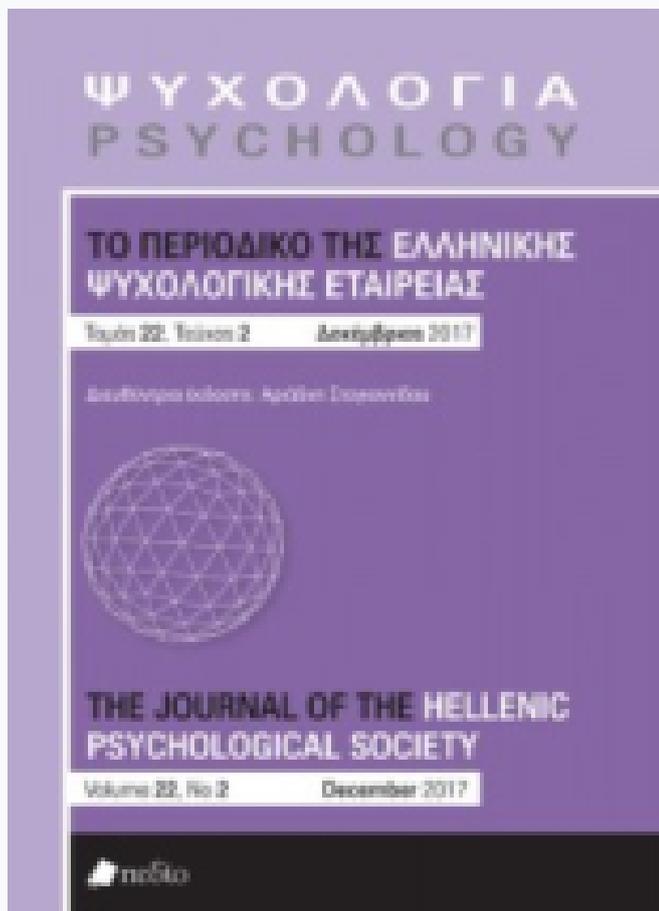


Psychology: the Journal of the Hellenic Psychological Society

Vol 22, No 2 (2017)



Mirror Neurons and Language

Δημήτρης Ταχματζίδης, Νίκος Μακρής

doi: [10.12681/psy_hps.23252](https://doi.org/10.12681/psy_hps.23252)

Copyright © 2017, Δημήτρης Ταχματζίδης, Νίκος Μακρής



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

To cite this article:

Ταχματζίδης Δ., & Μακρής Ν. (2017). Mirror Neurons and Language. *Psychology: The Journal of the Hellenic Psychological Society*, 22(2), 15–31. https://doi.org/10.12681/psy_hps.23252

Κατοπτρικοί νευρώνες και Γλώσσα

ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΤΑΧΜΑΤΖΙΔΗΣ¹

ΝΙΚΟΣ ΜΑΚΡΗΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι κατοπτρικοί νευρώνες εντοπίστηκαν το 1992 στο εργαστήριο πειραματικής ψυχολογίας του πανεπιστημίου της Πάρμα, στην Ιταλία. Η ανακάλυψή τους τροφοδότησε, εκ νέου τη συζήτηση σχετικά με την προέλευση της γλώσσας, περιγράφοντας την εξέλιξή της από τη νοηματική στην φωνητική γλώσσα. Το άρθρο παρουσιάζει μία σύντομη εισαγωγή στην ανακάλυψη των κατοπτρικών νευρώνων, εστιάζοντας, παράλληλα τη συνεισφορά τους στην κατανόηση των ανθρώπινων πράξεων και στην προέλευση της γλώσσας. Παρουσιάζει, επίσης, τη θεωρητική συζήτηση τόσο σχετικά με την ύπαρξη των κατοπτρικών νευρώνων όσο και με τον τρόπο λειτουργίας τους. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στην κριτική που διατυπώθηκε στο ζήτημα της λειτουργίας τους και της συνεισφοράς τους στην ανθρώπινη επικοινωνία.

Λέξεις κλειδιά: Κατοπτρικοί νευρώνες, Κατανόηση πράξης, Νοηματική/φωνητική γλώσσα.

1. Οι κατοπτρικοί νευρώνες

Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, η ερευνητική ομάδα του Giacomo Rizzolatti στο εργαστήριο πειραματικής ψυχολογίας του πανεπιστημίου της Πάρμα, διεξήγαγε πειράματα εισάγοντας μικροσκοπικά ηλεκτρόδια σε μία ομάδα νευρώνων στην περιοχή του κινητικού φλοιού ενός πιθήκου. Οι νευρώνες αυτοί πυροδοτούσαν ηλεκτρικά σήματα κάθε φορά που ο πίθηκος άπλωνε το χέρι του για να μετακινήσει κάποιο αντικείμενο. Η καταγραφή των σημάτων γινόταν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η ίδια ερευνητική ομάδα παρατήρησε τυχαία ότι ένα υποσύνολο των κινητικών νευρώνων στην κοιλιακή - προκινητική περιοχή (ventral – premotor cortex, περιοχή F5, Εικόνα 1) ενεργοποιούνταν, όταν ο πίθηκος παρατηρούσε μία πράξη που εκτελούνταν από κάποιον άλλον (Ware, 2008).

Αυτοί οι νευρώνες ονομάστηκαν από τον Rizzolatti «κατοπτρικοί», επειδή θεωρήθηκε ότι η παρατηρούμενη πράξη που εκτελείται από κάποιον άλλον «αντικατοπτρίζεται» στον εγκέφαλο του παρατηρητή (Pellegrino et al, 1992). Όπως ένας καθρέφτης, ο εγκέφαλος διαθέτει νευρώνες που αναπαριστούν τις πράξεις των άλλων (Stamenov & Gallese, 2002).

Η ανακάλυψη των κατοπτρικών νευρώνων και η προσπάθεια προσδιορισμού τόσο της λειτουργίας όσο και της συνεισφοράς τους στην ανθρώπινη νόηση αποτέλεσε ένα από τα πιο αμφιλεγόμενα ζητήματα στις νευροεπιστήμες (Jarret, 2012). Ο Ramachandran (2011) επισημαίνει ότι οι κατοπτρικοί νευρώνες είναι το κατεξοχήν χαρακτηριστικό της ανθρώπινης υπόστασης και ότι αποτελούν το βιολογικό υπόστρωμα της ενσυναίσθησης. Θεωρεί ότι επιτάχυναν τη βιολογική εξέλιξη του

1. Διεύθυνση: Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Νέα Χηλή, 68100, Αλεξανδρούπολη, Email: tahmatzidis@gmail.com

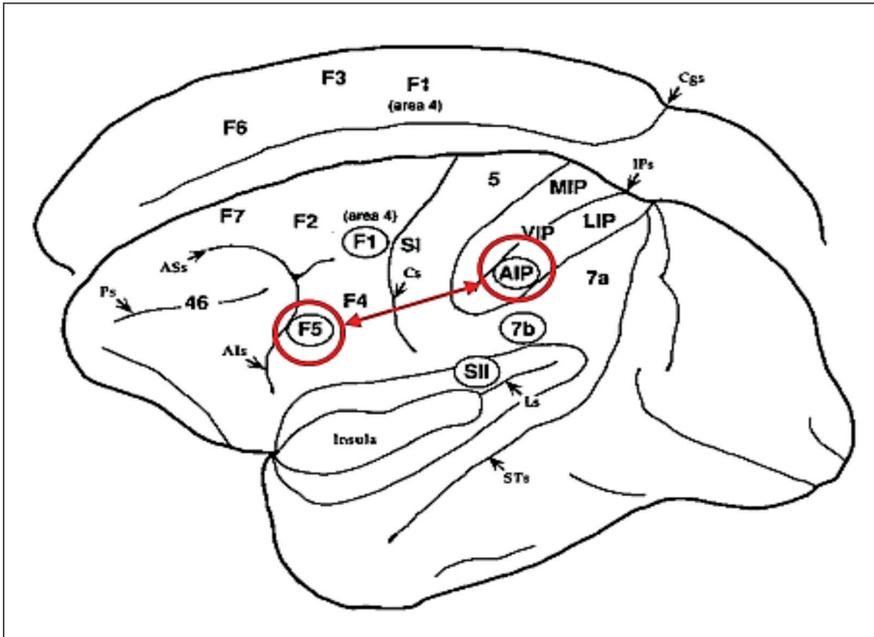
εγκεφάλου, κατέστησαν εφικτή την εμφάνιση της γλώσσας, επέτρεψαν την ανθρώπινη ικανότητα της μίμησης και, τελικά, οδήγησαν τον ανθρώπινο πολιτισμό σε ένα μεγάλο εξελικτικό άλμα προς τα εμπρός πριν από 60.000 χρόνια, περίπου. Σύμφωνα με την Gornik (2007), πολλοί ψυχολόγοι έσπευσαν να εντοπίσουν στους κατοπτρικούς νευρώνες το βιολογικό υπόβαθρο πολλών άλλων ψυχολογικών διεργασιών, όπως τον αλτρουισμό και την αυτοεκτίμηση.

