

1 *Η γνωστική νευροεπιστήμη της γλώσσας: προκλήσεις και μελλοντικές κατευθύνσεις*

Colin M. Brown & Peter Hagoort

1.1 Εισαγωγή

Κρύβει άραγε ο εγκέφαλος όλες τις απαντήσεις στις ερωτήσεις που αφορούν την ανθρώπινη γλώσσα, οι οποίες μας προβληματίζουν, μας παραξενεύουν και μας ενθουσιάζουν; Κατά κάποιο τρόπο αυτό πρέπει να είναι αληθινό: τόσο οι ερωτήσεις, όσο και οι απαντήσεις που ψάχνουμε πρέπει να αναζητηθούν στον εγκέφαλο. Που αλλού; Εντούτοις καλό είναι να θυμόμαστε ότι μέχρι πρόσφατα η μελέτη του εγκεφάλου κρινόταν άσχετη με τη μελέτη των γνωστικών λειτουργιών. Για την ακρίβεια, φημολογείται ότι σε μερικές γωνίες του κόσμου η άποψη αυτή υπάρχει ακόμα. Και γιατί όχι; Στο κάτω κάτω, αν αφήσουμε κατά μέρος (με δικό μας ρίσκο) τη δουλειά της νευροψυχολογίας, ένα μεγάλο μέρος από όσα γνωρίζουμε για τη δομή και τη λειτουργία του γλωσσικού συστήματος έχει προέλθει από έρευνα η οποία κατά βάση αγνοούσε το γεγονός ότι η γλώσσα εδρεύει στον εγκέφαλο. Εξάλλου, θα πρέπει να αναγνωρίσουμε ότι ακόμα και σήμερα, ακόμα και μετά την εκρηκτική ανάπτυξη της πιο ευαίσθητης και αποκαλυπτικής τεχνολογίας απεικόνισης του εγκεφάλου, δεν έχει ακόμα ενταχθεί στα γλωσσολογικά και ψυχολογολογικά ερευνητικά προγράμματα καμία προσέγγιση γνωστικής νευροεπιστήμης.

Υπάρχουν, εντούτοις, σοβαροί λόγοι να πιστεύουμε ότι μία τέτοια ένταξη θα ήταν ευεργετική στην κατανόηση του γλωσσικού συστήματος. Για παράδειγμα, νευροβιολογικά δεδομένα θα μπορούσαν να προσφέρουν αποδεικτικά στοιχεία για τη νευρική πραγματικότητα των επιπέδων αναπαράστασης που διακρίνονται μέσω ανταγωνιστικών γλωσσικών μοντέλων, όπως ο διαβόητος διαχωρισμός μεταξύ συντακτικής και σημασιολογικής γνώσης. Αυτά τα θέματα θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν μέσω ερευνητικών δεδομένων με τομογραφίες εκπομπής ποζιτρονίων (PET) ή λειτουργικές μαγνητικές τομογραφίες (fMRI) των νευρικών συστημάτων που σχετίζονται με ποικίλα είδη γλωσσολογικής γνώσης. Τέτοια αποδεικτικά στοιχεία σχετίζονται άμεσα με θεμελιώδεις ισχυρισμούς σε θέματα βασικής αρχιτεκτονικής του γλωσσικού συστήματος. Νευροβιολογικά δεδομένα, επίσης, συνδέονται με πολυετείς διαφωνίες επί της γλωσσικής εξει-

δίκευσης (για παράδειγμα επί της υποτιθέμενης ύπαρξης ενός εξειδικευμένου γλωσσικού συστήματος εργαζόμενης μνήμης, ή ενός συστήματος αποκλειστικού για την αναγνώριση των φθόγγων). Επιπρόσθετα, πολλές μετρήσεις νευροβιολογικής δραστηριότητας προσφέρουν λεπτομερείς πληροφορίες για τη δυναμική της επεξεργασίας της γλωσσικής παραγωγής και κατανόησης ως προς τη χρονική αλληλουχία. Τέτοιου είδους πληροφορίες είναι κρίσιμες για την αξιολόγηση των διαφόρων ισχυρισμών των μοντέλων σειριακής και αλληλεπιδραστικής επεξεργασίας. Αξιοματικά, λοιπόν, έχουμε πολλά να κερδίσουμε υιοθετώντας μία γνωστική νευροεπιστημονική προοπτική για τη μελέτη της γλώσσας.

Παρόλα αυτά, η έρευνα του εγκεφάλου και της γλώσσας είναι προς το παρόν αρκετά κατακερματισμένη και σε καμία περίπτωση δεν έχει φτάσει σε φάση ωριμότητας. Εν μέρει αυτό μπορεί να αποδοθεί στη διαφορετική ιστορική διαδρομή της γλωσσολογίας, της ψυχολογολογίας και των νευροεπιστημών, γεγονός που δε συνέβαλε στην ανταλλαγή γνώσης. Προχωρώντας περισσότερο, η γνωστική νευροεπιστήμη βρίσκεται ακόμη σε μεγάλο βαθμό υπό ανάπτυξη, με αρκετά εννοιολογικά, αναλυτικά και νευροφυσιολογικά θέματα ανεπίλυτα. Ταυτόχρονα, υπάρχει και μια κάποια άγνοια της εργασίας που έχει γίνει στη γλωσσολογία και στην ψυχολογολογία από τους μελετητές των νευροεπιστημών. Αυτό που ελπίζουμε να πετύχουμε με αυτό το βιβλίο είναι να υπηρετήσουμε δύο πλευρές της αναδυόμενης κοινότητας της γνωστικής νευροεπιστήμης: αυτούς που συμμετείχαν στον τομέα της γλώσσας από ένα πιο νευροεπιστημονικό υπόβαθρο και εκείνους που βρίσκονται στη διαδικασία να συμπεριλάβουν μια νευροβιολογική προοπτική στο έργο που επιτελούν πάνω στη γλώσσα. Αντίστοιχα, λοιπόν, αυτό το βιβλίο περιλαμβάνει μια ερμηνεία του γλωσσικού συστήματος από γλωσσολογική άποψη, καθώς επίσης και μια γενική εξέταση των πιο πρόσφατων θεωριών πάνω στις γνωστικές αρχιτεκτονικές της ομιλίας, ακοής και ανάγνωσης. Αυτά τα θεμελιακά κεφάλαια αντανακλούν την πεποίθησή μας πως η πρόοδος στη γνωστική νευροεπιστήμη της γλώσσας επιτυγχάνεται καλύτερα όταν τα ερωτήματα της έρευνάς μας βασίζονται σε γλωσσολογική θεωρία και ψυχολογολογικά μοντέλα, με ξεκάθαρη γνώση και εκτίμηση των διαφόρων παραγόντων που επηρεάζουν τη γλωσσική παραγωγή και κατανόηση. Ταυτόχρονα, οι ερευνητές της γλώσσας δεν μπορούν να υιοθετήσουν την τεχνολογία της νευροεπιστήμης αβασάνιστα, δεδομένης της πολυπλοκότητας της τεχνολογίας απεικόνισης του εγκεφάλου. Συνεπώς, αυτό το βιβλίο προσφέρει, επίσης, θεωρητική αλλά και εμπειρική εξέταση θεμάτων απεικόνισης του εγκεφάλου που σχετίζονται με τη γλώσσα, τόσο ως ανασκόπηση της τρέχουσας γνώσης μας, όσο και ως ανάλυση των πολύ ειδικών προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι ερευνητές της γλώσσας, όταν ενσωματώνουν τις τεχνολογίες απεικόνισης του εγκεφάλου στην έρευνά τους.

