

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

---

# **ΕΛΕΥΘΕΡΝΑ**

**ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΕΤΗΡΙΔΑ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ**  
**ΨΥΧΟΛΟΓΙΑΣ**



**ΤΟΜΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΣ**  
**ΡΕΘΥΜΝΟ 2008**

# **Τελεγκεφαλική Εξειδίκευση και Ημισφαιρική Ευπλαστικότητα στη Λειτουργική Γλωσσική Αντιστάθμιση: Ενδείξεις από τη Νευροπαθολογία**

Ζωή Θεοδωρίδου<sup>1</sup> & Λάζαρος Τριάρχου<sup>2</sup>

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η παρούσα ανασκόπηση εξετάζει τις δυνατότητες του δεξιού ημισφαιρίου του ανθρώπινου εγκεφάλου για λειτουργική αντιστάθμιση γλωσσικών λειτουργιών. Ένα από τα πρότυπα που μελετάται αφορά περιπτώσεις αριστερής ημισφαιρικής εκτομής, μιας δραστηρικής μεθόδου αντιμετώπισης ανθεκτικής επιληψίας (δηλ. επιληψίας που δεν αποκρίνεται σε φαρμακευτική αγωγή): επιπλέον, παρατίθενται και περιπτώσεις γλοιωμάτων, πρώιμης εγκεφαλικής βλάβης, εγκεφαλικών αρτηριοφλεβικών δυσπλασιών, εγκεφαλικής αποπληξίας και ημιυδρανγκεφαλίας. Αναλύονται τα ψυχογλωσσικά και νευροανατομικά δεδομένα από τη βιβλιογραφία, τα οποία υποδεικνύουν ότι περιοχές του φλοιού του δεξιού εγκεφαλικού ημισφαιρίου είναι ικανές να παράγουν και να κατανοούν σε ένα βαθμό το λόγο. Αυτή η αντιστάθμιση έχει ένα νευροαπεικονιστικό παρονομαστή. Φαίνεται ότι προκύπτει δράση ενός ομολόγου δικτύου, όχι μόνο σε ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε ημισφαιρική εκτομή, αλλά και σε περιπτώσεις ασθενών με άλλου τύπου εγκεφαλικές βλάβες. Η δυνατότητα του δεξιού ημισφαιρίου να αναλαμβάνει γλωσσικές λειτουργίες ενισχύει την έννοια της ευπλαστικότητας του κεντρικού νευρικού συστήματος· παράλληλα, θέτει κάποια ερωτηματικά σχετικά με τη βαρύτητα που έχει αποδοθεί στην εξειδίκευση και στον εντοπισμό των νευρογλωσσικών λειτουργιών.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** νευρωνική ευπλαστικότητα, λειτουργική αντιστάθμιση, περιοχή Broca, περιοχή Wernicke, φλοιός τελεγκεφάλου

---

<sup>1</sup>. Τμήμα Εκπαιδευτικής και Κοινωνικής Πολιτικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Εγνατία 156, 54006 Θεσσαλονίκη, e-mail: ztheodoridou@hotmail.com

<sup>2</sup>. Καθηγητής Νευροεπιστημών και Πρόεδρος Τμήματος Εκπαιδευτικής και Κοινωνικής Πολιτικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Εγνατία 156, 54006 Θεσσαλονίκη, e-mail: triarhou@uom.gr

## Εισαγωγή

Η εργασία αυτή εμπίπτει στο γενικό θέμα της ευπλαστότητας του εγκεφάλου. Ανασκοπεί δεδομένα που σχετίζονται με τη γλωσσική συμπεριφορά ατόμων που έχουν υποβληθεί σε αριστερή ημισφαιρική και τις αντισταθμιστικές διαδικασίες –σε νευροανατομικό επίπεδο– της ανάπτυξης και της ανάκτησης της γλώσσας σε ασθενείς των οποίων το αριστερό ημισφαίριο είτε έχει αφαιρεθεί χειρουργικά είτε έχει καταστραφεί από κάποια παθολογική διεργασία.

Η πρώτη σύνδεση συγκεκριμένων νοητικών λειτουργιών με εντοπισμένες περιοχές του φλοιού στην ιστορία της σύγχρονης νευροεπιστήμης αποδίδεται στον Αυστριακό νευροανατόμο Franz Joseph Gall (1758-1828), ο οποίος υποστήριξε πως ο εγκέφαλος συγκροτείται από τόσα όργανα όσες είναι και οι νοητικές λειτουργίες.

Στη γένεση του διλήμματος ολισμός ή εξειδίκευση συνετέλεσε η παρουσίαση από τον Γάλλο νευρολόγο και ανθρωπολόγο Paul Broca (1824-1880) το 1861 της περίπτωσης του Leborgne, ενός ασθενούς ο οποίος νοσηλευόταν επί 21 χρόνια, έχοντας χάσει την ικανότητα της ομιλίας (Dingwall, 1993). Μέχρι το 1868 ο Broca μελέτησε 20 παρόμοιες περιπτώσεις· σε 19 από αυτές, οι ασθενείς είχαν υποστεί βλάβη στην κάτω έλικα του αριστερού μετωπιαίου λοβού. Συμπέρασμα αυτών των μελετών ήταν η φράση *«μιλούμε με το αριστερό ημισφαίριο»* (Broca, 1865).

Ο αντίλογος της θέσης του Broca συνοψίζεται στη φράση του Άγγλου νευρολόγου John Hughlings Jackson (1835-1911) ότι *«η εντόπιση βλαβών που καταστρέφουν το λόγο και η εντόπιση του λόγου είναι δύο διαφορετικά ζητήματα»* (Hughlings Jackson, 1874).

Το 1877 ο Βρετανός Thomas Barlow (1845-1945) παρουσίασε το ιστορικό ενός αγοριού που είχε αναπτύξει φυσιολογικό λόγο, ύστερα τον έχασε, έπειτα τον ανέκτησε και τελικά τον έχασε οριστικά. Η παθολογοανατομική εξέταση έδειξε βλάβη στην περιοχή Broca και στην ομόλογη περιοχή του δεξιού ημισφαιρίου. Για την περίπτωση αυτή δόθηκαν διάφορες ερμηνείες. Όπως περιγράφουν οι Finger, Buckner & Buckingham (2003), πέρα από τον Barlow, ο Ferrier (1879) και ο Hughlings Jackson συνηγορούσαν υπέρ της «θεωρίας της αφθονίας», σύμφωνα με την οποία η δράση του εγκεφάλου είναι αμφίπλευρη. Βλάβη στο ένα εγκεφαλικό ημισφαίριο δεν οδηγεί αναγκαστικά σε μη αναστρέψιμη, καταστροφική κατάσταση. Ο κινητικός φλοιός του δεξιού ημισφαιρίου επαρκεί ώστε να επιτελούνται σε κάποιο βαθμό

οι στοματοκινητικές λειτουργίες.

Από την άλλη πλευρά, επιφανείς νευρολόγοι όπως οι Gowers, Taylor και Henschen αξιολόγησαν το περιστατικό ως ενίσχυση της «θεωρίας της λειτουργικής ανάληψης» (“vicariation theory”, Finger et al., 2003). Η «θεωρία της λειτουργικής ανάληψης» στηρίχθηκε σε τρεις υποθέσεις: (α) Μία εξελικτικά προγενέστερη εγκεφαλική δομή θα μπορούσε κάπως να αναλάβει γλωσσικές λειτουργίες μετά από βλάβη στην περιοχή Broca· (β) ένα διαφορετικό τμήμα του αριστερού ημισφαιρίου μπορεί να εμπλέκεται στην αντιστάθμιση· και (γ) πιθανώς μία ομόλογη, αλλά λειτουργικά μη ισοδύναμη, περιοχή να ευθύνεται για τη γλωσσική αντιστάθμιση.