Τα πρωτογενή δεδομένα από την έρευνα των κατοπτρικών νευρώνων προέρχονταν αποκλειστικά από μελέτες που έγιναν σε πιθήκους μακάκους. Επίσης, στοιχεία για την ύπαρξη κατοπτρικών νευρώνων αντλούνται και από μελέτες σε άλλα ζώα, όπως πουλιά ή δελφίνια (Gallese et al. 2011). Για λόγους δεοντολογίας, αρχικά, ήταν δύσκολο να γίνουν πειράματα εντοπισμού κατοπτρικών νευρώνων σε ανθρώπους, διότι, για τον εντοπισμό τους, πρέπει να τοποθετηθούν ηλεκτρόδια άμεσα, σε συγκεκριμένες εγκεφαλικές περιοχές ζωτανών οργανισμών. Για τη μελέτη των κατοπτρικών νευρώνων σε ανθρώπους χρησιμοποιήθηκαν τεχνικές όπως η τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (Positron Emission Tomography, PET) και η λειτουργική απεικόνιση μαγνητικής τομογραφίας (functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI). Αυτές οι τεχνικές, όμως, δεν περιγράφουν το τι ακριβώς κάνουν οι νευρώνες, απλά απεικονίζουν την παρουσία ή την απουσία μια εγκεφαλικής δραστηριότητας σε μία συγκεκριμένη εγκεφαλική περιοχή. Επίσης, οι τεχνικές fMRI δεν μπορούν να μετρήσουν την δραστηριότητα μεμονωμένων νευρώνων αλλά ένα σύνολο εγκεφαλικών περιοχών. Για το λόγο αυτό, η Gornik (2007) ισχυρίζεται ότι κανείς δεν γνωρίζει με βεβαιότητα αν οι άνθρωποι έχουν πραγματικά κατοπτρικούς νευρώνες. Ο Arbib (2008) διαφωνεί αναφέροντας ότι οι τεχνικές απεικόνισης, όταν συνδυαστούν με μελέτες που έγιναν σε ανθρώπους που υπέστησαν εγκεφαλική βλάβη, έχουν εντοπίσει την απουσία είτε του ραχιαίου είτε του κοιλιακού ρεύματος πληροφοριών, περιπτώσεις, δηλαδή, στις οποίες οι ασθενείς άλλοτε γνωρίζουν τι είναι το αντικείμενο που βλέπουν αλλά δεν ξέρουν σε τι χρησιμεύει, άλλοτε δεν το αναγνωρίζουν αλλά μπορούν να το χρησι-

μοποιούν. Σύμφωνα με τον Arbib (2008) τέτοιου είδους εγκεφαλικές βλάβες δίνουν σημαντικές πληροφορίες για τη θέση και την λειτουργία των κατοπτρικών νευρώνων.

Οι ερευνητές των κατοπτρικών νευρώνων θεωρούν ότι οι νευρώνες αυτοί είναι πιθανό να προέκυψαν εξελικτικά μέσα από ένα εββιανό νευρωνικό μαθησιακό μοντέλο, το οποίο ορίζει ότι οι νευρώνες που ενεργοποιούνται ταυτόχρονα, συνδέονται μεταξύ τους (Gornik, 2007). Η μάθηση εββιανού τύπου βασίζεται στην υπόθεση μάθησης του Hebb (1949) σύμφωνα με την οποία, όταν ο άξονας ενός κυττάρου Α είναι πολύ κοντά στο να ερεθίσει τον άξονα ενός κυττάρου Β και επίμονα ή επανειλημμένα συμμετέχει στην πυροδότησή του, τότε λαβαίνει χώρα μία διεργασία αλλαγής και σύνδεσης των δύο κυττάρων. Όταν, δηλαδή, δύο νευρώνες τείνουν να ενεργοποιούνται ταυτόχρονα, τότε σχηματίζουν μια νέα σύνδεση. Εάν οι δύο νευρώνες είχαν μία αρχικά «χαλαρή» σύναψη, μέσω της επαναλαμβανόμενης ταυτόχρονης ενεργοποίησης, η μεταξύ τους σύναψη θα ενισχυθεί. Ο νόμος του Hebb εξηγεί τη δυνατότητα μεταβολής των συνάψεων των νευρώνων και, ταυτόχρονα, είναι ενδεικτικός της πλαστικότητας του εγκεφάλου (Hebb, 1949, 1955).

Ειδικότερα στην περίπτωση των κατοπτρικών νευρώνων, η νευρωνική μάθηση τύπου Hebb σημαίνει, για παράδειγμα, πως όταν ένας πίθηκος κινεί το χέρι του, βρίσκεται αντιμέτωπος με δύο εγγύτατες χρονικά εμπειρίες και υψηλά συσχετιζόμενες: εμπειρία α': «κινώ-το-χέρι-μου» και εμπειρία β': «βλέπω-κίνηση-χεριού-μου». Σύμφωνα, λοιπόν, με πολλούς ερευνητές (Giudice, Manera & Keyser, 2009. Keyser & Perret, 2004) δεδομένου του γεγονότος ότι οι νευρώνες είναι προγραμματισμένοι να μαθαίνουν μέσω των συσχετίσεων, αυτή η σύνδεση των δύο εμπειριών «κινώ-χέρι» / «βλέπω-χέρι» θα μπορούσε, ενδεχομένως, να οδηγήσει, εξελικτικά, στη δημιουργία νευρώνων, οι οποίοι δεν είναι «κατοπτρικοί», απλώς ενεργοποιούνται όταν το υποκείμενο βλέπει κάποιον άλλον να κινεί το χέρι του· νευρώνων, δηλαδή, που ενεργοποιούνται όχι από την εκτέλεση της πράξης αλλά από την παρατήρηση της πράξης των άλλων. Εάν, όμως, γίνεται λόγος για μία ειδικού τύπου εββιανή



Εικόνα 1

Αναπαράσταση του κυκλώματος AIP -> F5 στο δεξιό ημισφαίριο του εγκεφάλου ενός πιθήκου μακάκου. Πηγή: Arbib (2002).

νευρωνική μάθηση, εγείρονται αμφιβολίες για το αν πραγματικά υπάρχουν αυτόνομοι κατοπτρικοί νευρώνες. Από την πρώτη στιγμή της ανακάλυψης των κατοπτρικών νευρώνων διατυπώθηκαν ενστάσεις για την ύπαρξή τους. Οι θέσεις που αμφισβητούν την ύπαρξή τους αναφέρουν ότι θα πρέπει να γίνεται λόγος για μία ειδικού τύπου νευρωνική λειτουργία των ήδη υπάρχοντων νευρώνων. Η έρευνα κινείται στο δίπολο της μη ύπαρξης (π.χ. Gornik, 2007. Lingau, Gesierich & Caramazza, 2009) και της ύπαρξης των κατοπτρικών νευρώνων (π.χ. Mukamel et al. 2010).

Σε ό,τι αφορά την πρώτη περίπτωση, ο Hickok (2009) καταγράφει τις επιφυλάξεις του για το αν πραγματικά υπάρχει ένα κατοπτρικό σύστημα στους πιθήκους με τις ιδιότητες που αποδίδεται σε αυτό. Επιπλέον, θεωρεί ότι η συσχέτιση του κατοπτρικού συστήματος των πιθήκων με αυτή των ανθρώπων είναι είτε αυθαίρετη είτε ανεπιβεβαίωτη. Ειδικότερα, για το ζήτημα της συνεισφοράς των κατοπτρικών νευρώνων στην μάθηση μέσω της πα-

ρατήρησης, ο Hickok πιστεύει ότι η θεωρούμενη συνεισφορά τους είναι υπερεκτιμημένη υποστηρίζοντας ότι οι άνθρωποι είναι σε θέση να κατανοούν τόσο τις δικές τους όσο και τις πράξεις των άλλων μέσα από μηχανισμούς που δεν είναι απαραίτητο να έχουν κατοπτρικές ιδιότητες. Ο ίδιος αναφέρει ότι οι κατοπτρικοί νευρώνες είναι μια ενδιαφέρουσα κατηγορία εγκεφαλικών κυττάρων, η οποία αξίζει να διερευνηθεί διεξοδικά σε πιθήκους, όπως αξίζει, επίσης, και η διερεύνηση πιθανών ομολογων εγκεφαλικών περιοχών με κατοπτρικούς νευρώνες σε ανθρώπους. Θεωρεί, όμως, την υπόθεση ότι τα κύτταρα αυτά αποτελούν τη βάση της κατανόησης της πράξης στους ανθρώπους ως πολύ πρώιμη, αν και ενδιαφέρουσα ιδέα.