Η συγκεκριμένη συλλογή κεφαλαίων υποκινήθηκε από διάφορα θέματα (-ομπρέλες) που θεωρούμε κρίσιμα στην ανάπτυξη μιας γνωστικής νευροεπι-

στημονικής προσέγγισης της γλώσσας. Αυτά περιλαμβάνουν την πολυπλοκότητα της γλώσσας, τη χαρτογράφηση μεταξύ μετρήσεων της εγκεφαλικής δραστηριότητας και του γλωσσικού συστήματος, και το θέμα της λειτουργικής και ανατομικής ποικιλομορφίας.

1.2 Πολυπλοκότητα

Παρά τον κεντρικό και κρίσιμο ρόλο που παίζει η γλώσσα σε όλες σχεδόν τις πτυχές της ανθρώπινης ζωής, δεν έχουμε κυρίαρχα αποτελέσματα από τη γνωστική νευροεπιστημονική μελέτη της γλώσσας. Γιατί να συμβαίνει αυτό; Ένα προφανές αίτιο είναι ότι μας λείπει ένα ζωικό μοντέλο γλώσσας. Το γεγονός αυτό περιορίζει σημαντικά τη δυνατότητά μας να ερευνήσουμε τα νευρολογικά θεμέλια της γλώσσας, εξαιρώντας μεταξύ άλλων το νευροεπιστημονικό «ρεπερτόριο» των κυτταρικών εγγραφών, των διαχωρισμών κτλ., που έχουν αποδειχτεί τόσο αποδοτικά στην κατανόηση άλλων περιοχών.

Ένας ακόμη πιο θεμελιώδης λόγος γεννιέται από την πολυπλοκότητα του ανθρώπινου γλωσσικού συστήματος. Με δεδομένο έναν ολόκληρο αιώνα γλωσσολογικής και ψυχολογολογικής έρευνας, είναι ξεκάθαρο ότι η ζωντανή ομιλία περιλαμβάνει την ενεργοποίηση, το συντονισμό και την ολοκλήρωση πολύπλοκων συστημάτων αναπαράστασης (π.χ. ήχου, γραμματικής, ορθογραφίας και σημασίας) που συλλειτουργούν σε χρόνους χιλιοστών του δευτερολέπτου. Το κεφάλαιο του Jackendoff εισάγει τα διάφορα επίπεδα αναπαράστασης που διακρίνονται και μελετά τις μεταξύ τους σχέσεις. Τα κεφάλαια των Levell, Cutler & Clifton, καθώς και του Perfetti, προσφέρουν επισκόπηση της τρέχουσας γνώσης μας γύρω από τις γνωστικές αρχιτεκτονικές της ομιλίας, ακρόασης και ανάγνωσης. Αυτά τα τέσσερα κεφάλαια μαζί παρουσιάζουν συγκεκριμένες θεωρίες και μοντέλα λειτουργίας των αναπαραστάσεων και των διαδικασιών που ορίζουν τη γλώσσα. Τα συγκεκριμένα κεφάλαια, επίσης, περιγράφουν ποικιλία μεταβλητών που θεωρούνται ότι παίζουν κάποιο ρόλο στην κατανόηση και παραγωγή, συζητώντας τα δυνατά και αδύνατα σημεία πειραματικών προτύπων και έργων και αναφέροντας αρκετά κενά στην τρέχουσα γνώση μας. Πραγματοποιώντας όλα αυτά καθορίζουν ταυτόχρονα ένα μεγάλο μέρος του πεδίου της γνωστικής νευροεπιστημονικής έρευνας για την παραγωγή και κατανόηση της γλώσσας των ενηλίκων¹. Βεβαίως, μερικές πλευρές των μοντέλων ίσως αποδειχτούν λανθασμένες και μερικές από τις μεταβλητές και τα έργα να είναι τελικά τεχνητά ή άσχετα. Έστω και έτσι, όταν σχεδιάζουμε πειράματα απεικόνισης του εγκεφάλου για τη γλώσσα, ένα βασικό σημείο προσοχής θα έπρεπε να είναι η σχέση ανάμεσα στην επιλεγμένη μέθοδο και υλοποίηση, καθώς επίσης και τη γνωστική αρχιτεκτονική της γλωσσικής ικανότητας, σε σχέση με το υπόβαθρο της αποκτηθείσας γλωσσολογικής και ψυχολογολογικής γνώσης. Πιστεύουμε πως είναι δίκαιο να αναφέρουμε ότι αυτό το σημείο δεν τυγχάνει της προσοχής που του αρμόζει στη σχετική βιβλιογραφία. Για παράδειγμα, η κοινή χρήση του έργου για την παραγωγή

ρημάτων σαν ένα υποτιθέμενο παράθυρο για τις σημασιολογικές πλευρές του γλωσσικού συστήματος μπορεί να τεθεί υπό αμφισβήτηση τόσο από θεωρητικά όσο και εμπειρικά δεδομένα (βλ. τα κεφάλαια του Levelt και των Price et al.) Αντίστοιχα, η χαρτογράφηση της σημασίας μέσα στον εγκέφαλο, στη βάση της σύγκρισης της εγκεφαλικής δραστηριότητας που προκαλούν μη διαφοροποιημένες, ευρείες κατηγορίες τύπων λέξεων, διατρέχει τον κίνδυνο να υποεκτιμήσει την πολυπλοκότητα της σημασιολογικής πλευράς της γλώσσας, όπως γίνεται ξεκάθαρα από τη μελέτη των σημασιολογικών προβλημάτων ασθενών με εγκεφαλικές βλάβες στο κεφάλαιο των Saffran & Sholl.