Το 1906 προέκυψε στο Παρίσι μία από τις μεγαλύτερες διαμάχες στην ιστορία της αφασιολογίας (York, 2005). Η φιλονικία ξεκίνησε όταν ο Γάλλος νευρολόγος Pierre Marie (1853-1940) αμφισβήτησε το ρόλο της κάτω μετωπιαίας έλικας στο λόγο. Πρωταγωνιστές της διαμάχης, από την πλευρά των υπέρμαχων του εντοπισμού, είχαν υπάρξει οι Broca, Wernicke, Lichtheim, Charcot, Bastian και Déjerine· από την πλευρά του ολισμού, οι Hughlings Jackson, Goltz, Freud και Marie. Η διχογνωμία διήρκεσε όλον τον 20ό αιώνα και συνεχίζει να υφίσταται (για συζήτηση βλ. Tsapkini, Vivas & Triarhou, 2007. Vivas, Tsapkini & Triarhou, 2007). Μέθοδοι λειτουργικής απεικόνισης του εγκεφάλου χρησιμοποιούνται σήμερα για τη διερεύνηση του ρόλου της εξειδίκευσης σε τοπογραφικό επίπεδο.

Ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον πεδίο εφαρμογής της αλληλεπίδρασης των παραγόντων της εξειδίκευσης και της ευπλαστικότητας, είναι η ανάκαμψη λειτουργιών μετά από την αφαίρεση ενός ημισφαιρίου ή μέρους αυτού, μία νευροχειρουργική επέμβαση που αποκαλείται ημισφαιριεκτομή (Battro, 2000).

Η ημισφαιριεκτομή χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1927 από τον Αμερικανό νευροχειρουργό Walter Dandy (1886-1946) (Dingwall, 1993). Τόσο ο Dandy, όσο και ο Γάλλος νευρολόγος-ψυχίατρος Jacques Jean Lhermitte (1877-1959), την περιέγραψαν σε άρθρα τους το 1928 (Vargha-Khadem & Polkey, 1992). Η επέμβαση προκάλεσε τέτοια αίσθηση στους επιστημονικούς κύκλους της εποχής, που ο νευροχειρουργός Keen έγραψε στον Dandy: «...αφαιρείς τον μισό εγκέφαλο ενός ανθρώπου και τον αφήνεις να κυκλοφορεί σα να μη συμβαίνει τίποτε. Όποτε καταφέρεις να αφαιρέσεις ολόκληρο τον εγκέφαλο, ίσως σε συμβουλευθώ». Η υπέρμετρη αισιοδοξία περιορίστηκε όταν στη δεκαετία του 1960 άρχισαν να αναφέρονται μετεγχειρητικές επιπλοκές (De Almeida, Marino, Aguiar & Jacobsen Teixeira (2006). Στις οκτώ δεκαετίες

που έχουν μεσολαβήσει έκτοτε, έχουν καταβληθεί προσπάθειες για τη βελτίωση της τεχνικής.

Η ημισφαιριεκτομή θεωρείται ως η δραστικότερη λύση για επιληπτικές κρίσεις που δεν αποκρίνονται σε φαρμακευτική αγωγή. Προϋπόθεση για να πραγματοποιηθεί μία τέτοια επέμβαση είναι οι κρίσεις να εντοπίζονται στο ένα ημισφαίριο, στο οποίο θα πρέπει να προϋπάρχει και κάποια δομική ανωμαλία (Devlin, Cross, Harkness, Chong, Harding, Vargha-Khadem et al., 2003). Η ημισφαιριεκτομή εφαρμόζεται κατά κόρον σε ασθενείς που υποφέρουν από «ανθεκτική» επιληψία σε ετερογενείς φαινοτύπους, όπως το σύνδρομο Sturge-Weber (Vargha-Khadem, Carr, Isaacs, Brett, Adams & Mishkin, 1997), το σύνδρομο Rasmussen (Trudeau, Colozzo, Sylvestre & Ska, 2003) και η ημιμεγαλεγκεφαλία (King, Stephenson, Ziervogel, Doyle & Galbraith, 1985).

Οι De Almeida και συν. (2006) ταξινομούν τις τεχνικές σε δύο μεγάλες ομάδες: (α) τεχνικές που βασίζονται στην ολική αφαίρεση του φλοιού και (β) τεχνικές που βασίζονται στην αποσύνδεση. Στην πρώτη ομάδα εμπίπτουν περιπτώσεις ημισφαιριεκτομής, ανατομικής ημισφαιριεκτομής, ημιαποφλοίωσης (hemidecortication) και ημιφλοιεκτομής (hemicorticectomy). Στη δεύτερη ομάδα συγκαταλέγονται τεχνικές όπως λειτουργική ημισφαιριεκτομή και ημισφαιριεκτομή όπου αφαιρείται μέρος του ημισφαιρίου και διακόπτονται οι συνδέσεις μεταξύ υγιούς και πάσχοντος ιστού· οι τεχνικές αυτές είναι λιγότερο παρεμβατικές.

Ακολουθεί μια ανασκόπηση των ψυχογλωσσολογικών και νευροανατομικών ευρημάτων σε άτομα που είχαν υποβληθεί σε αριστερή ημισφαιριεκτομή. Σκοπός της μελέτης είναι να αναδειχθούν οι δυνατότητες του δεξιού ημισφαιρίου του ανθρώπινου εγκεφάλου στο να αντισταθμίζει γλωσσικές λειτουργίες, γεγονός που ενισχύει την έννοια της ευπλαστότητας του κεντρικού νευρικού συστήματος.

## **Ημισφαιριεκτομή**

### *Ψυχογλωσσικά Δεδομένα*

*Κατανόηση.* – Οι Dennis & Kohn (1975) διαπίστωσαν διαφορές στην ικανότητα κατανόησης της σύνταξης από τα δύο ημισφαίρια, που δεν ανιχνεύονται από μετρήσεις του λεκτικού δείκτη νοημοσύνης. Συγκεκριμένα, συγκρίνοντας ασθενείς με νηπιακή ημιπληγία που υποβλήθηκαν σε ημιαποφλοίωση του αριστερού και του δεξιού ημισφαιρίου, συμπέραναν ότι οι λειτουργίες που αποτελούν τη βάση της συντακτικής κατανόησης δεν

αναπτύσσονται με τον ίδιο τρόπο στα δύο απομονωμένα ημισφαίρια. Οι διαφορές δεν αφορούν μόνο στο αποτέλεσμα, αλλά και στη διαδικασία, αφού το δεξιό ημισφαίριο χρειάζεται περισσότερο χρόνο σε σχέση με το αριστερό για να διαφοροποιήσει προτάσεις. Το πρόβλημα εντείνεται όταν πρόκειται για κατανόηση αρνητικών παθητικών προτάσεων (Dennis, 1980. Ogden, 1988). Γενικά, η αύξηση της πολυπλοκότητας της δομής μίας πρότασης οδηγεί σε ανεπαρκή κατανόηση (Dennis, 1980. Dennis & Whitaker, 1976).

Η αδυναμία στον προσληπτικό λόγο ισχύει όχι μόνο για τη συντακτική, αλλά και για τη γραμματική κατανόηση. Συγκεκριμένα, η κατανόηση των μορφολογικών δεικτών βρέθηκε προβληματική (Vargha-Khadem & Polkey, 1992). Η κατανόηση γλωσσικών ερεθισμάτων βρέθηκε να επηρεάζεται από την τροπικότητά τους: οι ασθενείς κατανοούσαν καλύτερα τα οπτικά ερεθίσματα απ' ότι τα ακουστικά (Ogden, 1988). Αναφορικά με τη σημασιολογική κατανόηση δεν παρατηρήθηκαν ιδιαίτερες δυσκολίες (Boatman, Freeman, Vining, Pulsifer, Miglioretti, Minahan et al., 1999. Dennis & Whitaker, 1976. Ogden, 1996. Vanlancker-Sidtis, 2004).

*Παραγωγή.* – Η ανάπτυξη της κλιτικής και παραγωγικής μορφολογίας ατόμων που είχαν υποβληθεί σε αριστερή ημισφαιρική εκτομή –πριν ή μετά την κατάκτηση του λόγου– βρέθηκε από τις Curtiss & de Bode (2003) φυσιολογική· η έρευνα έδειξε ότι η ανάπτυξη αυτή διέπεται από τους κανόνες της καθολικής γραμματικής, μόνο που ακολουθεί βραδύτερους ρυθμούς.

