

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΙΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ ΣΤΗ ΝΕΥΡΟΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ

Ο εγκέφαλος αιματώνεται από τέσσερα μεγάλα αρτηριακά στεμένα: τις δύο έσω καρωτίδες και τις δύο σπονδυλικές αρτηρίες. Τα αγγεία αυτά ενώνονται στη βάση του εγκεφάλου σχηματίζοντας τον κύκλο του Willis. Αυτός ο κύκλος στον ελληνικό πληθυσμό είναι οιλοκληρωμένος περίπου στους μισούς ανθρώπους. Παρέχει αποτελεσματικές αναστομώσεις για την καλύτερη τροφοδότηση του εγκεφαλικού παρεγχύματος με αίμα, έτσι ώστε ο εγκέφαλος να έχει συνεχή παροχή οξυγόνου και γλυκόζης (*Σχήμα 1*).

Η εγκεφαλική αιματική ροή (CBF) είναι το αποτέλεσμα της εγκεφαλικής πίεσης διάθησης (CPP) –

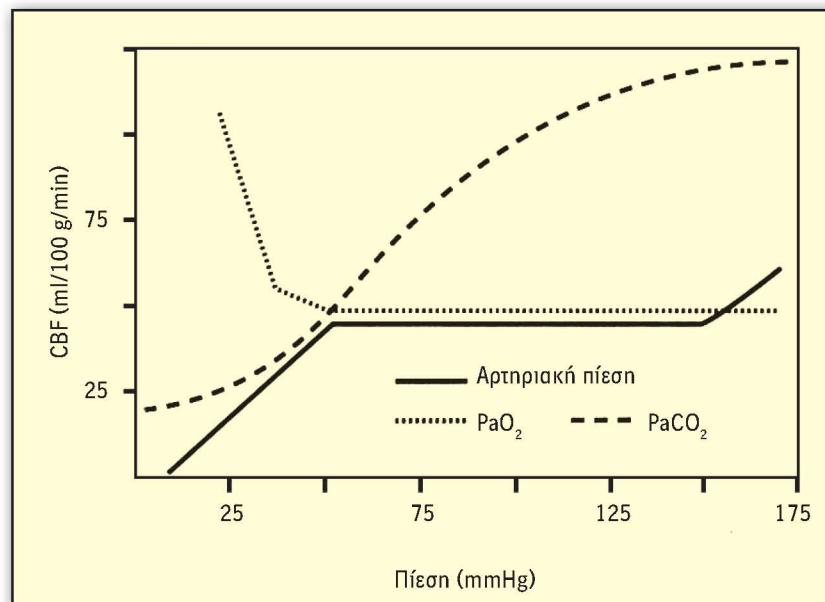
άρδευσης (*cerebral perfusion pressure*) που προωθεί το αίμα διαμέσου του αγγειακού δικτύου του εγκεφάλου και της αντίστασης που έχουν τα εγκεφαλικά αγγεία (CVR - cerebrovascular resistance) (*Εικόνα 1*). Η πίεση διάθησης υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{CPP} = \text{Μέση Αρτηριακή Πίεση (MAP)} - \text{Ενδοκρανιακή Πίεση (ICP)}$$

ενώ η εγκεφαλική αιματική ροή:

$$\text{CBF} = \text{CPP/CVR}$$

Σχήμα 1. Το αποτέλεσμα της αρτηριακής πίεσης, της μερικής πίεσης του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα στην εγκεφαλική αιματική ροή. CBF: εγκεφαλική αιματική ροή (Από το βιβλίο: *Principles of Neurosurgery*. 2nd edition, S. Rengachary, R. Ellenbogen, 2005).





Εικόνα 1. Συσκευή προσδιορισμού της εγκεφαλικής αιματικής ροής.

Η φυσιολογική εγκεφαλική αιματική ροή είναι περίπου 50-55 ml/100g εγκεφαλικού ιστού το λεπτό. Όρια αιματικής ροής από 8-23 ml θεωρούνται δυνητικά ανάστρεψιμα ως προς τη ισχαιμική βλάβη που μπορεί να επισυμβεί, ενώ σε ροή μικρότερη από 8 ml, το αποτέλεσμα είναι μη αναστρέψιμος κυτταρικός θάνατος.