Υπάρχει, επίσης, μία άλλη πλευρά στο θέμα της απεικόνισης του εγκεφάλου και της πολυπλοκότητας της γλώσσας. Αν και, όπως έχει ήδη αναφερθεί, δεν πρέπει να υποτιμάται η γλωσσική πολυπλοκότητα, πρέπει να αντιμετωπίζεται ξεκάθαρα από την κοινότητα των μελετητών της γνωστικής νευροεπιστήμης. Η κατάσταση σήμερα είναι πως η μεγάλη πλειοψηφία των γλωσσικών μελετών με PET και fMRI εστιάζεται στην επεξεργασία μεμονωμένων λέξεων. Αυτό είναι ίσως κατανοητό από την επιθυμία να κάνει κάποιος ένα «απλό» πείραμα (αν και, όπως δείχνουν διάφορα κεφάλαια στο βιβλίο αυτό, η υπόθεση της απλότητας είναι συχνά αβάσιμη – για παράδειγμα, η αναζήτηση «λέξεων μέσα στον εγκέφαλο» δεν μπορεί να είναι αντικείμενο επιπόλαιας αντιμετώπισης, όπως ερμηνεύεται από τους Price et al. στο κεφάλαιο περί μελετών εγκεφαλικής απεικόνισης της λεκτικής επεξεργασίας). Εντούτοις, η γλώσσα είναι κάτι πολύ περισσότερο από την επεξεργασία μεμονωμένων λέξεων. Οι λέξεις αποτελούν το απαραίτητο όχημα της επικοινωνίας, αλλά ο βασικός σκοπός της ομιλίας, της ακρόασης και της ανάγνωσης είναι το μήνυμα που πρέπει να παραχθεί και να κατανοηθεί. Η παραγωγή και κατανόηση σε επίπεδο μηνύματος απαιτεί την ενεργοποίηση και – σε πραγματικό χρόνο – το συντονισμό πολλών επιπέδων γλωσσολογικής και μη γλωσσολογικής πληροφορίας. Αυτή η πολυπλοκότητα παίζει κεντρικό ρόλο στην ουσία της γλώσσας και παρουσιάζει μία μείζονα πρόκληση στους γνωστικούς νευροεπιστήμονες, η οποία μέχρι σήμερα δεν έχει απαντηθεί ουσιαστικά. Υπάρχει ένας αναδυόμενος τομέας εδώ, που είναι η εργασία πάνω σε εγκεφαλικά προκλητά δυναμικά σε σχέση με γεγονότα (event-related brain potentials/ERP) και στην επεξεργασία προτάσεων (τα ERP είναι στοιχεία της εγκεφαλογραφικής δραστηριότητας, το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, EEG). Αν και σχετικά μέτρια εκτεταμένη, η έρευνα ERP πάνω στη συντακτική και σημασιολογική επεξεργασία σε επίπεδο πρότασης προσφέρει ήδη πολύ αποκαλυπτικά δεδομένα. Αυτή η έρευνα αναφέρεται στο κεφάλαιο των Hagoort et al., το οποίο περιλαμβάνει επίσης μια επισκόπηση πειραμάτων με PET και fMRI πάνω στην επεξεργασία προτάσεων. Ωστόσο, σχεδόν το σύνολο αυτής της εργασίας περιορίζεται στην κατανόηση της γλώσσας. Η έρευνα πάνω στην παραγωγή σύνθετων προτάσεων δεν έχει τύχει ακόμα της προσοχής τόσο των ψυχολογολόγων όσο και των νευροεπιστημόνων.

1.3 Χαρτογραφώντας τη γλώσσα μέσα στον εγκέφαλο

Οι γνωστικές νευροεπιστήμες οφείλουν την αιφνίδια ανάπτυξή τους στην αυξανόμενη διαθεσιμότητα και εφευρετικότητα των μεθόδων λειτουργικής εγκεφαλολογικής απεικόνισης (ο όρος «λειτουργική» χρησιμοποιείται κατά γενίκευση, περιλαμβάνοντας όλες τις μετρήσεις της εγκεφαλολογικής δραστηριότητας που δεν απαιτούν χειρουργική παρέμβαση). Ένα μέρος του ενθουσιασμού που συνοδεύει αυτήν την τεχνολογική ανάπτυξη τρέφεται από την ελπίδα ότι θα αποτελέσουν ένα ανοιχτό παράθυρο στον εγκέφαλο/νου σε στιγμή δράσεως. Αυτή η ελπίδα είναι κάπως δικαιολογημένη. Το PET και το fMRI προσφέρουν ασυναγώνιστες δυνατότητες χαρτογράφησης περιοχών που σχετίζονται με τη γλώσσα σε ζώντες και άθικτους ανθρώπινους εγκέφαλους και τα ERP (μαζί με τα πεδία που σχετίζονται με γεγονότα – event related fields ή ERF – τα μαγνητικά αντίστοιχα των ERP, που λαμβάνονται από τη μαγνητοεγκεφαλογραφική δραστηριότητα του εγκεφάλου MEG) αντανακλούν τη νευροφυσιολογική δραστηριότητα σε χιλιοστά του δευτερολέπτου, επίπεδο που μπορεί να συνδεθεί αξιόπιστα με την άμεση γνωστική επεξεργασία. Αυτές οι μέθοδοι μαζί παρέχουν χωρικά και χρονικά δεδομένα που μπορούν να εφαρμοστούν άμεσα στα γενικά ερωτήματα των γνωστικών νευροεπιστημών: Τι συμβαίνει, πότε και πού μέσα στον εγκέφαλο; Πέρα, όμως, από την προφανή τους αξία είναι σημαντικό να εκτιμηθούν οι περιορισμοί και τα προβλήματα των μεθόδων απεικόνισης του εγκεφάλου. Το κεφάλαιο του Rugg συζητά τα ισχυρά και τα αδύναμα σημεία των PET, fMRI, ERP και ERF. Επιπρόσθετα, ο Rugg εγείρει κάποια γενικά θέματα που αφορούν την εφαρμογή αυτών των μεθόδων απεικόνισης στη γνωστική νευροεπιστήμη. Μεταξύ αυτών συμπεριλαμβάνεται η ανάγκη ολοκληρωμένης μελέτης των χωρικών και χρονικών πληροφοριών, το πρόβλημα του καθορισμού της πραγματικής διαφοράς στην εγκεφαλολογική δραστηριότητα (ιδιαίτερα, μια διαφορά που επιτρέπει την υπόθεση λειτουργικά διακριτών (υπο)συστημάτων ή λειτουργιών), καθώς και το θεμελιώδες ζήτημα της μετακίνησης από ένα νευρικό συσχετισμό της γνωστικής λειτουργίας προς μία αιτιατή σχέση μεταξύ νευρικής και γνωστικής δραστηριότητας.