Η ανάπτυξη της συντακτικής ικανότητας εξετάστηκε σε σχέση με τα συστήματα των λειτουργικών κατηγοριών I-, D-, C-, όπως περιγράφονται από τον Chomsky στο μινιμαλιστικό του πρόγραμμα. Συνοπτικά, το σύστημα «I» περιλαμβάνει τα μορφήματα των προσωπικών αντωνυμιών, των βοηθητικών ρημάτων, των χρόνων, κ.ά. Το σύστημα «D» αφορά τα άρθρα, μορφήματα που δηλώνουν κτήση, τις καταλήξεις των αριθμών, δηλαδή τα ονομαστικά χαρακτηριστικά. Τέλος, το σύστημα «C» αναφέρεται στις αναφορικές αντωνυμίες και στα ερωτηματικά στοιχεία ή στοιχεία «wh» (where, when, who, κ.τ.λ.). Σύμφωνα με τις Curtiss & Schaeffer (2005), παιδιά που είχαν υποβληθεί σε αριστερή ημισφαιρική εκτομή ενσωμάτωσαν στο λόγο τους τα συστήματα των λειτουργικών κατηγοριών, αν και διέπρατταν περισσότερα σφάλματα από τα υγιή. Οι φωνημικές δεξιότητες βρέθηκαν είτε φυσιολογικές (Boatman et al., 1999. Dennis & Whitaker, 1976), είτε διαταραγμένες (Vanlancker-Sidtis, 2004).

Σε μία πρώτη εκτίμηση, φαίνεται ότι η ανάληψη γλωσσικών διεργασιών από το δεξιό ημισφαίριο δεν είναι τόσο ανεπαρκής, ώστε να εμποδίζει τη λειτουργικότητα του ατόμου. Με άλλα λόγια, το δεξιό ημισφαίριο μπορεί να διεκπεραιώνει γλωσσικές λειτουργίες με αποτελεσματικό τρόπο.

### *Νευροανατομικά Δεδομένα*

Μέχρι σήμερα υπάρχουν δύο καταγεγραμμένες περιπτώσεις ασθενών που υποβλήθηκαν σε αριστερή ημισφαιριεκτομή, για τους οποίους ταυτόχρονα υπάρχουν και νευροαπεικονιστικά ευρήματα. Στην πρώτη από αυτές, εξετάστηκε από τους Hertz-Pannier και συν. (2002) η περίπτωση ενός αγοριού με σύνδρομο Rasmussen που υποβλήθηκε σε ολική αριστερή ημισφαιριεκτομή σε ηλικία 9 ετών, αφού είχε προηγηθεί φυσιολογική και πλήρης γλωσσική ανάπτυξη. Το σύνδρομο *Rasmussen* ή *χρόνια εστιακή εγκεφαλίτιδα* είναι μια σπάνια, προϊούσα νευρολογική διαταραχή, που χαρακτηρίζεται από συχνές και βαριές επιληπτικές κρίσεις, απώλεια κινητικών δεξιοτήτων και λόγου, ημιπάρεση, εγκεφαλίτιδα, άνοια, και νοητική έκπτωση. Η διαταραχή, που πλήττει το ένα εγκεφαλικό ημισφαίριο, εμφανίζεται πριν από την ηλικία των 10 ετών.

Ο ασθενής υποβλήθηκε σε λειτουργική μαγνητική τομογραφία (fMRI) τόσο πριν την ημισφαιριεκτομή, όσο και μετεγχειρητικά. Στην πρώτη εξέταση, η οποία περιελάμβανε την παραγωγή λέξεων, καταγράφηκε σήμα σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου σε περιοχές της αριστερής κάτω μετωπιαίας έλικας, της κάτω/πλάγιας προκεντρικής έλικας, της υπερχειλίου έλικας και της συμπληρωματικής κινητικής περιοχής. Δεν ανιχνεύθηκε δραστηριοποίηση στις μετωπιαίες περιοχές του δεξιού ημισφαιρίου, ούτε καν σε χαμηλότερο ουδό. Αντίθετα, στο δεύτερο fMRI – ενάμισυ χρόνο μετά την ημισφαιριεκτομή– οι περιοχές που έδωσαν θετικό σήμα εντοπίστηκαν στο δεξιό ημισφαίριο. Το μετεγχειρητικό δίκτυο είχε δημιουργηθεί από περιοχές ομόλογες προς αυτές του αριστερού ημισφαιρίου, αλλά εκτεταμένες και πέρα από αυτές. Μάλιστα, το δίκτυο αυτό ήταν πιο έκδηλο από το προεγχειρητικό.

Το δεύτερο περιστατικό που μελετήθηκε αφορούσε την περίπτωση ενός εφήβου με σύνδρομο Rasmussen (Voets, Adcock, Flitney, Behrens, Hart, Stacey et al., 2006) με αριστερή ημισφαιριεκτομή σε ηλικία 14 ετών. Το προεγχειρητικό fMRI του ασθενούς αποκάλυψε την εμπλοκή ενός αμφίπλευρου δικτύου που περιελάμβανε, κυρίως, κάτω μετωπιαίες και άνω κροταφικές περιοχές κατά την επιτέλεση έργων φωνημικής και σημασιολογικής

ευχέρειας. Μετεγχειρητικά, το σήμα περιοριζόταν στη δεξιά κάτω μετωπιαία έλικα ή αλλιώς στη «δεξιά περιοχή Broca». Συγκεκριμένα, πριν από την επέμβαση, κατά την επιτέλεση έργων φωνημικής ευχέρειας, η κορύφωση της δραστηριότητας εστιάστηκε στην τριγωνική μοίρα (*pars triangularis*), ενώ μετά, ενδότερα και ουριαία στη μετωπιαία καλύπτρα και πρόσθια νήσο. Για την επιτέλεση έργων σημασιολογικής ευχέρειας, το σήμα κορυφώθηκε στην τριγωνική μοίρα και σε μία περιοχή ακριβώς πάνω από την καλυπτρική μοίρα· η μετατόπιση ήταν αντίστοιχη, δηλαδή τις λειτουργίες ανέλαβαν περιοχές στη μετωπιαία καλύπτρα/πρόσθια νήσο του εγκεφάλου.

Με το σκεπτικό ότι μία εκτεταμένη βλάβη του αριστερού ημισφαιρίου μπορεί να εκληφθεί πρακτικά ως ισοδύναμη με ημισφαιριεκτομή (Code, 1997), παρουσιάζονται στη συνέχεια στοιχεία από περιπτώσεις με ποικίλες τέτοιες παθήσεις.

### Γλοίωμα

Μετατόπιση των γλωσσικών κέντρων στο ετερόπλευρο ημισφαίριο έχει παρατηρηθεί ως αποτέλεσμα γλοιωμάτων, δηλαδή όγκων του Κ.Ν.Σ. που προέρχονται από νευρογλοιακά κύτταρα.

Οι Holodny, Schulder, Ybasco & Liu (2002) περιέγραψαν την περίπτωση ενός 34χρονου ασθενούς με γλοίωμα στον αριστερό κάτω μετωπιαίο λοβό, το οποίο του είχε προκαλέσει αδυναμία στην δεξιά πλευρά και δυσarthρία. Το γλοίωμα περιελάμβανε τη νήσο του Reil και την καλύπτρα και έφθανε έως τα βασικά γάγγλια και τον πρόσθιο κροταφικό λοβό. Το προεγχειρητικό fMRI, κατά το οποίο χορηγήθηκαν δοκιμασίες παραγωγής και κατανόησης, έδειξε σήμα σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου στην αριστερή περιοχή Wernicke και τη δεξιά περιοχή Broca. Συγκεκριμένα, η δραστηριοποίηση εντοπίστηκε στο δεξιό μετωπιαίο καλυπτρικό φλοιό. Καμία δραστηριότητα δεν ανιχνεύθηκε στην αριστερή περιοχή Broca ή στη δεξιά περιοχή Wernicke. Μετά την ολική αφαίρεση του όγκου, η δυσarthρία και η ημιπάρεση υποχώρησαν. Οι συγγραφείς συνήγαγαν το συμπέρασμα πως ο όγκος στην αριστερή μετωπιαία καλύπτρα είχε οδηγήσει στη φλοιϊκή αναδιοργάνωση και στη διημισφαιρική μετατόπιση της περιοχής Broca. Αντίθετα, η περιοχή Wernicke παρέμενε ως είχε στο αριστερό ημισφαίριο.

