).

Διαχωρισμός: Σπάνια επιπλοκή, σε αναδρομική μελέτη 6981 διαγνωστικών και θεραπευτικών παρεμβάσεων στις καρωτίδες και στις σπονδυλικές αρτηρίες, ιατρογενής διαχωρισμός παρατηρήθηκε σε 18 περιπτώσεις (0,25%), με 10 από αυτές να αφορούν τις ICA. Ο σημαντικότερος κίνδυνος που ενέχει ο διαχωρισμός στις ICA είναι η εμφάνιση ΑΕΕ που συνήθως είναι αποτέλεσμα εμβολικών φαινομένων, ωστόσο μπορεί να προκληθεί από ελάττωση της ροής. Στο B-mode, ο διαχωρισμός παρουσιάζεται ως ευκίνητο πέταλο (flap) εντός του αυλού του αγγείου ή ως ψευδής αυλός. Ένας ψευδής αυλός όταν θρομβωθεί μπορεί να είναι είτε υπερηχοϊκός είτε υποηχοϊκός και είναι δύσκολο να διακριθεί από ενδοτοιχωματικό αιμάτωμα ή αθηρωματική πλάκα. Στο color doppler μπορεί να παρατηρηθεί αιματική ροή εντός του ψευδούς αυλού παράλληλη με τον αληθή αυλό, οι οποίοι διαχωρίζονται από γραμμικό υπερηχοϊκό σχηματισμό που αντιπροσωπεύει το ενδοθήλιο. Οι κυματομορφές ροής ποικίλλουν και μπορεί να είναι φυσιολογικές, επιπεδωμένες, υψηλών αντιστάσεων ή να μην ανιχνεύεται αιματική ροή.(8)

Υγρικές συλλογές: Συνίστανται από αιματώματα, σερώματα και αποστήματα και αποτελούν γνωστές επιπλοκές της CEA. Σε μια τυχαιοποιημένη κλινική δοκιμή, αιματώματα στο χειρουργικό τραύμα παρατηρήθηκαν στο 7,1% (101/1415) από ασθενείς που υποβλήθηκαν σε CEA.(14) Οξέως εμφανιζόμενα και ευμεγέθη αιματώματα μπορεί να οδηγήσουν σε ΑΕΕ αν δεν αντιμετωπιστούν εγκαίρως. Τα αποστήματα μπορεί να οφείλονται σε επιλοίμωξη ενός αιματώματος ή σε λοίμωξη του εμβολώματος. Στο B-mode, τα αιματώματα παρουσιάζονται ως μάζες μαλακών μορίων με ετερογενή ηχογένεια, συχνά παρακείμενα στα εξεταζόμενα αγγεία. Ενδεχομένως να παρατηρείται σχηματισμός υγρο-υγρικού επιπέδου, ενώ πρέπει να αποκλείεται η παρουσία αιματικής ροής με το color

doppler. Τα αποστήματα έχουν παρόμοιους απεικονιστικούς χαρακτήρες, με παρουσία ή απουσία φυσαλίδων αέρα στο εμβαδόν τους. (8)

Ψευδοανεύρυσμα: Προκύπτει από τρώση και των τριών στιβάδων του αρτηριακού τοιχώματος με τελικό αποτέλεσμα την εξαγγείωση αίματος μέσω του αυχένα του ψευδοανευρύσματος στον παρακείμενο σάκο, ο οποίος περιορίζεται από τα παρακείμενα μαλακά μόρια. Ωστόσο, σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να είναι αποτέλεσμα τραυματισμού μιας ή δυο στιβάδων του αγγείου. Τα ιατρογενή ψευδοανευρύσματα είναι σπάνια (επίπτωση 0,37%) μετά από CEA και μπορεί να εμφανιστούν άμεσα ή και όψιμα. Στο B-mode, τα ψευδοανευρύσματα έχουν χαρακτηριστικά μαζών μαλακών μορίων ή μαζών που πληρούνται με υγρό οι οποίες συνεχόνται ή είναι παρακείμενες με το εξεταζόμενο αγγείο. Η ηχογένεια τους ποικίλλει ανάλογα με την παρουσία ή όχι θρόμβου. Στο color doppler παρατηρείται στροβιλώδης ροή του αίματος εντός του σάκου (μοτίβο «ying-yang»), εύρημα που βοηθά στη διαφορική διάγνωση από το αιμάτωμα. Οι κυματομορφές ροής του αίματος έχουν τη μορφή «προς και από», με το αίμα να κατευθύνεται προς τον σάκο κατά τη συστολή και μακριά από τον σάκο κατά τη διαστολή.(8)

Θρόμβωση και θρομβοεμβολικά επεισόδια: Αποτελούν από τις πιο επίφοβες επιπλοκές στις θεραπευτικές παρεμβάσεις των καρωτίδων αρτηριών. Η μακροχρόνια (>2 έτη) επίπτωση για σοβαρό ΑΕΕ ομόπλευρα της παρέμβασης κυμαίνεται μεταξύ 0,5% και 3% για τις CEA. Υπερηχογραφικά, ένας οξύς θρόμβος παρουσιάζεται ως υπερηχοϊκή περιοχή εντός του αυλού του αγγείου. Στο color doppler μπορεί να παρατηρηθεί νηματοειδής αιματική ροή συνήθως υψηλών ταχυτήτων ροής παρακείμενα του θρόμβου, ενώ είναι δυνατόν να παρατηρηθούν κυματομορφές υψηλών αντιστάσεων στην CCA, εγγύς του θρόμβου.(8)

Επαναστένωση: Η επίπτωση της επαναστένωσης κυμαίνεται μεταξύ 5% και 20%, με τις αποκλίσεις στην συχνότητα μεταξύ των μελετών να αποδίδονται εν μέρει στη διάρκεια της μετεγχειρητικής παρακολούθησης και τον ορισμό της επαναστένωσης που χρησιμοποιήθηκε. Στο B-mode, η επαναστένωση εμφανίζεται ως εστιακή περιοχή στένωσης του αυλού, με πιθανή πάχυνση του ενδοθηλίου ή/και παρουσία αθηρωματικής πλάκας. Οι ταχύτητες ροής στο σημείο της στένωσης είναι αυξημένες ενώ στο color doppler μπορεί να παρατηρηθεί εικόνα «μωσαϊκού» (aliasing). Η PSV καθορίζει τον βαθμό στένωσης του αγγείου, ωστόσο δεν

υπάρχουν κοινώς αποδεκτά υπερηχογραφικά-doppler κριτήρια για τον καθορισμό της επαναστένωσης.(8)

Αρτηριοφλεβική επικοινωνία: Εξαιρετικά σπάνια επιπλοκή της CEA. Έχει αναφερθεί ένα περιστατικό όπου αναπτύχθηκε επικοινωνία της ECA με την έσω σφαγίτιδα φλέβα περίπου 6 έτη μετά την επέμβαση. Αντιμετωπίστηκε ενδοαγγειακά με εμβολισμό με μικροσπειράματα.(15)

Σε συστηματική ανασκόπηση οι Szegedi et al μελέτησαν τη βιβλιογραφία για να εξετάσουν τα υπερηχογραφικά κριτήρια διάγνωσης της επαναστένωσης μετά από CEA ή CAS. Στις περισσότερες μελέτες το ποσοστό επαναστένωσης βασίστηκε στην υπερηχογραφική εκτίμηση. Τα υπερηχογραφικά κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν σε διαφορετικές μελέτες διέφεραν μεταξύ τους καθώς και με αυτά για τις ενδογενείς – μη χειρουργηθείσες καρωτίδες, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε υπολογισμό λανθασμένου ποσοστού και συχνότητας επαναστένωσης. Ωστόσο, κάποιες μεγάλες μελέτες χρησιμοποίησαν τα ίδια υπερηχογραφικά κριτήρια.(2)

