

Εγκεφαλική ασυμμετρία και εκπαίδευση

Φίλιππος Βλάχος* – Γεωργία Ανδρέου**

Περίληψη

Η μελέτη αυτή επιχειρεί την ανασκόπηση και τη συγκριτική αξιολόγηση των νευροβιολογικών ευρημάτων σχετικά με τον εντοπισμό των λειτουργιών του εγκεφάλου και τον ιδιαίτερο καταμερισμό των λειτουργιών αυτών στα δύο ημισφαίρια. Στόχος μας είναι να προσπαθήσουμε να δώσουμε απάντηση στα ερωτήματα που απασχολούν ιδιαίτερα όσους ασχολούνται με τις επιπτώσεις της έρευνας του εγκεφάλου στην καθημερινή ζωή και στην εκπαίδευση, υπό το φως των καθημερινά αυξανόμενων γνώσεων και πληροφοριών γύρω από το θέμα της εγκεφαλικής ασυμμετρίας. Το άρθρο καταλήγει με τη διαπίστωση ότι ο εγκέφαλος είναι ένα υψηλά ολοκληρωμένο σύστημα, του οποίου σπάνια ένα μέρος δουλεύει μεμονωμένα.

Λέξεις-Κλειδιά: Εγκεφαλική ασυμμετρία, ημισφαίρια, εκπαίδευση.

* Ο Φίλιππος Βλάχος είναι Επίκουρος Καθηγητής στο Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

** Η Γεωργία Ανδρέου είναι Επίκουρη Καθηγήτρια στο Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

1. Εισαγωγή – Προσδιορισμός της εγκεφαλική ασυμμετρίας

Ο όρος *εγκεφαλική ασυμμετρία* αναφέρεται στη διαφοροποιημένη εξειδίκευση, ιδιαίτερα στον άνθρωπο, των δύο εγκεφαλικών ημισφαιρίων για μια λειτουργία ή δραστηριότητα. Εκατοντάδες ασυμμετρίες της συμπεριφοράς έχουν διαπιστωθεί στους ανθρώπους, πολλές από τις οποίες μπορούν ν' αποδοθούν στην ημισφαιρική ασυμμετρία. Ειδικότερα θεωρείται ότι η γλωσσική λειτουργία, οι αναλυτικές διεργασίες και οι κινητικές δραστηριότητες της δεξιάς πλευράς του σώματος ελέγχονται από το αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο, ενώ το δεξί ημισφαίριο ελέγχει τις μη-λεκτικές, οπτικοχωρικές διεργασίες και τις κινητικές δραστηριότητες της αριστερής πλευράς του σώματος.

Η «επικυριαρχία» του αριστερού ημισφαιρίου σε ποικίλες όψεις της γλωσσικής λειτουργίας είναι η πιο εμφανής και η πιο συχνά μνημονευόμενη γνωστική ασυμμετρία. Συγκεκριμένα το αριστερό ημισφαίριο φαίνεται να είναι το «κυρίαρχο» στην παραγωγή του λόγου, στην αντίληψη της φωνητικής πληροφορίας, στη χρήση της συντακτικής πληροφορίας και σε διάφορες όψεις της νοηματικής ανάλυσης (Kandel, Schwartz, & Jessel, 2000). Όμως το δεξί ημισφαίριο φαίνεται να διαδραματίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο σε διάφορες άλλες όψεις της γλωσσικής λειτουργίας όπως η κατανόηση των μεταφορικών εννοιών της γλώσσας (Pobric, Mashal, Faust, & Lavidor, 2008; Schmidt, DeBuse & Seger, 2007) και η χρήση τονισμού και προσωδίας για να δώσουμε συναισθηματική χροιά στη φωνή. Το δεξί ημισφαίριο φαίνεται επίσης να υπερέχει του αριστερού σε μία ποικιλία μη-λεκτικών εργασιών που απαιτούν οπτικοχωρική επεξεργασία. Πιο συγκεκριμένα, το δεξί ημισφαίριο είναι ικανότερο στο να διακρίνει και να αποδίδει τις ιδιότητες των οπτικών ερεθισμάτων που έχουν να κάνουν με δομές, να εντοπίζει τα ερεθίσματα στο συντεταγμένο χώρο, να αναγνωρίζει αντικείμενα τριών διαστάσεων σε ασυνήθεις προσανατολισμούς (κλίσεις) και να αναγνωρίζει οπτικά ερεθίσματα που έχουν υποστεί αισθητή αλλοίωση (Kandel, Schwartz, & Jessel, 2000).

Αν και απόψεις σχετικά με τη διαφοροποιημένη λειτουργία των δύο εγκεφαλικών ημισφαιρίων είχαν αρχίσει να διατυπώνονται από τα μέσα του 19ου αιώνα (Wigan, 1844), η θεωρία της ημισφαιρικής ασυμμετρίας απέκτησε ιδιαίτερη δυναμική μετά τις εργασίες του Roger Sperry τη δεκαετία του 1960. Ο Sperry (1968, 1974) μελέτησε ασθενείς που είχαν υποστεί χειρουργική διατομή του μεσολοβίου τους (της δομής που συν-

δέει τα δύο ημισφαίρια) με αποτέλεσμα τα δύο εγκεφαλικά ημισφαίρια να έχουν διαχωριστεί. Μετά την επέμβαση αυτή το κάθε ημισφαίριο λειτουργούσε ως ένας ανεξάρτητος εγκέφαλος, αλλά κάποιες λειτουργίες επιτελούνταν καλύτερα από το ένα μόνο από τα δύο ημισφαίρια.

Οι έρευνες του Sperry (1968, 1974) διαμόρφωσαν τις επιστημονικές αντιλήψεις για το πώς εξειδικεύονται οι εγκεφαλικές περιοχές και αποτέλεσαν το εφαλτήριο για διάφορους μεταγενέστερους επιστήμονες και εκπαιδευτικούς ώστε να διατυπώσουν σκέψεις και υποθέσεις σχετικά με τις ενδεχόμενες επιπτώσεις της εγκεφαλικής ασυμμετρίας στην καθημερινή συμπεριφορά. Μήπως διαφορές στην εξειδίκευση των ημισφαιρίων αντικατοπτρίζουν διαφορετικούς τρόπους σκέψης στα φυσιολογικά άτομα; Μήπως ορισμένα άτομα βασίζονται περισσότερο στην αριστερή πλευρά του εγκεφάλου, ενώ άλλα στη δεξιά; Αξιοποιεί το εκπαιδευτικό σύστημα όλες τις δυνατότητες του ανθρώπινου εγκεφάλου ή μήπως καλλιεργεί ιδιαίτερα έναν συγκεκριμένο τρόπο σκέψης;

Αντικείμενο της συγκεκριμένης εργασίας είναι η ανασκόπηση και η συγκριτική αξιολόγηση των νευροβιολογικών ευρημάτων γύρω από τον ανθρώπινο εγκέφαλο και το πώς τα δύο ημισφαίρια δέχονται, οργανώνουν και επεξεργάζονται τις πληροφορίες. Στόχος είναι να δώσουμε απάντηση στα ερωτήματα που απασχολούν ιδιαίτερα όσους ασχολούνται με τις επιπτώσεις της έρευνας του εγκεφάλου στην καθημερινή ζωή και στην εκπαίδευση, υπό το φως των καθημερινά αυξανόμενων γνώσεων και πληροφοριών γύρω από το θέμα της εγκεφαλικής ασυμμετρίας. Η εργασία διαρθρώνεται σε τρία μέρη. Στην εισαγωγή παρουσιάζεται η έννοια της εγκεφαλικής ασυμμετρίας. Στο δεύτερο μέρος επιχειρείται μια ανασκόπηση των ερευνών που εξέτασαν τις επιπτώσεις της εγκεφαλικής ασυμμετρίας στις γνωστικές λειτουργίες. Τέλος, το τρίτο μέρος επιχειρεί να καταδείξει τις αρνητικές για την εκπαίδευση επιπτώσεις της υπεραπλουστευμένης άποψης ότι οι μαθητές μπορούν να διακριθούν σε άτομα με «ολιστική-διαισθητική σκέψη/τύπου δεξιού ημισφαιρίου» και «αναλυτική-λογική προσέγγιση των προβλημάτων/τύπου αριστερού ημισφαιρίου».