Δύο χρόνια αργότερα, οι Petrovich, Holodny, Brennan & Gutin (2004) περιέγραψαν την περίπτωση ενός 62χρονου δεξιόχειρα με αριστερό κροταφο-βρεγματικό γλοίωμα που είχε προκαλέσει βλάβη



μεγέθους 31×28 μm. Η βλάβη έπληττε την άνω κροταφική έλικα, τμήματα της υπερχειλίου και τηςγωνιώδους έλικας και υποφλοιϊκή λευκή ουσία. Ανάμεσα στις παραπάνω περιοχές εντοπίζεται και η περιοχή Wernicke. Το fMRI έδωσε σήμα στο δεξιό κροταφοβρεγματικό λοβό και στον αριστερό μετωπιαίο λοβό (περιοχή Broca). Καμία δραστηριότητα δεν ανιχνεύθηκε στην αριστερή περιοχή Wernicke. Ο άμεσος φλοιϊκός ερεθισμός επαλήθευσε τον εντοπισμό των εκφραστικών λειτουργιών στο αριστερό ημισφαίριο. Οι προσληπτικές λειτουργίες, ωστόσο, δεν εντοπίστηκαν στο αριστερό ημισφαίριο.

Η αφαίρεση του γλοιώματος άφησε τις γλωσσικές λειτουργίες του ασθενούς άθικτες και μάλιστα, βελτίωσε κάποιες από αυτές. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι η διημισφαιρική μετατόπιση είχε ήδη επιτελεσθεί.

### **Πρώιμη Εγκεφαλική Βλάβη**

Οι Staudt, Lidzba, Grodd, Wildgruber, Erb & Krageloh-Mann (2002) μελέτησαν τις νευροανατομικές βάσεις της γλώσσας σε ασθενείς με δεξιά εγκεφαλική κυριαρχία που προέκυψε μετά από πρώιμη εγκεφαλική βλάβη. Για το σκοπό αυτό, πέντε ασθενείς με συγγενή δεξιά ημιπάρεση εξαιτίας αριστερής περικοιλιακής εγκεφαλικής βλάβης, συγκρίθηκαν με πέντε φυσιολογικά άτομα στην επιτέλεση ενός έργου σιωπηλής παραγωγής λέξεων, ενώ υποβάλλονταν σε fMRI.

Και στα δύο δείγματα το fMRI αποκάλυψε μέγιστη δραστηριότητα στον κάτω μετωπιαίο λοβό (που περιελάμβανε την περιοχή Broca για τους υγείς και την ομόλογή της για τους ασθενείς), στην έσω επιφάνειά του, όπως και στην περιοχή γύρω από την ενδοβρεγματική αύλακα. Οι συγγραφείς ερμήνευσαν τα ευρήματά τους βάσει της υπόθεσης της ισοδυναμίας. Τουλάχιστον σε τοπογραφικό επίπεδο, οι Staudt και συν. (2002) θεωρούν τα δύο ημισφαίρια ισοδύναμα για την υποστήριξη των γλωσσικών λειτουργιών, παρά τις ανατομικές τους διαφορές.

### **Εγκεφαλική Αρτηριοφλεβική Δυσπλασία**

Μετατόπιση των γλωσσικών κέντρων συναντάται και σε ασθενείς με εγκεφαλική αρτηριοφλεβική δυσπλασία. Οι *εγκεφαλικές αρτηριοφλεβικές δυσπλασίες* (cerebral arteriovenous malformations, AVMs) είναι συγγενείς διαταραχές των αιμοφόρων αγγείων του εγκεφάλου. Παρόλο που εκτοπίζουν μάλλον τον, παρά εισβάλλουν στον, παρακείμενο ιστό, παρακωλύουν ωστόσο τη φυσιολογική

λειτουργία του εγκεφάλου. Συνοδεύονται από επιληπτικές κρίσεις.

Σκοπός της έρευνας των Lazar και συν. (2000) ήταν να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά ενός νευρωνικού αντισταθμιστικού δικτύου, που επιτρέπει σε ασθενείς με χρόνιες εκτεταμένες βλάβες να κατακτούν γλωσσικές δεξιότητες. Οι συγγραφείς εξέτασαν τρεις δεξιόχειρες με αριστερή μετωπιαία αρτηριοφλεβική δυσπλασία χρησιμοποιώντας υπερεκλεκτικό τεστ Wada και εμβολισμό, ενώ ο ένας από αυτούς υποβλήθηκε και σε fMRI.

Το υπερεκλεκτικό τεστ Wada έδειξε ότι ο προσληπτικός λόγος ελεγχόταν –όπως ήταν αναμενόμενο– από την αριστερή κροταφοβρεγματική περιοχή, ενώ ο εκφραστικός λόγος δεν εντοπιζόταν στην αριστερή μετωπιαία περιοχή. Με άλλα λόγια, η έγχυση νατριούχου αμοβαριβιτάλης και λιδοκαΐνης στο κατώτερο τμήμα της αριστερής μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας οδήγησε στην εμφάνιση τυπικών συμπτωμάτων αφασίας Wernicke. Αντιθέτως, στο μετωπιαίο λοβό δεν είχε καμία συνέπεια στη γλωσσική λειτουργία. Πάντως, η παρουσία της δεξιάς πάρεσης στους ασθενείς απέδειξε ότι το αναισθητικό απορροφήθηκε. Επόμενο είναι να υποθέσει κανείς τη λειτουργική μετατόπιση της περιοχής Broca στο αντίθετο ημισφαίριο.

Στον ασθενή που υποβλήθηκε σε fMRI δόθηκε ένα έργο σιωπηλής παραγωγής λέξεων. Κατά την επιτέλεσή του δραστηριοποιήθηκε το δεξιό ημισφαίριο και, συγκεκριμένα, η νήσος του Reil, η μετωπιαία καλύπτρα, η καλυπτρική μοίρα και η κάτω μετωπιαία έλικα (περιοχή ομόλογη της περιοχής Broca). Υπήρξε και σήμα στο αριστερό ημισφαίριο, πίσω από την αρτηριοφλεβική δυσπλασία, στην περιοχή γύρω από την κεντρική αύλακα του Rolando. Δεδομένου ότι με την τροποποιημένη δοκιμασία αμυτάλης ο εκφραστικός λόγος του ασθενούς δεν παρουσίασε διαταραχές, η δραστηριοποίηση της περιοχής αυτής του αριστερού ημισφαιρίου θα πρέπει να μη σχετίζεται με τη γλωσσική λειτουργία.

Οι συγγραφείς σημείωσαν πως μια βλάβη όπως η αρτηριοφλεβική δυσπλασία στην πρωταρχική/βασική εκφραστική ζώνη επιφέρει μετατόπιση της λειτουργίας στο αντίθετο ημισφαίριο.

### **Εγκεφαλική Αποπληξία**

Οι Thulborn, Carpenter & Just (1999) περιέγραψαν την ευπλαστικότητα των σχετικών με τη γλώσσα εγκεφαλικών λειτουργιών κατά τη διάρκεια της ανάκαμψης από αποπληξία. Για

το σκοπό αυτό εξέτασαν δύο ασθενείς με αφασία και πέντε υγιή άτομα, στην κατανόηση προτάσεων χρησιμοποιώντας λειτουργική μαγνητική τομογραφία.