Από την βιβλιογραφική αναζήτηση επέλεξαν 14 μελέτες οι οποίες μελετούσαν τα υπερηχογραφικά κριτήρια για στενώσεις της ICA τουλάχιστον 50%, με τα ευρήματα να επιβεβαιώνονται με CTA, μαγνητική αγγειογραφία (Magnetic Resonance Angiography - MRA) ή DSA. Από αυτές, οι 3 αφορούν την CEA (Telman et al 2006, AbuRahma et al 2009 και AbuRahma et al 2011) με τον αριθμό των ασθενών που εξετάστηκαν να ανέρχεται στους 334. Οι AbuRahma et al παρακολούθησαν τους ίδιους ασθενείς στις δυο μελέτες τους.(2)

Για επαναστενώσεις της τάξης $\geq 50\%$ οι οριακές τιμές (cut-off values) ήταν 213 cm/s για την PSV και 60 cm/s για την EDV, ενώ ο λόγος PSV_{ICA}/PSV_{CCA} ήταν 2,25. Οι παραπάνω τιμές είναι υψηλότερες συγκριτικά με τις αντίστοιχες τιμές αναφοράς των κριτηρίων για στένωση της ICA.(2)

Στις επαναστενώσεις $\geq 70\%$ οι αντίστοιχες τιμές που αναφέρθηκαν ήταν 274 cm/s και 220 cm/s για την PSV, 70 cm/s και 80 cm/s όσον αφορά την EDV, ενώ ο λόγος PSV_{ICA}/PSV_{CCA} ήταν 3,35. Η ερμηνεία των παραπάνω τιμών είναι δύσκολη διότι συγκριτικά με τα κριτήρια οι τιμές της PSV ήταν παρόμοιες ή και μεγαλύτερες, ενώ οι τιμές της EDV και ο λόγος PSV_{ICA}/PSV_{CCA} ήταν χαμηλότερα.(2)

Παρά το γεγονός ότι η μέτρηση του ποσοστού επαναστένωσης έγινε με τη μέθοδο NASCET (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial) σε όλες τις μελέτες, τα υπάρχοντα δεδομένα δείχνουν ότι καμία μεμονωμένη υπερηχογραφική μέτρηση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια με σκοπό να ποσοτικοποιηθεί το ποσοστό επαναστένωσης μετά από CEA. Αυτό συμβαίνει διότι στις στενώσεις $\geq 50\%$ οι οριακές τιμές είναι αυξημένες αλλά στις στενώσεις $\geq 70\%$ δεν υπάρχει σταθερή τάση και οι τιμές ποικίλλουν. Όπως και με την ενδογενή/προεγχειρητική ICA, θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν διαφορετικοί συνδυασμοί κριτηρίων των ταχυτήτων ροής, η B-mode και color doppler απεικόνιση καθώς και παράμετροι που επηρεάζουν την εγκεφαλική κυκλοφορία προκειμένου να γίνει ακριβής εκτίμηση του ποσοστού επαναστένωσης μετά από CEA.(2)

Στηριζόμενη στα δεδομένα των AbuRahma et al, η European Society for Vascular Surgery (ESVS) πρότεινε διαφορετικά υπερηχογραφικά κριτήρια για επαναστένωση της ICA μετά από CEA συγκριτικά με την ενδογενή ICA. Η κατευθυντήρια οδηγία της ESVS πρότεινε cut-off τιμή PSV 213 cm/s για στένωση $\geq 50\%$ και 274 cm/s για στένωση $\geq 70\%$, τιμές υψηλότερες συγκριτικά με τα κριτήρια για την ενδογενή ICA. Ωστόσο, λόγω ελλειπών δεδομένων δεν υπάρχουν κοινώς αποδεκτά κριτήρια. Η ανάγκη χρήσης υψηλότερων cut-off τιμών στις μετεγχειρητικές ICA επιβεβαιώθηκε από δεδομένα των Benzig et al, οι οποίοι βρήκαν ότι η χρήση των κριτηρίων για την ενδογενή ICA οδηγούσε σε υπερεκτίμηση της επαναστένωσης μετά από CEA.(2)

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μελέτες που αναλύθηκαν εξέτασαν ασθενείς οι οποίοι υπεβλήθησαν σε pCEA. Στην σημερινή εποχή η κοινώς αποδεκτή τεχνική είναι η eCEA, απαιτούνται περισσότερες μελέτες για να εξαχθούν πιο αξιόπιστα δεδομένα.

Οι Kim et al σε μια μελέτη παρατήρησης εξέτασαν δεδομένα ασθενών που υπεβλήθησαν σε CEA μεταξύ Ιανουαρίου 2007 και Δεκεμβρίου του 2016. Σκοπός τους ήταν να περιγράψουν τα υπερηχογραφικά ευρήματα στους ασθενείς με επαναστένωση μετά από CEA και να καθορίσουν το αν η επαναστένωση σχετίζεται με τα κλινικά αποτελέσματα του χειρουργείου.

Επιλέχθηκαν ασθενείς που χειρουργήθηκαν για σημαντική στένωση της ICA (είτε συμπτωματική είτε ασυμπτωματική) και στους οποίους πραγματοποιήθηκε

υπερηχογραφική παρακολούθηση στο ίδιο νοσοκομείο για τουλάχιστον 3 έτη μετά το χειρουργείο. Συνολικά συμπεριελήφθησαν 660 ασθενείς στους οποίους είχαν πραγματοποιηθεί 717 CEA.

Οι ασθενείς αυτοί υπεβλήθησαν σε pCEA, είτε υπό γενική αναισθησία είτε υπό τοπική/περιοχική αναισθησία. Όλοι οι ασθενείς είχαν την ίδια μετεγχειρητική αντιμετώπιση και ελέγχθηκαν είτε με MRA είτε με υπέρηχο πριν πάρουν εξιτήριο. Στην συνέχεια παρακολουθούνταν κλινικά και με τη διενέργεια υπέρηχου στους 6 μήνες, στους 12 μήνες και ακολούθως σε ετήσια βάση. Εφόσον ήταν σταθεροί για περισσότερα από 3 έτη, ο τακτικός επανέλεγχος πραγματοποιούνταν ανά 2 έτη.(6)

Τα υπερηχογραφικά πορίσματα καταγράφηκαν από πιστοποιημένους αγγειοχειρουργούς και οι εικόνες των εξετάσεων επανεκτιμήθηκαν από 1 εξειδικευμένο αγγειοχειρουργό και 1 έμπειρο ακτινολόγο. Τα κλινικά αποτελέσματα ορίστηκαν ως επαναστένωση στην ομόπλευρη με το χειρουργείο καρωτίδα αρτηρία και όψιμη (>30 ημέρες) εμφάνιση AEE ή ΠΠΕ, επίσης στην ίδια πλευρά. Ως επαναστένωση ορίστηκε ανάπτυξη στένωσης $\geq 50\%$, βασιζόμενη στην στένωση του αυλού και σε κριτήρια ταχυτήτων ($PSV_{ICA} \geq 125$ cm/s και $PSV_{ICA}/PSV_{CCA} > 2$).