Μερικά από τα θέματα που εγείρει ο Rugg μελετώνται και πάλι στο κεφάλαιο των Kutas et al. και το κεφάλαιο των Büchel et al. Η Kutas και οι συνεργάτες της επικεντρώνονται στη μελέτη και χρήση των δεδομένων των ERP και ERF για να κατανοήσουν τις γλωσσικές διεργασίες. Τα σχήματα και η χωρική κατανομή της ηλεκτρομαγνητικής δραστηριότητας παρέχουν πλούσια συλλογή στοιχείων ERP και ERF, τα οποία μπορούν να συνδεθούν με διάφορες πλευρές του γλωσσικού συστήματος. Οι Kutas et al. μελετούν τρόπους σύγκρισης και αποδόμησης των χωρικών κατανομών των ηλεκτρομαγνητικών δεδομένων και της απεικόνισης από χωρικές κατανομές στις υποκείμενες νευρικές γεννήτριες. Αυτή η απεικόνιση από επιφανειακές μετρήσεις σε νευρικούς ιστούς αποτελεί συχνά την Αχίλλειο πτέρνα των ηλεκτρομαγνητικών μετρήσεων: αν και τα ERP και ERF

είναι ασυναγώνιστα σε χρονική αναλυτικότητα, υπολείπονται σε χωρική αναλυτικότητα. Οι Kutas et al. αναλύουν με κριτικό πνεύμα διάφορα είδη νευρωνικής εντοπιότητας, από τα οποία γίνεται ξεκάθαρο ότι στην πραγματικότητα μπορεί να εξαχθεί σημαντική χωρική πληροφορία από τα ηλεκτρομαγνητικά δεδομένα, εάν δοθούν κατάλληλες συνθήκες ορίων. Αυτή είναι μια από τις περιοχές όπου μπορούμε να αναμένουμε πολλά από το συνδυασμό πληροφοριών από διαφορετικές μετρήσεις μεθόδων απεικόνισης του εγκεφάλου. Συγκεκριμένα, η εφαρμογή του fMRI για τον περιορισμό της διάχυσης του χρονικού διαστήματος κατά τις διαδικασίες εντοπισμού ηλεκτρομαγνητισμού φαίνεται να υπόσχεται πολλά. Βεβαίως, αυτό το είδος συνδυασμένης προσέγγισης κάνει χρήση της κρίσιμης προϋπόθεσης ότι μπορούμε να συνδέσουμε τα σήματα που μετρήθηκαν με fMRI, EEG και MEG, και αποτελεί ένα από τα θέματα που μελετά ο Rugg. Ο συνδυασμός των ηλεκτρομαγνητικών μετρήσεων, ακρίβειας χιλιοστού του δευτερολέπτου, με συγκεκριμένες νευρωνικές εστίες θα ήταν ένα μεγάλο βήμα προς την κατεύθυνση της απάντησης ερωτημάτων του είδους «πού» και «πότε».

Ο συνδυασμός του «πού» και του «πότε» σχετίζεται με ένα άλλο θεμελιώδες ερώτημα κατά τη χαρτογράφηση της γλώσσας στον εγκέφαλο, το θέμα, δηλαδή, των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των διαφόρων εγκεφαλικών περιοχών. Για μία τόσο σύνθετη γνωστική ικανότητα, όπως η γλώσσα, είναι πέρα από κάθε αμφιβολία ότι ενεργοποιούνται ταυτόχρονα διάφορες περιοχές του εγκεφάλου. Οι κλασικές αναλύσεις PET και fMRI μπορούν να αποκαλύψουν ποιες εγκεφαλικές περιοχές ήταν ενεργές σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Παρόλα αυτά μία ομάδα ενεργοποιημένων περιοχών δε δείχνει από μόνη της ποιες από τις περιοχές αλληλεπέδρασαν. Για να το μάθουμε αυτό πρέπει να γνωρίζουμε δύο πράγματα: Ένα, τη λειτουργική συνεκτικότητα, δηλαδή τη χρονική συσχέτιση μεταξύ χωρικά απομακρυσμένων νευροφυσιολογικών γεγονότων (ποιες περιοχές έχουν συσχετισμένη δραστηριότητα;). Δύο, την αποτελεσματική συνεκτικότητα, δηλαδή την επίδραση που ασκεί ένα νευρωνικό σύστημα σε ένα άλλο (ποια περιοχή ρυθμίζει τη δραστηριότητα μιας άλλης περιοχής;). Αυτό το θέμα διαπραγματεύεται το κεφάλαιο των Büchel et al., που εισάγουν αναλυτικές διαδικασίες στο χαρακτηρισμό της λειτουργικής και της αποτελεσματικής συνεκτικότητας. Αυτή είναι μία ιδιαίτερα νέα προσέγγιση στην ανάλυση δεδομένων της εγκεφαλικής απεικόνισης, ενώ αποτελεί ένα ουσιαστικό κομμάτι της προσέγγισης της γνωστικής νευροεπιστήμης στη γλώσσα. Αν θέλουμε να πετύχουμε στο στόχο μας, την ανίχνευση της γλώσσας μέσα στον εγκέφαλο από πλευράς χώρου και χρόνου, τότε είναι εξαιρετικά σημαντικό να φωτίσουμε τη σχέση της σύνδεσης και αλληλεπίδρασης των φλοιϊκών περιοχών που συνδέονται με τη γλώσσα.

Μέσα σε όλον αυτόν τον ενθουσιασμό που προκαλούν οι νέες τεχνολογίες της απεικόνισης του εγκεφάλου, κινδυνεύουμε να αμελήσουμε μια γόνιμη και παραγωγική περιοχή έρευνας που συνεισέφερε και συνεισφέρει ακόμη πολλά

στη γνώση μας για τη γλώσσα και τον εγκέφαλο. Αυτή είναι η νευροψυχολογική παράδοση. Το κεφάλαιο των Saffran & Sholl δείχνει πόση πληροφόρηση μπορούμε να πάρουμε από τη λεπτομερή εξέταση των διαταραχών που συνδέονται με συγκεκριμένες βλάβες εγκεφαλικών περιοχών. Το κεφάλαιό τους αναφέρεται στην αρχιτεκτονική της σημασιολογικής μνήμης, εστιάζοντας πάνω σε διαταραχές σχετικά με τη σημασία των λέξεων. Τα στοιχεία που μελετούν οι Saffran & Sholl δείχνουν ότι οι σημασιολογικές πληροφορίες κατανέμονται σε διάφορες περιοχές του εγκεφάλου και πως συγκεκριμένα είδη πληροφορίας μπορούν να εντοπιστούν σε απόλυτα συγκεκριμένες περιοχές του εγκεφαλικού φλοιού. Ενδιαφέρον είναι ότι τα δεδομένα από τις εγκεφαλικές βλάβες δείχνουν ότι με τη σημασιολογική επεξεργασία σχετίζονται τμήματα που είναι εκτός των περιοχών που παραδοσιακά συνδέθηκαν με τις γλωσσικές λειτουργίες (π.χ. ο φλοιός γύρω από τη σχισμή του Sylvius, στο αριστερό ημισφαίριο). Συγκεκριμένα, ο κατώτερος κροταφικός φλοιός, πιθανόν και των δύο ημισφαιρίων, συμμετέχει ξεκάθαρα στην οργάνωση της σημασιολογικής λειτουργίας στον εγκέφαλο. Όπως επισημαίνουν οι Saffran & Sholl, η γνώση που αποκτούμε από τις εγκεφαλικές βλάβες πάνω σε θέματα λειτουργικής και νευρικής αρχιτεκτονικής για τη σημασιολογική μνήμη υποστηρίζεται και από τα πειράματα εγκεφαλικής απεικόνισης.