2. Από την εγκεφαλική επικυριαρχία στην εγκεφαλική ασυμμετρία

Αν και οι έννοιες της εγκεφαλικής ασυμμετρίας και της ημισφαιρικής επικράτησης είναι σχετικά πρόσφατες, η ιδέα της εντόπισης γνωστικών

λειτουργιών σε περιοχές του εγκεφάλου, χωρίς να γίνεται αναφορά στο ημισφαίριο, εμφανίζεται για πρώτη φορά στα γραπτά του Ιπποκράτη το 400 π.Χ. (βλ. Benton, 1965). Εάν κάποιος ανοίξει έναν ανθρώπινο εγκέφαλο, θα ανακαλύψει ότι στην πραγματικότητα αποτελείται από δύο σχεδόν πανομοιότυπα τμήματα: το αριστερό και το δεξιό ημισφαίριο. Αν και αυτό ήταν γνωστό επί πολλούς αιώνες μόλις το 1836 προτάθηκε ότι αυτά τα δύο μέρη του εγκεφάλου στην πραγματικότητα εκτελούν διαφορετικές εργασίες. Ο Marc Dax παρατήρησε περισσότερους από 40 ασθενείς του που είχαν χάσει την ικανότητα ομιλίας μετά από βλάβες στο αριστερό ημισφαίριο και κατέθεσε τις παρατηρήσεις του στη Γαλλική Ακαδημία Επιστημών, οι οποίες όμως δεν προκάλεσαν κανένα ενδιαφέρον καθώς δεν είχε βρει κάποια περίπτωση ασθενή με βλάβη στο δεξιό ημισφαίριο του εγκεφάλου, ώστε να συγκρίνει τα ευρήματά του (βλ. Benton, 1965).

Εντούτοις, ανάμεσα στα 1861 και 1873 ο Paul Broca και ο Karl Wernicke έκαναν σημαντική δουλειά σχετικά με ανθρώπους που παρουσίαζαν βλάβες στον εγκέφαλό τους, συνδέοντας το αριστερό ημισφαίριο με τις λειτουργίες της γλώσσας. Η έννοια της ημισφαιρικής κυριαρχίας προέκυψε όταν ο Broca, το 1861, παρατήρησε μια συσχέτιση ανάμεσα στην αφασία και σε βλάβες του αριστερού μετωπιαίου λοβού, για να καταλήξει το 1865 στη διάσημη ρήση: «nous parlons avec l'hémisphere gauche» (μιλάμε με το αριστερό ημισφαίριο). Για πολλές δεκαετίες, η έννοια της εγκεφαλικής επικυριαρχίας αφορούσε μόνο τις γλωσσικές λειτουργίες (ομιλία, κατανόηση, γραφή και ανάγνωση). Το 1868, ο Jackson πρότεινε την έννοια του «ηγαιτικού» ημισφαιρίου, αναφερόμενος στο ημισφαίριο που είναι κυρίαρχο για το λόγο και το δεξιό ημισφαίριο έγινε γνωστό ως «ελάσσων» ή «εξαρτημένο» ημισφαίριο (Springer & Deutch, 1989). Η εγκεφαλική επικυριαρχία επεκτάθηκε και σε άλλες συμπεριφορές όπως η επιδέξια κινητική δραστηριότητα και ικανότητες που σχετίζονται με την απεικόνιση του σώματος, καθώς πρόσθετα κλινικά στοιχεία υποδείκνυαν ότι τραύματα στο αριστερό ημισφαίριο σχετίζονται και με απώλειες αυτών των ικανοτήτων.

Στα 1916-1918 οι Holmes και Reichardt ανακάλυψαν ότι οι άνθρωποι με βλάβες στο δεξιό ημισφαίριο παρουσίαζαν προβλήματα προσανατολισμού στο χώρο. Για παράδειγμα, δεν μπορούσαν να βρουν τη διαδρομή που έπρεπε να ακολουθήσουν για να φτάσουν σε ένα σπίτι, στο οποίο ζούσαν για χρόνια. Επιπλέον, παρατήρησαν ότι οι άνθρωποι αυτοί συνήθως αντιμετώπιζαν πρόβλημα με τα άκρα του σώματός τους που βρίσκονταν στην αντίθετη πλευρά του κατεστραμμένου μέρους του εγκεφάλου (κάποιος με βλάβη στο δεξιό ημισφαίριο θα παρουσιάζει πρόβλημα στη χρήση του αριστερού του χεριού, ποδιού κλπ.). Οι νευρολόγοι και οι ψυ-

χολόγοι έδωσαν προσοχή στο γεγονός ότι ελλείμματα όπως η έκπτωση της οπτικής αντίληψης του χώρου, η δομική απραξία, ή η διάσπαση της προσοχής (αφαίρεση) στο μισό οπτικό πεδίο, φαίνεται να συμβαίνει με πολύ μεγαλύτερη συχνότητα σε ασθενείς με τραύματα στο δεξί ημισφαίριο, απ' ό,τι σε αυτούς με τραύματα στο αριστερό (Benton, 1965). Οι ανατομολογικές και νευροψυχολογικές μελέτες επισημαίνουν μια λειτουργική εγκεφαλική ασυμμετρία περισσότερο, παρά την ύπαρξη ενός «κυρίου», επικρατούντος ημισφαιρίου και ενός «ελάσσοντος» ή «βωβού».

Έκτοτε οι έρευνες για το πού εντοπίζονται οι διάφορες λειτουργίες στον εγκέφαλο σημείωσαν σημαντική πρόοδο με διάφορες μεθόδους. Μία ήταν η παρατήρηση και η αξιολόγηση της συμπεριφοράς ατόμων με εστιασμένες βλάβες σε κάποιο από τα ημισφαίρια του εγκέφαλου. Μια άλλη μέθοδος ήταν η εκτέλεση δοκιμασιών από φυσιολογικά άτομα, τα οποία όμως χρησιμοποιούσαν τη μία πλευρά του εγκεφάλου τους, καθώς ηλεκτρόδια είχαν εφαρμοστεί στο ένα ημισφαίριο και προκαλούσαν την επιλεκτική διέγερσή του ή καθώς είχε ναρκωθεί το ένα ημισφαίριο μετά την έγχυση ουσιών όπως η νατριούχος αμυτάλη διαμέσου μιας από τις καρωτιδικές αρτηρίες (Wada test).

Στη δεκαετία του 1960, ο συνδυασμός της χειρουργικής επέμβασης για την πλήρη διατομή του μεσολόβιου και των μικρότερων συνδέσεων των δύο εγκεφαλικών ημισφαιρίων σε ασθενείς με δυσθεράπευτη επιληψία, διαδικασία που προκαλούσε το χειρουργικό διαχωρισμό των δύο ημισφαιρίων, με άλλες τεχνικές (π.χ., ταχυστοσκόπιο), έδωσε τη δυνατότητα για άμεσες μετρήσεις των πλευριωμένων λειτουργιών. Εκτεταμένες δοκιμασίες των αποσυνδεδεμένων ημισφαιρίων τέτοιων ασθενών αποκάλυψαν ότι το κάθε ημισφαίριο ήταν πλήρως ενσυνείδητο, μπορούσε να μάθει ανεξάρτητα, εκτελούσε τις γνωστικές διαδικασίες διαφορετικά και συγκρατούσε μόνο τις πληροφορίες στις οποίες εκτίθετο (Sperry, 1974). Πειράματα με τέτοιους ασθενείς έδειξαν ότι το αριστερό ημισφαίριο ήταν εξειδικευμένο για λεκτικές, αναλυτικές και ακουστικές διεργασίες και το δεξί ημισφαίριο ήταν εξειδικευμένο για οπτικοχωρικές διεργασίες. Μεταγενέστερες μελέτες έδειξαν ότι αν και το ένα ημισφαίριο μπορεί να είναι εξειδικευμένο για μία εργασία, το άλλο ημισφαίριο θα μπορούσε να έχει τον έλεγχο της διεργασίας (Levy & Trevarthen, 1976).

Ο Nebes (1971) υποστήριξε ότι το δεξί ημισφαίριο έχει τη δυνατότητα να οργανώνει τις πληροφορίες σε σύνολα, στις Gestalt μορφές. Αναφέρει τα αποτελέσματα πειραματικής δουλειάς, η οποία έδειξε ότι το δεξί ημισφαίριο υπερέχει του αριστερού σε διαδικασίες που περιλαμβάνουν ενσωμάτωση ενός μέρους στο σύνολο.

Οι Levy, Trevarthen και Sperry (1972) σε μελέτες με ασθενείς που είχαν υποστεί χειρουργική διατομή του μεσολόβιου, συνέκριναν την ικανότητα των δύο ημισφαιρίων να αντιλαμβάνονται και να απαντούν στις διάφορες διαδικασίες πληροφόρησης και ερμήνευσαν τα αποτελέσματά τους ως επικράτηση του δεξιού ημισφαιρίου στην ικανότητα αντίληψης της μορφής, ενώ η οργάνωση του αριστερού ημισφαιρίου υπολείπεται σε αυτή τη δεξιότητα σε σημαντικό βαθμό. Αντίθετα, το αριστερό ημισφαίριο γινόταν κυρίαρχο όταν χρειαζόταν λεκτική απάντηση και όταν η πληροφορία ακολουθούσε μια αναλυτική διαδικασία μαζί με έναν έλεγχο των εξειδικευμένων χαρακτηριστικών της δοκιμασίας. Σύμφωνα με τους ερευνητές αυτούς δεν έχουμε να κάνουμε απλά με μια ανταγωνιστική επικράτηση μεταξύ των δύο ημισφαιρίων, αλλά με βασικές διαφορές στους τρόπους που το καθένα χρησιμοποιεί τις διαδικασίες επεξεργασίας των πληροφοριών.