Σε ό,τι αφορά τη δεύτερη περίπτωση, ο Corballis (2007) αναφέρει έρευνες που δείχνουν ότι στους πιθήκους, το σύνολο των κατοπτρικών νευρώνων έχει εντοπιστεί στην περιοχή F5, η οποία είναι ομολογη με την περιοχή Broca στους ανθρώπους (βλ. Εικόνα 1).

Ο Arbib (2006) θεωρεί ότι οι κατοπτρικοί νευρώνες είναι διάσπαρτοι σε όλο τον ανθρώπινο εγκέφαλο, αποτελώντας ένα ευρύτερο Κατοπτρικό Σύστημα, με την πλειοψηφία τους να εντοπίζεται στην περιοχή Broca, την κατεξοχήν γλωσσική περιοχή. Το δεδομένο αυτό ο Corballis (2007) το θεωρεί σημαντικό, επειδή μπορεί να αποτελέσει την αφετηρία για μία συζήτηση για τον εντοπισμό ενός σημείου σύγκλισης μεταξύ των γλωσσικών και των κινητικών θεωριών. Ωστόσο, έχουν εντοπιστεί και άλλες εγκεφαλικές περιοχές που εμπεριέχουν κατοπτρικούς νευρώνες, όπως οι κατώτερες περιοχές των μετωπιαίων και βρεγματικών λοβών, η πρόσθια περιοχή της έλικας του προσαγωγίου και η νήσος Riel (Gazzola, Aziz-Zadeh & Keysers, 2006. Singer et al. 2004). Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι η έρευνα των Mukamel et al. (2010) εντόπισε με ακρίβεια νευρώνες με κατοπτρικές ιδιότητες στον άνθρωπο στην συμπληρωματική κινητική περιοχή και στον έσω κροταφικό φλοιό. Αυτοί οι νευρώνες ενεργοποιούνται τόσο όταν ο συμμετέχων εκτελεί ένα έργο όσο και όταν παρατηρεί την πράξη να εκτελείται από κάποιον άλλον, σε αντίθεση με άλλους νευρώνες που είχαν μη κατοπτρικές ιδιότητες, που ενεργοποιούνταν, δηλαδή, μόνο στην εκτέλεση και όχι στην παρατήρηση μιας πράξης. Τη στιγμή που ο εντοπισμός των κατοπτρικών νευρώνων στον ανθρώπινο εγκέφαλο δημιουργεί ένα ενδιαφέρον πεδίο ερευνών στις νευροεπιστήμες, αναδεικνύεται ένα σημαντικό θέμα προς μελέτη: το είδος των αναπαραστάσεων που δημιουργούν οι κατοπτρικοί νευρώνες.

2. Τι ακριβώς αναπαρίσταται;

Επαναλαμβανόμενα πειράματα σε πιθήκους καταγράφουν το ίδιο αποτέλεσμα: οι κατοπτρικοί νευρώνες ενεργοποιούνται στην παρατήρηση της πράξης που εκτελείται από κάποιον άλλον. Ο Rizzolatti (2005) ανέφερε, επίσης, ότι οι κατοπτρικοί νευρώνες δεν ενεργοποιούνται μόνο κατά την παρατήρηση μιας πράξης, αλλά και από τους ήχους που προκαλεί η πράξη αυτή. Για παράδειγμα, στο άκουσμα της φράσης «πιάσε το φλιτζάνι» ενεργοποιούνται οι κατοπτρικοί νευρώνες της κινητικής

περιοχής τους χεριού. Όταν ακούγεται η φράση «κλώτσα τη μπάλα», ενεργοποιούνται οι κατοπτρικοί νευρώνες της κινητικής περιοχής του ποδιού ή όταν ακούγεται η φράση «βλέπω – καταλαβαίνω τι εννοείς», ενεργοποιούνται οι κατοπτρικοί νευρώνες της οπτικής περιοχής, κ.ο.κ. (Aziz-Zadeh & Ivry, 2009). Τα πειράματα αυτά οδήγησαν στη διατύπωση ενός αρχικού συμπεράσματος ότι ο πίθηκος έχει την εγγενή εγκεφαλική ικανότητα να αναπαριστά την πράξη που παρατηρεί και, μέσω της αναπαράστασης, ο εγκέφαλος επιτρέπει στον πίθηκο να γνωρίζει την πράξη κάποιου άλλου (Arbib, 2006). Οι αναπαραστάσεις, επίσης, που σχετίζονται με την λειτουργία των κατοπτρικών νευρώνων φαίνεται να αφορούν πράξεις που έχουν συγκεκριμένη δομή: κίνηση ή αλληλεπίδραση με ένα αντικείμενο για την επίτευξη ενός σκοπού.

Η ενεργοποίηση των κινητικών νευρώνων ενός ατόμου με τη παρατήρηση της πράξης που εκτελείται από ένα άλλο άτομο θέτει τα θεμέλια συζητήσεων σχετικά με την εγγενή ικανότητα του ανθρώπινου εγκεφάλου να αναπαριστά τις πράξεις των άλλων και να τις αναγνωρίζει μέσω της αναπαράστασης αυτής. Σύμφωνα με τους ερευνητές των κατοπτρικών νευρώνων, η σημασία τους έγκειται στο γεγονός ότι εντοπίστηκε στον εγκέφαλο το βιολογικό υπόβαθρο της μάθησης. Εφόσον, δηλαδή, ο εγκέφαλος παρέχει τη δυνατότητα αναπαράστασης της πράξης που εκτελείται από κάποιον άλλον, τότε είναι δυνατή η μάθηση μέσω παρατήρησης (Aziz-Zadeh & Ivry, 2009, Iacoboni et al, 2005. Ware, 2008.). Το ερώτημα που προκύπτει είναι: τι ακριβώς αναπαριστά ο εγκέφαλος μέσω των κατοπτρικών νευρώνων;

Οι κατοπτρικοί νευρώνες ενεργοποιούνται μόνο από την παρατήρηση μιας πράξης που έχει συγκεκριμένο σκοπό. Η απλή θέαση ενός αντικειμένου, η παρατήρησή του ή η παρατήρηση μιας τυχαίας, χωρίς σκοπό, κίνησης του χεριού ενός άλλου υποκειμένου δεν ενεργοποιεί τους κατοπτρικούς νευρώνες. Επίσης, δεν φαίνονται να ενεργοποιούνται ούτε από την προσδοκία μιας επικείμενης ανταμοιβής ούτε από άλλα εξωγενή κίνητρα (Iacoboni et al, 2005). Με αφετηρία αυτό το δεδομένο, οι Iacoboni et al. (2005) αναφέρουν ότι εκείνο που αναπαρίσταται είναι η πράξη, εισά-

γοντας μία διάκριση μεταξύ των όρων «κίνηση» (movement) και «πράξη» (action).

Η «κίνηση» προκύπτει όταν κινείται το χέρι ή το πόδι άσκοπα, χωρίς λόγο, ενώ ως «πράξη» ορίζεται μία κίνηση που έχει συγκεκριμένο σκοπό. Επίσης, εκείνο που διαφοροποιεί την κίνηση από την πράξη είναι το ότι η πράξη, εκτός από τον σκοπό (π.χ. κράτημα αντικειμένου) συνοδεύεται και από το προσδοκώμενο αποτέλεσμα που εμπεριέχει ο σκοπός (π.χ. κράτημα αντικειμένου για να πει νερό). Όταν, δηλαδή, κάποιος εκτελεί μια πράξη, είναι ικανός να προβλέψει τα αποτελέσματά της και για το λόγο αυτό στην αναπαράσταση της πράξης εμπεριέχονται και οι συνέπειές της (Arbib, 2002. Arbib & Bota, 2003. Iacoboni et al, 2005). Στο ερώτημα, λοιπόν, «τι ακριβώς αναπαριστούν οι κατοπτρικοί νευρώνες», οι ερευνητές των κατοπτρικών νευρώνων προτείνουν ότι αναπαρίσταται η πράξη (action), η οποία ορίζεται ως «σκόπιμη κίνηση». Οι Iacoboni et al. (2005, σ. 529) αναφέρουν χαρακτηριστικά:

«[...] κάθε πράξη εμπεριέχει έναν σκοπό και μια αιτία. Επομένως, αναγνώριση της πράξης σημαίνει ταυτόχρονα αναγνώριση της σκοπιμότητάς της. Για παράδειγμα, ο Τζον βλέπει τη Μαίρη να πιάνει ένα μήλο. Βλέποντάς το χέρι της να κινείται προς το μήλο ο Τζον καταλαβαίνει τι κάνει η Μαίρη αλλά ταυτόχρονα καταλαβαίνει την σκοπιμότητα, την αιτία και την βούληση της πράξης της».