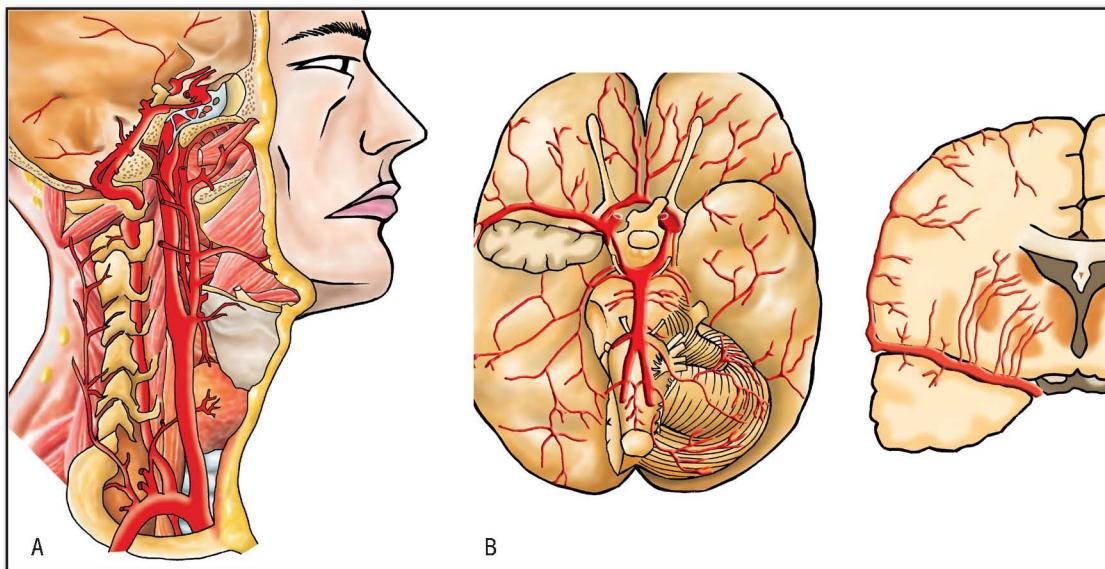
Ένα σημαντικό στοιχείο στη λειτουργία του εγκεφάλου είναι η δυνατότητα αυτορρύθμισης που έχουν τα αγγεία του (Σχήμα 2). Αυτή επιτυγχάνεται μέσω των μυών των χιτώνων ή μέσω χημικών ερεθισμών. Με τον τρόπο αυτό, δεν μεταβάλλεται η αιματική εγκεφαλική

ροή όταν η μέση αρτηριακή πίεση είναι μεταξύ 60-160 mmHg. Αυτό επιτυγχάνεται, γιατί η εγκεφαλική αγγειακή αντίσταση σε φυσιολογικές συνθήκες τροποποιείται ανάλογα με την κατάσταση του εγκεφάλου. Γίνεται λοιπόν σαφές ότι σε παρεκκλίσεις από τα όρια της αιγγειακής αυτορρύθμισης προς τα πάνω, υπάρχει ο κίνδυνος πρόκλησης ενδοκρανιακής αιμορραγίας, ενώ σε παρεκκλίσεις προς τα κάτω είναι πιθανότερη η εμφάνιση ισχαιμίας και η εγκατάσταση εγκεφαλικού εμφράκτου.