Τα ημισφαίρια είναι ίσως ικανά να ανταποκριθούν στις διαδικασίες επεξεργασίας των πληροφοριών με διάφορους τρόπους και ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε περίπτωσης. Ένα άτομο μπορεί τροποποιώντας τη στρατηγική του να χρησιμοποιήσει περισσότερο ή λιγότερο το ένα ή το άλλο ημισφαίριο, για να δώσει αποτελέσματα που φαίνονται όμοια, αλλά που προήλθαν από διαφορετικούς μηχανισμούς. Η προηγούμενη εμπειρία φαίνεται να ευοδώνει τη χρησιμοποίηση της μιας στρατηγικής στη θέση της άλλης, δίνοντας έμφαση στη λειτουργία του ενός ημισφαιρίου σε βάρος του άλλου. Η συμπληρωματική λειτουργία των δύο ημισφαιρίων γίνεται περισσότερο κατανοητή με την ανάλυση και μελέτη της συμπεριφοράς ασθενών με διαχωρισμένο μεσολόβιο. Το μεσολόβιο κατέχει σημαντικό ρόλο σε αυτή τη συμπληρωματική λειτουργία, επιτρέποντας συνέργεια αν όχι ενοποίηση των εισερχόμενων πληροφοριών και της αντιμετώπισής τους, που γίνεται στο καθένα ημισφαίριο χωριστά. Παράλληλη διεργασία μιας πληροφορίας μπορεί να διαδραματίζεται στο καθένα από τα δύο ημισφαίρια για ειδικές δραστηριότητες (Diamond & Beaumont, 1974).

Την παράλληλη αυτή διεργασία δείχνει μια μελέτη διχωτικής ακοής (Goodglass, & Calderon, 1977), κατά την οποία δόθηκαν σε φυσιολογικά άτομα λεκτικά ερεθίσματα στο ένα αυτί και ταυτόχρονα μουσικά ερεθίσματα στο άλλο αυτί. Κάτω από αυτές τις συνθήκες ταυτόχρονης παρουσίας λεκτικών και μουσικών ερεθισμάτων, βρέθηκε υπεροχή του δεξιού αυτιού για τις λέξεις και υπεροχή του αριστερού στους τόνους. Αυτό οδήγησε στο συμπέρασμα ότι τα ημισφαίρια μπορούν να επεξεργάζονται ανεξάρτητα τα μέρη ενός σύνθετου ερεθίσματος, διαλέγοντας το

καθένα εκείνα τα στοιχεία για τα οποία είναι «επικρατούν» ημισφαίριο (βλ. Τσανίρα, 1980).

Εκτός από τις κλινικές μελέτες σε άτομα που είχαν υποστεί εγκεφαλικές κακώσεις, μελέτες σε φυσιολογικά άτομα με τη χρήση αντιληπτικών τεχνικών έχουν επιφέρει σημαντική ανάπτυξη στη γνώση των πλευριωμένων διεργασιών στον υγιή και ακέραιο εγκέφαλο. Οι δύο τεχνικές που χρησιμοποιούνται συχνότερα είναι η δοκιμασία της διχωτικής ακοής, για τον έλεγχο των πλευριωμένων ακουστικών διεργασιών και η ταχυστοσκοπική παρουσίαση, για τον έλεγχο των οπτικών διεργασιών.

Στη διχωτική παρουσίαση, δύο διαφορετικά ή/και ανταγωνιστικά ερεθίσματα παρουσιάζονται ταυτόχρονα στο κάθε αυτί. Το άτομο αναφέρει προφορικά ή με το χέρι του τι άκουσε και συνήθως αναφέρει την πληροφορία που άκουσε από το ένα αυτί γρηγορότερα ή με μεγαλύτερη ακρίβεια. Το προκύπτον πλεονέκτημα του αυτιού ερμηνεύεται ως ένα πλεονέκτημα του αντίπλευρου ημισφαιρίου για τη διεργασία που εμπλέκεται στην εξέταση. Η Kimura (1961a,b) έδειξε ότι υπήρχε στενή σχέση μεταξύ της επίδοσης σε δοκιμασίες διχωτικής ακοής και στην πλευρίωση του λόγου: άτομα με το κέντρο του λόγου στο αριστερό ημισφαίριο είχαν την τάση να είναι πιο ακριβή στην αναφορά λεκτικών πληροφοριών που παρουσιάζονταν στο δεξί αυτί, ενώ τα άτομα με το κέντρο του λόγου στο δεξί ημισφαίριο παρουσίαζαν την τάση να είναι πιο ακριβή στην αναφορά λεκτικών πληροφοριών που παρουσιάζονταν στο αριστερό αυτί. Η τεχνική της διχωτικής ακοής είναι η καλύτερη τεχνική για τον έλεγχο της γλωσσικής πλευρίωσης σε φυσιολογικά άτομα (Byrden, 1988) και μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στη νευροψυχολογική αξιολόγηση. Ωστόσο όμως, άλλες μεταβλητές πέρα από τη γλωσσική πλευρίωση, όπως οι στρατηγικές της προσοχής ή η ημισφαιρικότητα, είναι δυνατόν να επηρεάσουν την επίδοση, γι' αυτό τα αποτελέσματα θα πρέπει να ερμηνευθούν με προσοχή.

Η ταχυστοσκοπική παρουσίαση στηρίζεται στην παρατήρηση ότι αισθητικά ερεθίσματα από το αριστερό οπτικό ημι-πεδίο (Left Visual Hemisphere, LVH) του κάθε ματιού, προβάλλονται κατευθείαν στο δεξί ημισφαίριο και αισθητικά ερεθίσματα από το δεξί οπτικό ημι-πεδίο (Right Visual Hemisphere, RVH) του κάθε ματιού προβάλλονται κατευθείαν στο αριστερό ημισφαίριο. Με μια ταχεία παρουσίαση του ερεθίσματος στην οποία ο εξεταζόμενος δεν έχει το χρόνο να μετακινήσει τα μάτια του, το ερέθισμα μπορεί να κατευθυνθεί στο ένα ημισφαίριο. Η ταχυστοσκοπική παρουσίαση παρέχει ένα μέσο για τον έλεγχο της πλευρίωσης της γραπτής γλώσσας. Οι αντιληπτικές τεχνικές έχουν επιβεβαιώσει την πλευριωμένη

διεργασία των λεκτικών, οπτικοχωρικών, μουσικών, συναισθηματικών, μαθηματικών και άλλων ερεθισμάτων από τα φυσιολογικά άτομα.

Ηλεκτροεγκεφαλογραφικές μελέτες (Miller, Fujisoka, Charman, & Charman, 1995), μελέτες προκλητών δυναμικών (Desrocher, Smith, & Taylor, 1995; Sandmann et al., 2007), αλλά και σύγχρονες μη επεμβατικές νευροαπεικονιστικές τεχνικές, όπως η μαγνητική τομογραφία (Binder, Frost, Hammeke, Cox, Rao, & Prieto, 1997) και η μαγνητοεγκεφαλογραφία (Paranicoalaou, et al., 1999; Simos, Breier, Zouridakis, & Paranicoalaou, 1998) έχουν επιβεβαιώσει τα παραπάνω ευρήματα. Έτσι σήμερα είμαστε βέβαιοι ότι οι περισσότερες ανώτερες γνωστικές λειτουργίες είναι πλευριωμένες, που σημαίνει ότι αντιπροσωπεύονται διαφοροποιημένα στα δύο ημισφαίρια, με το ένα ημισφαίριο να εμπλέκεται περισσότερο σε κάποιες συγκεκριμένες δραστηριότητες. Η έκταση στην οποία κυριαρχεί το ένα ημισφαίριο, εξαρτάται από τη σύνθετη αλληλεπίδραση του ερεθίσματος, της δοκιμασίας, της αντίδρασης και διάφορων άλλων μεταβλητών που έχουν σχέση με το υποκείμενο όπως, π.χ., το φύλο, η προτίμηση χεριού κ.ά. Με εξαίρεση τις πολύ απλές δοκιμασίες συνήθως και τα δύο ημισφαίρια εμπλέκονται σε όλες τις διεργασίες. Παρόλα αυτά το κάθε ημισφαίριο είναι εξειδικευμένο για συγκεκριμένες λειτουργίες και όταν ένα ημισφαίριο καταστρέφεται, τότε το άτομο δεν μπορεί να εκτελέσει ή εκτελεί πλημμελώς δοκιμασίες που εξυπηρετούνται από τις συγκεκριμένες λειτουργίες. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα έκδηλο στην αφασία, στην απώλεια δηλαδή της ικανότητας να εκφράζουμε ή να κατανοούμε τη γλώσσα και στην απραξία, την απώλεια της ικανότητας να εκτελούμε γνωστές, διαρθρωμένες κινήσεις, μετά από βλάβη –στα περισσότερα άτομα– του αριστερού ημισφαιρίου. Το γεγονός αυτό είναι επίσης εμφανές στη συνήθη απώλεια των οπτικοχωρικών μη λεκτικών λειτουργιών, μετά από βλάβη του δεξιού ημισφαιρίου.

