

# Υπερηχογραφική απεικόνιση φυσιολογικού νεογνικού και βρεφικού εγκεφάλου

## Εισαγωγή

Η ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη των σύγχρονων υπερηχογράφων και των υψίσυχων ηχοβολέων, με το μεγάλο εύρος συχνοτήτων και τη δυνατότητα εστίασης σε διαφορετικό βάθος κατά περίπτωση, καθιστούν το υπερηχογράφημα μέθοδο εκλογής για την αρχική απεικονιστική προσέγγιση και παρακολούθηση των παθήσεων του νεογνικού και του εμβρυικού εγκεφάλου.<sup>1-5</sup> Επιπλέον, η σχετικά πρόσφατη χρήση περισσότερων ακουστικών παραθύρων (πρόσθια, οπίσθια και οπισθοπλάγια πηγή) συνέβαλε στη διεξοδικότερη διερεύνηση των εγκεφαλικών ανατομικών δομών και ιδιαίτερα του οπισθίου βόθρου<sup>6-9</sup> (σχήμα 1).

Το έγχρωμο και παλμικό Doppler αντιπροσωπεύει την πλέον πρόσφατη και εξελιγμένη απεικονιστική μέθοδο μελέτης των αιμοδυναμικών μεταβολών των εγκεφαλικών αγγείων, παρέχοντας σημαντικές πληροφορίες για την κατεύθυνση και την ταχύτητα της αιματικής ροής.<sup>10,11</sup>

Τα πλεονεκτήματα του υπερηχογραφήματος έναντι των άλλων απεικονιστικών μεθόδων (αξονικής και μαγνητικής τομογραφίας) στη μελέτη του νεογνικού και βρεφικού εγκεφάλου είναι σημαντικά και περιλαμβάνουν:

- έλλειψη ιονίζουσας ακτινοβολίας,
- χαμηλό κόστος,
- δυνατότητα μεταφοράς του υπερηχογράφου σε μονάδες εντατικής νοσηλείας,
- μη αναγκαιότητα καταστολής του νεογνού και
- μη ενδοφλέβια χορήγηση σκιαγραφικής ουσίας.

Παρά την ακρίβεια των σύγχρονων υπερηχογράφων, οι πληροφορίες που παρέχονται σε ορισμένες παθήσεις είναι ελλιπείς και ατελείς, γι' αυτό το υπερηχογράφημα δεν μπορεί να αντικαταστήσει την αξονική ή τη μαγνητική τομογραφία. Για παράδειγμα, ενώ

αποτελεί αξιόπιστη μέθοδο στη διάγνωση της ενδοκοιλιακής αιμορραγίας των νεογνών,<sup>12-14</sup> η αξιοπιστία του στη διάγνωση της περικοιλιακής λευκομαλάκυνσης είναι περιορισμένη.<sup>15,16</sup> Η μαγνητική τομογραφία παραμένει η μέθοδος εκλογής ιδιαίτερα στο οξύ στάδιο της περικοιλιακής λευκομαλάκυνσης.<sup>16</sup>

Όσον αφορά στις παθήσεις αγγειακής αιτιολογίας του νεογνικού εγκεφάλου, το έγχρωμο παλμικό Doppler συμβάλλει σημαντικά στη διάγνυσή τους με τη μελέτη των αιμοδυναμικών μεταβολών των εγκεφαλικών αγγείων. Επιπλέον, με την έγχρωμη Doppler υπερηχογραφία μπορεί να ελεγχθεί η πιθανότητα ανάπτυξης περικοιλιακού αιμορραγικού εμφράκτου επί εδάφους υποεπενδυματικής αιμορραγίας,<sup>17</sup> καθώς και να διερευνηθεί αξιόπιστα η αναγκαιότητα της επεμβατικής αντιμετώπισης του μεθαιμορραγικού υδροκεφάλου.

## Πρωτόκολλο υπερηχογραφήματος νεογνικού και βρεφικού εγκεφάλου

Η σωστή υπερηχογραφική διερεύνηση του νεογνικού και βρεφικού εγκεφάλου έχει ως βασική προϋπόθεση την άριστη γνώση της φυσιολογικής ανατομίας του νεογνικού εγκεφάλου και της υπερηχογραφικής απεικόνισής του. Απαραίτητη είναι η σωστή και λεπτομερής γνώση του ιστορικού του νεογνού και της παρούσας συμπτωματολογίας.