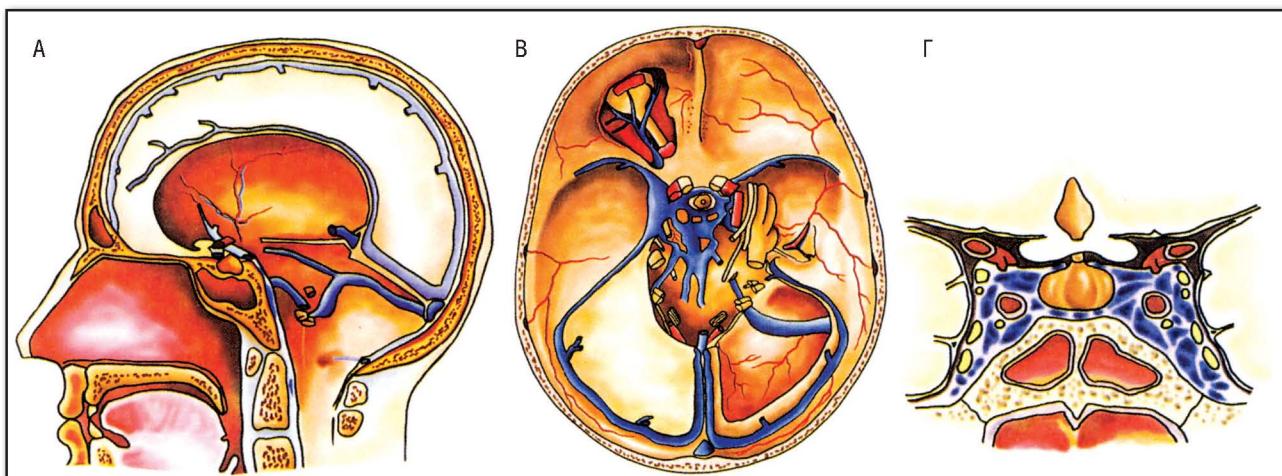
Επειδότι με τον υπεραερισμό κατορθώνεται η αύξηση της εγκεφαλικής αιγγειακής αντίστασης έτσι ώστε η εγκεφαλική αιματική ροή να ελαττώνεται μέχρι το 50% του φυσιολογικού, με τη μείωση του ενδοεγκεφαλικού όγκου αίματος που ακολουθεί τον υπεραερισμό ελαττώνεται και η ενδοκρανιακή πίεση. Όλα αυτά βέβαια με την προϋπόθεση ότι αποχετεύεται απρόσκοπτα τόσο το φλεβικό αίμα (Σχήμα 3), όσο και το εγκεφαλονωτιαίο υγρό.

Είναι γνωστή η εφαρμογή του υπεραερισμού στην αντιμετώπιση ασθενών με αυξημένη ενδοκρανιακή πίεση. Τυπικό παράδειγμα αποτελούν οι βαριές κρανιοεγκεφαλικές κακώσεις, όπου επιβάλλεται να υπεραεριστούν οι ασθενείς αυτοί που είναι ήδη διασωληνωμένοι ή που πρόκειται να διασωληνωθούν για την αντιμετώπιση της αυξημένης ενδοκρανιακής πίεσης· καθιστώντας έτσι με τον τρόπο αυτόν ουσιαστική τη θεραπευτική αυτή χρησιμότητα του υπεραερισμού.

Ο επιθετικός, καθώς και ο παρατεταμένος υπεραερισμός θα πρέπει να αποφεύγονται, διότι έχει αποδειχθεί ότι είναι επιβλαβείς για τη λειτουργία του εγκεφάλου. Επιπλέον αρίζει να σημειώθει ότι η ευεργετική επίδραση



Σχήμα 2. Α: Οι αρτηρίες κεφαλής και τραχήλου (έσω καρωτίδα – IC, σπονδυλικές – VA, βασική – BA). Β: Ο κύκλος του Willis (πρόσθιες εγκεφαλικές αρτηρίες – ACA, πρόσθια αναστομωτική αρτηρία – ACoA, μέσες εγκεφαλικές αρτηρίες – MCA, οπίσθιες αναστομωτικές αρτηρίες – PCoA, οπίσθιες εγκεφαλικές αρτηρίες – PCA), εν τω βάθει διατίτραίνοντες κλάδοι της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας.