Η πλευρίωση των λειτουργιών είναι σχετική και όχι απόλυτη. Για παράδειγμα, αν και το αριστερό ημισφαίριο είναι εξειδικευμένο για την παραγωγή του λόγου, το δεξί ημισφαίριο έχει επίσης γλωσσικές ικανότητες. Ενώ το αριστερό ημισφαίριο είναι υπεύθυνο για τη φωνολογία, τη σύνταξη και τη σημασία του λόγου, το δεξί ημισφαίριο δημιουργεί τον τονισμό και το συναίσθημα στη φωνή του ομιλητή και κατανοεί τα ίδια στην ομιλία των άλλων (Springer & Deutch, 1989). Οι μελέτες με άτομα που έχουν υποστεί διατομή του μεσολοβίου έχουν δείξει ότι το δεξί ημισφαίριο έχει αξιόλογες γλωσσικές ικανότητες (Zaidel, 1976), πολύ περισσότερες από αυτές που τυπικώς του αναγνωρίζονται. Πιο συγκεκριμένα, έχει διαπιστωθεί ότι η έκταση της γλωσσικής αντιπροσώπευσης στο δεξί ημισφαίριο,

διαφέρει μεταξύ των ατόμων (Myers, 1984), και ο βαθμός εμπλοκής του δεξιού ημισφαιρίου σε μία δοκιμασία ποικίλει, εξαρτώμενος από τις αντιληπτικές, κινητικές και γνωστικές απαιτήσεις της δοκιμασίας (Henninger, 1989). Τελευταία, η διημισφαιρική συνεργασία αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της γνωστικής διεργασίας. Αν και μία διεργασία μπορεί να ξεκινά από μία συγκεκριμένη περιοχή του εγκεφάλου, η πληροφορία περνά σε άλλα τμήματα και πιθανώς από το ένα ημισφαίριο στο άλλο για συνεχείς διεργασίες πριν την έξοδό της. Μέρος λοιπόν της πρόκλησης στην προσπάθεια διάγνωσης της εγκεφαλικής βλάβης ενός ασθενούς, αποτελεί η διάκριση μεταξύ προβλημάτων που αντικατοπτρίζουν βλάβη σε μια συγκεκριμένη περιοχή και προβλημάτων που αντικατοπτρίζουν το γεγονός ότι ο εγκέφαλος λειτουργεί ως ένα σύνολο, όπως μία μηχανή με πολυάριθμους αλληλοσυνδεδεμένους τροχούς, στην οποία μια προσβολή σε οποιοδήποτε σημείο μπορεί να διακόψει τη διαδικασία και την κίνηση της μηχανής. Αυτό που φαίνεται να είναι ένα έλλειμμα στο δεξί ημισφαίριο, στην πραγματικότητα μπορεί να είναι ένα πρόβλημα στη διημισφαιρική μεταφορά στο αριστερό ημισφαίριο για έξοδο. Για παράδειγμα, η ανικανότητα ενός ασθενή να ονομάσει μια εικόνα που παριστάνει ένα σχήμα το οποίο ψηλαφεί με το αριστερό του χέρι, θα μπορούσε να αντικατοπτρίζει ένα έλλειμμα στην αναγνώριση του σχήματος στο δεξί ημισφαίριο ή θα μπορούσε να υποδηλώνει ένα πρόβλημα στη μεσολοβιακή μεταφορά στο αριστερό ημισφαίριο για έξοδο και αντίδραση στην εισερχόμενη πληροφορία.

Όπως γίνεται φανερό από τα παραπάνω, είναι ιδιαίτερα δύσκολο να συνάγουμε συμπεράσματα για ημισφαιρική δυσλειτουργία από τη διαφοροποιημένη εκτέλεση κάποιας δοκιμασίας σε ένα άτομο με εγκεφαλική βλάβη. Οι πολλαπλές επιδράσεις της εγκεφαλικής οργάνωσης, οι ποικίλες γνωστικές απαιτήσεις της δοκιμασίας και οι ατομικές διαφορές στη λύση προβλημάτων, καθιστούν δύσκολη την ανάλυση της συνεισφοράς του κάθε ημισφαιρίου στις σύνθετες γνωστικές εργασίες του φυσιολογικού εγκεφάλου. Όμως, συγκλίνουσες ενδείξεις από αντιληπτικές, κινητικές και γνωστικές δοκιμασίες που εμπλέκουν λειτουργίες εξειδικευμένες στο καθένα ημισφαίριο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την εγκεφαλική βλάβη.

Συμπερασματικά, αν και τόσο οι κλινικές μελέτες ασθενών με διαχωρισμένο εγκέφαλο ή με εστιακές εγκεφαλικές βλάβες, όσο και πιο σύγχρονες μη επεμβατικές νευροαπεικονιστικές τεχνικές έχουν δείξει ότι τα δύο ημισφαίρια επεξεργάζονται διαφορετικά τις πληροφορίες, φαίνεται ότι υπάρχει μεγαλύτερη αλληλοεπικάλυψη στη μεταξύ τους λειτουργία από ότι αρχικά είχε θεωρηθεί.

3. Οι επιπτώσεις στην εκπαίδευση

Οι καθημερινά αυξανόμενες γνώσεις και πληροφορίες γύρω από το θέμα της εγκεφαλικής ασυμμετρίας, είναι φυσικό να οδηγήσουν σε θεωρίες και υποθέσεις σχετικά με τις ενδεχόμενες επιπτώσεις αυτής της ασυμμετρίας στην καθημερινή συμπεριφορά. Από όσα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα φαίνεται ότι η μάθηση και η μνήμη μπορούν να διατηρούνται ξεχωριστά στο αριστερό και στο δεξί ημισφαίριο. Το κάθε ήμισυ του εγκεφάλου ενός ασθενή που έχει υποστεί χειρουργική διατομή του μεσολοβίου, είναι ικανό να αισθανθεί, να παρατηρήσει και πιθανώς να συλλάβει εννοιολογικά ένα αντικείμενο ή κάποιο γεγονός ανεξάρτητα από το άλλο μισό. Επιπλέον, σχεδόν σε κάθε απόπειρα μελέτης των ημισφαιρικών διεργασιών, συμπεριλαμβανομένων και των μελετών που χρησιμοποιούν φυσιολογικά άτομα, τα ευρήματα υποστηρίζουν την ύπαρξη ημισφαιρικών διαφορών. Αν και υπάρχει ιδιαίτερη δυσκολία στο χαρακτηρισμό αυτών των διαφορών και ορισμένοι μιλούν για διάκριση μεταξύ λεκτικών και μη λεκτικών διεργασιών, ενώ άλλοι θεωρούν ότι τα δύο μισά του εγκεφάλου διαφέρουν ως προς τον τρόπο που χειρίζονται τις πληροφορίες, τα χαρακτηριστικά που αποδίδονται συχνότερα στα δύο εγκεφαλικά ημισφαίρια, μπορούν να διακριθούν σε πέντε κύριες ομάδες που δημιουργούν ένα τύπο ιεραρχίας. Κάθε χαρακτηρισμός συνήθως περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά που προηγούνται και προχωρά και πέρα απ' αυτά.

Αριστερό ημισφαίριο	Δεξί ημισφαίριο
λεκτικό	μη λεκτικό, οπτικοχωρικό
διαδοχικό, χρονικό, ψηφιακό	ταυτόχρονο, χωρικό, αναλογικό
λογικό, αναλυτικό	ολιστικό, συνθετικό
ορθολογιστικό	διαισθητικό
δυτική σκέψη	ανατολική σκέψη

Η άποψη ότι τα δύο ημισφαίρια είναι εξειδικευμένα για διαφορετικούς τρόπους σκέψης, έχει οδηγήσει στην έννοια της ημισφαιρικότητας, στη θέση δηλαδή ότι ένα άτομο βασίζεται περισσότερο σε ένα συγκεκριμένο τρόπο σκέψης ή με άλλα λόγια βασίζεται περισσότερο στο ένα ημισφαίριο απ' ό τι στο άλλο (Morton, 2003; Springer & Deurch, 1989).

Η θεραπευτική διατομή του μεσολοβίου αποκάλυψε την υπεροχή του δεξιού ημισφαιρίου στη συνθετική αντίληψη της ολιστικής διαμόρφωσης. Το δεξί ημισφαίριο επεξεργάζεται συνήθως γεωμετρικά σχήματα, εικόνες και μουσικούς ήχους, με τέτοιο τρόπο ώστε τα μέρη να αποκοτούν το νόημά τους μέσω των σχέσεών τους με τα άλλα μέρη. Αντίθετα, το αριστερό ημισφαίριο, το οποίο κατά κανόνα στους δεξιόχειρες είναι υπεύθυνο για την ομιλία, υπερέχει στη χρησιμοποίηση αναλυτικής - γραμμικής στρατηγικής για την αναγνώριση δομών. Ο έλεγχος του τρόπου επίλυσης των προβλημάτων, δείχνει ότι άλλα άτομα είναι επιδέξια σε χωροταξικές-συνθετικές ασκήσεις και άλλα σε αναλυτικές - λεκτικές δοκιμασίες.