Κατά την περιεγχειρητική περίοδο (<30 ημέρες μετεγχειρητικά) καταγράφηκαν 6 ελαφρά AEE (0,8%) και 4 σοβαρά AEE (0,6%). Ωστόσο, οι ασθενείς που εμφάνισαν νευρολογική σημειολογία σε αυτό το χρονικό διάστημα, δεν παρουσίασαν όψιμη επαναστένωση στους επανελέγχους.(6)

Κατά τη διάρκεια της παρακολούθησης των 74 μηνών (διάμεση τιμή, εύρος 53,5 – 99,5 μήνες), η επίπτωση της επαναστένωσης ήταν 2,8% (20/717), συμπεριλαμβανομένων 2 ασθενών οι οποίοι εμφάνισαν επαναστένωση αμφοτερόπλευρα. Οι 4 από αυτές (20%) παρουσιάστηκαν κατά το πρώτο έτος παρακολούθησης, οι 5 (25%) κατά το δεύτερο έτος και μια περίπτωση ετησίως έκτοτε.(6)

Σύμφωνα με τα υπερηχογραφικά ευρήματα, τα σημεία της επαναστένωσης καθώς και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της στένωσης των καρωτίδων ήταν διαφορετικά από τα προεγχειρητικά ευρήματα. Εκ των 20 επαναστενώσεων, προεγχειρητικά οι στενώσεις παρατηρήθηκαν στην εγγύς ICA (16/20, 80%), στον καρωτιδικό βολβό (3/20, 15%) και στην CCA (1/20, 5%). Στον μετεγχειρητικό

έλεγχο παρατηρήθηκαν πιο περιφερικά του σημείου στένωσης στην ICA (17/20, 85%) και στο άπω τμήμα της CCA (3/20, 15%).(6)

Από τους ασθενείς στους οποίους παρατηρήθηκε επαναστένωση, 11/20 (55%) οδηγήθηκαν σε επαναληπτικό χειρουργείο. Ο βαθμός στένωσης και οι PSV_{ICA} δεν διέφεραν σημαντικά στους ασθενείς με επαναστένωση και στους ασθενείς με επαναληπτικό χειρουργείο ($P=0,2$ και $P=0,52$ αντίστοιχα).

Η πρώτη επαναστένωση συνήθως παρουσιάζεται στους πρώτους 6-12 μήνες μετά την CEA ενώ η όψιμη επαναστένωση μετά από 24-36 μήνες. Λόγω των πλεονεκτημάτων του υπέρηχου, χρησιμοποιείται ευρέως για τον μετεγχειρητικό έλεγχο των ασθενών μετά από CEA, με σκοπό την παρακολούθηση τόσο της χειρουργημένης ICA όπως και την εξέλιξη της αθηρωμάτωσης της ICA στην αντίθετη πλευρά. Ωστόσο, οι Shakarchi et al σε μια πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση η οποία θα συζητηθεί παρακάτω, παρατήρησαν ότι ο τακτικός μετεγχειρητικός έλεγχος των ασθενών με υπέρηχο δεν είναι απαραίτητος, ειδικά αν δεν υπάρχουν παθολογικά ευρήματα στους πρώτους μετεγχειρητικούς ελέγχους.

Οι Shakarchi et al πραγματοποίησαν μια συστηματική ανασκόπηση με σκοπό να εξετάσουν τη βιβλιογραφία για στοιχεία που αφορούν την μακροπρόθεσμη υπερηχογραφική παρακολούθηση μετά από CEA καθώς και για πρώιμο υπερηχογραφικό έλεγχο (≤ 3 μήνες) μετά από ένα επιτυχημένο χειρουργείο.

Αναζητήθηκαν τυχαιοποιημένες κλινικές δοκιμές και μελέτες παρατήρησης μεταξύ 1^{ης} Ιανουαρίου του 1990 και 31^{ης} Οκτωβρίου του 2015. Η συγκεκριμένη χρονική περίοδος επιλέχθηκε καθώς στη δεκαετία του 1990 ξεκίνησαν να πραγματοποιούνται σε τακτική βάση κλασικές CEA με τοποθέτηση εμβολώματος. Απέκλεισαν άρθρα τα οποία εξέταζαν απεικονιστικές μεθόδους πλην του υπέρηχου. Τελικά συμπεριέλαβαν 7 μελέτες με συνολικά 2317 επεμβάσεις. Ο πρώιμος υπερηχογραφικός έλεγχος ήταν φυσιολογικός σε 2238 ασθενείς (96,7%) και το 2,8% αυτών παρουσίασε επαναστένωση. Συνολικά, παρατηρήθηκαν 160 επαναστενώσεις κατά τη διάρκεια της μελέτης, 79 εκ των οποίων (49%) διαγνώστηκαν στον πρώιμο υπερηχογραφικό έλεγχο. Η διάρκεια μετεγχειρητικής παρακολούθησης στις δοκιμές που αναλύθηκαν κυμαινόταν από 12 ως και 47 μήνες.(7)

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η επίπτωση της πρώιμης επαναστένωσης (2,8%) είναι αρκετά χαμηλότερη συγκριτικά με παλαιότερα δεδομένα που ανέφεραν ποσοστά επαναστένωσης ως και 22%. Επιπλέον, μόνο 2,8% των ασθενών παρουσίασε σημαντική πρώιμη επαναστένωση, εκ των οποίων ένα ακόμα μικρότερο ποσοστό (0,4%) οδηγήθηκε εκ νέου σε χειρουργείο κατά τη διάρκεια της παρακολούθησης. Τα δεδομένα αυτά δείχνουν ότι αρκετοί χειρουργοί πιστεύουν ότι η επαναστένωση είναι καλοήθης και δεν απαιτείται επαναληπτικό χειρουργείο. Συνεπώς, βάσει των αποτελεσμάτων ο τακτικός υπερηχογραφικός έλεγχος για την παρακολούθηση της χειρουργημένης ICA δεν προσφέρει κάποιο όφελος εφόσον δεν παρουσιαστεί επαναστένωση στον πρώιμο έλεγχο. Παρ' όλα αυτά, λόγω των περιορισμών της μελέτης τους, δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα και απαιτείται περαιτέρω έρευνα.(7)

Τα κοινώς αποδεκτά doppler κριτήρια για την βαθμονόμηση των στενώσεων στην ICA έχουν δοκιμαστεί σε μη χειρουργημένες καρωτίδες, συνεπώς ενδέχεται να μην μπορούν να εφαρμοστούν σε pCEA, καθώς έχουν αναφερθεί αυξημένες ταχύτητες ροής στις ICA περιφερικά του εμβολώματος λόγω της σχετικής στένωσης του αυλού που προκαλεί η τοποθέτησή του. Σκοπός των AbuRahma et al σε αυτή την τυχαioποιημένη μελέτη ήταν να εξετάσουν αν η pCEA αλλάζει τις ταχύτητες ροής περιφερικά του εμβολώματος και να θεσπίσουν doppler κριτήρια για την ανίχνευση στενώσεων $\geq 30\%$, $\geq 50\%$ και $\geq 70\%$.

Στη μελέτη τους εξέτασαν 200 CEA με τοποθέτηση εμβολώματος που πραγματοποιήθηκαν μεταξύ 20^{ης} Αυγούστου 2003 και 2^{ης} Νοεμβρίου 2005. Σε όλους τους ασθενείς επιλέχθηκε κοινό θεραπευτικό πλάνο και ίδια μετεγχειρητική παρακολούθηση με υπέρηχο, στον 1 μήνα, στους 6 μήνες και κάθε 6 μήνες στην συνέχεια. Στο σύνολο των ασθενών, ο υπερηχογραφικός έλεγχος έγινε με τις ίδιες doppler παραμέτρους, αξιολογήθηκαν τα ίδια τμήματα των αγγείων, έγιναν μετρήσεις της PSV και EDV στις ICA και CCA και αξιολογήθηκε ο λόγος PSV_{ICA}/PSV_{CCA} .