Σύμφωνα με τους Iacoboni et al. (2005) οι κατοπτρικοί νευρώνες αναγνωρίζουν τόσο την πράξη όσο και το πλαίσιο μέσα στο οποίο η ίδια εκτελείται (π.χ. στοιχεία του περιβάλλοντος, σκοπιμότητα, επιδιωκόμενα αποτελέσματα κλπ.). Από τα παραπάνω αναδεικνύεται η ενδιαφέρουσα άποψη ότι οι κατοπτρικοί νευρώνες δεν αναπαριστούν απλά την πράξη αλλά, ταυτόχρονα, καθιστούν δυνατή και την κατανόησή της. Η θέση, όμως, πως η αναπαράσταση της πράξης εμπεριέχει και την κατανόησή της θεωρήθηκε τολμηρή και διατυπώθηκαν πολλές άλλες απόψεις τόσο υπέρ όσο και ενάντια σε αυτήν. Η συνεισφορά των κατοπτρικών νευρώνων στην κατανόηση μιας πράξης είναι ένα

από τα πιο αμφιλεγόμενα σημεία στη λειτουργία τους (Oztop, Kawato & Arbib, 2013). Η βασική ένσταση εντοπίζεται στο περιεχόμενο του όρου «κατανόηση». Πρέπει να σημειωθεί ότι κάθε προσέγγιση στο θέμα της «κατανόησης» παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, διότι υπονοείται η πιθανή ανάμειξη των κατοπτρικών νευρώνων ως δυναμικών γνωστικών μηχανισμών.

Η συζήτηση στο θέμα της κατανόησης της πράξης ξεκίνησε όταν οι ερευνητές προσπάθησαν να μελετήσουν τον τρόπο λειτουργίας των κατοπτρικών νευρώνων (Fogassi et al., 1992. Gallese et al., 1996. Rizzolatti et al., 1996). Παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιείται συχνά στη σχετική βιβλιογραφία ο όρος «κατανόηση πράξης», το τι ακριβώς σημαίνει δεν είναι σαφές. Τα δεδομένα δείχνουν αρχικά ότι οι κατοπτρικοί νευρώνες ενεργοποιούνται είτε όταν ο πίθηκος εκτελεί μια πράξη είτε όταν παρατηρεί μία πράξη που εκτελείται από κάποιον άλλον (Oztop et al., 2013). Εκφράζεται η άποψη ότι, τόσο στον άνθρωπο, όσο και στον πίθηκο, οι κατοπτρικοί νευρώνες σχηματίζουν ένα εκτεταμένο κατοπτρικό σύστημα (ΚΣ). Αν και η ύπαρξη ενός ΚΣ ελέγχεται ακόμη, εντούτοις έχει προταθεί μία πιθανή λειτουργία του συστήματος αυτού (Arbib, 2008. Stemmer & Whitaker, 2008), η οποία περιγράφεται μέσα από δύο νευρωνικά κυκλώματα: το κύκλωμα FARS (Fagg & Arbib, 1998), που συνδέει την περιοχή F5 με την περιοχή AIP του βρεγματικού λοβού και το οποίο περιέχει κανονικούς νευρώνες (canonical neurons) και το MNS (Oztop & Arbib, 2002) το οποίο περιλαμβάνει κατοπτρικούς νευρώνες. Το πρώτο θεωρείται εκτελεστικό σύστημα το οποίο χρησιμεύει στην εκτέλεση μιας πράξης ενώ το δεύτερο είναι σύστημα παρατήρησης και λειτουργεί στη βάση του πρώτου αφήνοντας εκτός τις εκτελεστικές διαστάσεις. Ο τρόπος με τον οποίο λειτουργούν αυτά τα δύο συστήματα θεωρήθηκε ότι συνεισφέρει στην κατανόηση της πράξης (βλ. Εικόνα 1). Συγκεκριμένα, οι Rizzolatti και Craighero (2004, σ. 172) θεωρούν ότι:

«κάθε φορά που ένα άτομο βλέπει μια πράξη που εκτελείται από κάποιο άλλο άτομο, οι νευρώνες που αναπαριστούν αυτή τη πράξη

ενεργοποιούνται στον προκινητικό φλοιό του παρατηρητή. Αυτή η κινητική αναπαράσταση της παρατηρούμενης πράξης αντιστοιχεί στην ίδια κινητική αναπαράσταση που αυτόματα δημιουργείται όταν ο παρατηρητής εκτελεί την πράξη της οποίας η έκβαση είναι γνωστή. Έτσι, το κατοπτρικό σύστημα μετατρέπει τις οπτικές πληροφορίες σε γνώση».

Η μετατροπή της οπτικής πληροφορίας σε κινητικό πρόγραμμα (όπως προτείνει το μοντέλο FARS) και η αναπαράσταση αυτής της πληροφορίας (όπως προτείνει το μοντέλο MNS) χωρίς όμως την εκτέλεσή της μπορεί να θεωρηθεί, ενδεχομένως, ως «κατανόηση» μιας πράξης (εφόσον αναπαρίστανται όλα τα συστατικά της στοιχεία).

Στο σημείο αυτό ο Hickok (2009) στέκεται κριτικά απέναντι στη λειτουργία των κατοπτρικών νευρώνων, αναφέροντας ότι στα πειράματα που έγιναν σε πιθήκους μακάκους δεν είναι δυνατόν να υπάρξουν δεδομένα που να πιστοποιούν με έγκυρο τρόπο ότι οι κατοπτρικοί νευρώνες της περιοχής F5 υποστηρίζουν την κατανόηση των πράξεων που παρατηρούν σε άλλους πιθήκους. Επίσης, σημειώνει ότι θα μπορούσε, ενδεχομένως, να γίνει αποδεκτό ότι οι κατοπτρικοί νευρώνες αναπαριστούν μία πράξη, όμως δεν είναι εύκολο να υποστηρίξει κανείς ότι ο άνθρωπος γνωρίζει μία πράξη και ότι η γνώση αυτή προκύπτει από την λειτουργία των κατοπτρικών νευρώνων. Προσπαθώντας ο Hickok να προσδιορίσει ποια μπορεί να είναι η συνεισφορά των κατοπτρικών νευρώνων στην κατανόηση μιας πράξης και υποθέτοντας ότι οι κατοπτρικοί νευρώνες, πράγματι, αναπαριστούν «κάτι», καταλήγει στο συμπέρασμα ότι, τελικά, αν οι κατοπτρικοί νευρώνες προσφέρουν μία κάποια είδους γνώση, τότε αυτό το οποίο «γνωρίζει» το άτομο που παρατηρεί ένα άλλο να πιάνει κάτι, βρίσκεται πιο κοντά στην απλή έννοια του κρατήματος, δηλαδή στην διαδικασία του «πιάνω-κάτι-με-το-χέρι» και τίποτε περισσότερο.

Αντίθετα, οι Nelissen et al. (2005) υποδεικνύουν ότι οι κατοπτρικοί νευρώνες κωδικοποιούν κάτι πολύ βαθύτερο και ουσιαστικότερο από την απλή «έννοια του κρατήματος». Στις έρευνές τους τονίζουν τη σημασία των κατοπτρικών νευρώνων

στην κατανόηση της πράξης γιατί, χωρίς αυτούς, μία απλή οπτική αναπαράσταση της πράξης, θα έδινε μόνο μια περιγραφή των ορατών πτυχών της κίνησης του υποκειμένου, χωρίς να δίνει, παράλληλα, ζωτικές πληροφορίες για την σημασιολογική κατανόηση της πράξης, δηλαδή, με τι σχετίζεται η πράξη, ποιος είναι ο σκοπός της και πώς σχετίζεται με άλλες πράξεις. Οι Nelissen et al. (2011), επίσης, θεωρούν ότι οι ανθρώπινες πράξεις, ακόμη και οι πιο απλές, δεν είναι «ουδέτερες», αποκομμένες, δηλαδή, από το κοινωνικό περιβάλλον. Η έννοια της «κατανόησης της πράξης» στηρίζεται στην ιδέα ότι οι πράξεις που εκτελεί το άτομο έχουν μια εγγενή σημασιολογία και ότι, παρατηρώντας την ίδια ενέργεια σε άλλα άτομα, παρέχεται η πρόσβαση σε αυτή τη σημασιολογία της πράξης. Με τον τρόπο αυτό, λοιπόν, οι κατοπτρικοί νευρώνες δεν καθιστούν εφικτή μόνο τη μίμηση μιας πράξης, αλλά ουσιαστικά βοηθούν στην κατανόησή της, επειδή ακριβώς η ίδια η φύση της πράξης εμπεριέχει σημασιολογικό περιεχόμενο. Η συνεισφορά τους, δηλαδή, είναι στο ότι δημιουργούν την κινητική αναπαράσταση της παρατηρούμενης πράξης. Αυτή η αναπαράσταση μεταφέρει στον προκινητικό φλοιό ταυτόχρονα και το προσδοκώμενο αποτέλεσμα της παρατηρούμενης πράξης και για το λόγο αυτό θεωρούν ότι μέσω αυτής της μεταφοράς το κατοπτρικό σύστημα μετατρέπει τις οπτικές πληροφορίες σε γνώση, σύμφωνα με την θέση των Rizzolatti και Craighero (2004).