Κατά τη διάρκεια της εξέτασης, το βρέφος τοποθετείται σε ύπτια θέση και διασφαλίζεται η άνεση και η ασφάλειά του. Ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται και για τη διατήρηση της θερμοκρασίας του. Το χρησιμοποιούμενο για την εξέταση gel πρέπει να διατηρείται σε θερμοκρασία δωματίου, με ειδικές συσκευές. Η ποσότητά του πρέπει να είναι ικανοποιητική (ιδιαίτερα αν το βρέφος έχει πολλά μαλλιά), ώστε να εξασφαλίζει τη σωστή επαφή του ηχοβολέα

με την πηγή. Επιπλέον, λόγω της ανωριμότητας του ανοσοποιητικού συστήματος των νεογνών, πρέπει να προηγείται αντισηπτικός καθαρισμός του ηχοβολέα, ώστε να αποκλειστεί η πιθανότητα μεταφοράς μικροβίων.

Απαραίτητη είναι η σωστή ρύθμιση του υπερηχογράφου πριν την εξέταση, για να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή απεικόνιση. Η ρύθμιση του υπερηχογράφου πρέπει να αφορά σε αρκετές παραμέτρους, όπως:

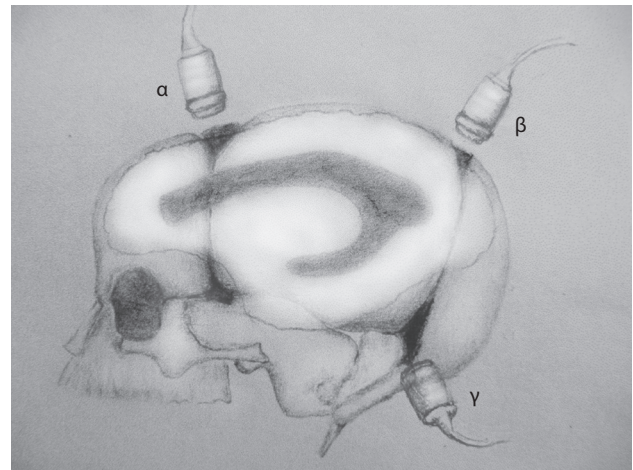
- το βάθος της εικόνας (περίπου 7 cm για ένα μικρό βρέφος), ώστε να αποφευχθεί η λήψη πολύ μικρών εικόνων, που θα έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια πληροφοριών (εικόνα 1),
- η ενίσχυση (gain) της εικόνας, ώστε να μην ελαττωθούν οι παρεχόμενες πληροφορίες και να αποφευχθεί η λανθασμένη εντύπωση ενός παθολογικά υπερηχογενούς ή υποηχογενούς εγκεφαλικού παρεγχύματος (εικόνα 2),
- η ρύθμιση της θέσης εστιών, ανάλογα με την εξεταζόμενη εγκεφαλική δομή (εικόνα 3).

Ο διεξοδικός έλεγχος του εγκεφάλου απαιτεί τη χρήση περισσότερων του ενός ηχοβολέα. Το εγκεφαλικό παρέγχυμα αρχικά ελέγχεται με ηχοβολέα μικρού «πατήματος» (footprint) και συχνότητας 5–7 MHz. Η χρήση γραμμικού ηχοβολέα υψηλής συχνότητας 10–12 MHz είναι επιβεβλημένη κυρίως για τη διερεύνηση του εξωεγκεφαλικού χώρου, του άνω οβελιαίου κόλπου, του πάχους των μηνίγγων και του φλοιού.<sup>18</sup>

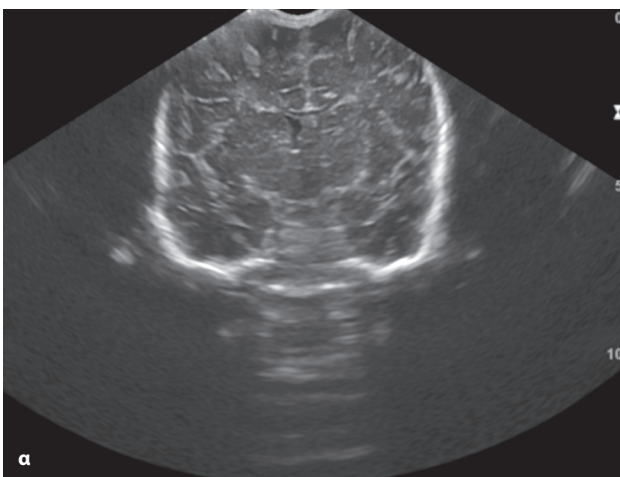
Η μελέτη του νεογνικού εγκεφάλου βασικά γίνεται διαμέσου της πρόσθιας πηγής. Ανάλογα με την ηλι-