Η πρώτη περίπτωση αφορούσε έναν 45χρονο δεξιόχειρα, ο οποίος παρουσίασε εκφραστική αφασία και αδυναμία στη δεξιά πλευρά. Οι εξετάσεις έδειξαν αποπληξία της αριστερής μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας. Το fMRI, στο οποίο υποβλήθηκε τρεις μέρες μετά το επεισόδιο, έδειξε παθολογική πλαγίωση στην περιοχή Broca, η οποία επλήγη, και συγκεκριμένα κυριαρχία του δεξιού ημισφαιρίου. Η κυριαρχία αυτή φάνηκε να έχει παγιωθεί στο δεύτερο fMRI μετά από έξι μήνες. Αντίθετα, η περιοχή Wernicke, που παρέμενε δομικά αβλαβής, δεν μετατοπίστηκε, αλλά παρέμεινε κυρίαρχη στο αριστερό ημισφαίριο, όπως έδειξε τόσο το πρώτο, όσο και το δεύτερο fMRI.

Ο άλλος ασθενής ήταν ένας 34χρονος δεξιόχειρας, που υπέφερε από χρόνια επιληψία μετά από τραύμα που είχε υποστεί το αριστερό του εγκεφαλικό ημισφαίριο σε ηλικία 11 ετών. Μετά από επέμβαση, στην οποία υποβλήθηκε για την αντιμετώπιση της επιληψίας, ξύπνησε με προσληπτική αφασία. Συμπτωματικά, για τον ασθενή υπήρχε προγενέστερο fMRI, το οποίο αποδείκνυε την κυριαρχία του αριστερού ημισφαιρίου στις προσληπτικές γλωσσικές λειτουργίες. Μετά την αποπληξία η περιοχή Wernicke πλαγιάθηκε σταδιακά στο δεξιό ημισφαίριο, όπως φάνηκε από το fMRI που έγινε εννέα μήνες μετατραυματικά. Αναφορικά με την περιοχή Broca –παρότι δεν είχε πληγεί– παρατηρήθηκε πως η κυριαρχία μετατοπίστηκε από το δεξιό στο αριστερό ημισφαίριο. Στην περίπτωση αυτή, η αναδιοργάνωση, πιθανολογούν οι συγγραφείς, ίσως να είχε ξεκινήσει πριν πολλά χρόνια, λόγω της επιληψίας.

## **Ημιυδρανγκεφαλία**

Η *ημιυδρανγκεφαλία* είναι μία σπάνια διαταραχή, η οποία προκύπτει ανάμεσα στην 20ή και την 27η εβδομάδα της κύησης, μετά τη νευρωνική μετανάστευση και πριν τη συναπτογένεση. Οι Ulmer, Moeller, Brockmann, Kuhtz-Buschbeck, Stephani & Jansen (2005) περιέγραψαν την περίπτωση ενός 36χρονου άνδρα με ημιυδρανγκεφαλία, ο οποίος ζει μία λειτουργική, φυσιολογική ζωή, δίχως το αριστερό του ημισφαίριο. Στη θέση του υπάρχει εγκεφαλονωτιαίο υγρό. Παρόλα αυτά, το άτομο έχει αναπτύξει κανονικά το λόγο με το δεξιό του ημισφαίριο μόνο, όπως αποδείχθηκε από τις επιδόσεις του στη δοκιμασία Aachen για την αφασία και στη δοκιμασία Token.

## Συζήτηση

Η ανασκόπηση των παραπάνω ψυχογλωσσολογικών ευρημάτων οδηγεί στο συμπέρασμα πως το δεξιό ημισφαίριο είναι σε θέση να επιτελεί αποτελεσματικά ορισμένες γλωσσικές λειτουργίες. Οι Chiron, Jambaque, Nabbout, Lounes, Syrota & Dulac (1997) υποστήριξαν πως στο ανθρώπινο είδος το δεξιό εγκεφαλικό ημισφαίριο είναι κυρίαρχο μέχρι την ηλικία των τριών ετών, ενώ το αριστερό αναπτύσσει τις λειτουργίες του με βραδύτερους ρυθμούς. Η κυριαρχία αυτή πρότειναν πως ισχύει και για τη γλώσσα.

Η περιοχή Broca εμπλέκεται σε πολλές γλωσσικές, αλλά και μη γλωσσικές, διεργασίες (Bates & Dick, 2000), όπως το χειρισμό αντικειμένων, τη νοητική αναπαράσταση εργαλείων και το διαδοχικό χτύπημα του δακτύλου (Krams, Rushworth, Deiber, Frackowiak & Passingham, 1998. Rizzolatti & Arbib, 1998). Επιπλέον, στην περιοχή Brodmann 44 πιθήκων φαίνεται να υπάρχει κυτταροαρχιτεκτονική περιοχή Broca, ανάλογη με αυτήν του ανθρώπινου εγκεφάλου. Ο Kreht (1936) την εντόπισε στον εγκέφαλο των μεγάλων πιθήκων, και οι Bonin & Bailey (1947), Peden & Bonin (1947) και Petrides, Cadoret & Mackey (2005) στον εγκέφαλο του *macacus*.

Η εξειδίκευση του αριστερού ημισφαιρίου για τη γλώσσα σύμφωνα με τα νέα στοιχεία δεν μπορεί να θεωρηθεί ως απόλυτη. Ανάμεσα στην υπόθεση της ισοδυναμίας (πρβλ. Lenneberg, 1967) και στον αμετάκλητο ντετερμινισμό (Stromswold, 1995) φαίνεται να υπάρχει χώρος για την ανάδυση μιας τρίτης εκδοχής, σύμφωνα με την οποία, στην πορεία της ανάπτυξης το ένα ημισφαίριο επικρατεί και αναλαμβάνει τις γλωσσικές λειτουργίες (Lidzba & Krägerloh-Mann, 2005).

Στην πραγματικότητα, η υπόθεση της ισοδυναμίας δεν θα μπορούσε να ισχύει τη στιγμή που στο 95-98% των υγιών ανθρώπων (δεξιόχειρων, αριστερόχειρων και αμφίχειρων) τη γλωσσική κυριαρχία έχει το αριστερό ημισφαίριο (Bates, 1999). Επιπλέον, αν τα δύο ημισφαίρια ήταν ισοδύναμα για την επιτέλεση γλωσσικών λειτουργιών, τότε δε θα μπορούσαν να ερμηνευθούν οι αφασίες που ακολουθούν εγκεφαλικές βλάβες σε περιοχές του αριστερού ημισφαιρίου.

Φαίνεται να υπάρχει μία φυλογενετική προδιάθεση για την πλαγίωση της γλώσσας στο αριστερό ημισφαίριο. Ταυτόχρονα, ο ανθρώπινος εγκέφαλος διαθέτει και μία εντυπωσιακή ετοιμότητα και ευελιξία για να θέτει σε εφαρμογή ένα εναλλακτικό σενάριο, όταν το αρχικό αποτυγχάνει, όπως γίνεται σαφές από τις

περιπτώσεις που αναλύθηκαν παραπάνω. Η αποτελεσματική ανάληψη των λειτουργιών από το δεξιό ημισφαίριο επιτυγχάνεται χάρη στην ευπλαστότητα.

Τα νευροανατομικά ευρήματα αποκαλύπτουν τη λειτουργία ενός ομόλογου, αντισταθμιστικού δικτύου. Το δίκτυο αυτό μπορεί να βρίσκεται σε λανθάνουσα κατάσταση, δεδομένου ότι στα πρώτα χρόνια της ζωής το δεξιό ημισφαίριο έχει αυξημένη συμμετοχή στις γλωσσικές λειτουργίες. Η συμμετοχή αυτή δεν παύει να υφίσταται, αλλά ελαττώνεται, καθώς παγιώνεται η κυριαρχία του αριστερού ημισφαιρίου. Είναι γνωστό, για παράδειγμα, ότι το δεξιό ημισφαίριο συμμετέχει στις συναισθηματικές εκφάνσεις της γλωσσικής συμπεριφοράς (π.χ. προσωδία) (Kandel, Schwartz & Jessell, 2000) σε υγιείς ανθρώπους.