Σχήμα 3. Α-Γ: Το φλεβικό παροχετευτικό σύστημα του εγκεφάλου και οι φλεβώδεις κόλποι του (άνω, κάτω οβελιαίος, σφηνοβρεγματικός, εγκάρσιος, σιγμοειδής, σηραγγώδης, ευθύς, ινιακός).

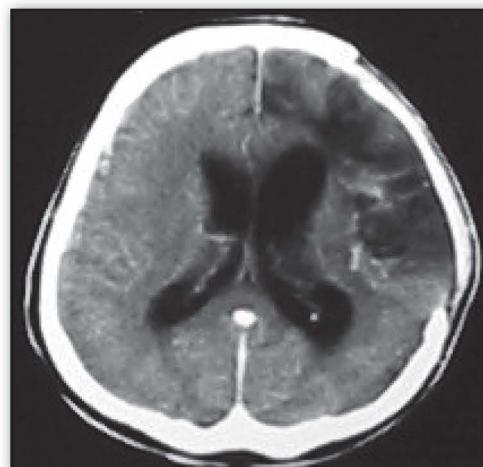
του υπεραερισμού αμφισβητείται, και συχνά απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή, διότι με την αύξηση της εγκεφαλικής αγγειακής αντίστασης που προκαλεί ο έντονος κυρίως υπεραερισμός μειώνεται η εγκεφαλική αιματική ροή. Το αποτέλεσμα είναι μετά από επιθετικό υπεραερισμό (π.χ. χαμηλό $\text{PCO}_2 < 30 \text{ mmHg}$) να υπάρχει κίνδυνος εγκεφαλικής αιματικής ροής, αλλά ακόμη και κίνδυνος επιρρεασμού της καρδιακής λειτουργίας (ισχαιμία μυοκαρδίου).

Πρέπει λοιπόν να τονιστεί ότι ο εγκέφαλος αυτο-προστατεύεται σε μεγάλο βαθμό με αυτήν τη δυνατότητα ρύθμισης που έχουν τα αγγεία του. Η αδυναμία αυτής της αυτορρύθμισης αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα σε έναν εγκέφαλο που έχει υποστεί ισχαιμία και έχει περιοχές θλάσεων. Όμως, η τοπική αγγειοδιαστολή που παρατηρείται γύρω από μια ισχαιμική περιοχή (“luxury perfusion” – εύρημα το οποίο απεικονίζεται και στην αξονική τομογραφία) σε αγγεία που συνεχίζουν να έχουν τη δυνατότητα αυτορρύθμισης, επιτρέπει κατά τον υπεραερισμό την αύξηση της παροχής αίματος στην ισχαιμική περιοχή και την αξιοποίηση των νεκροβιούντων κυττάρων γύρω από την εμφρακτική περιοχή (penumbra) μέσω του φαινομένου της υποκλοπής (**Εικόνα 2**).

Βιβλιογραφία

Andrews B (ed). *Intensive care in neurosurgery*. Thieme. New York. 2003.

Czosnyka M, Smielewski P, Lavinio A, Czosnyka Z, Pickard JD. *A synopsis of brain pressures? Which? When? Are they really useful?* Neurol Res 2007;29(7): 672.



Εικόνα 2. Νεκροβιωτική περιοχή (penumbra – luxury perfusion) – CT.

Greenberg M. *Handbook of Neurosurgery*. 7th edition. Thieme. New York. 2010.

Lindsay K, Bone I, Fuller G. *Neurology and Neurosurgery illustrated*. 5th edition. Churchill Livingstone. Edinburgh. 2010.

Netter F. *Atlas of Human Anatomy*. CIBA –GEIGY. Basle. 1989.

Rengachary S, Ellenbogen R (eds). *Principles of Neurosurgery*. 2nd edition. Mosby Elsevier. Edinburgh. 2005.

Siddiqi J. *Neurosurgical intensive care*. Thieme. New York. 2008.

Σάββας Α. *Ανατομική του ανθρώπου*. Τόμος Γ'. Το νευρικό σύστημα. Εκδόσεις Κυριακίδη. Θεσσαλονίκη 1967.