κία του βρέφους και το ιστορικό του μπορεί να κριθεί απαραίτητη η επιπλέον διερεύνηση του εγκεφάλου διαμέσου της οπίσθιας ή της οπισθοπλάγιας πηγής (σχήμα 1). Η χρήση της οπίσθιας ή της οπισθοπλάγιας πηγής ως ακουστικού παραθύρου συμβάλλει κυρίως στη διεξοδικότερη μελέτη των ανατομικών δομών του οπισθίου βόθρου. Για παράδειγμα, αιμορραγίες στα παρεγκεφαλιδικά ημισφαίρια ή το σκώληκα, παρουσία πηγμάτων αίματος στο ινιακό κέρασ (σε ενδοκοιλιακή αιμορραγία), αλλοιώσεις στον ινιακό λοβό, διερευνώνται περισσότερο αξιόπιστα διαμέσου της οπισθοπλάγιας και οπίσθιας πηγής.

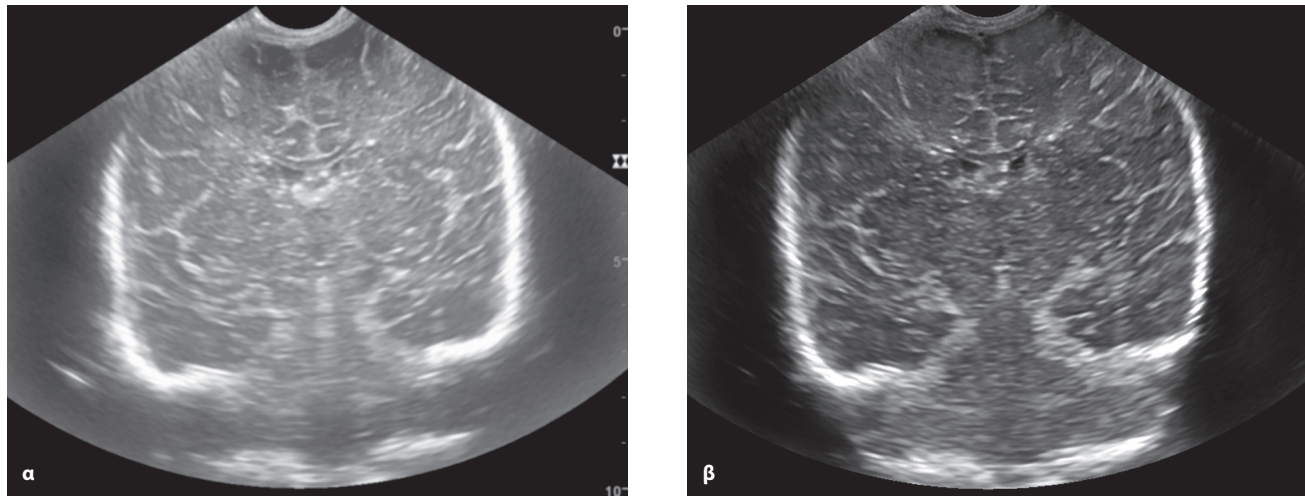
Απαραίτητη είναι η λήψη συμμετρικών τομών με γνώμονα τη μεσοημισφαιρική σχισμή.



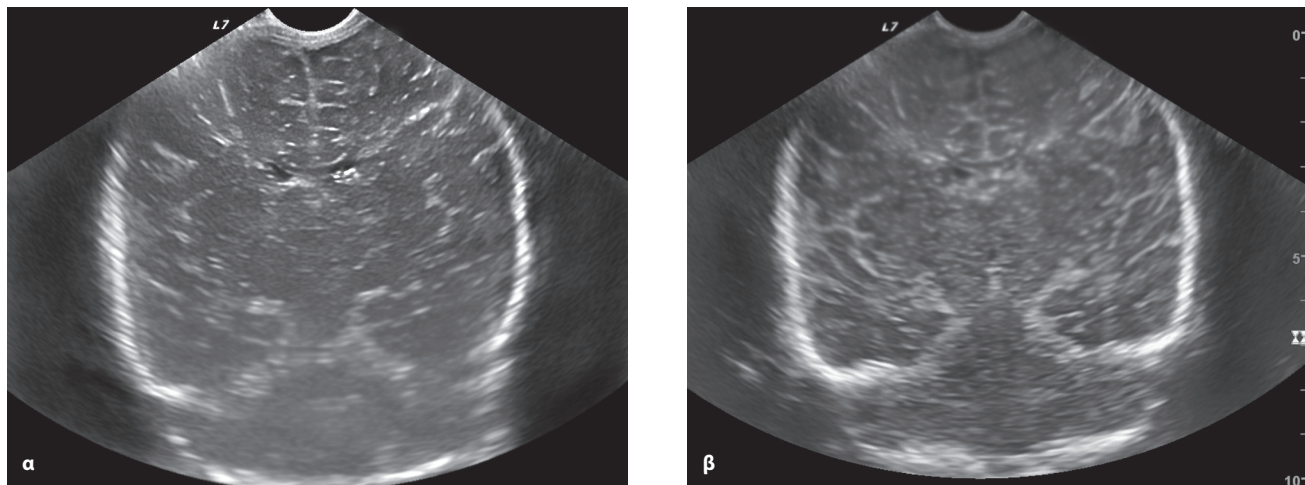
**Σχήμα 1.** Σχηματική αναπαράσταση των πηγών στο οστικό κρανίο και της θέσης του ηχοβολέα. α: μετωπιαία πηγή, β: οπίσθια πηγή, γ: οπισθοπλάγια.