Οι Lazar και συν. (2000) επισήμαναν πως μια βλάβη στην πρωταρχικά υπεύθυνη περιοχή επιφέρει μετατόπιση της λειτουργίας στο αντίθετο ημισφαίριο. Προχώρησαν στο να προτείνουν ένα πρότυπο ανακατανομής των γλωσσικών λειτουργιών, που στηρίζεται σε βασικές και δευτερεύουσες ζώνες εκφραστικών και προσληπτικών λειτουργιών, εντοπισμένων στον αριστερό κροταφοβρεγματικό και τον αριστερό προμετωπιαίο λοβό και στον αριστερό κάτω μετωπιαίο και δεξιό κάτω μετωπιαίο φλοιό, αντίστοιχα.

Επιπλέον, παρατηρείται ότι το ομόλογο δίκτυο συχνά είναι μεγαλύτερο από το βασικό. Μια πιθανή ερμηνεία θα μπορούσε να στηριχθεί στην «υπόθεση του συνωστισμού» που διατυπώθηκε από τον Teuber (1975). Όταν το δεξιό ημισφαίριο επιφορτίζεται με λειτουργίες του αριστερού ημισφαιρίου, τότε χάνει μέρος της αποτελεσματικότητάς του για τις βασικές του αρμοδιότητες. Πιθανολογούμε ότι, για να ελαχιστοποιηθεί το κόστος αυτό, οι νέες του αρμοδιότητες μπορεί να κατανέμονται σε ένα ευρύτερο δίκτυο.

Ο ισχυρισμός ότι μία εκτεταμένη βλάβη του αριστερού ημισφαιρίου μπορεί να εκληφθεί ως πρακτικά ισοδύναμη με ημισφαιριεκτομή (Code, 1997), ίσως να είναι αληθής σε ανατομικό επίπεδο, όμως, πιθανώς, όχι απαραίτητα και σε λειτουργικό επίπεδο, εφόσον στην πραγματικότητα δεν γνωρίζουμε αν οι περιοχές που νευροαπεικονιστικά φαίνονται να μην αιματώνονται μετά από εγκεφαλική βλάβη (π.χ., εγκεφαλικό επεισόδιο) είναι πραγματικά 100% μη-λειτουργικές. Μάλιστα, σύγχρονες τεχνικές όπως η επανοξυγόνωση (perfusion therapy) φαινομενικά νεκρών περιοχών, αμέσως μετά την εγκεφαλική βλάβη μπορεί να επαναφέρει τη λειτουργία των πληγεισών εγκεφαλικών περιοχών σε ποσοστό μέχρι και 90% (Hillis, 2006).

Το επίπεδο στο οποίο θα αναπτυχθούν ή θα ανακτηθούν

γλωσσικές λειτουργίες, εξαρτάται από μία συστάδα παραγόντων. Η έκταση της βλάβης πιθανότατα παίζει σημαντικό ρόλο. Σύμφωνα με τον Grafman (2000), οι περιοχές του εγκεφάλου έχουν κάποιες πρωταρχικές και κάποιες δευτερεύουσες, άδηλες λειτουργίες. Όταν η περιοχή που είναι υπεύθυνη για μια λειτουργία παύει να είναι αποτελεσματική, είτε επειδή υφίσταται βλάβη, είτε επειδή αφαιρείται, τότε ενεργοποιείται μία άλλη περιοχή που έχει ως δευτερεύουσα αρμοδιότητα τη συγκεκριμένη λειτουργία. Όσο πιο ξεκάθαρο είναι ότι η πρωταρχικά υπεύθυνη περιοχή αποτυγχάνει να επιτελέσει τη λειτουργία, δηλαδή όταν αυτή αφαιρείται ή όταν η βλάβη είναι εκτεταμένη, τόσο το καλύτερο για την αντιστάθμιση (Igle, 1987. Chiricozzi, Chieffo, Battaglia, Iuvone, Acquafondata, Cesarini et al., 2005). Στην περίπτωση όμως που η βλάβη είναι περιορισμένη, η ανάσχεση δεν παύει να λειτουργεί από το εναπομείναν υγιές μέρος της περιοχής, οπότε η λειτουργική αντιστάθμιση θα είναι περιορισμένη. Έτσι, μπορούν να ερμηνευθούν και οι βελτιωμένες γλωσσικές επιδόσεις που παρουσιάζουν ασθενείς μετά την αφαίρεση της περιοχής που πάσχει.

Η ηλικία του ατόμου όταν υποστεί τη βλάβη θεωρείται αξιοσημείωτος παράγοντας για την πορεία της ανάκαμψης, δεδομένου ότι η ευπλαστικότητα υποτίθεται ότι βρίσκεται στο απόγειό της στη βρεφική και νηπιακή ηλικία, ενώ κάπως περιορίζεται μετά το πέρας της κρίσιμης περιόδου. Οι Vargha-Khadem και συν. (1997) υποστηρίζουν πως αυτό το χρονικό όριο δικαιολογείται από τις ορμονικές αλλαγές που συμβαίνουν στην εφηβεία και υπογραμμίζουν την ελαχιστοποίηση των δυνατοτήτων ευπλαστικότητας που απαιτούνται για τη γλωσσική κατάκτηση ή ανάκτηση.

Υπάρχουν εντούτοις καταγεγραμμένα περιστατικά, όπου ο λόγος κατακτήθηκε ή ανακτήθηκε σε μεγαλύτερες ηλικίες (Boatman et al., 1999. Loddenkemper, Wyllie, Lardizabal, Stanford & Bingaman, 2003) μετά από αριστερή ημισφαιρική εκτομή. Τέτοια περιστατικά ενισχύουν την υπόθεση του λανθάνοντος ετερόπλευρου δικτύου. Φαίνεται ότι η πλαγίωση σε τέτοιες περιπτώσεις μετατοπίζεται σταδιακά από το αριστερό στο δεξιό ημισφαίριο.

Έχει επίσης υποστηριχθεί ότι μία προγεννητική βλάβη μπορεί να σταθεί καταστροφική, διότι διακόπτει τη φυσιολογική ανάπτυξη και, ενδεχομένως, ακυρώνει το γενετικό πρόγραμμα της πλαγίωσης. Όμως, υπάρχουν περιπτώσεις (Mariotti, Iuvone, Torrioli & Silveri, 1998. Vargha-Khadem et al., 1997) που υποδηλώνουν ότι υπάρχει εναλλακτικό σχέδιο και σε αυτήν την περίπτωση. Η πλαγίωση

μπορεί να αναπτυχθεί απευθείας στο αδιαφοροποίητο ακόμη δεξιό ημισφαίριο.

Αναφορικά με την ηλικία της επέμβασης υπάρχει η άποψη πως αργοπορία στην αφαίρεση του πάσχοντος ιστού –με ό,τι αυτή συνεπάγεται– οδηγεί στην αναστολή της ανάληψης των λειτουργιών από το υγιές ημισφαίριο. Όσο νωρίτερα χειρουργηθεί ο ασθενής, τόσο καλύτερα τα αποτελέσματα και η πρόγνωση για τη γλωσσική του ανάπτυξη (Dennis, 1980), αφού η ευπλαστικότητα χονδρικά θεωρείται ως αντιστρόφως ανάλογη της ηλικίας.

Υπάρχουν παραδείγματα που, όπως αποδεικνύεται με τη χρήση της δοκιμασίας της αμοβαρβιτάλης, η μετατόπιση έχει επιτελεσθεί πριν ο ασθενής υποβληθεί σε ημισφαιρική εκτομή (Loddenkemper et al., 2003). Και στην περίπτωση αυτή, οι γλωσσικές επιδόσεις βελτιώνονται μετεγχειρητικά, γεγονός που ενισχύει την υπόθεση της ανασταλτικής δράσης της κυρίαρχης περιοχής που έχει υποστεί τη βλάβη (Grafman, 2000).