Σε ασθενείς στους οποίους παρατηρήθηκε $PSV_{ICA} \geq 130$ cm/s ακολούθησε CTA ή/και DSA προκειμένου να επιβεβαιωθεί ή όχι η ύπαρξη στένωσης. Το όριο $PSV_{ICA} \geq 130$ cm/s επιλέχθηκε λόγω δεδομένων από προηγούμενη συστηματική ανασκόπηση και μεταανάλυση (Jahromi et al), στην οποία η κρίσιμη αυτή τιμή

σχετίστηκε με ευαισθησία 98% και ειδικότητα 88% για την ανίχνευση στένωσης $\geq 50\%$.(5)

Κατά την ανάλυση των δεδομένων, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν κριτήρια που είχαν οι ίδιοι προτείνει σε προηγούμενη δημοσίευσή τους καθώς και τα κοινώς αποδεκτά κριτήρια.(9) Σύμφωνα με τα πρώτα, $PSV_{ICA} < 120$ cm/s θεωρείται φυσιολογική, $120 \leq PSV_{ICA} < 140$ cm/s είναι συμβατή με 30% ως <50% στένωση, $PSV_{ICA} \geq 140$ cm/s είναι συμβατή με στένωση $\geq 50\%$, $PSV_{ICA} \geq 150$ cm/s με $EDV_{ICA} \geq 65$ cm/s είναι συμβατές με στένωση $\geq 60\%$ και $PSV_{ICA} \geq 150$ cm/s με $EDV_{ICA} \geq 90$ cm/s είναι συμβατές με 70-99% στένωση.(5)

Συνολικά συμπεριελήφθησαν 195 χειρουργημένοι ασθενείς, οι οποίοι είχαν διαθέσιμους προς ανάλυση υπερηχογραφικούς ελέγχους και DSA. Η μέση διάρκεια παρακολούθησης ήταν 25 μήνες (εύρος 0-49 μήνες).

Όταν εφαρμόστηκαν τα προτεινόμενα κριτήρια των ερευνητών, 37% και 10% των ασθενών κατατάχθηκαν με στενώσεις 50-70% και 70-99% αντίστοιχα, ενώ στην CTA ήταν 11,3% και 11,3% αντίστοιχα ($P < 0,001$). Όταν εφαρμόστηκαν τα κοινώς αποδεκτά κριτήρια 38,7% των ασθενών κατατάχθηκαν με στενώσεις 50-70% και 9,8% με στενώσεις 70-99% ($P < 0,001$). (5)

Από τους ασθενείς που παρουσίασαν στένωση $\geq 50\%$ με τα υπερηχογραφικά κριτήρια, μόνο το 43% παρουσίασε στένωση $\geq 50\%$ στην CTA ή DSA ($P < 0,001$). Στους ασθενείς με στενώσεις 30-50%, 50-70% και 70-99% στην CTA/DSA, η μέση PSV_{ICA} ήταν 172 cm/s, 249 cm/s και 389 cm/s αντίστοιχα ($P < 0,0001$). (5)

Από τα δεδομένα της μελέτης, προέκυψε ότι $PSV_{ICA} \geq 155$ cm/s ήταν κατάλληλη τιμή για να ανιχνευθούν στενώσεις $\geq 30\%$, (98% ευαισθησία, 98% ειδικότητα), $PSV_{ICA} \geq 213$ cm/s για στενώσεις $\geq 50\%$ (99% ευαισθησία, 100% ειδικότητα) και $PSV_{ICA} \geq 274$ cm/s για στενώσεις $\geq 70\%$ (99% ευαισθησία, 91% ειδικότητα). Όσον αφορά το λόγο PSV_{ICA}/PSV_{CCA} , $PSV_{ICA}/PSV_{CCA} \geq 1,64$ ήταν κατάλληλη τιμή για να ανιχνευθούν στενώσεις $\geq 30\%$, $PSV_{ICA}/PSV_{CCA} \geq 2,25$ για στενώσεις $\geq 50\%$ και $PSV_{ICA}/PSV_{CCA} \geq 3,35$ για στενώσεις $\geq 70\%$. (5)

Αναφορικά με την EDV_{ICA} , για να ανιχνευθούν στενώσεις $\geq 30\%$, ≥ 50 και $\geq 70\%$ οι κατάλληλες τιμές ήταν 41 cm/s, 60 cm/s και 80 cm/s αντίστοιχα.

Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι η μέτρηση PSV_{ICA} για τον χαρακτηρισμό των στενώσεων ήταν στατιστικά σημαντικά καλύτερη σε σχέση με την EDV_{ICA} και τον λόγο PSV_{ICA}/PSV_{CCA} για ανίχνευση στενώσεων $\geq 30\%$ και

$\geq 50\%$. Επιπλέον, ήταν στατιστικά σημαντικά καλύτερη από τον λόγο PSV_{ICA}/PSV_{CCA} για ανίχνευση στενώσεων $\geq 70\%$.

Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως τα υπερηχογραφικά κριτήρια για τη διάγνωση επαναστένωσης μετά από CEA θα πρέπει να αναθεωρηθούν καθώς τόσο οι φυσιολογικές ICA όσο και αυτές που παρουσίασαν επαναστένωση παρουσίασαν αυξημένες ταχύτητες ροής.

Η eCEA είναι μια νεότερη - εναλλακτική μέθοδος συγκριτικά με την κλασική CEA με τοποθέτηση εμβλώματος. Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι τα κοινώς αποδεκτά υπερηχογραφικά κριτήρια για διάγνωση σημαντικής στένωσης των καρωτίδων αρτηριών δεν είναι κατάλληλα για χρήση μετά από CEA ή CAS, ωστόσο δεν υπάρχουν αντίστοιχα δεδομένα για την eCEA.(5) Οι Benzing et al πραγματοποίησαν μια κλινική μελέτη με στόχο να αναλύσουν υπερηχογραφικά την ταχύτητα ροής του αίματος στην ICA μετά από eCEA. Η υπόθεση που χρησιμοποιήθηκε ήταν ότι $PSV_{ICA} \geq 125$ cm/s μετά από eCEA δεν αποτελεί ακριβές κριτήριο για διάγνωση στένωσης $>50\%$ στην ICA.(4)

Μελετήθηκαν δεδομένα από 118 ICA μετά από eCEA και 177 ICA μετά από pCEA που πραγματοποιήθηκαν μεταξύ 1^{ης} Αυγούστου 2003 και 30^{ης} Οκτωβρίου 2014, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν από τον ίδιο χειρουργό. Σε αυτούς τους ασθενείς πραγματοποιήθηκε υπέρηχος αμέσως μετά το πέρας της επέμβασης, στους 4 μήνες μετά το χειρουργείο και στην συνέχεια επανάληψη σε ετήσια βάση. Σε ασθενείς με $PSV_{ICA} > 125$ cm/s πραγματοποιήθηκε CTA ή/και MRA εντός 2 μηνών από τη διενέργεια του υπέρηχου. Για τον σκοπό της μελέτης, η τιμή $PSV_{ICA} > 125$ cm/s δεν αντιπροσώπευε συγκεκριμένο ποσοστό στένωσης.

Οι ερευνητές είχαν διαθέσιμα υπερηχογραφικά δεδομένα από 90 ICA μετά από eCEA με διάμεσο διάστημα παρακολούθησης 16 μήνες και από 150 ICA μετά από pCEA με διάμεσο διάστημα παρακολούθησης 41 μήνες (24% και 15% των ασθενών δεν επέστρεψε για τον προγραμματισμένο επανέλεγχο). Στο 31% των ασθενών τόσο μετά από eCEA και pCEA παρατηρήθηκε $PSV_{ICA} > 125$ cm/s κατά τη διάρκεια της παρακολούθησης, ωστόσο στους πιο πρόσφατους ελέγχους αυτών των ασθενών μετρήθηκαν $PSV_{ICA} < 125$ cm/s σε 93% και 79% αντίστοιχα ($P=0,003$), χωρίς να έχει παρατηρηθεί πλήρης απόφραξη των ICA για καμία από τις δυο μεθόδους. Παρατηρήθηκε μια περίπτωση κρίσιμης επαναστένωσης σε μια ICA μετά

από pCEA με $PSV_{ICA} > 300$ cm/s και $EDV_{ICA} > 140$ cm/s η οποία αντιμετωπίστηκε με τοποθέτηση stent.