Εντούτοις, από την μεριά των ερευνητών των κατοπτρικών νευρώνων απουσιάζει ένας σαφής ορισμός για το τι πραγματικά σημαίνει «αναγνώριση» και τι «κατανόηση» της πράξης και πως διακρίνονται αυτοί οι δύο όροι. Οι Oztop et al. (2013) επισημαίνουν αυτή την ασάφεια και ταυτόχρονα αναγνωρίζουν την δυσκολία που κρύβει ο ισχυρισμός της συνεισφοράς των κατοπτρικών νευρώνων στην κατανόηση της πράξης. Οι ίδιοι αναφέρουν αρκετά θεωρητικά μοντέλα πιθανής λειτουργίας των κατοπτρικών νευρώνων σημειώνουν, όμως, χαρακτηριστικά ότι, καταρχήν, ένας βασικός ορισμός της έννοιας της «κατανόησης» θα πρέπει να περιλαμβάνει την ικανότητα ενός οργανισμού να ενσωματώνει ένα εξωτερικό ερέθι-

σμα στα μελλοντικά σχέδια συμπεριφοράς του με σκοπό τη βελτίωση της τρέχουσας ή μελλοντικής κατάστασής του. Ενώ, λοιπόν, η δραστηριότητα ενός κατοπτρικού νευρώνα σχετίζεται με την παρατήρηση της δράσης, οι ίδιοι προτείνουν ότι η εν λόγω ενεργοποίηση είναι ανεπαρκής για τον ισχυρισμό ότι οι κατοπτρικοί νευρώνες συνεισφέρουν στην κατανόηση της πράξης, καθώς μια τέτοια διαδικασία απαιτεί τον συντονισμό και άλλων συστημάτων σε άλλες εγκεφαλικές περιοχές.

Απαντώντας εμμέσως στον ισχυρισμό των Nelissen et al. (2011) σχετικά με τη συνεισφορά των κατοπτρικών νευρώνων στη σημασιολογική κατανόηση της πράξης οι Oztop et al. (2013) αναφέρουν χαρακτηριστικά την περίπτωση του επισκέπτη ενός ξένου πολιτισμού. Στην περίπτωση αυτή, ο επισκέπτης, παρατηρώντας μία χειρονομία που εκτελεί ένας ντόπιος κάτοικος, θα μπορούσε, πιθανόν, να αναγνωρίσει ένα μεγάλο μέρος των επιμέρους κινητικών διαστάσεων της χειρονομίας, αλλά να μην είναι, όμως, σε θέση να κατανοήσει τι «πραγματικά» σημαίνει η χειρονομία (τα πραγματολογικά της στοιχεία και την σημειωτική της) που παρατηρεί εντός του πολιτιστικού πλαισίου της κοινωνίας που επισκέπτεται.

Στο σύνολο της κριτικής τους οι Oztop et al. (2013) αναφέρουν ότι για να ελεγχθεί ο ισχυρισμός ότι το MNS συνεισφέρει με κάποιον τρόπο στην κατανόηση της πράξης θα πρέπει η έρευνα στο μέλλον να εστιάσει στον τρόπο με τον οποίο οι κατοπτρικές ενεργοποιήσεις στην κοιλιακή – προκινητική περιοχή φτάνουν σε εγκεφαλικές περιοχές που σχετίζονται με ανώτερες γνωστικές λειτουργίες. Στην περίπτωση αυτή, είναι πιθανόν ότι οι αμοιβαίες συνδέσεις του MNS με τις περιοχές αυτές να μπορούν να μεταφέρουν πληροφορίες που καθιστούν δυνατή την κατανόηση της πράξης. Έχοντας ως αφετηρία τις συνδέσεις αυτές θα μπορούσε στη συνέχεια να ελεγχθεί η υπόθεση ότι οι κατοπτρικοί νευρώνες της περιοχής F5 συνεισφέρουν στην κατανόηση της πράξης. Ίσως, αναφέρουν οι ίδιοι, να αποδειχθεί ότι οι εντοπισμένοι στον βρεγματικό λοβό κατοπτρικοί νευρώνες (Fogassi et al., 1998) συμμετέχουν στη λειτουργία της κατανόησης της πράξης. Κάτι τέτοιο θα συμφωνούσε με μία έρευνα των Fogas-

si et al. (2005) η οποία έδειξε ότι οι κατοπτρικοί νευρώνες του βρεγματικού λοβού κωδικοποιούν πράξεις που έχουν πολύ στενή και άμεση σχέση με το πλαίσιο στο οποίο εκτελούνται γεγονός που υποδηλώνει ότι κωδικοποιούν τις προθέσεις ή τους στόχους που εμπεριέχει η παρατηρούμενη πράξη. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν μελέτες (Bonaiuto, Rosta & Arbib, 2007. Bonaiuto & Arbib, 2010) που αναφέρουν ότι η κρίσιμη διεργασία που συντελεί στην κατανόηση της πράξης είναι η κωδικοποίηση που πραγματοποιείται στην εργαζόμενη μνήμη και όχι στους κατοπτρικούς νευρώνες. Οι νευρωνικές συνδέσεις της περιοχής F5 είναι συμβατές με αυτή την άποψη. Υπάρχουν νευρωνικές συνδέσεις αποστολής πληροφοριών από την εργαζόμενη μνήμη προς την περιοχή της F5, όπου βρίσκονται οι κατοπτρικοί νευρώνες (Gerbella et al., 2011). Γι' αυτό το λόγο, άλλωστε, οι Oztop et al. (2013) συνοψίζουν την κριτική τους αναφέροντας ότι η κατανόηση της πράξης δεν μπορεί να οφείλεται μόνο στο MNS. Εάν πράγματι οι κατοπτρικοί νευρώνες εμπλέκονται στην κατανόηση της πράξης, τότε θα πρέπει να τους δούμε ως το μέρος ενός γενικότερου νευρωνικού δικτύου που είναι προσανατολισμένο προς την κατανόηση των πράξεων. Και ενώ, λοιπόν, η έρευνα για την δομή και του λειτουργία ενός ευρύτερου νευρωνικού δικτύου με κατοπτρικές ιδιότητες τόσο στον πίθηκο όσο και στον άνθρωπο τροφοδοτεί μία γόνιμη αντιπαράθεση ιδεών, μία άλλη εξίσου ενδιαφέρουσα πτυχή των κατοπτρικών νευρώνων προκαλεί εξίσου σημαντικές συζητήσεις οι οποίες αφορούν την εξέλιξη της επικοινωνίας μέσα από την αλλαγή του επικοινωνιακού μέσου, την αντικατάσταση, δηλαδή, της νοηματικής από την προφορική γλώσσα.