Ένας επιπρόσθετος παράγοντας που φαίνεται να επηρεάζει το βαθμό της λειτουργικότητας που κατακτάται μετά από ημισφαιρική εκτομή, αφορά τις επιληπτικές κρίσεις. Έχει καταφανεί ότι η παρουσία τους δρα ανασταλτικά στη γνωστική ανάπτυξη γενικότερα (Vargha-Khadem & Polkey, 1992), οπότε όσο αργότερα ξεκινήσουν, και όσο νωρίτερα σταματήσουν, τόσο μικρότερες θα είναι οι καταστροφικές τους συνέπειες. Εξάλλου, έχει υποστηριχθεί ότι η απουσία παροξυσμικών επεισοδίων στα πρώτα στάδια της ζωής –όταν η νευρωνική ευπλαστικότητα είναι εντονότερη– επιτρέπει μία αποτελεσματικότερη διαδικασία αναδιοργάνωσης (Chiricozzi et al., 2005).

Πέρα από τις φυσιολογικές παραμέτρους που επιδρούν στην πορεία της ανάκτησης των γλωσσικών δεξιοτήτων, σημαντικό ρόλο αποδεικνύεται ότι παίζουν και εξωγενείς μεταβλητές, όπως η ποσότητα και το είδος της γλωσσικής θεραπείας (Thompson, 2000). Έχει δειχθεί, μάλιστα, ότι η εμπειρία διαμορφώνει απευθείας τη φυσιολογική αναδιοργάνωση μετά από εγκεφαλική βλάβη σε τέτοιο βαθμό, ώστε τελικά η θεραπεία να μπορεί να χαρτογραφηθεί στον εγκέφαλο υπό την έννοια της καταγραφής των διαφορών που προέκυψαν στη δομή και τη λειτουργία του εγκεφάλου με νευροαπεικόνιση (Thompson, 2000).

Ακόμη και τα κίνητρα, αλλά και η στήριξη που δέχεται ο ασθενής, μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο, αν αναλογιστεί κανείς ότι ακόμη και παιδιά τυπικής ανάπτυξης ενδέχεται να έχουν γλωσσικές δυσκολίες αν ζουν μέσα σε ένα αγχογενές και μη υποστηρικτικό περιβάλλον (Ogden, 1996. βλ.

επίσης Tsapkini et al., 2007).

Οι ανωτέρω παράγοντες, σε συνδυασμό με τις μεθοδολογικές διαφορές των διαφόρων μελετών, θα μπορούσαν να εξηγήσουν την ασυνέπεια και την ανομοιογένεια των αποτελεσμάτων. Αυτό που καθίσταται σαφές σε κάθε περίπτωση, είναι ότι το δεξιό ημισφαίριο καταφέρνει να παράγει και να κατανοεί το λόγο. Ίσως να μην καταφέρνει να κατακτήσει την τελειότητα, απολεσθείσης της εξειδίκευσης, αλλά χάρη στην ευπλαστικότητα αντισταθμίζει το κόστος. Όπως τονίζουν οι Vargha-Khadem και συν. (1997), «καθαρά αρθρωμένη, καλά δομημένη και κατάλληλη γλώσσα, μπορεί να αποκτηθεί αποκλειστικά από το δεξιό ημισφαίριο τουλάχιστον μέχρι την ηλικία των εννέα ετών».

Με τη συσσώρευση ερευνητικών δεδομένων, φαίνεται ότι προοδευτικά περνούμε από αυστηρά, ντετερμινιστικά ερμηνευτικά μοντέλα προς πιο ευέλικτες στρατηγικές στις εγκεφαλικές λειτουργίες. Η συμβολή του εγκεφαλικού ιστού στην εξέλιξη της ανθρώπινης νοημοσύνης πιθανόν να έχει υπερεκτιμηθεί (Triarhou, 2005). Η τελεγκεφαλική εξειδίκευση και η νευρωνική ευπλαστικότητα, καθώς και το εύρος των σεναρίων που αυτές συνεπάγονται, παραμένουν ένα ανοιχτό ζήτημα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bates, E. (1999). Plasticity, Localization and Language Development. In S. H. Broman, & J. M. Fletcher (Eds.). *The Changing Nervous System: Neurobehavioral Consequences of Early Brain Disorders* (pp. 214-253). New York: Oxford University Press.
- Bates, E., & Dick, F. (2000). Beyond phrenology: brain and language in the next millennium. *Brain and Language*, 71, 18-21.
- Battro, A. M. (2000). *Half a Brain is Enough: The Story of Nico*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Boatman, D., Freeman, J., Vining, E., Pulsifer, M., Miglioretti, D., Minahan, R., Carson, B., Brandt J., & McKhann, G. (1999). Language recovery after left hemispherectomy in children with late-onset seizures. *Annals of Neurology*, 46, 579-586.
- Bonin, G. von, & Bailey, P. (1947). *The neocortex of Macaca mulatta*. Urbana, IL: University of Illinois Press.
- Broca, P. (1865). Perte de la parole, ramollissement chronique et destruction partelle du lobe antérieur gauche du cerveau. *Bulletin de la Société d'Anthropologie (Paris)*, 2, 235-238.



- Chiricozzi, F., Chieffo, D., Battaglia, D., Iuvone, L., Acquafondata, C., Cesarini, L., Sacco, A., Chiera, R., Di Rocco, C., & Guzzetta, F. (2005). Developmental plasticity after right hemispherectomy in an epileptic adolescent with early brain injury. *Child's Nervous System*, *21*, 960-969.
- Chiron, C., Jambaque, I., Nabbout, R., Lounes, R., Syrota, A., & Dulac, O. (1997). The right brain hemisphere is dominant in human infants. *Brain*, *120*, 1057-1065.
- Code, C. (1997). Can the right hemisphere speak? *Brain and Language*, *57*, 38-59.
- Curtiss, S., & de Bode, S. (2003). How normal is grammatical development in the right hemisphere following hemispherectomy? The root infinitive stage and beyond. *Brain and Language*, *86*, 193-206.
- Curtiss, S., & Schaeffer, J. (2005). Syntactic development with hemispherectomy: The I-, D-, and C-systems. *Brain and Language*, *94*, 147-166.
- De Almeida, A. N., Marino, R. Jr., Aguiar, P. H., & Jacobsen Teixeira, M. (2006). Hemispherectomy: a schematic review of the current techniques. *Neurosurgical Review*, *29*, 97-102.
- Dennis, M. (1980). Capacity and strategy for syntactic comprehension after left or right hemidecortication. *Brain and Language*, *10*, 287-317.
- Dennis, M., & Kohn, B. (1975). Comprehension of syntax in infantile hemiplegics after cerebral hemidecortication: left-hemisphere superiority. *Brain and Language*, *2*, 472-482.
- Dennis, M., & Whitaker, H. A. (1976). Language acquisition following hemidecortication: linguistic superiority of the left over the right hemisphere. *Brain and Language*, *3*, 404-433.
- Devlin, A. M., Cross, J. H., Harkness, W., Chong, W. K., Harding, B., Vargha-Khadem, F., & Neville, B. G. (2003). Clinical outcomes of hemispherectomy for epilepsy in childhood and adolescence. *Brain*, *126*, 556-566.
- Dingwall, W. O. (1993). The biological bases of human communication. In J. B. Gleason, & N. B. Ratner (Eds.). *Psycholinguistics* (pp. 42-89). Fort Worth: Harcourt Brace College Publishers.
- Ferrier, D. (1879). *The Localization of Cerebral Disease*. New York: G. P. Putnam's Sons.
- Finger, S., Buckner, R. L., & Buckingham, H. (2003). Does the right hemisphere take over after damage to Broca's area? The Barlow case of 1877 and its history. *Brain and Language*, *85*,