**Εικόνα 1.** Στεφανιαίες τομές βρεφικού εγκεφάλου, με διαφορετικές ρυθμίσεις βάθους εικόνας. α: Μικρό βάθος εικόνας με αποτέλεσμα την απώλεια λεπτομερειών. β: Φυσιολογικό βάθος εικόνας.



**Εικόνα 2.** Στεφανιαίες τομές βρεφικού εγκεφάλου, με διαφορετικές ρυθμίσεις της ενίσχυσης (gain). α: Λανθασμένη ρύθμιση της ενίσχυσης (gain). β: Φυσιολογική ρύθμιση της ενίσχυσης (gain).



**Εικόνα 3.** Στεφανιαίες τομές βρεφικού εγκεφάλου, με διαφορετική εστίαση. α: Υψηλή θέση εστίας. Αναδεικνύονται ευκρινέστερα οι επιφανειακές εγκεφαλικές δομές, ενώ οι δομές του οπισθίου βόθρου δεν απεικονίζονται με ευκρίνεια. β: Χαμηλή εστίαση για ευκρινέστερη απεικόνιση του οπισθίου βόθρου.

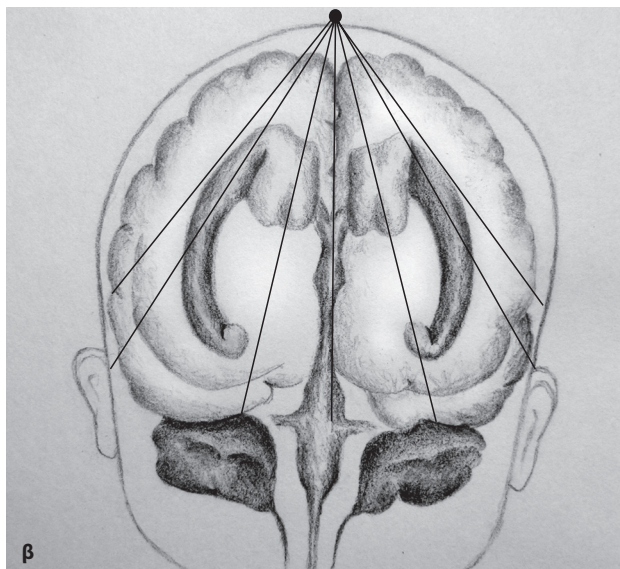
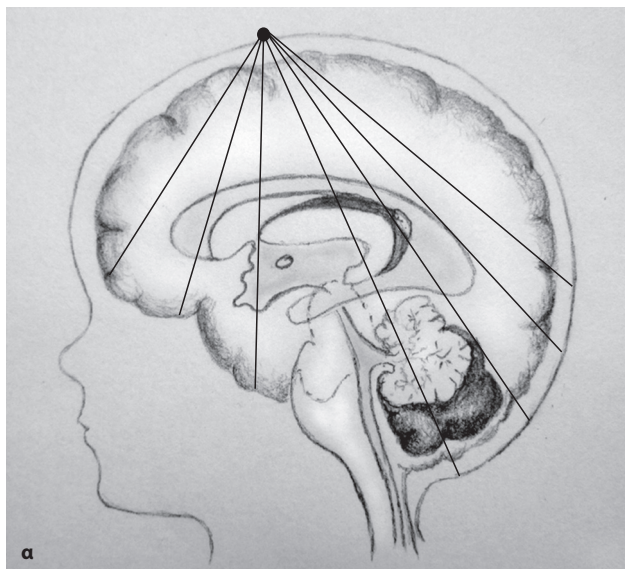
### Υπερηχογράφημα διαμέσου της πρόσθιας πηγής

Σε μια τυπική εξέταση του νεογνικού ή βρεφικού εγκεφάλου, ως ακουστικό παράθυρο χρησιμοποιείται συνήθως η μετωπιαία πηγή, επειδή είναι ευχερώς προσβάσιμη και προσφέρει ικανοποιητική απεικόνιση του εγκεφαλικού παρεγχύματος και του κοιλιακού συστήματος.<sup>19</sup>