Σε 19 ICA με $PSV_{ICA} > 125$ cm/s (διάμεση τιμή $PSV_{ICA} = 160$ cm/s, εύρος 134-432 cm/s) μετά από eCEA, η μέση τιμή στένωσης ήταν $8 \pm 11\%$ (NASCET), $11 \pm 5\%$ (ECST) και $20 \pm 9\%$ (Cross Sectional Area – CSA). Κανένας ασθενής δεν παρουσίασε στένωση $> 50\%$ με τα NASCET κριτήρια ενώ μόνο σε μια περίπτωση παρατηρήθηκε στένωση 51% (ECST). Η συσχέτιση με την στένωση που μετρήθηκε σε CTA/MRA ήταν πτωχή. (4)

Αντίστοιχα μετά από pCEA, σε 8 ICA με $PSV_{ICA} > 125$ cm/s (διάμεση τιμή $PSV_{ICA} = 148$ cm/s, εύρος 132-524 cm/s) η μέση τιμή στένωσης ήταν $8 \pm 35\%$ (NASCET), $26 \pm 32\%$ (ECST) και $25 \pm 33\%$ (CSA). Σε αυτή την περίπτωση, η συσχέτιση της στένωσης με τα δεδομένα από CTA/MRA ήταν καλύτερη. Στένωση της ICA $> 50\%$ (NASCET) παρατηρήθηκε σε 2 από τους 8 ασθενείς μετά από pCEA με την PSV_{ICA} και στις 2 περιπτώσεις να υπερβαίνει τα 200 cm/s.

Δεδομένα από προηγούμενες έρευνες έδειξαν ότι τα κοινώς αποδεκτά υπερηχογραφικά κριτήρια για τον χαρακτηρισμό της στένωσης στις ICA πιθανώς δεν είναι αξιόπιστα για την διερεύνηση σημαντικής στένωσης μετά από pCEA.(5) Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης υποστηρίζουν ότι κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και για τον χαρακτηρισμό σημαντικής στένωσης σε ICA μετά από eCEA.

Ωστόσο, σε αυτή τη μελέτη υπήρχαν κάποιοι περιορισμοί: Μελετήθηκαν δεδομένα από έναν μόνο χειρουργό, γεγονός που αφ' ενός προσδίδει συνέπεια ως προς το τεχνικό σκέλος των επεμβάσεων, αφ' ετέρου περιορίζει τη γενίκευση των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, ο αριθμός των ασθενών που παρακολουθήθηκαν με CTA/MRA ήταν μικρός (19 μετά από eCEA, 8 μετά από pCEA) ενώ δεν πραγματοποιήθηκαν αυτές οι εξετάσεις σε όλους τους ασθενείς, καθώς σκοπός ήταν να επιβεβαιωθούν πιθανές στενώσεις σε ασθενείς με $PSV_{ICA} > 125$ cm/s. Για τον λόγο αυτό, δεν ήταν δυνατό να υπολογιστούν η ευαισθησία, ειδικότητα, θετική/αρνητική προγνωστική αξία και ακρίβεια της υπερηχογραφικής μεθόδου για τις μετεγχειρητικές καρωτίδες. Τέλος, ένας επιπλέον περιοριστικός παράγοντας ήταν ότι στα πρώτα στάδια της μελέτης πραγματοποιούνταν συχνότερα pCEA ενώ στα τελικά στάδια της μελέτης πραγματοποιούνταν περισσότερες eCEA, γεγονός που αυξάνει την πιθανότητα να μην κατέστη δυνατόν να παρατηρηθούν όψιμες επαναστενώσεις μετά από eCEA.(4)

Λόγω των παραπάνω, δεν μπορούν να εξαχθούν αξιόπιστα συμπεράσματα για τη θέσπιση κρίσιμης τιμής PSV_{ICA} η οποία να χαρακτηρίζει σημαντική επαναστένωση.

Σκοπός της κλινικής μελέτης των Telman et al ήταν να καθοριστεί η αξιοπιστία του υπέρηχου σε ασθενείς με στένωση της ενδογενούς ICA καθώς και της επαναστένωσης μετά από CEA σε σύγκριση με την gold-standard μέθοδο της κλασσικής αγγειογραφίας.

Στην μελέτη συμπεριελήφθησαν 134 ασθενείς (48 γυναίκες, 86 άντρες), μέσης ηλικίας $71,6 \pm 7,6$ ετών (εύρος 52-85), οι οποίοι μετά από κλασσική αγγειογραφία διαγνώστηκαν με στένωση της ICA και παραπέμφθηκαν στο κέντρο των ερευνητών για εκτίμηση για πιθανή CAS. Από αυτούς τους ασθενείς, 75 παρουσίασαν επαναστένωση της ICA μετά από CEA και 59 στένωση της ενδογενούς ICA. Σε αυτούς τους ασθενείς πραγματοποιήθηκε υπέρηχος πριν από κλασσική αγγειογραφία, πριν εν τέλει πραγματοποιηθεί η CAS. Από το σύνολο των 268 καρωτίδων αρτηριών, οι 257 εξετάστηκαν και με υπέρηχο και με κλασσική αγγειογραφία (σε 11 ασθενείς πραγματοποιήθηκε αγγειογραφία σε αμφότερες τις καρωτίδες αρτηρίες).(3)

Στις αγγειογραφίες παρατηρήθηκε απόφραξη σε 19 καρωτίδες και στένωση <50%, 50-69%, 70-99% παρατηρήθηκε σε 80, 41 και 117 καρωτίδες αντίστοιχα. Ο μέσος όρος στένωσης στην αγγειογραφία ήταν $84,7 \pm 7,1\%$ για τις μη χειρουργημένες ICA και $86 \pm 7,5\%$ (μη στατιστικά σημαντικό) για τις ICA μετά από CEA. Οι μέσες τιμές PSV_{ICA} που μετρήθηκαν ήταν $303,7 \pm 80$ cm/s στους μη χειρουργημένους ασθενείς και $331,6 \pm 77,9$ cm/s στους ασθενείς με επαναστένωση με τη μέση EDV_{ICA} να ανέρχεται σε $114,6 \pm 27,4$ cm/s και $117,3 \pm 46,1$ cm/s αντίστοιχα. Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην PSV και την EDV στις στενωμένες ICA μεταξύ των δυο διαφορετικών ομάδων. Στους ασθενείς με στένωση της ενδογενούς ICA οι αθηρωματικές πλάκες ήταν κατά βάση επασβεστωμένες (80,8%) ενώ στους ασθενείς με επαναστένωση οι πλάκες ήταν μαλακής υφής ή πυκνές και ομογενείς (72,9%).(3)

Μεγαλύτερη ακρίβεια για την ανίχνευση στένωσης $\geq 70\%$ με κριτήριο την PSV_{ICA} ήταν τιμές ≥ 220 cm/s για επαναστένωση και ≥ 200 cm/s για τις προεγχειρητικές καρωτίδες, με μεγαλύτερη ακρίβεια στους πρώτους (94,6% έναντι

87%, $p=0,04$). Η ειδικότητα ($p=0,01$), ευαισθησία, η θετική ($p=0,02$) και αρνητική προγνωστική αξία ήταν επίσης υψηλότερες στους ασθενείς με επαναστένωση.

Όσον αφορά την EDV_{ICA}, μεγαλύτερη ακρίβεια για την ανίχνευση στένωσης $\geq 70\%$ ήταν τιμές ≥ 70 cm/s και για τις δυο κατηγορίες ασθενών, με αρκετά μεγαλύτερη ευαισθησία στους ασθενείς με επαναστένωση (96,9% έναντι 89,8%, $p=0,025$). Η ειδικότητα, ευαισθησία, θετική και προγνωστική αξία ήταν υψηλή και στις δυο κατηγορίες ασθενών, με υπεροχή υπέρ των ασθενών με επαναστένωση, με στατιστικά σημαντικές τιμές για την ειδικότητα και τη θετική προγνωστική αξία ($p=0,01$).

Η καλύτερη ακρίβεια και θετική προγνωστική αξία στους ασθενείς με επαναστένωση αποδίδεται στη μορφολογία της επαναστενωτικής πλάκας (χωρίς επασβεστώσεις) που επιτρέπει καλύτερη εκτίμηση των ταχυτήτων ροής σε αυτούς τους ασθενείς.