3. Κατοπτρικοί νευρώνες και γλώσσα

Η γλωσσική προσέγγιση του Arbib (2002) περιγράφει την εξέλιξη της ανθρώπινης επικοινωνίας μέσα από την αλλαγή του επικοινωνιακού μέσου: η προφορική γλώσσα πήρε τη θέση της νοηματικής. Η σύγχρονη προφορική γλώσσα προέκυψε εξελικτικά από την μίμηση, από μία ικανότητα που

οφείλεται στο κατοπτρικό σύστημα. Σύμφωνα με αυτή τη προσέγγιση, ο προφορικός λόγος δεν εξελίχθηκε απευθείας από το ηχητικό – ακουστικό τμήμα του εγκεφάλου αλλά υποστηρίχθηκε, αρχικά, από την εξέλιξη ενός συστήματος χειρονομιών κατάλληλων για επικοινωνία. Αυτό το σύστημα χειρονομιών έχει τις βιολογικές του βάσεις στις κινητικές περιοχές του εγκεφάλου. Κάθε χειρονομία, εφόσον έχει ως στόχο την επικοινωνία, εμπεριέχει και έναν νοηματικό πυρήνα ο οποίος πρέπει να μεταδοθεί στον παρατηρητή προκειμένου να υπάρξει αποτελεσματική επικοινωνία. Ο νοηματικός αυτός πυρήνας θα ήταν αδύνατο να μεταδοθεί χωρίς τους κατοπτρικούς νευρώνες. Επομένως, υποστηρίζει ο Arbib (2008), πριν αναπτυχθεί η προφορική γλώσσα και πριν αποκτηθεί η βιολογική ικανότητα της ομιλίας (π.χ. ανάπτυξη της περιοχής Broca) οι πρωτόγονοι άνθρωποι επικοινωνούσαν μεταξύ τους με χειρονομίες, με κινήσεις, δηλαδή, που αναπαριστούσαν νοήματα. Τα νοήματα γίνονταν αντιληπτά χάρη στους κατοπτρικούς νευρώνες των παρατηρητών. Όταν αργότερα προέκυψε, εξελικτικά, η ικανότητα του ανθρώπου για προφορική ομιλία, η προφορική γλώσσα είχε τις ίδιες «κατοπτρικές» ιδιότητες, δηλαδή την αναπαράσταση – μέσω της μίμησης – μιας πράξης. Η ίδια η αναπαράσταση αποτελεί ταυτόχρονα και το βασικό περιεχόμενο της σκέψης. Η σκέψη και η γλώσσα, κατά τον Arbib, είναι στον πυρήνα τους κινητικές και πραξιακές λειτουργίες. Ένα πρώτο ερώτημα που εγείρεται από αυτή τη προσέγγιση είναι ο τρόπος με τον οποίο η φωνητική γλώσσα προέκυψε από τις χειρονομίες.

Για να απαντηθεί το ερώτημα αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι μία από τις βασικότερες ανάγκες του ανθρώπου ήταν αυτή της επικοινωνίας του με τους άλλους. Βασικός στόχος, της ανθρώπινης επικοινωνίας είναι η μετάδοση του νοήματος, ανεξάρτητα με το εάν το επικοινωνιακό μέσο είναι η νοηματική χειρονομία ή η προφορική γλώσσα. Για τον Arbib, το σύστημα των κατοπτρικών νευρώνων αποτελεί τη βιολογική αφετηρία για την αναπαράσταση του νοήματος. Χρησιμοποιώντας τα πρωτογενή δεδομένα της έρευνας των κατοπτρικών νευρώνων, ο Arbib (2008) διατυπώνει μία άποψη για την εξέλιξη της επικοινωνίας γνωστή

ως «Υπόθεση για τη Γλώσσα και το Κατοπτρικό Σύστημα» (Language and The Mirror System Hypothesis, LMSH, στο εξής: ΥΓΚΣ).

Σύμφωνα με την ΥΓΚΣ ο άνθρωπος άρχισε πρώτα να «μιλά» με τα χέρια και μετά με το στόμα: το νόημα, δηλαδή, μιας επικοινωνιακής περιστασης αρχικά αναπαραστάθηκε και μεταβιβάστηκε μέσα από τις κινήσεις των χεριών και μπορούσε να γίνει αντιληπτό από τον δέκτη του μηνύματος με την βοήθεια των κατοπτρικών νευρώνων. Συγκεκριμένα, τα πρώτα ανθρωποειδή ανέπτυξαν μια βασική νοηματική γλώσσα που στηριζόταν στις κινήσεις των χεριών. Αυτή η νοηματική γλώσσα έχει έναν συγκεκριμένο σκοπό: την επιτυχημένη επικοινωνία. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού, οι κινήσεις των χεριών του πομπού θα πρέπει να εκτελούνται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να γίνονται αντιληπτές και, τελικά, κατανοητές από τον δέκτη. Ο παρατηρητής δεν θα μπορούσε να καταλάβει το νόημα των κινήσεων των χεριών του δέκτη χωρίς τους κατοπτρικούς νευρώνες. Αργότερα, όταν, αναπτύχθηκε η περιοχή Broca και έγιναν οι απαραίτητες αλλαγές στο ανθρώπινο σώμα που του επέτρεψαν να υποστηρίξει την προφορική ομιλία, σημειώθηκε μία μετάβαση από τη νοηματική στην φωνητική γλώσσα. Με βάση, λοιπόν, την ΥΓΚΣ, η αφετηρία της γλώσσας, ως επικοινωνιακό εργαλείο, βρίσκεται στις νοηματικές κινήσεις των χεριών. Με άλλα λόγια, το εννοιολογικό και σημασιολογικό υπόβαθρο της γλώσσας βρίσκεται στον πραξιακό χαρακτήρα της ανθρώπινης ζωής (Arbib, 2002. Corballis, 2010). Έτσι, λοιπόν, σύμφωνα με τον Arbib, στην ιστορία του ανθρώπινου είδους, η βασική ανάγκη για επικοινωνία χρησιμοποίησε δύο εργαλεία: πρώτα τη νοηματική και έπειτα τη φωνητική γλώσσα. Άλλωστε, εκτιμάται ότι η πλειοψηφία των κατοπτρικών νευρώνων εντοπίζεται στο σημείο όπου η περιοχή Broca «εφάπτεται» με την κινητική περιοχή του εγκεφάλου. Αυτό σημαίνει ότι πιθανόν η γλωσσική και η κατοπτρική ικανότητα να μοιράζονται ένα κοινό νευρωνικό υπόστρωμα (Rizzolatti, 2005).

Σε ό,τι αφορά την μετάβαση από το ένα επικοινωνιακό μέσο στο άλλο, ο Arbib (2006, 2008) προτείνει μία αναπτυξιακή πορεία της γλώσσας από την μίμηση στην πρωτογλώσσα. Σύμφωνα με το

Πίνακας 1
Το μοντέλο Arbib για την εξέλιξη του νοήματος

Στάδιο 1	Δράξιμο (grasping)
Στάδιο 2	Μίμηση (imitation of grasping) απλή (για τους πιθήκους) και σύνθετη (για τους ανθρώπους)
Στάδιο 3	Παντομίμα πιασίματος (pantomime of grasping) και συγκεκριμένων χειρωνακτικών πράξεων
Στάδιο 4	Παντομίμα (pantomime of actions) γενικευμένων – πιο αφαιρετικών πράξεων, άσχετων με το υποκείμενο που τις εκτελεί
Στάδιο 5	Πρωτοσυμβολισμός (protosign)
Στάδιο 6	Πρωτογλώσσα (protospeech)



Εικόνα 2

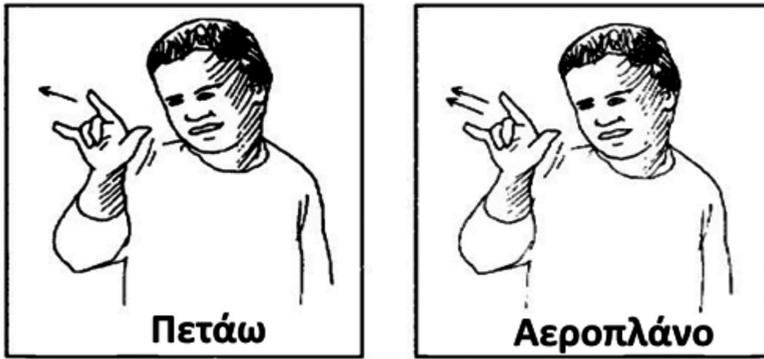
Το ρήμα «παίζω πιάνο» και το ουσιαστικό «πιάνο» στην αμερικανική νοηματική γλώσσα.

Πηγή: Tennant & Gluszk - Brown (2000).

θεωρητικό μοντέλο του Arbib, η εξελικτική πορεία μετάβασης από την γλώσσα, ως νοηματική κίνηση χεριών, στην γλώσσα, ως φωνητική πράξη συντελέστηκε μέσα από την ακόλουθη διαδοχή σταδίων (βλ., Πίνακα 1).

Στάδια 1 - 2. Κράτημα και μιμητικές πράξεις. Οι κατοπτρικοί νευρώνες επέτρεψαν στον πρωτόγονο άνθρωπο, κάθε φορά που παρατηρούσε έναν σύντροφό του, να κατανοήσει όχι μόνο την κίνηση, αλλά και τις προθέσεις του. Η επικοινωνία ήταν δυνατή με τον ίδιο τρόπο επικοινωνίας που χρησιμοποιούν οι κωφοί, μέσω της νοηματικής, δηλαδή,

γλώσσας, που βασίζεται στις κινήσεις των χεριών. Η νοηματική γλώσσα στηρίζεται στη μίμηση, η οποία είναι εικονική. Η νοηματική γλώσσα δεν θα ήταν αποτελεσματική χωρίς τους κατοπτρικούς νευρώνες. Η μίμηση έχει ως στόχο την αντιγραφή μιας ενέργειας αναπαριστώντας εικονικά την πραγματικότητα. Για παράδειγμα, στην αμερικανική νοηματική γλώσσα το μουσικό όργανο «PIANO» και το ρήμα «ΠΑΙΖΩ ΠΙΑΝΟ» (Εικόνα 2) αναπαρίστανται με την κίνηση των δαχτύλων πάνω – κάτω και την παράλληλη κίνηση των χεριών δεξιά – αριστερά (Corballis, 2007).