Ο υπερηχογραφικός έλεγχος γίνεται με τη λήψη στεφανιαίων και παραοβελιαίων τομών, καθώς και

μίας οβελιαίας τομής. Οι στεφανιαίες τομές λαμβάνονται με κατάλληλες γωνιώσεις του ηχοβολέα προς τα εμπρός και πίσω. Ακολουθεί στροφή του ηχοβολέα κατά 90 μοίρες με τον ηχοβολέα σε κάθετη θέση (ως προς την επιφάνεια της πηγής), προκειμένου να ληφθεί η οβελιαία τομή. Οι παραοβελιαίες τομές λαμβάνονται με κλίσεις του ηχοβολέα προς τα δεξιά και αριστερά. Όλες οι τομές πρέπει να διέρχονται από συγκεκριμένα ανατομικά μόρια.

Συνολικά λαμβάνονται 14 υπερηχογραφικές τομές: 7 στεφανιαίες τομές, μία οβελιαία και 6 παραοβελιαίες



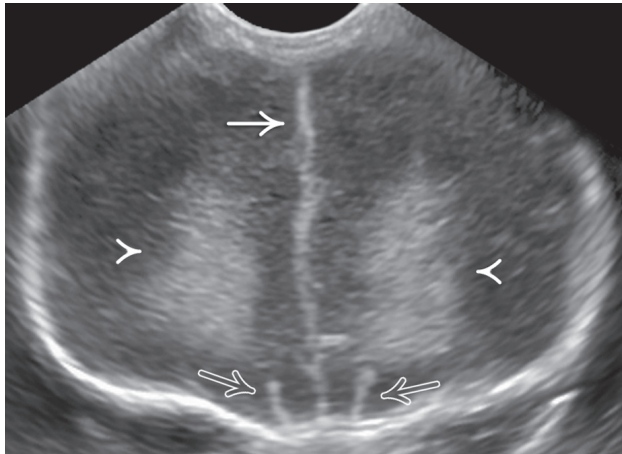
**Σχήμα 2.** Σχηματική αναπαράσταση της πορείας της ηχητικής δέσμης του ηχοβολέα και των ανατομικών μορίων από τα οποία διέρχεται σε α: στεφανιαίες και β: οβελιαία και παραοβελιαίες τομές.

(οι τρεις αφορούν στο δεξιό εγκεφαλικό ημισφαίριο και οι άλλες τρεις στο αριστερό). Στο σχήμα 2 απεικονίζονται οι γωνιώσεις του ηχοβολέα και τα ανατομικά μόρια από τα οποία διέρχεται η ηχητική δέσμη σε κάθε τομή. Όπως προαναφέρθηκε, ο διεξοδικός υπερηχογραφικός έλεγχος του εγκεφάλου απαιτεί τη χρήση περισσότερων του ενός ηχοβολέα και ορισμένες φορές τη χρήση και άλλων πηγών ως ακουστικών παραθύρων.<sup>6,7,18</sup>