Σακάς Δ. *Εισαγωγή στη νευροχειρουργική*. Παρισιάνου Α.Ε. Αθήνα. 2003.

2

ΕΝΔΟΚΡΑΝΙΑΚΗ ΥΠΕΡΤΑΣΗ

Αποφασιστικό ρόλο στη λειτουργία του εγκεφάλου διαδραματίζουν η επαρκής ή όχι παροχή αίματος σε αυτόν (οξυγόνο, γλυκόζη), η υδροδυναμική του κατάσταση, οι μεταβολές της ενδοκρανιακής πίεσης, η λειτουργία του αυτορρυθμιστικού μηχανισμού της εγκεφαλικής ροής αίματος και η διατήρηση ή όχι της θερμοκρασίας του σώματος σε φυσιολογικά επίπεδα.

Ο εγκέφαλος μπορεί να λειτουργεί ικανοποιητικά υπό ευρείες αυξομειώσεις τιμών και μεγεθών των παραπάνω παραγόντων. Όμως, αν ξεπεραστούν τα όρια ασφαλείας, ο αντίκτυπος των μεταβολών αυτών των παραγόντων στη διατήρηση ή όχι της λειτουργίας του εγκεφάλου είναι καταλυτικός. Έτσι επιβάλλεται μία έγκαιρη προσπάθεια διόρθωσης των διαταραχών αυτών για καθεμία από τις παραπάνω καταστάσεις. Ωστόσο, άμεση προτεραιότητα έχουν η αντιμετώπιση και η αποκατάσταση πιθανών διαταραχών στην αναπνοή (από πνευμοθώρακα, αιμοθώρακα, γενικά σε θλάσεις θώρακα), αλλά και απώλειας αίματος (σε ρήξη κοίλων σπλάγχνων, σε κατάγματα κ.ά.), προτού η υποξυγοναιμία και η οιλιγαιμία επηρεάσουν μη αναστρέψιμα την εγκεφαλική λειτουργία (εγκεφαλικό οίδημα, έμφρακτο κ.λπ.) και τον μεταβολισμό του εγκεφάλου.

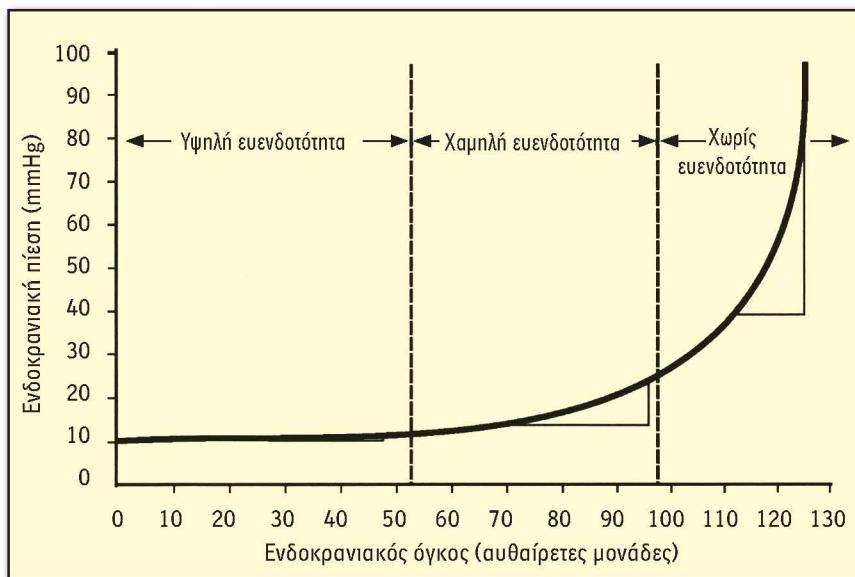
Η υδροδυναμική κατάσταση του κεντρικού νευρικού συστήματος (ΚΝΣ) τροποποιείται κυρίως μετά από διαταραχές της κυκλοφορίας του εγκεφαλονωτισίου υγρού (ΕΝΥ) π.χ. από υδροκέφαλο οποιασδήποτε αιτιολογίας. Ειδικότερα, η ενδοκρανιακή πίεση μεταβάλλεται όταν αιλητάζει η σχέση περιέχοντος και περιεχομένου, μεταξύ δηλαδή, από τη μία πλευρά, του κρανιοσπονδυλικού χώρου και, από την άλλη, του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού.