Τα παραπάνω ευρήματα έγιναν αφορμή για να γραφτούν τις τελευταίες δεκαετίες αρκετά βιβλία και μελέτες σχετικά με το τι μπορούν να κάνουν τα δύο ημισφαίρια, το πώς να χρησιμοποιούνται και οι δύο πλευρές του εγκεφάλου και πόσο καλύτερα θα ήταν εάν αρχίζαμε να χρησιμοποιούμε το δεξί ημισφαίριο. Ορισμένοι συγγραφείς (Bogen, 1977; Harris, 1985; Ornstein, 1997) έγραψαν σχετικά με το πώς η εκπαίδευση σήμερα ασχολείται με το αριστερό ημισφαίριο μόνο και τι θα πρέπει να γίνει ώστε να αναπτυχθεί με την εκπαίδευση και η δεξιά πλευρά του εγκεφάλου. Δεν επικαλούνται κάποια επιστημονική μελέτη, αλλά αναφέρουν τι είναι και τι κάνει το αριστερό και το δεξιό ημισφαίριο σαν να πρόκειται για κοινή αποδεκτή γνώση. Κάποιοι παιδαγωγοί (βλ. Vitale, 1982) διαπιστώνουν ότι τα παιδιά που λειτουργούν σχεδόν πάντα με το δεξί ημισφαίριο συχνά αποτυγχάνουν στο σχολείο, γεγονός που βασίζεται στο ότι το σημερινό εκπαιδευτικό σύστημα και γενικά όλη η μετάδοση γνώσεων χρησιμοποιεί μεθόδους που συγκροτούνται με τη λογική, με το γραμμικό μοντέλο σκέψης από το μερικό στο ολικό. Οι απόψεις που διατυπώθηκαν υποστήριζαν τη μεγαλύτερη χρήση κατά την εκπαιδευτική διαδικασία των εικόνων, των μεταφορών, των νοητικών αναπαραστάσεων, της μουσικής κ.ά. με σκοπό την καλύτερη αξιοποίηση του δεξιού ημισφαιρίου. Σαν παραδείγματα αναφέρονται η χρησιμοποίηση puzzles στα μαθηματικά, η πειραματική-εργαστηριακή και η φυσική-εμπειρική διδασκαλία, η εικονογράφηση εννοιών για να συνοδεύουν γραπτά κείμενα. Μια σχετική διαδικασία μάθησης που εφαρμόστηκε τελευταία στο εκπαιδευτικό σύστημα, είναι η ανάγνωση «όλης» της λέξης (αναλυτικοσυνθετική μέθοδος) κι όχι η ανάγνωση ανά γράμμα και συλλαβή. Αυτή η εκπαιδευτική διαδικασία μαθαίνει τα παιδιά να αντιμετωπίζουν τη συνολική εικόνα της λέξης, ασκώντας και ολιστικές-συνθετικές ικανότητες που χαρακτηρίζουν κυρίως το δεξί μη-κυρίαρχο ημισφαίριο. Οι λύσεις τις οποίες προ-

τήνουν είναι αυτό που πιο συχνά αναφέρεται ως «ολιστική εκπαίδευση», αλλά αυτή δεν έχει απαραίτητα σχέση με την ημισφαιρικότητα.

Στην πραγματικότητα όμως, όλα αυτά χρειάζονται διαφορετικές λειτουργίες και από τα δύο ημισφαίρια. Οι εκπαιδευμένοι μουσικοί, για παράδειγμα, είναι πιο γρήγοροι στο να αναγνωρίζουν μία μελωδία όταν την ακούνε από το δεξί αυτί (αριστερό μέρος του εγκεφάλου), ενώ οι άνθρωποι χωρίς καμία εκπαίδευση στη μουσική (χωρίς τη γνώση κάποιου οργάνου ή χωρίς να ξέρουν να τραγουδούν) είναι πιο γρήγοροι στο να χρησιμοποιούν το αριστερό αυτί τους (δεξί ημισφαίριο). Αυτό πιθανότατα οφείλεται στο γεγονός ότι ένας μουσικός προσπαθεί να «αναλύσει» τη μουσική καθώς την ακούει. Ακόμα κατά το ίδιο χρονικό διάστημα αυτός πιθανότατα αναγνωρίζει τη μουσική με την άλλη πλευρά του εγκεφάλου. Τα παραπάνω εξηγούν γιατί ο Ravel, διάσημος Γάλλος συνθέτης και πιανίστας, μετά από βλάβη στο δεξί ημισφαίριο δεν μπορούσε να παίξει, να διαβάσει, να γράψει ή ακόμα να υπαγορεύσει μουσική, αλλά μπορούσε να πει τότε ένα πιάνο ήταν ξεκούρδιστο ή να εντοπίσει ένα λάθος όταν άλλοι άνθρωποι έπαιζαν μουσική.

Η Betty Edwards (1979) στο βιβλίο της «Σχεδιάζοντας με τη δεξιά πλευρά του εγκεφάλου», το οποίο είναι μία πολύ γνωστή μελέτη, η οποία προσδοκά να βελτιώσει τα αποτελέσματα της διδασκαλίας του σχεδίου σε αρχάριους, οδηγεί τον σπουδαστή στο να εξετάσει τις λεπτομέρειες της αυθεντικής εικόνας και όχι να σχεδιάζει αυτό που ο ίδιος νομίζει ότι θα πρέπει να σχεδιάζει. Μετά από μακροχρόνιες παρατηρήσεις και δοκιμές στρατηγικών διδασκαλίας σχεδίου κατέληξε στο ότι η ικανότητα ενός ατόμου να ζωγραφίζει ελέγχεται από τον τρόπο επεξεργασίας της οπτικής πληροφορίας. Όπως υποστηρίζει, ο συνήθης τρόπος επεξεργασίας των οπτικών πληροφοριών είναι ο λεκτικός-συμβολικός τρόπος, ο οποίος χαρακτηρίζει τη λειτουργία του αριστερού ημισφαιρίου. Όμως ο τρόπος που απαιτείται στο να σχεδιάσει καλά είναι ο συνθετικός-ολιστικός τρόπος με ευαισθητοποιημένη την αντίληψη χώρου, ο οποίος χαρακτηρίζει τη λειτουργία του δεξιού ημισφαιρίου. Ανέπτυξε λοιπόν μια νέα μέθοδο διδασκαλίας σχεδίου, διδάσκοντας το πώς ο εγκέφαλος πρέπει να προσλαμβάνει και να επεξεργάζεται την οπτική πληροφορία, χρησιμοποιώντας μια ακολουθία σχεδιαστικών ασκήσεων που βοηθούν τον ασκούμενο να «βλέπει» με νέο τρόπο, ή να μεταπίπτει συνειδητά από το λεκτικό-αναλυτικό τρόπο αντίληψης στο διαισθητικό-ολιστικό τρόπο. Για παράδειγμα, αντιστρέφοντας την εικόνα ενός ανθρώπινου προσώπου το μόνο που βλέπουμε είναι γραμμές και έτσι σχεδιάζουμε γραμμές αντί του να προσπαθούμε να σχεδιάσουμε αυτό που εμείς νομίζουμε για το πώς

ένα πρόσωπο πρέπει να μοιάζει. Έπειτα, παρουσιάζει τις λεπτομέρειες ενός προσώπου που φορά ένα ζευγάρι γυαλιά, όπως φαίνεται από την πλαϊνή πλευρά, το οποίο πραγματικά μετά μοιάζει με το γράμμα T αν το δεις από αυτή του την πλευρά και σχολιάζει ότι οι περισσότεροι αρχάριοι σχεδίασαν έναν κύκλο με μία μπάρα προσκολλημένη σ' αυτόν ακόμα και όταν προσπάθησαν να ζωγραφίσουν ένα ζευγάρι γυαλιά όπως τα έβλεπαν από την πλαϊνή πλευρά. Στόχος της είναι να κάνει τους ανθρώπους να προσέχουν τις λεπτομέρειες αντί για το σύνολο. Στην πραγματικότητα όμως, το να κοιτάζει κάποιος τις λεπτομέρειες είναι μία λειτουργία του αριστερού μέρους του εγκεφάλου. Όπως λοιπόν συμβαίνει και στο παράδειγμα που προαναφέρθηκε με τους μουσικούς, η Edwards εκπαιδεύοντας τους ανθρώπους πώς να σχεδιάζουν, πιθανά τους κάνει να χρησιμοποιούν περισσότερο το αριστερό μέρος του εγκεφάλου και έρχεται σε αντίθεση με αυτά που ισχυρίζεται στον τίτλο του βιβλίου της.

Ακόμα και λειτουργίες όπως η γλώσσα, όταν εξεταστούν με περισσότερες λεπτομέρειες ή με σύγχρονες νευροαπεικονιστικές τεχνικές, φαίνεται να χρησιμοποιούν και τα δύο ημισφαίρια (Schmidt, DeBuse, Seger, 2007). Το δεξί ημισφαίριο χρησιμοποιείται για να αναγνωρίζει όλες τις επαναλαμβανόμενες διεργασίες όπως η σύνταξη, η δομή του ήχου κ.ά., ενώ το αριστερό ημισφαίριο χρησιμοποιείται για κάθε τι που έχει να κάνει με τις έννοιες.