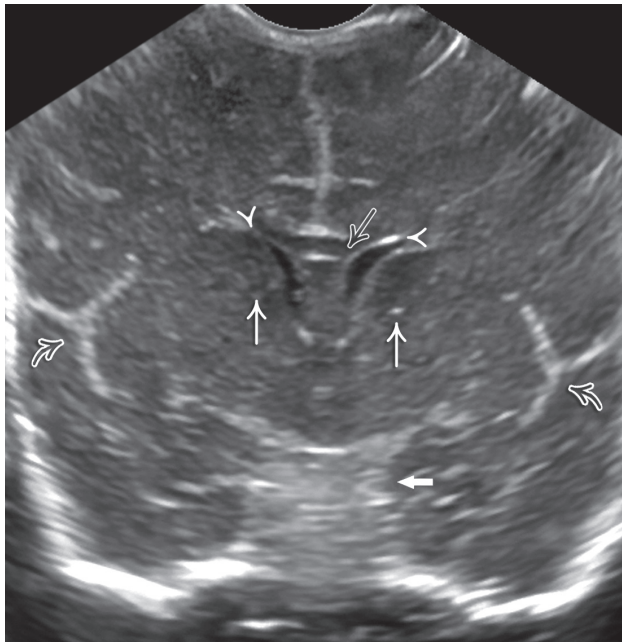
### Στεφανιαίες τομές

**Η πρώτη στεφανιαία τομή** λαμβάνεται με μεγάλη πρόσθια γωνίωση του ηχοβολέα, ώστε η ηχητική δέσμη να διέρχεται από το πρόσθιο τμήμα των μετωπιαίων λοβών. Το υπερόφρυστο τόξο πρέπει να σχηματίζει τα κάτω όρια της υπερηχογραφικής εικόνας. Στο μέσον της εικόνας αναδεικνύεται υπερηχογενής γραμμοειδής σχηματισμός, ο οποίος αντιστοιχεί στη μεσοημισφαιρική σχισμή. Οι σφύξεις των δύο πρόσθιων εγκεφαλικών αρτηριών αναγνωρίζονται από την παράλληλη κατεύθυνσή τους στο εσωτερικό της μεσοημισφαιρικής σχισμής. Εκατέρωθεν της μεσοημισφαιρικής σχισμής απεικονίζονται οι δύο υπερηχογενείς, λοξώς πορευόμενες οσφρητικές αύλακες (εικόνα 4). Μεταξύ αυτών των αυλάκων και της μεσοημισφαιρικής σχισμής αναδεικνύονται οι ορθές (rectus) έλικες.

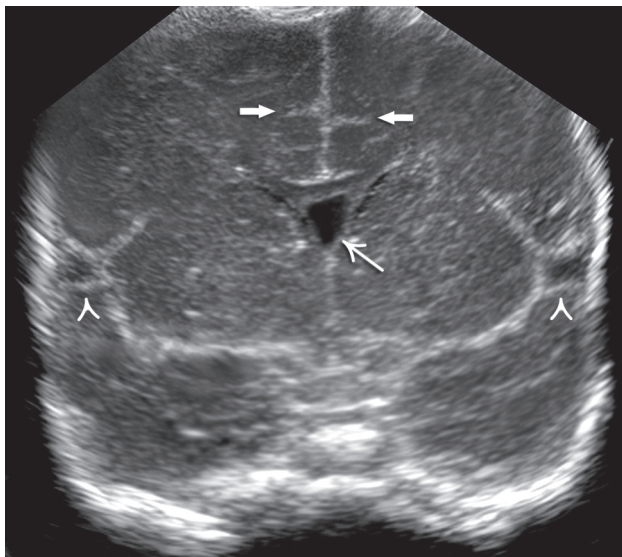
**Η δεύτερη στεφανιαία τομή** διέρχεται διαμέσου των μετωπιαίων κεράτων των πλαγίων κοιλιών. Η μέση υπερηχογενής (υποηχογενής αν είναι διευρυμένη) γραμμή που διαχωρίζει τους δύο μετωπιαίους λοβούς αντιπροσωπεύει τη μεσοημισφαιρική σχισμή, όπου ανιχνεύονται οι παλμοί της πρόσθιας εγκεφαλικής αρτηρίας. Στην έξω πλάγια επιφάνεια κάθε εγκεφαλικού ημισφαιρίου απεικονίζεται η πλάγια σχισμή του Sylvius, με τη μορφή «ύπτιου Υ» (εικόνα 5). Η πλάγια σχισμή διαχωρίζει την άνω κροταφική από την κάτω μετωπιαία έλικα. Στο εσωτερικό της πορεύεται η μέση εγκεφαλική αρτηρία που εντοπίζεται με έγχρωμο Doppler. Τα μετωπιαία κέρατα απεικονίζονται με τη μορφή άχρων τριγωνικών σχηματισμών, με τις κορυφές τους να κατευθύνονται προς τα άνω και έξω. Πάνω από τα μετωπιαία κέρατα απεικονίζεται υποηχογενής ταινιοειδής σχηματισμός, το μεσολόβιο, το οποίο σχηματίζει την οροφή τους. Πάνω από το μεσολόβιο απεικονίζεται η υποηχογενής υπερμεσολόβιος έλικα, γνωστή και ως έλικα του προσαγωγίου. Το έσω τοίχωμα των μετωπιαίων κεράτων σχηματίζεται στα μεν πρόωρα νεογνά από την κοιλία του διαφανούς διαφράγματος (εικόνα 6), στα δε μεγαλύτερα βρέφη από το διαφανές διάφραγμα, το οποίο δημιουργείται από τη σύγκλιση των τοιχωμάτων της αντίστοιχης κοιλίας. Το έδαφος του κάθε μετωπιαίου κέρατος σχηματίζεται από την κεφαλή του κερκοφόρου πυ-



**Εικόνα 4.** Στεφανιαία τομή διερχόμενη διαμέσου του προσθίου τμήματος των μετωπιαίων λοβών. Υπερηχογενής γραμμοειδής σχηματισμός απεικονίζεται στη μεσότητα της υπερηχογραφικής εικόνας, ο οποίος αντιστοιχεί στη μεσοημισφαιρική σχισμή (βέλος). Εκατέρωθεν και παράλληλα της μεσοημισφαιρικής σχισμής απεικονίζεται υπερηχογενής περιοχή, η οποία αντιπροσωπεύει τη λευκή ουσία (κεφαλές βελών). Περιφερικά της λευκής ουσίας αναδεικνύεται ο υποηχογενής φλοιός. Ο υπερηχογενής γραμμοειδής σχηματισμός, άνωθεν του υπερόφρου του τόξου και εκατέρωθεν της μεσοημισφαιρικής σχισμής αντιστοιχεί στην οσφρητική αύλακα (κενά βέλη). Μεταξύ της οσφρητικής αύλακας και της μεσοημισφαιρικής σχισμής σχηματίζεται η ορθή έλικα.