Οι όροι ενδοκρανιακή πίεση και ενδοσπονδυλική πίεση αναφέρονται στην πίεση που υπάρχει μέσα στον ανένδοτο οστέινο ενδοκρανιακό χώρο και στον ευένδοτο σπονδυλικό σωλήνα. Είναι σαφές ότι στα νεογνά και στα βρέφη, όπου είναι ακόμη ανοιχτές οι πηγές του κρανίου, διαμορφώνεται εκεί μια διαφορετική κατάσταση ενδοκρανιακής πίεσης.

Ο όγκος του κρανιοσπονδυλικού χώρου είναι σταθερός και καταλαμβάνεται από τον εγκέφαλο, τον νωτιαίο μυελό, το ΕΝΥ και τα στοιχεία του αίματος. Η ανάπτυξη χωροκατακτητικών εξεργασιών μέσα στον κρανιοσπονδυλικό χώρο μπορεί να διαταράξει αυτή την ισορροπία σύμφωνα με το δόγμα των Monroe και Kellie:

Όγκος κρανιοσπονδυλικού χώρου =
όγκος εγκεφάλου και νωτιαίου μυελού +
όγκος αίματος +
όγκος ΕΝΥ +
όγκος εξεργασίας

Με την αύξηση της ενδοκρανιακής πίεσης, αρχικά αντιρροπιστικά, διατείνεται η σκληρά μήνιγγα και αυξάνεται η απορρόφηση-αποχέτευση του ΕΝΥ προς τη συστηματική κυκλοφορία του αίματος. Όμως, όταν εξαντλούνται οι μηχανισμοί αυτοί ([Σχήματα 1, 2](#)), η κατακόρυφη αύξηση της πίεσης που έχει αναπτυχθεί ενδοκρανιακά οδηγεί στον εγκολεασμό συγκεκριμένων δομών του εγκεφάλου, με αποτέλεσμα την πρόκληση κηλών με αντίστοιχη συμπτωματολογία και σημειολογία. Όταν η πίεση που εξασκείται έχει φορά από πάνω προς τα κάτω, προκαλούνται ([Σχήμα 3](#)):



Σχήμα 1. Καμπύλη ενδοκρανιακής πίεσης–όγκου (Από το βιβλίο *Principles of Neurosurgery*, S. Rengachary, R. Wilkins, 1994).