Για όλους του προαναφερθέντες λόγους, το ζήτημα της απόλυτης εγκεφαλικής πλευρίωσης αποτελεί σήμερα έναν από τους πιο παλιούς και από τους πλέον καθιερωμένους «νευρομύθους». Ο όρος «νευρομύθος» πρωτοχρησιμοποιήθηκε στα πρακτικά των συμποσίων του Οργανισμού για την Οικονομική Συνεργασία και Ανάπτυξη (ΟΟΣΑ) σχετικά με την έρευνα του εγκεφάλου (OECD, 2002), ενώ κάποιοι άλλοι ερευνητές έχουν επίσης αναγνωρίσει το πρόβλημα χωρίς να χρησιμοποιήσουν κάποιον ανάλογο όρο (π.χ., Jensen, 2000). Ο όρος αναφέρεται σε δημοφιλείς υποθέσεις σχετικά με τις εφαρμογές και τις επιπτώσεις της έρευνας του εγκεφάλου, οι οποίες κατά κάποιο τρόπο έχουν καθιερωθεί ως ευρέως αποδεκτές αλλά δεν έχουν επιβεβαιωθεί από την επιστημονική έρευνα. Αρκετοί τέτοιοι «νευρομύθοι» είναι αρκετά διαδεδομένοι και συναντώνται πολύ συχνά. Κυρίαρχη θέση ανάμεσα σε αυτούς έχει ο μύθος της εγκεφαλικής πλευρίωσης που αποτελεί έναν από τους πιο παλιούς και από τους πλέον καθιερωμένους «νευρομύθους» και αναφέρεται στην άποψη ότι τα δύο ημισφαίρια του εγκεφάλου εργάζονται ουσιαστικά με δύο τρόπους. Ο αριστερός εγκέφαλος συνήθως χαρακτηρίζεται ως το ορθολογικό μισό του εγκεφάλου και σχετίζεται με την αιτιολόγηση, τη

λύση προβλημάτων και τη γλώσσα, ενώ το δεξιό ημισφαίριο χαρακτηρίζεται ως η διαισθητική και δημιουργική πλευρά του εγκεφάλου και σχετίζεται περισσότερο με τις εικόνες παρά με τις λέξεις.

Δημοφιλείς θεωρίες που έχουν βασιστεί στην άποψη της απόλυτης εγκεφαλικής ασυμμετρίας διαδόθηκαν ευρέως τη δεκαετία του 1980 (Edwards, 1982; Williams, 1986) και εμφανίζονταν σε επιστημονικά συγγράμματα για πολλά χρόνια (Sabatella, 1999). Η έλξη που προκαλεί στο αναγνωστικό κοινό ένας αναλυτικός, αριστερός εγκέφαλος και ένας καλλιτεχνικός, δεξιός εγκέφαλος είναι πολύ μεγάλη για να μη γίνει αποδεκτή. Δυστυχώς, τα παραπάνω αποτελούν μία καταφανώς υπεραπλουστευμένη άποψη της εγκεφαλικής λειτουργίας η οποία δεν υποστηρίζεται από τη σύγχρονη επιστημονική έρευνα σχετικά με τον εγκέφαλο (Brueer, 1999; OECD, 2002). Οι θεωρίες αυτές στηρίζονταν περισσότερο σε μελέτες ασθενών με «διαιρεμένο εγκέφαλο», οι οποίοι είχαν υποστεί διατομή του μεσολοβίου. Η επέμβαση αυτή είναι μια μη-φυσιολογική κατάσταση, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη διακοπή της επικοινωνίας μεταξύ των δύο ημισφαιρίων του εγκεφάλου. Σε φυσιολογικές συνθήκες για τον υγιή εγκέφαλο των ενήλικων ατόμων τέτοιοι γενικευμένοι χαρακτηρισμοί, όπως αυτός της «πλευρίωσης», δεν υφίστανται. Σχεδόν όλες οι λειτουργίες που απαιτούν κάποια σύνθετη διεργασία έχει βρεθεί ότι συνίστανται από μία σειρά στοιχειωδών πρωταρχικών λειτουργιών, οι οποίες κατανέμονται από τη μια ως την άλλη άκρη του εγκεφάλου.

Ακόμα και οι πιο απλές δραστηριότητες, όπως η αναγνώριση των αριθμών («1», «2», «3», κλπ), ενεργοποιεί μέρη του εγκεφάλου και στα δύο ημισφαίρια και το ίδιο συμβαίνει όταν προσπαθεί το άτομο να επιτύχει την αποκωδικοποίηση των λέξεων του γραπτού λόγου, την αναγνώριση των ήχων ομιλίας και την κατανόηση χωρικών σχέσεων (OECD, 2002). Οι περισσότερες δραστηριότητες απαιτούν πολλές περιοχές του εγκεφάλου να ενεργοποιηθούν και να λειτουργήσουν μαζί. Όπως εξηγεί η αναφορά του ΟΟΣΑ, «ο εγκέφαλος είναι ένα εξαιρετικά ολοκληρωμένο σύστημα, όπου σπάνια ένα μέρος του δουλεύει μονωμένα» και οι περισσότερες δραστηριότητες απαιτούν και τα δύο ημισφαίρια να εργάζονται παράλληλα (OECD, 2002).

Σήμερα γνωρίζουμε ότι, ακόμα και αν ανακαλύψουμε πού ακριβώς εντοπίζεται μία λειτουργία στον εγκέφαλο ενός ατόμου, αυτό δε μας εγγυάται ότι θα συμβαίνει το ίδιο και για κάθε άλλο άτομο. Ο εγκέφαλος είναι αρκετά δυναμικός και μολονότι φαίνεται ότι οι λειτουργίες καταλαμβάνουν μία φυσική θέση σε κάποια συγκεκριμένη περιοχή, εάν αυτό το φυσικό μέρος καταστραφεί, ο εγκέφαλος θ' αναπτύξει αυτή τη λειτουργία

γία κάπου αλλού. Αυτό εξηγεί το γιατί, αν και η γλώσσα είναι κυρίως λειτουργία του αριστερού μέρους του εγκεφάλου, ακόμα και κάποιος που δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει το αριστερό μέρος του εγκεφάλου του μπορεί και μιλά. Υπάρχουν γνωστές περιπτώσεις ανθρώπων που είχαν υποστεί αριστερή ημισφαιρεκτομή και οι οποίοι κατά κάποιο τρόπο κατάφεραν να ξαναμάθουν πώς να ομιλούν (μολονότι δεν το μάθαιναν τόσο καλά) (Springer & Deutch, 1989). Επίσης, όσο νεότερος ήταν ένας ασθενής τόσο πιο εύκολο ήταν να ξαναμάθει πώς να μιλά. Τέλος, το γεγονός ότι μετά από αφαίρεση του αριστερού ημισφαιρίου σε νεογνική ηλικία, το δεξί ημισφαίριο αναλαμβάνει τη διεκπεραίωση της ομιλίας, σημαίνει ότι οι διαφορές στην ανάπτυξη και στην ωρίμανση μεταξύ των δύο ημισφαιρίων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις διαφορετικές εμπειρίες που βιώνουν τα άτομα και κυρίως από την εκπαίδευση κατά την παιδική ηλικία (για ανασκόπηση σχετικών μελετών βλ. Θεοδωρίδου & Τριάρχου, [υπό δημοσίευση]).

Οι παραπάνω απόψεις για τις επιπτώσεις των εμπειριών και της εκπαίδευσης στη διαμόρφωση της εγκεφαλικής ασυμμετρίας ενισχύονται και από τα ευρήματα ερευνών που μελέτησαν την εγκεφαλική ασυμμετρία μέσω της πλευρίωσης των λειτουργιών του λόγου σε αναλφάβητους. Συγκρίνοντας με τη χρήση λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας τις εγκεφαλικές περιοχές που ενεργοποιούνται σε εγγράμματα και αναλφάβητα άτομα, οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι όμοιες περιοχές του εγκεφάλου τους ενεργοποιούνται κατά την επανάληψη πραγματικών λέξεων, ενώ οι περιοχές διαφοροποιούνται κατά την επανάληψη ψευδολέξεων (Castro-Caldas, Peterson, Reis, Stone-Elander, & Ingvar, 1998a). Τα αποτελέσματα αυτά αποδόθηκαν στο ότι η εκμάθηση της ανάγνωσης και της γραφής κατά την παιδική ηλικία επηρεάζει τη λειτουργική οργάνωση του εγκεφάλου του ενήλικα, και ενισχύθηκαν από επόμενες έρευνες των ίδιων ερευνητών με τη χρήση τομογραφίας εκπομπής ποζιτρονίων που υποστηρίζουν ότι ο γραμματισμός πιθανώς να αυξάνει τη «συνομιλία» μεταξύ των δύο εγκεφαλικών ημισφαιρίων (Castro-Caldas, Peterson, Reis, Askelof, & Ingvar, 1998b), όπως φαίνεται και από τις διαφοροποιήσεις που παρατηρήθηκαν μεταξύ εγγράμματων και αναλφάβητων ατόμων στη μορφολογία του μεσολόβιου (Castro-Caldas, Miranda, Carmo, Reis, Leote, Ribeiro, & Ducla-Soares, 1999).