Οι συγκλίνουσες ενδείξεις των δεδομένων τόσο των μεθόδων απεικόνισης όσο και της νευροψυχολογικής μελέτης αποδεικνύουν τη σημασία που έχει η αξιοποίηση του συνδυασμού αυτών των δύο πηγών πληροφοριών. Τα δεδομένα της εγκεφαλικής απεικόνισης μπορούν να αποκαλύψουν ποιες περιοχές συνδέονται με την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης λειτουργίας, π.χ. την κατανόηση μιας εκφερόμενης πρότασης. Εντούτοις, τα δεδομένα αυτά δε δείχνουν σε ποιο βαθμό είναι ουσιαστική η συμβολή όλων των ενεργών περιοχών. Εδώ ακριβώς είναι που τα νευροψυχολογικά δεδομένα μπορούν να προσφέρουν πολύτιμες πληροφορίες, καθορίζοντας σε ποιο βαθμό ο ρόλος της περιοχής που έχει υποστεί βλάβη ήταν κρίσιμος για την απολεσθείσα λειτουργία (αν και πρέπει να σημειωθεί ότι το γεγονός αυτό δεν υπονοεί άμεση σύνδεση ανάμεσα σε αυτήν την περιοχή και την προτεινόμενη λειτουργία). Όμως, τα νευροψυχολογικά δεδομένα δεν αποκαλύπτουν ποιες άλλες περιοχές συνδέονται κανονικά με τη δυσλειτουργία. Με λίγα λόγια, ο συνδυασμός των απεικονιστικών και νευροψυχολογικών δεδομένων προσφέρει την καλύτερη βάση για τη χαρτογράφηση της γλώσσας μέσα στον εγκέφαλο.

1.4 Ανατομική και λειτουργική μεταβλητότητα

Παράλληλα με τους περιορισμούς, τις επιβεβαιώσεις και τις προεκτάσεις που προσφέρουν τα απεικονιστικά δεδομένα στα γνωστικά μοντέλα της γλώσσας, το να ερευνήσουμε τη νευροανατομία των περιοχών του εγκεφάλου που σχετίζο-

νται με τη γλώσσα και να αποκαλύψουμε τον τρόπο που συνδέονται μεταξύ τους αποτελεί από μόνο του θέμα μελέτης. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος αποτελεί το ένα και μοναδικό όργανο που έχει αναπτύξει ένα πλούσιο και ποικίλο σύστημα λεκτικής επικοινωνίας, γεγονός που δημιουργεί ερωτήματα σχετικά με τη νευροανατομία αυτής της μοναδικής δυνατότητας. Ακόμα περισσότερο, η νευροανατομική γνώση μπορεί να ρίξει νέο φως στη δομή και λειτουργία του γλωσσικού συστήματος, προσφέροντας εν μέρει στοιχεία για τις μορφολογικές ομοιότητες, αλλά και διαφορές, ανάμεσα στις φλοιϊκές και υποφλοιϊκές περιοχές που αναδύονται από τη μελέτη της γλώσσας με απεικονιστικές μεθόδους. Το κεφάλαιο των Uylings et al. προσφέρει ένα καλό παράδειγμα εδώ. Οι συγγραφείς αυτοί υποδεικνύουν πως πρέπει να επανεξεταστεί ο κλασικός, και όχι πάντα σταθερός, ορισμός της περιοχής του Broca, υπό το φως των νέων ανατομικών πληροφοριών. Φαίνεται πως αρκετές αρχιτεκτονικά διακριτές περιοχές έχουν ενσωματωθεί κάτω από την ονομασία «περιοχή του Broca». Αυτό δημιουργεί ερωτήματα γύρω από τη λειτουργικότητα της φλοιϊκής περιοχής και σχετίζεται άμεσα με την απεικονιστική έρευνα που έχει συνδέσει μία διαφοροποίηση γλωσσικών λειτουργιών με τη συνολική περιφέρεια της περιοχής του Broca (βλ. βιβλιογραφική ανασκόπηση για PET και fMRI στο κεφάλαιο των Hagoort et al.).

Μία πρόσθετη και πολύτιμη συμβολή της διεξοδικής νευροανατομικής έρευνας είναι η αξιολόγηση της ενδοατομικής μεταβλητότητας. Σήμερα, είναι πλέον πέρα από κάθε αμφιβολία ότι υφίσταται σημαντική ποικιλομορφία μεταξύ των κυττάρων για κάθε ανθρώπινο εγκέφαλο ως προς το επίπεδο θέσης και μεγέθους των φλοιϊκών περιοχών. Αυτό είναι επίσης αληθινό και για την κλασικά θεωρούμενη περιοχή του Broca, όπως αποδεικνύεται από την έρευνα του Uylings και των συνεργατών του. Οι επιστήμονες που ασχολούνται με την απεικόνιση του εγκεφάλου έχουν ακόμα αρκετό δρόμο να διανύσουν ως την πλήρη κατανόηση αυτών των νευροανατομικών διαφορών. Προς το παρόν η συνήθης προσέγγιση είναι η χαρτογράφηση των μεμονωμένων ενεργοποιήσεων σε έναν προτυποποιημένο άτλαντα του εγκεφάλου και ο ορισμός περιοχών με βάση ένα σύστημα συντεταγμένων, συνήθως το σύστημα Talairach. Αυτή η προσέγγιση δεν ορίζει τις φλοιϊκές περιοχές ως τμήματα ανατομικά, τμήματα κυτταρικής αρχιτεκτονικής, και μελετά επιφανειακά μόνον τη νευροανατομική ποικιλομορφία μεταξύ ανεξάρτητων τμημάτων. Έως ένα ορισμένο βαθμό αυτά τα θέματα μπορούν να επιλυθούν με τη συμβολή των μετρήσεων των fMRI, όπου ανατομικά και λειτουργικά δεδομένα χαρτογραφούνται για κάθε εγκέφαλο ξεχωριστά. Ωστόσο, το βασικό πρόβλημα της σύγκρισης υποκειμένων παραμένει: πρέπει να μάθουμε κατά πόσο οι εστίες εγκεφαλικής δραστηριότητας ενός ατόμου εντοπίζονται σε ανατομικά όμοιες ή διαφορετικές εγκεφαλικές περιοχές από τις εστίες ενός άλλου ατόμου. Μία προσέγγιση είναι να τηρούμε μία τρισδιάστατη βάση δεδομένων του εγκεφάλου, εισάγοντας λεπτομερή ανατομικά στοιχεία από διάφορους εγκεφάλους, σύμφωνα με την οποία θα κατασκευαστεί ένας

χάρτης πιθανοτήτων, που θα λαμβάνει υπόψη του τις παραμέτρους της μεταβλητότητας ως προς το μέγεθος και τη θέση (πρβλ. Roland & Zilles 1994).