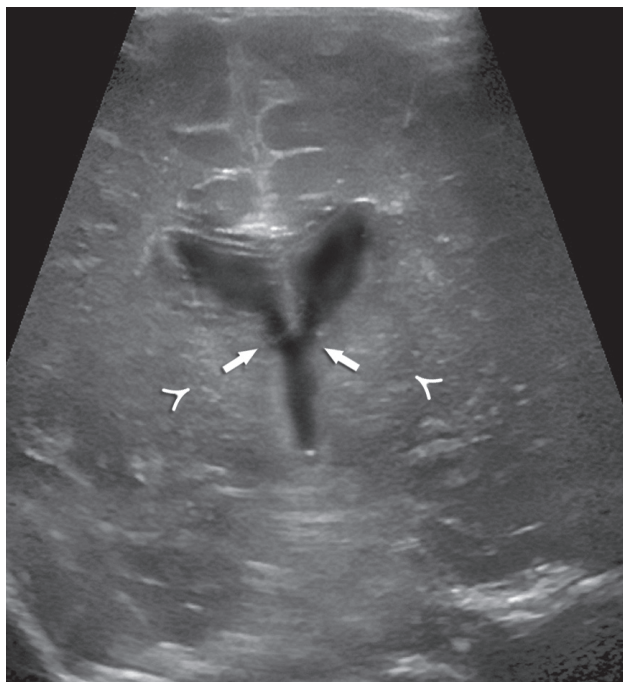
**Εικόνα 5.** Στεφανιαία τομή διαμέσου των μετωπιαίων κεράτων. Ο υπερηχογενής γραμμοειδής σχηματισμός που απεικονίζεται στο άνω τμήμα της υπερηχογραφικής εικόνας αντιστοιχεί στη μεσοημισφαιρική σχισμή. Ο αμφοτερόπλευρος υπερηχογενής σχηματισμός δίκην ύπτιου «Υ» αντιπροσωπεύει τη σχισμή του Sylvius (καμπύλα βέλη). Οι άηχοι τριγωνικοί σχηματισμοί, εκατέρωθεν της μέσης γραμμής, αντιστοιχούν στο μετωπιαίο κέρασ της πλάγιας κοιλίας (κεφαλές βελών). Το άνω τοίχωμα κάθε μετωπιαίου κέρατος σχηματίζεται από το υποηχογενές μεσολόβιο (κενό βέλος), το κάτω τοίχωμα από την κεφαλή του κερκοφόρου πυρήνα (βέλη) και το έσω από το διαφανές διάφραγμα. Ο έντονα υπερηχογενής σχηματισμός, τραπεζοειδούς σχήματος, αντιστοιχεί στη βασική δεξαμενή (μικρό βέλος).



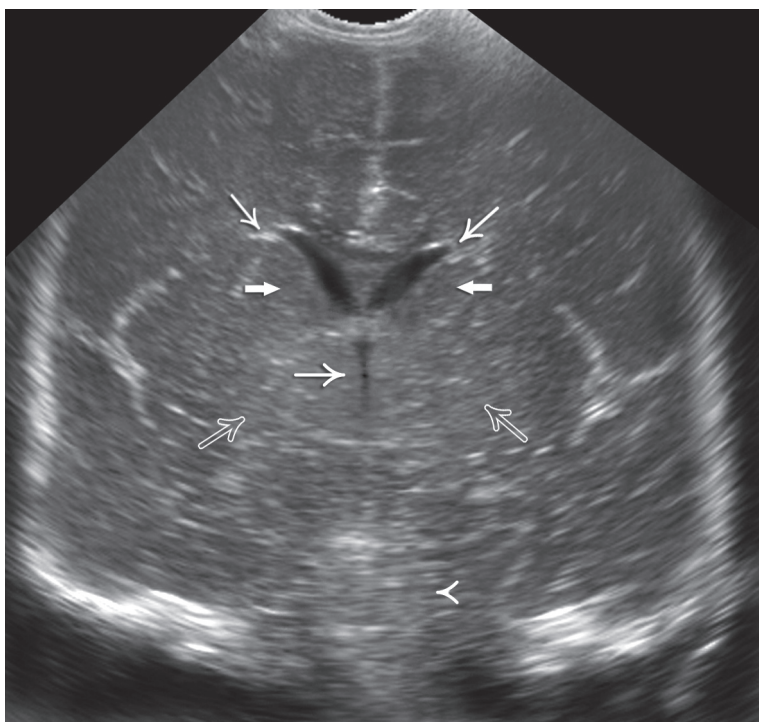
**Εικόνα 6.** Στεφανιαία τομή διαμέσου των μετωπιαίων κεράτων σε πρόωρο νεογνό. Αναδεικνύονται οι ανατομικές δομές που προαναφέρθηκαν στην εικόνα 5. Ο τριγωνικός άηχος σχηματισμός που απεικονίζεται μεταξύ των μετωπιαίων κεράτων αντιπροσωπεύει την κοιλία του διαφανούς διαφράγματος (βέλος). Οι σχισμές του Sylvius (κεφαλές βελών) απεικονίζονται διευρυμένες λόγω προωρότητας. Άνωθεν του μεσολοβίου επικαθεται η υπερμεσολόβιος έλικα και η υπερμεσολόβιος αύλακα (μικρά βέλη).