4. Συμπεράσματα και εκπαιδευτικές προεκτάσεις

Σε αυτό το άρθρο υποστηρίχθηκε ότι πολύ απλές λειτουργίες εντοπίζονται σε συγκεκριμένες περιοχές στο φυσιολογικό εγκέφαλο, αλλά, αν και υπάρχει πιθανότητα μία φυσική προκαθορισμένη περιοχή για κάθε λειτουργία στον εγκέφαλο, αυτό οφείλεται σε επιρροές από την εκπαίδευση, την κουλτούρα, τις εμπειρίες της ζωής, ή ακόμα και από κάποιο τραυματισμό ή κάποιο ιατρικό πρόβλημα.

Τα δύο ημισφαίρια παρουσιάζουν αξιοθαύμαστα εξειδικευμένες λειτουργίες με μία ουσιώδη διαφοροποίηση ανάμεσά τους όσον αφορά την επεξεργασία των πληροφοριών. Έχουν γραφτεί πάρα πολλά για τη δραστηριότητα του δεξιού και του αριστερού ημισφαιρίου. Στην πραγματικότητα, η σχέση μεταξύ των δύο ημισφαιρίων είναι αρκετά περίπλοκη και αλληλεπιδραστική σε πολλά επίπεδα, γι' αυτό είναι αναγκαίο να προσεγγίσουμε αυτό το θέμα με πολύ προσοχή. Σε κάθε τι που κάνουμε χρησιμοποιούμε αρκετές περιοχές του εγκεφάλου, πιθανώς και από τα δύο ημισφαίρια. Συνεπώς, δεν υπάρχουν άτομα που λειτουργούν μόνο με το δεξί ή μόνο με το αριστερό ημισφαίριο. Δεν μπορούμε συνειδητά να χρησιμοποιούμε τη μία πλευρά του εγκεφάλου περισσότερο από την άλλη και, σε αντίθεση με τη δημοφιλή πεποίθηση ότι αυτό συμβαίνει, φαίνεται ότι δεν έχει ποτέ αποδειχθεί ότι αυτό θα ήταν και ωφέλιμο.

Με βάση τα παραπάνω, θα ήταν υπεραπλούστευση να συμπεράνουμε ότι ένα άτομο χαρακτηρίζεται είτε από ολιστική-διαισθητική σκέψη τύπου δεξιού ημισφαιρίου, είτε από αναλυτική-λογική προσέγγιση προβλημάτων τύπου αριστερού ημισφαιρίου. Όλοι, άνδρες και γυναίκες, έχουμε αναπτύξει ως ένα βαθμό τις λειτουργίες μάθησης και αντίληψης και του δεξιού και του αριστερού ημισφαιρίου. Αυτές οι λειτουργίες συνεργάζονται μεταξύ τους με έναν εξαιρετικά συγχρονισμένο τρόπο. Το αριστερό οργανώνει και μεθοδεύει τις πληροφορίες, ενώ παράλληλα το δεξί δημιουργεί ιδέες. Για να έχουμε σωστή μάθηση χρειάζεται η συμμετοχή αλλά και η συμβολή και των δύο ημισφαιρίων. Τα δύο ημισφαίρια είναι συνδεδεμένα και ο εγκέφαλος λειτουργεί ως ενιαίο σύνολο. Εκείνο που ενδιαφέρει τον εκπαιδευτικό, είναι ότι, σύμφωνα με αυτό το εύρημα, ένα θέμα μπορεί να διδαχθεί με πολύ πιο αποτελεσματικό τρόπο, εάν κινητοποιεί ταυτόχρονα και τα δύο ημισφαίρια του εγκεφάλου (βλ. Κάτσιου-Ζαφρανά, 1988). Η διαφοροποίηση των μέσων και των τεχνικών στη διδασκαλία θα βοηθούσε σίγουρα στο να γίνουν καλύτερα αντιληπτές οι πληροφορίες που μεταδίδονται, αλλά αυτό δεν έχει σε τίποτα να κάνει με την ημισφαιρικότητα του εγκεφάλου.

Όπως επισημαίνει ο Bruer (1999), είναι επικίνδυνη η οικειοποίηση και η αλόγιστη εφαρμογή σε εκπαιδευτικές πρακτικές δεδομένων της βασικής έρευνας για τον εγκέφαλο, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το πλαίσιο της έρευνας. Κάτι τέτοιο μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφικές ψευδο-επιστημονικές πολιτικές, όπως αυτή της διακριτής εκπαίδευσης του δεξιού και του αριστερού ημισφαιρίου. Τέτοιες πολιτικές είναι αναποτελεσματικές καθώς δεν κάνουν τίποτα άλλο από το να τροποποιούν το σχέδιο γενικών κατηγοριών, οι οποίες όμως αφήνουν έξω πολλές περιπτώσεις παιδιών. Ακόμα χειρότερο είναι το ότι στα παιδιά που κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με τις ψευδο-επιστημονικές θεωρίες για την εγκεφαλική λειτουργία τους δεν αναγνωρίζονται συγκεκριμένες δυνατότητες. Για παράδειγμα τα παιδιά που λειτουργούν με το αριστερό ημισφαίριο μπορεί να μην ενθαρρύνονται να ασχοληθούν με καλλιτεχνικές ή μη-δομημένες δραστηριότητες, και στα παιδιά που λειτουργούν με το δεξί ημισφαίριο να μη δίνονται συχνά οργανωτικές δοκιμασίες. Τέτοιες ενέργειες δεν είναι διαφορετικές από το να λέμε σε ένα κορίτσι «μην ανησυχείς για τις χαμηλές επιδόσεις σου στα μαθηματικά, γιατί είσαι κορίτσι». Πρέπει λοιπόν να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί όταν χρησιμοποιούμε συγκεκριμένα και περιορισμένα σε κάποιο πλαίσιο, ευρήματα των νευροεπιστημών για να περιγράψουμε τα γνωστικά χαρακτηριστικά και τις κλίσεις κάποιου ατόμου.

Σαφώς, όπως υποστηρίζει η Μ. Κάτσιου-Ζαφράνα (1988, σελ. 32), «η μελέτη της νευροφυσιολογίας του εγκεφάλου έχει δημιουργήσει προοπτικές για βελτίωση των τρόπων εκπαίδευσης, ρίχνοντας φως στους μηχανισμούς της προσοχής, στη βιοχημεία της μνήμης, στους τρόπους επεξεργασίας των πληροφοριών από τα εγκεφαλικά ημισφαίρια και τη σχέση τους με τη μάθηση κ.ά.». Γι' αυτό και όλοι οι επιστήμονες που ασχολούνται με την εκπαίδευση και τη μάθηση δεν μπορούν να αγνοούν τα δεδομένα της νευροφυσιολογίας και της ψυχοφυσιολογίας. Όμως, οι προσπάθειες των εκπαιδευτικών να τροποποιήσουν την εκπαιδευτική θεωρία και πράξη με βάση τις πρόσφατες αυτές γνώσεις ασφαλώς βρίσκονται ακόμα στην αρχή τους και εκείνο που πραγματικά συμβαίνει, είναι ότι, κάτω από το φως των νέων δεδομένων, αναθεωρούμε τις απόψεις μας γύρω από το θέμα της μάθησης και της διδακτικής μεθοδολογίας, ή στηρίζουμε τις όποιες εμπειρικές και φιλοσοφικές σωστές απόψεις μας πάνω στο θέμα σε ατράνταχτα επιστημονικά δεδομένα. Αν και δεν μπορούμε να μετατρέψουμε τα πρώιμα αποτελέσματα της έρευνας για τον εγκέφαλο σε εξειδικευμένες πολιτικές και συνταγές, σίγουρα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την κατανόηση των λειτουργιών του

εγκεφάλου, ώστε να επιτύχουμε μια καλύτερη εκτίμηση των ατομικών διαφορών στους τρόπους μάθησης και μια πληρέστερη αντίληψη της φύσης και της αιτίας των αναπτυξιακών διαταραχών που έχουν τη βάση τους στις εγκεφαλικές λειτουργίες. Θα μπορούσαμε, επίσης, να αποκτήσουμε έμπνευση για δημιουργικές λύσεις σε εκπαιδευτικά διλήμματα, κατανοώντας βαθύτερα το ότι κάθε εκπαιδευτικός πρέπει να εστιάζει στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε μαθητή κι όχι σε ευρείες κατηγορίες μαθητών. Συμπερασματικά, αυτό που η νευροεπιστήμη μπορεί να συνεισφέρει στην εκπαίδευση είναι κατά πολύ το ίδιο με αυτό που η εκπαίδευση προσφέρει στην επιστήμη: ένα συνεχή διάλογο που ενθαρρύνει την κριτική ανάλυση και παρακινεί την καινοτομία και τη βελτίωση.