Αναφορά σε παλαιότερες βιβλιογραφικές πηγές (1988-1998)

Οι V. Zborvikova, C. Lassvik και A. Alm μελέτησαν ασθενείς που είχαν υποβληθεί σε CEA με σκοπό να καθορίσουν τον χρόνο μετεγχειρητικής εμφάνισης επαναστένωσης/απόφραξης και να συσχετίσουν τις μορφολογικές αλλαγές με την επίπτωση νέων νευρολογικών συμβαμάτων.

Το δείγμα τους αποτελούνταν από 64 ασθενείς (48 άνδρες, 16 γυναίκες) με μέση ηλικία 63 ± 8 έτη, οι οποίοι εξετάστηκαν κλινικά μια ημέρα πριν και μια ημέρα μετά το χειρουργείο (CEA χωρίς τη χρήση εμβλώματος) μεταξύ Ιανουαρίου 1982 και Απριλίου 1987. Σε δυο ασθενείς πραγματοποιήθηκε CEA αμφοτερόπλευρα (66 χειρουργεία συνολικά).(12)

Οι ασθενείς εξετάστηκαν με υπέρηχο πριν από την κλασική αγγειογραφία, 2 εβδομάδες μετά την επέμβαση και στην συνέχεια στους 3,6 και 12 μήνες, με εξαίρεση έναν ασθενή που εξετάστηκε στους 6 μήνες. Ο τακτικός επανέλεγχος δεν συνεχιζόταν πέρα των 12 μηνών εφόσον δεν παρατηρούνταν επαναστένωση ή απόφραξη.

Στένωση ορίστηκε ως ελάττωση του αυλού $>50\%$ και υπολογίστηκε σύμφωνα με την εξίσωση: «%στένωσης = $45,8 + [2,16 \times \text{PSV}_{\text{ICA}} (\text{kHz})] + [1,44 \times \text{EDV}_{\text{ICA}} (\text{kHz})] + 7,2$ ». Οι στενώσεις ταξινομήθηκαν ως εξής:

- 1) Χωρίς στένωση
- 2) <15%
- 3) 16-49%
- 4) 50-75%
- 5) 76-99%
- 6) Απόφραξη

Αναγνωρίστηκαν 10 αποφράξεις αμέσως μετά την επέμβαση. Στη χειρουργημένη πλευρά μετά από 3 μήνες, παρατηρήθηκαν τα εξής: Στενώσεις 16-49% υποχώρησαν σε <15%, στενώσεις 50-75% σε 4 ασθενείς υποχώρησαν σε 16-49% και στένωση 16-49% σε 1 ασθενή εξελίχθηκε σε 50-75%. Στους 6 μήνες, 3 ασθενείς βελτιώθηκαν σε στενώσεις 16-49% ενώ 2 ασθενείς με στενώσεις 50-75% επιδεινώθηκαν σε >75% και απόφραξη. Στον επαναληπτικό έλεγχο στους 12 μήνες, παρατηρήθηκαν 14 στενώσεις >75% στα 57 αγγεία που εξετάστηκαν (24,6%).

Στην αντίθετη πλευρά από το χειρουργείο, 1 στένωση >75% εξελίχθηκε σε απόφραξη και 2 στενώσεις 50-75% σε >75%. (12)

Μια παρόμοια μελέτη πραγματοποίησαν οι K. Ouriel και R. Green. Ανέλυσαν δεδομένα από ασθενείς που υπεβλήθησαν σε CEA μεταξύ 1^{ης} Ιανουαρίου 1988 και 31^{ης} Δεκεμβρίου 1993. Συνολικά, περιέλαβαν 131 άνδρες και 91 γυναίκες (σύνολο 222) μέσης ηλικίας 68 ± 3 ετών (εύρος 42-90 έτη), στους οποίους πραγματοποιήθηκαν 281 pCEA (59 ασθενείς χειρουργήθηκαν και στις δυο πλευρές). Για κάθε ασθενή ο μέσος χρόνος παρακολούθησης ήταν 32 ± 2 μήνες.(13)

Στους ασθενείς αυτούς πραγματοποιήθηκε υπέρηχος αμέσως μετά το χειρουργείο και στην συνέχεια κάθε 6 μήνες. Το κριτήριο για την αναγνώριση κρίσιμης στένωσης ($\geq 80\%$) ήταν $PSV_{ICA} > 125$ cm/s και $EDV_{ICA} > 140$ cm/s. Συνολικά αναγνωρίστηκαν 25 κρίσιμες επαναστενώσεις (9%), με τον μεγαλύτερο κίνδυνο κατά το πρώτο έτος μετεγχειρητικά ($4,9 \pm 1\%$). Στην συνέχεια, η επίπτωση της επαναστένωσης ήταν περίπου 2% ανά έτος.(13)

Μετεγχειρητική απόφραξη της ICA παρατηρήθηκε σε 12 αρτηρίες (4%), σε 3 περιπτώσεις κατά το πρώτο έτος (1%) και σε 9 περιπτώσεις (3%) αργότερα. Στην έρευνα αυτή, μελετήθηκε η συχνότητα επαναστένωσης και η εξέλιξή της, ενώ έγινε συσχέτιση με τα ευρήματα από την κλινική εξέταση. Τα υπερηχογραφικά κριτήρια και η εξίσωση βάσει των οποίων υπολογίστηκε υπερηχογραφικά η επαναστένωση

υποστηριζόταν από τα δεδομένα της εποχής, όμως η ακρίβεια τους είναι αμφίβολη με τα σημερινά δεδομένα. Επιπλέον, δεν πραγματοποιήθηκε άλλη απεικόνιση ελέγχου (CTA ή αγγειογραφία) μετά την ανίχνευση επαναστένωσης με τον υπέρηχο. Λόγω των παραπάνω, από την μελέτη αυτή δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για την μετεγχειρητική παρακολούθηση των ασθενών με υπέρηχο μετά από CEA.

Οι Bandyk et al πραγματοποίησαν μια μελέτη για να υπολογίσουν την ακρίβεια του υπέρηχου στη διάγνωση-κατάταξη της επαναστένωσης μετά από κλασική CEA συγκριτικά με την κλασική αγγειογραφία. Το δείγμα των ασθενών αποτελούνταν από ασθενείς που είχαν χειρουργηθεί στον καρωτιδικό διχασμό και εξετάζονταν σε τακτική βάση για πιθανή επαναστένωση. Κατά τη διάρκεια 4 ετών (1983-1987) εξετάστηκαν με υπέρηχο 71 μετεγχειρητικοί ασθενείς (συνολικά 142 καρωτίδες) μετά από διαγνωστική αγγειογραφία. Οι αγγειογραφίες πραγματοποιήθηκαν σε έδαφος νεοεμφανιζόμενης νευρολογικής σημειολογίας σχετιζόμενη με τη μη χειρουργημένη πλευρά, ασυμπτωματικής επαναστένωσης της ICA η οποία παρατηρήθηκε υπερηχογραφικά ή επί κλινικής υποψίας επαναστένωσης της ICA λόγω εκ νέου εμφάνισης νευρολογικής σημειολογίας. Από αυτούς τους ασθενείς, 7 είχαν υποβληθεί σε αμφοτερόπλευρη κλασική CEA και σε 10 από αυτούς πραγματοποιήθηκε pCEA (σε 9 αυτόλογο μόσχευμα και σε 1 συνθετικό). Συνολικά εξετάστηκαν 78 χειρουργημένες καρωτίδες και 64 μη χειρουργημένες.(10)