Εικόνα 3

Η εξέλιξη από την μίμηση στην παντομίμα. Η διαφορά ανάμεσα στο ουσιαστικό «αεροπλάνο» και στο ρήμα «πετώ» δηλώνεται με την διπλή κίνηση της παλάμης.

Πηγή: Tennant & Gluszak - Brown (2000).

Αυτού του είδους οι ρυθμικές κινήσεις είναι μιμητικές, διότι «αντιγράφουν», δηλαδή αναπαριστούν, την εικόνα ενός πιανίστα την ώρα που παίζει πιάνο. Οι κατοπτρικοί νευρώνες επιτρέπουν στον παρατηρητή να κατανοήσει ότι γίνεται λόγος «για κάποιον που παίζει πιάνο» χωρίς να είναι παρών ο μουσικός. Ο Corballis (2010) υποθέτει ότι για τους πρωτόγονους ανθρώπους που δεν διέθεταν την ικανότητα προφορικής επικοινωνίας ήταν πιο εύκολο να συνεννοηθούν μέσω της νοηματικής γλώσσας, χρησιμοποιώντας, δηλαδή, τις κινήσεις των χεριών τους για να εκφράζουν δημόσια την πρόθεσή τους. Επίσης αναφέρει ότι αυτός ο «μιμητικός πολιτισμός» (mimetic culture) εξελίχθηκε μαζί με τον Homo Erectus πριν από 2 εκ. χρόνια.

Στάδια 3 - 4. Παντομίμα συγκεκριμένων - γενικευμένων και αφαιρετικών πράξεων: Σε αυτά τα στάδια η μίμηση εξελίσσεται σε παντομίμα. Η παντομίμα διαφέρει από την μίμηση, ως προς το γεγονός ότι είναι πιο επικοινωνιακή, προσπαθώντας να «τραβήξει» την προσοχή του παρατηρητή επάνω στις κινήσεις των χεριών και αναγκάζοντας, έτσι, τον παρατηρητή να αναστοχαστεί στο νόημα των κινήσεων. Ενώ η μίμηση δίνει έμφαση στην αντιγραφή του νοήματος, η παντομίμα θεωρείται ότι το μεταδίδει πιο αποτελεσματικά καθώς δίνει έμφαση στον δέκτη απαιτώντας από αυτόν να πα-

ρακολουθεί προσεκτικά τις κινήσεις των χεριών του πομπού ενώ ταυτόχρονα ο πομπός πρέπει να εκτελεί τις κινήσεις έτσι, ώστε ο δέκτης να κατανοήσει το νόημα (Corballis, 2010).

Στάδιο 5. Πρωτοσυμβολισμός: Στο στάδιο αυτό η παντομίμα γίνεται αφαιρετική: οι κινήσεις των χεριών γίνονται πιο τυποποιημένες και αποκτούν έναν φορμαλισμό. Η τυποποίηση αυτή οδηγεί σε έναν πρώιμο συμβολισμό (πρωτοσυμβολισμό) του νοήματος που πρέπει να μεταδοθεί ενώ παράλληλα δίνει τη δυνατότητα να αναπτυχθούν πιο σύνθετα νοήματα. Οι κινήσεις των χεριών του πομπού θα πρέπει να τυποποιηθούν σε τέτοιο βαθμό έτσι ώστε να μπορεί ο δέκτης να ξεχωρίζει βασικές εννοιολογικές διαφορές μεταξύ των μηνυμάτων που τα χέρια μεταδίδουν. Για παράδειγμα, θα πρέπει, με κάποιον τρόπο, ο πομπός να ξεχωρίσει το ουσιαστικό «αεροπλάνο» από το ρήμα «πετάω». Στην αμερικανική νοηματική γλώσσα η διαφορά ανάμεσα στο ρήμα «πετάω» και στο ουσιαστικό «αεροπλάνο» βρίσκεται στην διαφορετική κίνηση των χεριών: το ουσιαστικό «αεροπλάνο» δηλώνεται με σύντομες επαναλαμβανόμενες κινήσεις, ενώ το ρήμα «πετάω» δηλώνεται με μία μακρά και εκτεταμένη χειρονομία (Εικόνα 3).

Ο πρωτοσυμβολισμός, δηλαδή, συνίσταται στο γεγονός ότι οι κινήσεις των χεριών γίνονται τό-

σο φορμαλιστικές, ώστε η εννοιολογική διάκριση ουσιαστικού – ρήματος δηλώνεται τόσο από το σχήμα της παλάμης όσο και από την κίνηση του χεριού. Ενώ, λοιπόν, η μίμηση αφορά το σχήμα της παλάμης (τα δάχτυλα μιμούνται, αντιγράφουν, δηλαδή, την οπτική εικόνα ενός αεροπλάνου) και η παντομίμα χρησιμοποιεί την κίνηση της παλάμης (για να τραβήξει την προσοχή του δέκτη, επειδή είναι πιο επικοινωνιακή και απαιτεί τον συντονισμό και την προσοχή στην επικοινωνιακή περίπτωση τόσο του πομπού όσο και του δέκτη) ο πρωτοσυμβολισμός αποτελεί το προϊόν της κοινής συναίνεσης πομπού και δέκτη πάνω στην συμβολική απεικόνιση του νοήματος μέσω των χειρωνακτικών κινήσεων. Η μετάβαση από την παντομίμα στον πρωτοσυμβολισμό, σύμφωνα με την ΥΓΚΣ έγινε πριν αναπτυχθεί η περιοχή Broca, όταν ο πρωτόγονος άνθρωπος, με την διαρκή εξέλιξη του ζεύγους μίμηση/παντομίμα, εκλέπνυε τις κινήσεις του έτσι, ώστε να μεταβιβάζει το επιθυμητό νόημα αποτελεσματικά. Φορέας του νοήματος εξακολουθούν να είναι οι κινήσεις των χεριών, οι οποίες αναλαμβάνουν το επικοινωνιακό βάρος (Arbib, 2006. Corballis, 2010. Hickok, 2009).

Στάδιο 6. Πρωτογλώσσα: Στην πρωτογλώσσα εμπλέκονται και άλλα μέρη του σώματος εκτός από τα χέρια: το πρόσωπο, οι μορφασμοί του και η φωνή. Κύριος φορέας της είναι ο ήχος. Στο στάδιο αυτό, η προσπάθεια για την έκφραση της εννοιολογικής διαφοράς μεταξύ ουσιαστικών και ρημάτων γίνεται, πλέον, με ήχους (φθόγγους). Στην πορεία της ανθρώπινης εξέλιξης, η έκφραση μιας πράξης μέσω της προφορικής ομιλίας αντικατέστησε την νοηματική αναπαράστασή της μέσω των χεριών. Σύμφωνα με τον Corballis (2010), αυτή η μετάβαση από την νοηματική στην ηχητική γλώσσα μπορεί να θεωρηθεί ως ένα μεγάλο εξελικτικό βήμα προς τα εμπρός: η μετατροπή της (νοηματικής) πρωτογλώσσας σε (ηχητική) γλώσσα σημαίνει ότι η επικοινωνία χάνει την μιμητική της αφετηρία, γίνεται πιο συμβατική στη φωνητική της διάσταση και δεν χρειάζεται, πλέον, να περιορίζεται στην οπτική της διάσταση. Εφόσον, όμως, οι άνθρωποι επικοινωνούσαν ικανοποιητικά με τις χειρονομίες, ποιοι ήταν οι λόγοι που ανάγκασαν τη μετατροπή της νοηματικής γλώσσας σε ηχητική;