1.5 Μελλοντικές κατευθύνσεις

Στις προηγούμενες ενότητες συζητήσαμε μερικά από τα θέματα που παίζουν κεντρικό ρόλο στον ανερχόμενο τομέα της γνωστικής νευροεπιστήμης της γλώσσας. Αν και πρόκειται ακόμη για μια νέα προσπάθεια, ήδη έχουν πραγματοποιηθεί αρκετά επιτεύγματα, ενώ αρκετά από τα θέματα που πραγματευόμαστε στα κεφάλαια αυτού του βιβλίου σηματοδοτούν το δρόμο των μελλοντικών τάσεων. Σε αυτήν την τελευταία ενότητα θέλουμε να ελκύσουμε την προσοχή του αναγνώστη σε κάποιες προκλήσεις και μελλοντικές κατευθύνσεις της έρευνας που προς το παρόν αποτελούν ακόμη *terra incognita*, αλλά που αναμένεται να αποκτήσουν σημαντική ώθηση, ως αποτέλεσμα της θεωρητικής και εμπειρικής εργασίας που παρουσιάζει αυτό το βιβλίο.

Η αφετηρία αυτών των κατευθύνσεων βρίσκεται στην ανάγκη μιας πιο ολοκληρωμένης προσέγγισης της μελέτης της γλώσσας. Αυτό ισχύει τόσο για τις μετρήσεις όσο και για τις αναλυτικές διαδικασίες και, ακόμα περισσότερο, σε σχέση με τα κεντρικά χαρακτηριστικά της ενεργής γλώσσας (π.χ. πολλαπλή ενεργοποίηση διαφορετικών βάσεων γνώσης, ταυτόχρονη και αλληλεπιδραστική επεξεργασία σε επίπεδο χιλιοστού του δευτερολέπτου, συνέργια διαφορετικών συστημάτων αναπαράστασης και δίαυλοι επεξεργασίας). Μία ολοκληρωμένη προσέγγιση απαιτεί σημαντική εφευρετικότητα σε επίπεδο πειραματικού σχεδιασμού (σίγουρα με το PET και το κλασικό fMRI, που απαιτούν ομαδοποιημένη αναπαράσταση των ερεθισμάτων, ενώ τα fMRI που συνδέονται με συγκεκριμένα γεγονότα είναι πιο ευέλικτα ως προς την πλευρά αυτή, καθώς και οι μέθοδοι ERP και ERF). Ακόμη, απαιτεί το συνδυασμό διαφορετικών τεχνικών μέτρησης, κατά προτίμηση στο ίδιο υποκείμενο και για μερικές περιπτώσεις ακόμα και την ίδια χρονική στιγμή.

Η ανάγκη για συνδυασμένη χρήση PET/fMRI και ERP/ERF απαντάται συχνά. Θεωρείται ότι ο συνδυασμός αυτού του είδους θα βοηθήσει να υπερκεραστεί το εμπόδιο των χρονικών και χωρικών περιορισμών των ανεξάρτητων τεχνικών απεικόνισης του εγκεφάλου. Αυτό κατά βάση είναι σωστό, αλλά πρέπει να αντιληφθούμε πως, προς το παρόν, έχουμε ανεπαρκή κατανόηση του πώς τα αιμοδυναμικά σήματα (μετρούμενα με τα PET και fMRI) συνδέονται με τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα (που μετρούνται με EEG και MEG). Το γεγονός αυτό καθιστά ακόμα πιο δύσκολο τον καθορισμό της σχέσης ανάμεσα σε ένα συγκεκριμένο τμήμα του σήματος ERP/ERF και την αιμοδυναμική απόκριση σε μια συγκεκριμένη περιοχή του εγκεφάλου (βλ. το κεφάλαιο του Rugg για περαιτέρω εμπέδωση). Ούτως ή άλλως φαίνεται ότι μία ολοκληρωμένη χωρο-χρονική προσέγγιση υπόσχεται πολλά. Στο άμεσο μέλλον, μπορεί να σημειωθεί πρόοδος από την επινόηση πειραματικών σχεδίων που θα επιτρέπουν τα ίδια ερεθίσματα και

οι ίδιες διαδικασίες παρουσίασης να χρησιμοποιούνται σε χωριστά πειράματα ERP/ERF και PET/fMRI. Για παράδειγμα, τα δεδομένα του fMRI μπορούν να χρησιμοποιούνται για να οριοθετήσουν το χώρο για διαδικασίες εντοπισμού των νευρωνικών πηγών σύμφωνα με τα δεδομένα από ERP/ERF. Οι αναλύσεις των αποτελεσματικών συνδέσεων στα δεδομένα του fMRI θα βοηθήσουν στον καθορισμό των σχέσεων και περιορισμών μεταξύ ενεργοποιημένων φλοιϊκών περιοχών, μερικές από τις οποίες θα ορισθούν περαιτέρω από τα δεδομένα της κυτταρικής αρχιτεκτονικής. Εάν το πείραμα είναι βασισμένο σωστά πάνω σε ένα μοντέλο γνωστικής αρχιτεκτονικής, τότε συνδυάζοντας αυτές τις πηγές δεδομένων, θα μπορέσουμε να αρχίσουμε να χτίζουμε την εικόνα της χωρικής και χρονικής δυναμικής της γλώσσας μέσα στον εγκέφαλο.