Οι αγγειογραφίες και οι υπέρηχοι πραγματοποιούνται σε διάστημα 1 μηνός μεταξύ τους με μέση διάρκεια παρακολούθησης τους 44 μήνες (εύρος 2-122 μήνες). Στις αγγειογραφίες έγιναν λήψεις σε δυο επίπεδα και εξετάστηκαν τόσο οι ICA όσο και οι CCA από ακτινολόγους οι οποίοι δεν είχαν υπόψιν τα αποτελέσματα της υπερηχογραφικής εξέτασης. Στον υπέρηχο εξετάστηκαν οι ICA, οι CCA και οι ECA, έγινε εκτίμηση της μορφολογίας της επαναστενωτικής πλάκας, του υπολειπόμενου αυλού και ελήφθησαν κυματομορφές και ταχύτητες της αιματικής ροής. Οι στενώσεις ταξινομήθηκαν όπως και στην προηγούμενη μελέτη ως εξής:

- 1) 0-15% - $PSV_{ICA} < 100$ cm/s
- 2) 16-49% - $PSV_{ICA} \leq 125$ cm/s
- 3) 50-75% - $PSV_{ICA} > 125$ cm/s και $EDV_{ICA} < 100$ cm/s
- 4) 76-99% - $EDV_{ICA} > 125$ cm/s
- 5) Απόφραξη – Απουσία αιματικής ροής

Ο υπέρηχος κατέταξε σωστά τις στενώσεις σε 65 από τις 78 χειρουργημένες καρωτίδες (83% συμφωνία με την αγγειογραφία). Η ευαισθησία της υπερηχογραφικής μεθόδου ήταν χαμηλή στις στενώσεις 14-49% και 50-75% (62% και 56% αντίστοιχα). Ο υπέρηχος αναγνώρισε όλες τις αποφραγμένες ICA και 9/10 ICA με στένωση $>75\%$. Η ακρίβεια για την ανίχνευση στένωσης $>50\%$ ή απόφραξης της ICA/CCA ήταν 97%. Από τις 13 λάθος υπερηχογραφικές εκτιμήσεις, οι 11 αφορούσαν την υπερεκτίμηση της επαναστένωσης (85%). Όσον αφορά τα κριτήρια ταχυτήτων, τα δεδομένα υποστήριζαν ότι για την ανίχνευση επαναστένωσης $>50\%$ απαιτείται μεγαλύτερη κρίσιμη τιμή PSV_{ICA} , πιθανώς μεταξύ 150-200 cm/s. Σε 5 ασθενείς, η υπερεκτίμηση της επαναστένωσης αποδόθηκε σε αντιροπιστική αύξηση των ταχυτήτων ροής στην χειρουργημένη ICA λόγω σημαντικής στένωσης ($>75\%$) ή απόφραξης στην αντίπλευρη, μη χειρουργημένη ICA. Σε 3 άλλες περιπτώσεις, η υπερεκτίμηση της επαναστένωσης αποδόθηκε σε ελικοειδή πορεία της ICA.(10)

Όσον αφορά τις ICA στην αντίθετη πλευρά από το χειρουργείο, η ακρίβεια ανίχνευσης της βαρύτητας της στένωσης ήταν υψηλή (56/64, 88%). Χαμηλή ευαισθησία (64%) παρατηρήθηκε στην ανίχνευση στενώσεων 16-49%.

Βάσει της υψηλής ακρίβειας που υπολογίστηκε, οι ερευνητές υποστήριζαν ότι παρά τις ανατομικές – αιμοδυναμικές μεταβολές που παρατηρούνται στις χειρουργημένες καρωτίδες, παρόμοια υπερηχογραφικά κριτήρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διάγνωση και τον χαρακτηρισμό της επαναστένωσης στο σημείο της CEA και στη μη-χειρουργημένη πλευρά. Στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε διαγνωστική ακρίβεια 97% και 94% για την ανίχνευση στένωσης της ICA $>50\%$ στην πλευρά του χειρουργείου και στην αντίθετη πλευρά αντίστοιχα. Σε στενώσεις $<50\%$, η υπερηχογραφική εκτίμηση απέδωσε παρόμοια αποτελέσματα με την κλασική αγγειογραφία. Ορισμένες περιπτώσεις, η ασυμφωνία των

υπερηχογραφικών και των αγγειογραφικών αποτελεσμάτων αποδόθηκε σε διαφορετική ερμηνεία των ιατρών που συνέταξαν τα πορίσματα.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η CEA μαζί με την CAS είναι οι κοινές επεμβάσεις που πραγματοποιούνται για την αντιμετώπιση της -κατά κύριο λόγο- συμπτωματικής στένωσης στις ICA. Μια από τις σημαντικότερες επιπλοκές της CEA είναι η υποτροπή της νόσου/επαναστένωση της χειρουργημένης ICA. Οι περισσότερες επιπλοκές της CEA παρατηρούνται διεγχειρητικά ενώ κάποιες νωρίς κατά την περιεγχειρητική περίοδο και αντιμετωπίζονται άμεσα. Μια από τις σημαντικότερες επιπλοκές είναι η επαναστένωση της χειρουργημένης ICA. Παρά το γεγονός ότι προϊόντος του χρόνου έχουν βελτιωθεί οι χειρουργικές τεχνικές και η επίπτωση των επιπλοκών έχει ελαττωθεί, η επαναστένωση και η πιθανή απόφραξη είναι καταστάσεις που μπορεί να οδηγήσουν σε αναπηρία, ακόμα και θνητότητα.(11)

Η τεχνική doppler είναι ίσως η καταλληλότερη εξέταση για τακτική παρακολούθηση των ασθενών μετά το χειρουργείο καθώς είναι μια ευρέως διαθέσιμη εξέταση, εύκολα επαναλήψιμη, έχει χαμηλό κόστος, δεν απαιτεί προετοιμασία από την πλευρά του ασθενούς και δεν υπάρχει έκθεση σε ιονίζουσα ακτινοβολία. Επιπλέον, είναι δυναμική εξέταση και μπορεί να μελετήσει με αξιοπιστία πιθανή παθολογία των αγγείων όπως αθηρωμάτωση και αιμοδυναμικές διαταραχές.

Ένας περιορισμός του υπέρηχου αποτελεί το γεγονός ότι το να πραγματοποιηθεί μια άρτια εξέταση εξαρτάται από τον χειριστή του μηχανήματος. Επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί είναι αδύνατη η εκτίμηση της αιματικής ροής σε έδαφος επασβεστωμένων αθηρωματικών αλλοιώσεων ή να αναφερθούν λανθασμένα αιμοδυναμικές διαταραχές λόγω ιδιαιτερότητας της ανατομίας των αγγείων (ελικοειδής πορεία των αγγείων). Τέλος, ο σωματότυπος των ασθενών ενδεχομένως να δυσχεραίνει την εξέταση κάποιων περιοχών του σώματος.

Τα κοινώς αποδεκτά υπερηχογραφικά-doppler κριτήρια που χρησιμοποιούνται στην καθ' ημέρα πράξη για τον χαρακτηρισμό στενώσεων στις ICA έχουν ήδη αναφερθεί, όμως εγείρεται το ερώτημα αν μπορούν να εφαρμοστούν σε χειρουργημένες ICA, καθώς η φυσιολογική ανατομία της περιοχής διαταράσσεται. Στην βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία βρέθηκε μικρός αριθμός αποτελεσμάτων μελετών που ερευνούσαν την αξιοπιστία του υπέρηχου στην μετεγχειρητική παρακολούθηση

των ασθενών μετά από CEA και για τα doppler κριτήρια που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τον χαρακτηρισμό πιθανής επαναστένωσης.