Με βάση λοιπόν τις παραπάνω γενικές θέσεις, όσον αφορά το συγκεκριμένο ζήτημα της εγκεφαλικής ασυμμετρίας και των πιθανών επιπτώσεών της στην εκπαιδευτική διαδικασία, μας βρίσκει σύμφωνους η άποψη της Ε. Σαββάκη ότι «ο πραγματικός ανασχηματισμός της εκπαίδευσης απαιτεί από το σύστημα, τους δασκάλους και τους γονείς, να διεγείρουν τόσο τη λεκτική όσο και τη μη λεκτική σκέψη των μαθητών, να τους μάθουν να αισθάνονται τη μη λεκτική τους συνείδηση και να σέβονται τη διαίσθηση και τη μη λεκτική νοητική διαδικασία. Μαθαίνοντας το παιδί όχι μόνο την αφαιρετική-λεκτική-λογική αντίληψη, αλλά και την ολιστική-μη λεκτική-διαισθητική σκέψη, θα είναι στη δημιουργική θέση να συλλάβει πολύπλοκες υποκειμένες αμοιβαίες σχέσεις ιδεών και γεγονότων και να δει παλαιά προβλήματα με καινούριο τρόπο» (Σαββάκη, 1989, σ. 108). Η ενεργοποίηση τέτοιων στρατηγικών μάθησης δίνει τη δυνατότητα σε όλα τα παιδιά να εκμεταλλευτούν το σύνολο των ικανοτήτων τους, να κινητοποιήσουν το σύνολο του εγκεφάλου τους και τα βοηθά να αναδείξουν τις ιδιαιτερότητες του τρόπου σκέψης τους σε ένα προσιτό σε αυτά εκπαιδευτικό περιβάλλον.

Βιβλιογραφία

- Benton, A. L. (1965). The problem of cerebral dominance. *The Canadian Psychologist*, 6, 332-348.
- Binder, J., Frost, J., Hammeke, T., Cox, R., Rao, S., & Prieto, T. (1997). Human brain language areas identified by functional magnetic resonance imaging. *Journal of Neuroscience*, 17, 353-362.

- Bogen, J. (1977). Some educational implications of hemispheric specialization. In M. Wittrock, (ed.) *The human brain* (pp. 133-152). Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Bryden, M. (1988). An overview of the dichotic listening procedure and its relation to cerebral organization. In K. Hugdahl (Ed.), *Handbook of dichotic listening: Theory, methods and research* (pp. 1-43). Chichester, England: Wiley.
- Bruer, J. (1999). In search of ... brain-based education. *Phi Delta Kappan*, 80, 648-654.
- Castro-Caldas, A., Peterson, K., Reis, A., Stone-Elander, S., Ingvar, M. (1998a). The illiterate brain: Learning to read and write during childhood influences the functional organization of the adult brain. *Brain*, 121, 1053-1063.
- Castro-Caldas, A., Peterson, K., Reis, A., Askelof, S., Ingvar, M. (1998b). Differences in inter-hemispheric interactions related to literacy, assessed by PET. *Neurology*, 50, A43.
- Castro-Caldas, A., Miranda, P., Carmo, I., Reis, A., Leote, F., Ribeiro, C., Ducla-Soares, E. (1999). Influence of learning to read and write on the morphology of the corpus callosum. *European Journal of Neurology*, 6, 23-28.
- Desrocher, M., Smith, M., & Taylor, M. (1997). Stimulus and sex differences in performance of mental rotation: evidence from event related potentials. *Brain and Cognition*, 28, 14-38.
- Dimond, S. & Beaumont, G. (1974). Hemisphere function and paired-associate learning. *British Journal of Psychology*, 65, 275-278.
- Edwards, B. (1979). *Drawing on the right side of the brain*. Los Angeles: J.P. Tarcher
- Θεοδωρίδου Ζ., & Τριάρχου, Λ. (υπό δημοσίευση). Τελεγκεφαλική Εξειδίκευση και Ημισφαιρική Ευπλαστικότητα στη Λειτουργική Γλωσσική Αντιστάθμιση: Κλειδιά από τη Νευροπαθολογία, *Επιστημονική Επετηρίδα Τμήματος Ψυχολογίας Πανεπιστημίου Κρήτης*.
- Jensen, E. (2000). Brain-based learning: A reality check. *Educational Leadership*, 4, 76-80.
- Harris, L. (1985). Teaching the right brain: Historical perspective on a contemporary educational fad. In C.T. Best (Ed.) *Function and collaboration in the child*. (pp. 229-273). NY: Academic Press.
- Henniger, P. (1989). Commissurotomy subjects show lateralized difference between manual and oral responding. *Cortex*, 258, 325-329.
- Goodglass, H., & Calderon, M. (1977). Parallel processing of verbal and

- musical stimuli in right and left hemispheres. *Neuropsychologia*, 15, 397-407.
- Kandel, E., Schwartz, J., & Jessel, T. (2000). *Principles of Neural Science*. 4th ed. New York: McGraw-Hill.
- Κάτσιου - Ζαφρανά Μ. (1988). Ανθρώπινος εγκέφαλος και μάθηση. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 42, 32-44.
- Kimura, D. (1961a). Some effects of temporal-lobe damage on auditory perception. *Canadian Journal of Psychology*, 15(3), 156-165.
- Kimura, D. (1961b). Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Canadian Journal of Psychology*, 15(3), 166-171.
- Levy, J., & Trevarthen, C. (1976). Mental control of hemispheric function in human split-brain patients. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2, 299-312.
- Levy, J., Trevarthen, C. & Sperry, R. (1972). Reception of bilateral chimeric figures following hemispheric disconnection. *Brain*, 95, 61-78.
- Miller, E., Fujuoka, T., Chapman, L., & Chapman, J. (1995). Psychometrically matches tasks for assessment of hemispheric asymmetries of function. *Brain and Cognition*, 28, 1-13.
- Morton, B. (2003). Hemisphericity of university students and professionals: Evidence for sorting during higher education. *Brain and Cognition*, 52, 319-325.
- Myers, J. (1984). Right hemisphere language: Science or fiction? *American Psychologist*, 39(3), 315-320.
- Nebes, R.D. (1971). Superiority of the minor hemisphere in commissurotomed man for the perception of part-whole relations. *Cortex*, 7, 333-349.
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) (2002) *Understanding the Brain: Towards a New Learning Science*. Paris: OECD.
- Ornstein, R. (1997). *The Right Mind*, Orlando, FL: Harcourt Brace & Company.
- Papanicolaou, A., Simos, P., Breier, J., Zouridakis, G., Willmore, L., Whelless, J., Constantinou, J., Maggio, W., & Gormley, W. (1999). Magnetoencephalographic mapping of the language specific cortex. *Journal of Neurosurgery*, 90, 85-93.
- Pobric, G., Mashal, N., Faust, M., Lavidor, M (2008). The role of the right cerebral hemisphere in processing novel metaphoric expressions: A transcranial magnetic stimulation study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, 170-181.

- Σαββάκη, Ε. (1989). *Οι παράλληλοι εαυτοί μας και το βουβό δεξί ημισφαίριο*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Sabatella, M. (1999). Intelligence and Giftedness: changes in the structure of the brain. *Gifted Education International*, 13, 226-237.
- Sandmann, P., Eichele, T., Specht, K., Jancke, L., Rimol, L.M., Nordby, H. & Hugdahl, K. (2007). Hemispheric asymmetries in the processing of temporal acoustic cues in consonant-vowel syllables. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 25, 227-40.
- Schmidt, G., DeBuse, C., Seger, C. (2007). Right hemisphere metaphor processing? Characterizing the lateralization of semantic processes. *Brain and Language*, 100, 127-141.
- Simos, P., Breier, J., Zouridakis, G., & Papanicolaou, A. (1998). Identification of language-related brain activity using magnetoencephalography. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 20, 707-720.
- Sperry, R. W. (1968). Hemispheric disconnection and unity in conscious awareness. *American Psychologist*, 23, 723-733.
- Sperry, R. W. (1974). Lateral specialization in the surgically separated hemispheres. In E.O. Schmitt & F.G. Worden (Eds.), *The neurosciences: Third study program* (Vol. 3, pp. 5-19). Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Springer, S. P. & Deutsch, G. (1989). *Left brain, right brain* (3rd ed.) San Francisco: Freeman.
- Τσανίρα, Ε. (1980). *Νευροψυχολογική και ηλεκτροφυσιολογική μελέτη παιδιών με μαθησιακές δυσκολίες*. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Vitale, B. (1982). *Unicorns are real - A right - brained approach to learning*. Jalmar Press.
- Wigan, A. (1844). *A new view of insanity: the duality of mind*. London: Longman, Brown, Green & Longmans.
- Williams, L. V. (1986). *Teaching for the Two-Sided Mind: a guide to right brain/left brain education*. New York: Simon and Schuster.
- Zaidel, E. (1976). Lexical organization in the right hemisphere. In P.A. Buser & A. Rougeul-Buser (Eds), *Cerebral correlates of conscious experience*. (p.p. 177-197). Amsterdam: Elsevier.