Υπάρχουν και άλλα οφέλη από το συνδυασμό των διαφόρων μετρήσεων των εγκεφαλικών απεικονίσεων. Μία από αυτές έχει αμεληθεί ως τώρα από τη διεθνή βιβλιογραφία. Αφορά τη χρήση των ERP ως διαγνωστικών εργαλείων για την αξιολόγηση της δραστηριότητας επεξεργασίας που μετρούν τα PET και fMRI. Όπως αναφέρεται εν συντομία στο κεφάλαιο των Haggort et al., τα ERP έχουν αποδειχτεί ευαίσθητα σε διάφορες πλευρές της επεξεργασίας της γλώσσας. Κατανοούμε ήδη καλά τη σχέση ορισμένων τμημάτων της κυματομορφής του ERP με το γλωσσικό σύστημα (π.χ. το N400 είναι δείκτης σημασιολογικής επεξεργασίας, το P600/SPS της συντακτικής επεξεργασίας). Αυτό σημαίνει πως μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις μορφές του ERP για να πληροφορηθούμε την επεξεργαστική αντίδραση στο γλωσσικό ερέθισμα που χρησιμοποιούμε για να πάρουμε μια αιμοδυναμική απόκριση. Στη χειρότερη περίπτωση αυτό θα αποτελέσει μία ανεξάρτητη εγκυρότητα του αποτελέσματος των συνθηκών του ερεθίσματος κατά τη διάρκεια των πειραμάτων με PET και fMRI. Όμως, ανοίγει, επίσης, το δρόμο στην αποφυγή κάθε άσχετου έργου για την πρόκληση μιας ξεκάθαρης απόκρισης (π.χ. κρίνοντας τη γραμματική ή εννοιολογική ορθότητα μιας πρότασης). Συχνά αυτά τα έργα προκαλούν πρόσθετες διαδικασίες που δεν είναι εγγενείς στις διαδικασίες που μελετά ο πειραματικός ερευνητής και οι οποίες μάλιστα δεν κατανοούνται ακόμα επαρκώς. Το γεγονός αυτό μπορεί να περιπλέξει σοβαρά την ερμηνεία των δεδομένων. Για παράδειγμα, μία δοκιμασία κρίσης της γραμματικής ορθότητας δεν είναι σε καμία περίπτωση ένα απλό έργο, ούτε εστιάζεται μόνο «στη γραμματική», αλλά εμπλέκει ποικίλες διαδικασίες και αναπαραστάσεις. Οι μετρήσεις με ERP μπορούν σε αυτήν την περίπτωση να βοηθήσουν σημαντικά διότι, όταν έχουμε απουσία απαίτησης ανταπόκρισης σε κάποια άλλη δοκιμασία, μπορούν να αποκτηθούν πολύ αξιόπιστα αποτελέσματα μέσω ERP σε μετρήσεις αποτελεσμάτων που σχετίζονται με τη γλώσσα. Για παράδειγμα, αν ζητηθεί από τα υποκείμενα να ακούσουν με προσοχή προτάσεις χωρίς να ζητηθεί να εκτελέσουν κανένα άλλο έργο, ο χειρισμός του σημασιολογικού και συντακτικού περιεχομένου δίνει πολύ καθαρά αποτελέσματα στα N400 ή το P600/SPS. Κατά συνέπεια λοιπόν, η ταυτόχρονη κατα-

γραφή των PET/fMRI με ERP μπορεί να ανοίξει το δρόμο σε γλωσσικά πειράματα λιγότερο φορτωμένα από υπερβολικά απαιτητικές δοκιμασίες.

Η έμφαση σήμερα σε όλο και περισσότερο φυσικά γλωσσικά πειράματα συνδέεται με μία άλλη τάση στη μελλοντική έρευνα, αυτήν των πειραμάτων εγκεφαλικής απεικόνισης του προφορικού λόγου. Η πλειονότητα των απεικονιστικών μελετών εστιάζονται στο γραπτό λόγο ακολουθώντας μια προκατάληψη πολλών ετών στη βιβλιογραφία της ψυχολογίας. Αυτό αμελεί τον κυρίαρχο ρόλο του προφορικού έναντι του γραπτού λόγου (παρά την αυτοματική της μορφή στους μορφωμένους ενήλικες, η ανάγνωση παραμένει μία επίκτητη δεξιότητα, που απαιτεί ειδική εκπαίδευση). Εντούτοις, δεν υπάρχει σοβαρός λόγος που να δικαιολογεί αυτήν την αμέλεια σε ένα ερευνητικό εγχείρημα γνωστικής νευροψυχολογίας. Οι συνήθεις τεχνικές απεικόνισης του εγκεφάλου είναι κατάλληλες για την έρευνα του προφορικού λόγου (μολονότι ο θόρυβος που προκαλούν οι σημερινοί μαγνητικοί σαρωτές παρουσιάζει κάποια πρακτικά προβλήματα). Ακόμα περισσότερο, μετά από πολλές δεκαετίες ψυχολογολογικής εργασίας υπάρχει μια στερεή γνωστική βάση για την έρευνα της κατανόησης του προφορικού λόγου, όπως παραδειγματικά φαίνεται στο κεφάλαιο των Cutler & Clifton. Είναι, επομένως, μια εξαιρετικά ώριμη εποχή για πειραματική έρευνα στον τομέα αυτόν.

Η κατάσταση είναι πιο περίπλοκη για την έρευνα πάνω στη γλωσσική παραγωγή. Όχι επειδή υπάρχει ανεπαρκής εμπειρική και θεωρητική βάση. Παρότι η γλωσσική παραγωγή έχει κατά παράδοση μελετηθεί πολύ λιγότερο από τη γλωσσική κατανόηση, το κεφάλαιο του Levelt παρουσιάζει ένα λεπτομερές γνωστικό μοντέλο ομιλίας, καθώς και πειστική πειραματική υποστήριξη. Τα προβλήματα εδώ είναι περισσότερο πρακτικής φύσεως. Σε αντίθεση με την ακουστική αντίληψη ή την ανάγνωση, η ομιλία απαιτεί κινητικότητα του προσώπου και κυρίως της γνάθου, των χειλέων και της γλώσσας. Και δυστυχώς οι κλασικές μέθοδοι εγκεφαλικής απεικόνισης επηρεάζονται από τις κινήσεις του προσώπου. Για τα ERP είναι ξεκάθαρο ότι μπορεί να συμβεί σημαντική «μόλυνση» των αποτελεσμάτων (ενώ οι δυνατότητες επίλυσης του προβλήματος, όπως π.χ. ψηφιακό φιλτράρισμα κτλ. δεν έχουν αξιοποιηθεί επαρκώς). Για τις μετρήσεις ERF το πρόβλημα είναι κάπως μικρότερο, αν και οι κινήσεις της κεφαλής δημιουργούν προβλήματα στους αισθητήρες του MEG. Η έκταση του προβλήματος στα PET και fMRI δεν είναι γνωστή. Παρά τη συχνή αντίδραση της κοινότητας των απεικονιστών-ερευνητών ότι το να μιλάει κανείς μέσα στο PET ή το μαγνητικό τομογράφο ούτε καν συζητείται, δεν είναι ξεκάθαρη η πραγματική έκταση του προβλήματος. Βεβαίως, εάν η θέση της κεφαλής σε σχέση με τη συσκευή καταγραφής αλλάζει πολύ κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, τότε αυτό αποβαίνει πολύ προβληματικό. Εντούτοις, το κατά πόσο σχετικά μικρές κινήσεις της γνάθου, των χειλέων και της γλώσσας δημιουργούν παρόμοια προβλήματα, μένει να αποδειχτεί. Για την ακρίβεια, η εργασία της δικής μας ερευνητικής ομάδας δείχνει ότι αν ζητηθεί από τα υποκείμενα να ψιθυρίσουν, όπου βεβαίως