Οι Szegedi et al σε συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας έδειξαν ότι οι ταχύτητες ροής στις μετεγχειρητικές ICA είναι αυξημένες λόγω μεταβολής της φυσιολογικής ανατομίας στην περιοχή και ότι αν χρησιμοποιηθούν τα κοινώς αποδεκτά doppler κριτήρια τότε θα οδηγηθούμε σε υπερεκτίμηση της επαναστένωσης.(2)

Σε άλλη συστηματική ανασκόπηση, οι Shakarchi et al αναζήτησαν στη βιβλιογραφία δεδομένα για το κατά πόσο κατάλληλος είναι ο υπερηχογραφικός έλεγχος για την παρακολούθηση πιθανής επαναστένωσης μετεγχειρητικά. Δεν εξετάστηκαν ποια doppler κριτήρια είναι καταλληλότερα για την περιγραφή στενώσεων σε μετεγχειρητικές καρωτίδες. Ωστόσο, από την ανάλυση των δεδομένων τους υπολόγισαν ότι η επίπτωση της κρίσιμης επαναστένωσης ήταν αρκετά χαμηλότερη συγκριτικά με προηγούμενα δεδομένα (2,8% έναντι ως και 22% σε ορισμένες δημοσιεύσεις), με το 49% των περιπτώσεων να παρατηρείται κατά τη διάρκεια των πρώτων 3 μετεγχειρητικών μηνών. Από αυτούς μόνο το 0,4% οδηγήθηκε σε επαναληπτικό χειρουργείο. Βάσει αυτών των δεδομένων υποστήριξαν ότι ο επανέλεγχος ρουτίνας σε ασθενείς μετά από CEA δεν προσφέρει μεγάλο όφελος εφόσον ο ασθενής δεν παρουσιάσει επαναστένωση εντός των πρώτων μηνών μετά το χειρουργείο.(7)

Σε μελέτες παρατήρησης που αξιολογήθηκαν για την συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, εξετάστηκαν τα υπερηχογραφικά ευρήματα σε αντιπαράθεση με άλλες απεικονιστικές μεθόδους (CTA/MRA/κλασική αγγειογραφία – DSA) σε ασθενείς μετά από CEA. Παρατηρείται συμφωνία στα αποτελέσματα αυτών των ερευνών, δηλαδή ότι ο υπέρηχος είναι ευαίσθητη και αξιόπιστη μέθοδος για την ανίχνευση επαναστένωσης μετά από CEA. Συμφωνία υπάρχει επίσης στην υπόθεση ότι τα κοινώς αποδεκτά doppler κριτήρια πιθανότατα δεν έχουν εφαρμογή στις μετεγχειρητικές καρωτίδες καθώς μετά το χειρουργείο υπάρχουν μεταβολές στην ανατομία-φυσιολογία της περιοχής, αύξηση των ταχυτήτων ροής στο σημείο εκείνο, με τελικό αποτέλεσμα την υπερεκτίμηση της στένωσης.

Στο σύνολο τους οι μελέτες είχαν κάποιους περιορισμούς. Πλην των συστηματικών ανασκοπήσεων, το δείγμα ασθενών στην πλειονότητα των μελετών

παρατήρησης ήταν σχετικά μικρό. Εκτός από τους Benzing et al, οι υπόλοιπες μελέτες παρακολούθησαν ασθενείς στους οποίους πραγματοποιήθηκε κλασική CEA, με τη χρήση εμβολώματος ή χωρίς. Η eCEA είναι μια νεότερη μέθοδος που κερδίζει ολοένα και περισσότερο έδαφος στην καθ' ημέρα κλινική πράξη και λόγω διαφορετικής τεχνικής συγκριτικά με την κλασική CEA τα υπερηχογραφικά ευρήματα/κριτήρια ταχυτήτων για τον χαρακτηρισμό πιθανής επαναστένωσης ενδέχεται να μη συμβαδίζουν. Επιπρόσθετα, οι διαφορετικοί ερευνητές χρησιμοποίησαν διαφορετικές μεθόδους και ορισμούς για την επαναστένωση στις ICA, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η απόλυτη συσχέτιση των αποτελεσμάτων από τις διάφορες μελέτες.

Σύμφωνα με τα δεδομένα της τρέχουσας βιβλιογραφίας, ο υπέρηχος είναι ευαίσθητη και ακριβής εξέταση για τη διάγνωση της επαναστένωσης μετά από CEA, ωστόσο δεν μπορεί να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα όσον αφορά τα doppler κριτήρια που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την ακριβή κατάταξη της επαναστένωσης χωρίς τη χρήση διαφορετικών απεικονιστικών μεθόδων. Λόγω των πλεονεκτημάτων του υπέρηχου, τα ελλιπή δεδομένα της βιβλιογραφίας θα μπορούσαν να αποτελέσουν εφελκυστικό για περαιτέρω έρευνα με σκοπό να διευκρινιστεί η θέση του υπέρηχου για τον τακτικό επανέλεγχο των ασθενών μετά από CEA και -γιατί όχι- να αποτελέσει τη μοναδική απαιτούμενη απεικονιστική μέθοδο εφ' όσον εξαχθούν αξιόπιστα δεδομένα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Pellerito JS, Polak JF. Introduction to vascular ultrasonography. Philadelphia, Pa: Saunders/Elsevier; 2020.
2. Szegedi I, Potvorszki F, Mészáros ZR, Daniel C, Csiba L, Oláh L. Role of carotid duplex in the assessment of carotid artery restenosis after endarterectomy or stenting. Vol. 14, *Frontiers in Neurology*. Frontiers Media SA; 2023.
3. Telman G, Kouperberg E, Sprecher E, Gruberg L, Beyar R, Hoffman A, et al. Duplex ultrasound verified by angiography in patients with severe primary and restenosis of internal carotid artery. *Annals of Vascular Surgery*. 2006;20(4):478–81.
4. Benzing T, Wilhoit C, Wright S, McCann PA, Lessner S, Brothers TE. Standard duplex criteria overestimate the degree of stenosis after eversion carotid endarterectomy. *Journal of Vascular Surgery*. 2015 Jun 1;61(6):1457–63.
5. AbuRahma AF, Stone P, Deem S, Dean LS, Keiffer T, Deem E. Proposed duplex velocity criteria for carotid restenosis following carotid endarterectomy with patch closure. *Journal of Vascular Surgery*. 2009;50(2).
6. Kim H, Byun E, Jeong MJ, Hong HS, Han Y, Kwon TW, et al. Duplex ultrasound findings and clinical outcomes of carotid restenosis after carotid endarterectomy. *PLoS ONE*. 2020 Dec 1;15(12 December).
7. Al Shakarchi J, Lowry D, Nath J, Khawaja AZ, Inston N, Tiwari A. Duplex ultrasound surveillance after carotid artery endarterectomy. Vol. 63, *Journal of Vascular Surgery*. Mosby Inc.; 2016. p. 1647–50.
8. Millet JD, Cavallo JJ, Scoutt LM, Gunabushanam G. Sonographic evaluation of complications of extracranial carotid artery interventions. *Journal of Ultrasound in Medicine*. 2018 Mar 1;37(3):769–81.

9. AbuRahma AF, Robinson PA, Strickler DP, Alberts S, Young L. Proposed New Duplex Classification for Threshold Stenoses Used in Various Symptomatic and Asymptomatic Carotid Endarterectomy Trials. 1998 Jul 1;12(4):349–58.
10. Bandyk DF, Moldenhauer P, Lipchik E, Schreiber E, Pohl L, Cato R, et al. Accuracy of duplex scanning in the detection of stenosis after carotid endarterectomy. *Journal of Vascular Surgery*. 1988 Dec;8(6):696–702.
11. Sidawy AP, Perler BA. *Rutherford's Vascular Surgery and Endovascular Therapy, 2-Volume Set, E-Book*. Elsevier Health Sciences; 2022.
12. Zborvikova V, Lassnik C, Alm A. Carotid thrombendarterectomy-clinical and duplex study.
13. Ouriel K, Green RM. Appropriate frequency of carotid duplex testing following carotid endarterectomy. *The American Journal of Surgery*. 1995 Aug;170(2):144–7.
14. Ferguson, Gary G., et al. "The North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial." *Stroke*, vol. 30, no. 9, Sept. 1999, pp. 1751–1758.
15. Bakar, Bulent, et al. "External Carotid-Internal Jugular Fistula as a Late Complication after Carotid Endarterectomy: A Rare Case." *Cardiovascular and Interventional Radiology*, vol. 34 Suppl 2, Feb. 2011, pp. S53-6.