- Κάθητης έλικας του προσαγωγίου.** Κατ’ αυτήν, εγκοιλεάζεται η έλικα του προσαγωγίου κάτω από το δρέπανο. Κλινικά, είναι δυνατόν να παρουσιαστούν ανησυχία, κεφαλαλγία, παρετικά φαινόμενα από τα κάτω άκρα (π.χ. παραπάρεση ή και παραπληγία) και ορθοκυστικές διαταραχές.
 - Κάθητος αγκιστρους ή του σκηνιδίου (πλάγιος εγκοιλεασμός).** Αποτελεί τη συχνότερη μορφή. Κατ’ αυτήν, εγκοιλεάζεται η κάτω έσω επιφάνεια του κροταφικού λιθοβού (άγκιστρο) μέσα από το τρίμα του σκηνιδίου (σώμα Bichat) και πιέζονται το κοινό κινητικό νεύρο, ο μέσος εγκέφαλος και η οπίσθια εγκεφαλική αρτηρία. Η κατάσταση αυτή συνδυάζεται με: μεταβολές του επιπέδου συνείδησης (από υπνηθία μέχρι κωματώδη κατάσταση), κατάργηση του αντανακλαστικού του φωτός, μυδρίαση της κόρης, ομόπλιευρες κρίσεις στελέχους και ομώνυμη ημιανοψία (έμφρακτο στον μέσο εγκεφαλο και στην ινιοκροταφική περιοχή του εγκεφάλου λόγω αποκλεισμού της οπίσθιας εγκεφαλικής αρτηρίας (*Εικόνα 1, 2*)).
 - Κεντρική κάθητης (κεντρικός εγκοιλεασμός).** Παρατείται σε αυξανόμενη πίεση από μάζες περί τη μέσην γραμμή των ημισφαιρίων ή μετά από διάχυτο οίδημα του εγκεφάλου. Το αποτέλεσμα της πίεσης στον διεγκέφαλο, καθώς αυτή μετατοπίζεται προς τα κάτω μέσω του σκηνιδίου, εκτονώνεται αρχικά πάνω στον μεσεγκέφαλο. Η πτώση του επιπέδου συνείδησης, η μεταβολή της αναπνοής χωρίς μυδρίαση των κορών και διαταραχές στα οφθαλμοκινητικά αντανακλαστικά αποτελούν την κυρίαρχη συμπτωματολογία. Εάν εξακολουθήσει η πίεση, παρουσιάζεται συμπτωματολογία από τη γέφυρα και από τον προμήκη λόγω επέκτασης του φαινομένου προς αυτή την κατεύθυνση.
 - Κάθητης αμυγδαλών ή του ινιακού τρόματος (*Εικόνα 3*).** Εδώ εγκοιλεάζονται οι αμυγδαλές της παρεγκεφαλίδας προς τα κάτω, μέσα στο μείζον ή ινιακό τρόμα και, καθώς μετατοπίζονται προς τα κάτω, πιέζονται ο παλίνδρομος κλάδος του παραπληρωματικού νεύρου (εμφάνιση ραιβόκρανου σε επερόπλευρη κάθητη) και ο προμήκης μυελός. Το αποτέλεσμα είναι διαταραχές της αναπνοής και της αρτηριακής πίεσης. Επί επιμονής του φαινομένου επέρχεται θάνατος. Η ανεύρεση μιας τέτοιας κήλης κατά τη νεκροτομή μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις να εξηγήσει έναν αιφνίδιο θάνατο.
- Επιπλέον, όταν η πίεση εξασκείται από κάτω προς τα πάνω, προκαλείται η ανιούσα παρεγκεφαλιδική κάθητη. Εδώ, ο σκώληκας της παρεγκεφαλίδας ανέρχεται πάνω από το σκηνίδιο, πιέζεται ο μέσος εγκέφαλος και ενδεχομένως να αποφραχτεί και η άνω παρεγκεφαλιδική αρτηρία. Προκαλείται από μάζες της περιοχής (στον οπίσθιο κρανιακό βόθρο και στη μέση γραμμή) και μπορεί να επιδεινωθεί μετά από κοιλιοστομίες (παροχέτευση του ENY από τις πλάγιες κοιλίες του εγκεφάλου).
- Πάντως, η πτώση του επιπέδου συνείδησης είναι το πιο χαρακτηριστικό σημείο αυξημένης ενδοκρανιακής πίεσης. Θα πρέπει να τονιστεί ότι σε αύξηση της ενδοκρανιακής πίεσης που αναπτύσσεται επί μακρό χρονικό διάστημα και που παρουσιάζεται οίδημα οπτικών θηλών (*Εικόνα 4*), αντενδείκνυται η διενέργεια οσφυονωτιαιάς παρακέντησης (υπάρχει κίνδυνος εγκοιλεασμού και πρόκλησης θανάτου) για λίψη δείγματος ENY ή για μέτρηση της ενδοκρανιακής πίεσης. Όσον αφορά στη μέτρηση της ενδοκρανιακής πίεσης, για τον παραπάνω λόγο, επιβάλλεται αυτή να γίνεται καθιύτερα με την τοποθέτηση ενδοκοιλιακού καθετήρα με ειλεγχόμενη ροή, ο οποίος μάλλον παρέχει και τις πιο αξιόπιστες μετρήσεις.