εμποδίζονται οι μεγάλες αρθρωτικές κινήσεις, μπορούμε, παρόλα αυτά, να αποκομίσουμε αξιόπιστα και δυνατά να αντιγραφούν αποτελέσματα από τα PET και fMRI (π.χ. Indefrey et al. 1998). Μια πρόσφατη μελέτη βιβλιογραφικών δεδομένων PET και fMRI από τους Indefrey & Levelt (2000) αποκαλύπτει ότι σε δοκιμασίες παραγωγής μεμονωμένων λέξεων μπορούν να ληφθούν αξιόπιστες μετρήσεις. Είναι, λοιπόν, πρόωρο να αποκλείσουμε τη χρήση του πλήρους φάσματος των τεχνικών απεικόνισης στην έρευνα της γλωσσικής παραγωγής. Αυτή, όμως, είναι μια περιοχή όπου το μεγαλύτερο μέρος της γνωστικού προσανατολισμού έρευνας πρέπει να βασιστεί σε συστηματική διερεύνηση των δυνατοτήτων και των περιορισμών της τεχνολογίας αναφορικά με την ομιλία και ιδίως την παραγωγή ολοκληρωμένων προτάσεων.

Μία τελευταία και ακόμα ανοικτή περιοχή για τη μελλοντική έρευνα της γλώσσας αφορά τη νευρική πλαστικότητα, όρος με τον οποίο εννοούμε την ικανότητα του εγκεφάλου να αποκαθιστά τις βλάβες μέσω της επαναδιοργάνωσης των άθικτων (υπο)φλοιϊκών περιοχών. Η αφασία είναι ένα προφανές σημείο εκκίνησης εδώ, παρότι η δυσλεξία και ορισμένες πλευρές που αφορούν την εκμάθηση της γλώσσας από παιδιά με εγκεφαλικές βλάβες παρουσιάζουν επίσης ενδιαφέρουσες προκλήσεις. Ένα ακόμη παράθυρο στην πλαστικότητα αποτελεί η νευρική οργάνωση της γλώσσας σε κωφούς ενήλικες και παιδιά (πρβλ. Neville et al. 1997). Το γενικό ερώτημα, όσον αφορά τους αφασικούς ασθενείς, είναι ο ρόλος του εναπομείναντος υγιούς εγκεφαλικού ιστού στην υπηρεσία της υπολειπόμενης γλωσσικής δεξιότητας. Μπορεί ο υγιής ιστός να αντισταθμίσει σε κάποιο βαθμό την απώλεια της λειτουργίας των περιοχών που έχουν υποστεί βλάβη; Αυτό αποτελεί περίπλοκο θέμα, ακόμα δε περισσότερο τη στιγμή που η περιοχή η οποία έχει υποστεί βλάβη ενδεχομένως να μην αφορά γλωσσικές λειτουργίες. Αντίθετα, μπορεί η βλάβη να έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό της ικανότητας επεξεργασίας (π.χ. εργαζόμενη μνήμη) που είναι διαθέσιμη για τη γλώσσα, οδηγώντας έτσι έμμεσα σε γλωσσική διαταραχή. Η πρόοδος σε αυτόν τον τομέα θα βασιστεί προφανώς σε μεγάλο βαθμό στη διερεύνηση ενός καλά θεμελιωμένου γνωστικού μοντέλου φυσιολογικής γλωσσικής επεξεργασίας και στην καλή κατανόηση των νευροφυσιολογικών εκδηλώσεων τόσο της υγιούς όσο και της παθολογικής επεξεργασίας της γλώσσας.

Τα επόμενα κεφάλαια δεν περιλαμβάνουν όλες τις ερευνητικές περιοχές που προαναφέρθηκαν. Κάτι τέτοιο θα ήταν σε πολλές περιπτώσεις πρόωρο. Ελπίζουμε πως αυτό το βιβλίο θα συμβάλλει στην κατεύθυνση της περαιτέρω ανάπτυξης αυτών των συναρπαστικών και προκλητικών τομέων και γενικά περισσότερο, στην ενηλικίωση της προσέγγισης της γνωστικής νευροεπιστήμης στη γλώσσα.

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε τον Jos van Berkum και τη Miranda van Turenhout για τα βοηθητικά τους σχόλια.

Σημειώσεις

1. Ένα εμφανές κενό σε όσα καλύπτει αυτό το βιβλίο αποτελεί η γλωσσική ανάπτυξη, τόσο σε αυτόν που κατακτά την πρώτη, όσο και σε αυτόν που μαθαίνει τη δεύτερή του γλώσσα. Αν και γίνονται βήματα προς την κατεύθυνση της κατανόησης της γλωσσικής ανάπτυξης με βάση τη βιολογία (Johnson 1993), αυτό εξακολουθεί να παραμένει ακόμα ένα πιο αναπτυσσόμενο πεδίο, από την έρευνα στον εγκέφαλο και τη γλώσσα των ενηλίκων. Ελπίζουμε με αυτό το βιβλίο να συμβάλλουμε σε μια πιο συντονισμένη προσέγγιση στη γνωστική νευροεπιστήμη της γλώσσας με ψυχολογολογικά κίνητρα και, επομένως, να προσφέρουμε σημαντικά στοιχεία στην έρευνα της γλωσσικής ανάπτυξης.

Βιβλιογραφία

- Indefrey, P. and Levelt, W. J. M. (2000). The neural correlates of language production. In *The cognitive neurosciences* (2nd edn), (ed. M. Gazzaniga). MIT Press, Cambridge, MA.
- Indefrey, P., Gruber, O., Brown, C. M., Hagoort, P., Posse, S., and Kleinschmidt, A. (1998). Lexicality and not syllable frequency determine lateralized premotor activation during the pronunciation of word-like stimuli: An fMRI study. *Human Brain Mapping*, **7**, S4.
- Johnson, M. H. (ed.) (1993). *Brain development and cognition: A reader*. Blackwell, Oxford.
- Neville, H. J., Coffey, S. A., Lawson, D. S., Fischer, A., Emmorey, K., and Bellugi, U. (1997). Neural systems mediating American Sign Language: Effects of sensory experience and age of acquisition. *Brain and Language*, **57**, 285-308.
- Roland, P. E., and Zilles, K. (1994). Brain atlases: A new research tool. *Trends in Neurosciences*, **17**, 458-467.