ρήνα. Πλάγια και κάτω από την κεφαλή του κερκοφόρου πυρήνα απεικονίζεται το υπερηχογενές κέλυφος του φακοειδούς πυρήνα και η ωχρά σφαίρα. Στη μέση γραμμή, μεταξύ των δύο κροταφικών λοβών, απεικονίζεται η υπερηχογενής βασική δεξαμενή.

**Η τρίτη στεφανιαία τομή** διέρχεται διαμέσου του τρήματος του Μονρο. Στην τομή αυτή, όπως και στην προηγούμενη, απεικονίζονται η μεσοημισφαιρική σχισμή, η πλάγια σχισμή του Sylvius σε κάθε ημισφαίριο, το σώμα του μεσολοβίου και η κοιλία του διαφανούς διαφράγματος. Το έδαφος κάθε μετωπιαίου κέρατος, σχηματίζεται από το σώμα του κερκοφόρου πυρήνα. Κάτω από τα μετωπιαία κέρατα, στη μέση γραμμή εντοπίζεται η τρίτη κοιλία, η οποία όταν είναι φυσιολογική συνήθως δεν απεικονίζεται ή, σπανιότερα, απεικονίζεται ως σχισμοειδής, άηχη κοιλότητα (εικόνα 7). Όταν η τρίτη κοιλία είναι πολύ διατεταμένη (επί υδροκεφάλου), αναδεικνύονται και τα τρήματα του Μονρο (εικόνα 8). Κάτω από την τρίτη κοιλία απεικονίζεται η σχετικά υπερηχογενής γέφυρα και, χαμηλότερα, ο προμήκης. Με το έγχρωμο Doppler, στην ίδια τομή, στο εσωτερικό της μεσοημισφαιρικής σχισμής, αναγνωρίζονται οι παλμοί της περιμεσολόβιας αρτηρίας, ενώ στη σχισμή του Sylvius οι παλμοί της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας.



**Εικόνα 8.** Στεφανιαία τομή διαμέσου της III κοιλίας. Αναδεικνύονται οι ίδιες ανατομικές δομές με την εικόνα 7. Παρατηρείται διάταση των μετωπιαίων κέρατων και της III κοιλίας με αποτέλεσμα να είναι εμφανή τα τρήματα του Μονρο (μικρά βέλη). Εκατέρωθεν της III κοιλίας απεικονίζονται οι θάλαμοι (κεφαλές βελών).



**Εικόνα 7.** Στεφανιαία τομή διαμέσου της III κοιλίας. Οι τριγωνικοί άηχοι σχηματισμοί που απεικονίζονται εκατέρωθεν της μεσοημισφαιρικής σχισμής αντιστοιχούν στο μετωπιαίο κέρατος. Το έδαφός τους σχηματίζεται από τα σώματα των κερκοφόρων πυρήνων (μικρά βέλη). Ο άηχος γραμμοειδής σχηματισμός που αναδεικνύεται κάτω από τα μετωπιαία κέρατα, στη μέση γραμμή, αντιστοιχεί στην τρίτη κοιλία (βέλος). Εκατέρωθεν της III κοιλίας απεικονίζονται οι σχετικά υπερηχογενείς θάλαμοι (κενά βέλη). Κάτω από τους θαλάμους και παρά τη μέση γραμμή απεικονίζεται η υπερηχογενής γέφυρα (κεφαλή βέλους) και, χαμηλότερα, ο προμήκης.