- 385-395.
- Grafman, J. (2000). Evidence for forms of neuroplasticity. *Journal of Communication Disorders*, 33, 345-356.
- Hertz-Pannier, L., Chiron, C., Jambaque, I., Renaux-Kieffer, V., Van de Moortele, P.F., Delalande, O., Fohlen, M., Brunelle, F., & Le Bihan, D. (2002). Late plasticity for language in a child's non-dominant hemisphere: a pre- and post-surgery fMRI study. *Brain*, 125, 361-372.
- Hillis, A. E. (2006). Rehabilitation of unilateral spatial neglect: new insights from magnetic resonance perfusion imaging. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87 (Supplement 1), 43-49.
- Holodny, A. I. , Schulder, M., Ybasco, A., & Liu, W. C. (2002). Translocation of Broca's area to the contralateral hemisphere as the result of the growth of a left inferior frontal glioma. *Journal of Computer Assisted Tomography* 26, 941-943.
- Hughlings Jackson, J. (1874). On the nature of the duality of the brain. *Medical Press Circle New Series*, 17, 19-21.
- Hughlings Jackson, J. (1874). On the nature of the duality of the brain. *Medical Press Circle New Series*, 17, 41-44.
- Hughlings Jackson, J. (1874). On the nature of the duality of the brain. *Medical Press Circle New Series*, 17, 63-66.
- Irle, E. (1987). Lesion size and recovery of functions: Some new perspectives. *Brain Research Reviews*, 12, 307-320.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., & Jessell, T. M. (2000). *Νευροεπιστήμη και Συμπεριφορά*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- King, M., Stephenson, J. B., Ziervogel, M., Doyle, D., & Galbraith, S. (1985). Hemimegalencephaly – a case for hemispherectomy? *Neuropediatrics*, 16, 46-55.
- Krams, M., Rushworth, M. F. S., Deiber, M. P., Frackowiak, R. S. J., & Passingham, R. E. (2004). The preparation, execution and suppression of copied movements in the human brain. *Experimental Brain Research*, 120, 386-398.
- Kreht, H. (1936). Zur Architektonik der Broca'schen Region beim Schimpansen und Orang-Utang. *Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte (Berlin)*, 105, 654-677.
- Lazar, R. M., Marshall, R. S., Pile-Spellman, J., Duong, H. C., Mohr, J. P., Young, W. L., Solomon, R. L., Perera, G. M., & De La Paz, R. L. (2000). Interhemispheric transfer of language in patients with left frontal cerebral arteriovenous malformation. *Neuropsychologia*, 38, 1325-1332.

- Lidzba, K. & Krageloh-Mann, I. (2005). Development and lateralization of language in the presence of early brain lesions. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 47, 724.
- Lenneberg, E. H. (1967). *Biological Foundations of Language*. New York: Wiley.
- Loddenkemper, T., Wyllie, E., Lardizabal, D., Stanford, L. D., & Bingaman, W. (2003). Late language transfer in patients with Rasmussen encephalitis. *Epilepsia*, 44, 870-871.
- Mariotti, P., Iuvone, L., Torrioli, M.G., & Silveri, M. C. (1998). Linguistic and non-linguistic abilities in a patient with early left hemispherectomy. *Neuropsychologia*, 36, 1303-1312.
- Ogden, J. A. (1988). Language and memory functions after long recovery periods in left-hemispherectomized subjects. *Neuropsychologia*, 26, 645-659.
- Ogden, J. A. (1996). Phonological dyslexia and phonological dysgraphia following left and right Hemispherectomy. *Neuropsychologia*, 34, 905-918.
- Peden, J. K., & Bonin, G. von (1947). The neocortex of Hapale. *Journal of Comparative Neurology*, 86, 37-63.
- Petrides, M., Cadoret, G., & Mackey, S. (2005). Orofacial somatomotor responses in the macaque monkey homologue of Broca's area. *Nature*, 435, 1235-1238.
- Petrovich, N. M., Holodny, A. I., Brennan, C. W., & Gutin, P. H. (2004). Isolated translocation of Wernicke's area to the right hemisphere in a 62-year-man with a temporo-parietal glioma. *American Journal of Neuroradiology*, 25, 130-133.
- Rizzolatti, G., & Arbib, M. A. (1998). Language within our grasp. *Trend in Neurosciences*, 21, 188-194.
- Staudt, M., Lidzba, K., Grodd, W., Wildgruber, D., Erb, M., & Krageloh-Mann, I. (2002). Right hemispheric organization of language following early left-sided brain lesions: functional MRI topography. *Neuroimage*, 16, 954-967.
- Stromswold, K. (1995). The acquisition of subject and object wh-questions. *Language Acquisition*, 4, 5-48.
- Teuber, H. L. (1975). Recovery of function after brain injury in man. In R. Porter, & D. W. Fitzsimmons (Eds.). *Outcome of Severe Damage to the Central Nervous System* (pp. 159-190). Amsterdam: Elsevier.
- Thompson, C. (2000). Neuroplasticity: Evidence from Aphasia. *Journal of Communication Disorders*, 33, 357-366.
- Thulborn, K. R., Carpenter, P. A., & Just, M. A. (1999). Plasticity of language-related brain function during recovery from stroke.

- Stroke*, 30, 749-754.
- Triarhou, L. C. (2005). Evolution of human culture: the overstated importance of the brain and a 'synencephalic' hypothesis. *Society for Neuroscience Abstracts*, 35, 410.18.
- Trudeau, N., Colozzo, P., Sylvestre, V., & Ska, B. (2003). Language following functional left hemispherectomy in a bilingual teenager. *Brain and Cognition*, 53, 384-388.
- Tsapkini, K., Vivas, A. B., Triarhou, L. C. (2007). 'Does Broca's area exist?' Christofredo Jakob's 1906 response to Pierre Marie's holistic stance. *Brain and Language*, in press (doi:10.16/j.bandl.2007.07.124).
- Ulmer, S., Moeller, F., Brockmann, M. A., Kuhtz-Buschbeck, J. P., Stephani, U., & Jansen, O. (2005). Living a normal life with the nondominant hemisphere: magnetic resonance imaging findings and clinical outcome for a patient with left-hemispheric hydranencephaly. *Pediatrics*, 116, 242-245.
- Vargha-Khadem, F., Carr, L. J., Isaacs, E., Brett, E., Adams, C., & Mishkin, M. (1997). Onset of speech after left hemispherectomy in a nine-year-old boy. *Brain*, 120, 159-182.
- Vargha-Khadem, F. & Polkey, C. E. (1992). A review of cognitive outcome after hemidecortication in humans. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 325, 137-151.
- Vanlancker-Sidtis, D. (2004). When only the right hemisphere is left: studies in language and communication. *Brain and Language*, 91, 199-211.
- Vivas, A. B., Tsapkini K., & Triarhou, L. C. (2007). 'Anatomo-biological considerations on the centers of language': An Argentinian contribution to the 1906 Paris debate on aphasia. *Brain and Development*, 29, 455-461.
- Voets, N. L., Adcock, J. E., Flitney, D. E., Behrens, T. E., Hart, Y., Stacey, R., Carpenter, K., & Matthews, P. M. (2006). Distinct right frontal lobe activation in language processing following left hemisphere injury. *Brain*, 129, 754-766.
- York, G. K. III (2005). Aphasia debate: One of neurology's earliest personal feuds. *Neurology Today*, 5, 18-19.

# ***Telencephalic Specialization and Hemispheric Plasticity in Functional Language Compensation: Clues from Neuropathology***

Z. Theodoridou<sup>1</sup> & L.C. Triarhou<sup>1</sup>

## **ABSTRACT**

*This article addresses the potential of the right cerebral hemisphere of the human brain to functionally compensate language functions. It reviews cases of left hemispherectomy in intractable epilepsy, and cases of gliomas, early brain damage, arteriovenous malformations, stroke, and hemihydranencephaly. Psycholinguistic and neuroanatomical data are considered from the literature to address the question, to what extent can the right hemisphere produce and understand language, as well as the underlying neuroimaging denominator. It appears that a homologous network ensues, not only in patients subjected to hemispherectomy, but in cases of other forms of brain damage. The ability of the right cerebral hemisphere to take over language functions strengthens the meaning of plasticity in the central nervous system; at the same time, certain questions are raised regarding the importance that has been attributed to specialization and the localization of neurocognitive functions.*

**KEY WORDS:** *neuronal plasticity, functional compensation, Broca's area, Wernicke's area, cerebral cortex*

---

<sup>1</sup>. Department of Educational & Social Policy, University of Macedonia, Thessaloniki, Greece