4. Η επικράτηση της ηχητικής έναντι της νοηματικής γλώσσας

Με την ανακάλυψη των κατοπτρικών νευρώνων αυτό το οποίο συζητείται, είναι η εξέλιξη της ανθρώπινης επικοινωνίας, η αλλαγή, δηλαδή, του επικοινωνιακού μέσου: από το χέρι στους φθόγγους. Σύμφωνα με την ΥΓΚΣ, αρχικά την επικοινωνία ανέλαβε το κατοπτρικό σύστημα. Τα πρώτα ανθρωποειδή μπορούσαν να αναπαριστούν τις πράξεις που εκτελούσαν οι σύντροφοί τους και να τις αντιλαμβάνονται οι παρατηρητές χάρη στους κατοπτρικούς νευρώνες. Καθώς ο άνθρωπος εξελισσόταν βιολογικά το κατοπτρικό σύστημα έμεινε σταθερό στην αναπαράσταση της πράξης και, όταν η φωνητική γλώσσα ανέλαβε το βάρος της επικοινωνίας, οι κατοπτρικοί νευρώνες συνέχισαν να ενεργοποιούνται, επειδή η επικοινωνία στο νοηματικό της πυρήνα εμπεριέχει την αναπαράσταση της πράξης (Corballis, 2007, 2010). Για αυτό, σύμφωνα με τους ερευνητές των κατοπτρικών νευρώνων, εξακολουθούν να ενεργοποιούνται οι κατοπτρικοί νευρώνες στο άκουσμα φράσεων του τύπου: «πίασε το φλιτζάνι», «κλώτσα τη μπάλα», «βλέπω – καταλαβαίνω τι εννοείς», κ.ο.κ. (Aziz-Zadeh & Ivry, 2009. Iacoboni et al. 2005. Keysers, 2011). Εφόσον, όμως, η επικοινωνία με τα χέρια ήταν αποτελεσματική, για ποιους λόγους επικράτησε η ηχητική γλώσσα;

Στο ερώτημα αυτό απαντούν κοινωνιολογικές προσεγγίσεις οι οποίες ισχυρίζονται ότι η φωνητική γλώσσα επικράτησε έναντι της νοηματικής επειδή ήταν ένα βασικό μέσο που διέθετε ο Homo Sapiens για να υποτάξει τον Homo Neanderthal. Συγκεκριμένα, η φωνητική γλώσσα δεν απαιτεί σημαντικό βαθμό οπτικής προσοχής, όπως η νοηματική, καθώς, στη νοηματική γλώσσα πρέπει να βλέπει κανείς τα χέρια του συνομιλητή του, ειδάλως δεν υφίσταται αποτελεσματική επικοινωνία. Επίσης, με τη νοηματική γλώσσα, η επικοινωνία είναι αδύνατη όπου δεν υπάρχει φως, ενώ με την φωνητική γλώσσα η επικοινωνία είναι δυνατή τόσο σε μεγάλες αποστάσεις όσο και στο σκοτάδι. Τέλος, η φωνητική γλώσσα αφήνει τα χέρια ελεύθερα για πράξη, τα οποία, πλέον δεν εμπλέκονται στην ομιλία: ο άνθρωπος μπορεί να μιλά καθώς

φτιάχνει τα εργαλεία του (Arbib, 2006. Corballis, 2010).

5. Η κριτική στην ΥΓΚΣ

Μία γενική ένσταση αφορά το γεγονός ότι η ΥΓΚΣ δεν αποσαφηνίζει τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η μετάβαση από το 5^ο στο 6^ο στάδιο, πως, δηλαδή, σημειώθηκε αυτή η προοδευτική εξέλιξη από τον πρωτοσυμβολισμό στην πρωτογλώσσα. Συγκεκριμένα, στη γλωσσολογική προσέγγιση του Arbib οι πρώτοι άνθρωποι ήχοι συσχετίστηκαν με τον πρωτοσυμβολισμό των νοηματικών κινήσεων οδηγώντας στην δημιουργία της πρωτογλώσσας. Ωστόσο, δεν είναι σαφής ο τρόπος με τον οποίο έγινε αυτός ο συσχετισμός ούτε και πώς η πρωτογλώσσα εξελίχθηκε στο ολοκληρωμένο σημειωτικό σύστημα της ομιλίας και της χειρονομίας που παρατηρείται στο σύγχρονο άνθρωπο. Ο Arbib (2008) διατυπώνει την υπόθεση ότι τα υπολείμματα της νοηματικής προέλευσης της γλώσσας (δηλαδή οι παντομίμες και οι πρωτοσυμβολισμοί) πρέπει να συνυπάρχουν με την ομιλία. Όμως κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει, διότι οι παντομίμες και, γενικά, οι σύγχρονες νοηματικές κινήσεις πρωτοσυμβολισμού δεν εκφράζονται ταυτόχρονα με την ομιλία ούτε συνυπάρχουν με αυτήν (McNeill 1992, 2012). Παρόλο που σύμφωνα με την ΥΓΚΣ οι νοηματικές κινήσεις και η προφορική γλώσσα φαίνεται να συνδέονται έχοντας ως κοινό σημείο αναφοράς το κατοπτρικό σύστημα, οι έρευνες δείχνουν ότι η παντομίμα στη νοηματική γλώσσα δεν αναπτύσσεται ταυτόχρονα με την προφορική ομιλία, αλλά εμφανίζεται ως νοηματική κίνηση που παράγεται χωριστά από αυτήν (Clark, 1996). Τόσο οι παντομίμες όσο και οι πρωτοσυμβολισμοί (ως συμβατικές επικοινωνιακές χειρονομίες) δεν συμβαίνουν ταυτόχρονα με την ομιλία ούτε εκφράζονται παράλληλα με αυτήν (McNeill, 2012). Επομένως η συσχέτιση μεταξύ των κινήσεων των χεριών και της προφορικής ομιλίας δεν είναι τόσο στενή όσο παρουσιάζεται και σίγουρα δεν μπορεί να αποδειχτεί ότι, αν υπάρχει κάποια συσχέτιση, τότε αυτή διαμεσολαβείται ή υποστηρίζεται από ένα νευρωνικό

σύστημα με κατοπτρικές ιδιότητες (Emmorey 1999. Sandler 2009).

Βέβαια αξίζει να αναφερθεί ότι υπάρχουν περιπτώσεις που η προφορική ομιλία συνοδεύεται από κινήσεις χεριών. Στη βιβλιογραφία, οι νοηματικές κινήσεις που εκτελούνται ταυτόχρονα με την ομιλία συχνά αναφέρονται με τον όρο «χειρονομίες» και διακρίνονται από τις παντομίμες και τις άλλες νοηματικές κινήσεις (Emmorey 2013). Αυτές οι χειρονομίες αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της ομιλίας (McNeill 1992. McNeill & Duncan, 2000), όμως η σύνδεσή τους με τις χειρονομίες δεν είναι βέβαιο ότι οφείλεται σε ένα κατοπτρικό σύστημα. Ακόμα, λοιπόν, και στην περίπτωση όπου η προφορική γλώσσα και η νοηματική κίνηση εκτελούνται παράλληλα, δεν είναι σαφής ο τρόπος με τον οποίο το κατοπτρικό σύστημα συνεισφέρει στην σύνδεση των δύο διαδικασιών.

Τέλος, η Emmorey (2013) αναδεικνύει δύο προβληματικά σημεία στην ΥΓΚΣ. Αρχικά, αναφέρει ότι δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία που να δείχνουν ότι οι κατοπτρικοί νευρώνες στην περιοχή Broca σχετίζονται με κάποιον τρόπο με την παραγωγή των λέξεων ή των χειρονομιών. Επίσης, η ύπαρξη του κατοπτρικού συστήματος δεν φαίνεται να είναι ούτε αναγκαία ούτε επαρκής συνθήκη στην αντίληψη ή στην πρόσληψη του προφορικού λόγου και της νοηματικής γλώσσας. Εάν το σύστημα κατοπτρικών νευρώνων είναι πράγματι το κλειδί για την εξέλιξη και την εμφάνιση της γλώσσας στον άνθρωπο, είναι προβληματικό το γεγονός ότι δεν έχει αποδειχθεί ο ρόλος του στην επεξεργασία της γλώσσας, τόσο στο ηχητικό επίπεδο των φωνητικών γλωσσών όσο και στο οπτικό επίπεδο των νοηματικών γλωσσών. Διαφωνεί, επίσης, στο ενδεχόμενο της ύπαρξης κατοπτρικών νευρώνων προσανατολισμένων στην παραγωγή λέξεων και νοημάτων, διότι, η περιοχή Broca δεν παρουσιάζει ιδιότητες που σχετίζονται με το κατοπτρικό σύστημα, είτε πρόκειται για προφορική είτε για νοηματική ομιλία. Η περιοχή Broca, δηλαδή, δεν φαίνεται να έχει τις ίδιες ιδιότητες με ένα σύστημα το οποίο να συνταιριάζει την παρατηρούμενη δράση (την αντιλαμβανόμενη, δηλαδή, νοηματική ή προφορική ομιλία) με την εκτέλεση (άρθρωση) του προφορικού ή νοηματικού λόγου. Επιπλέον,

βλάβες στην περιοχή Broca ή στο κατοπτρικό σύστημα δεν οδηγούν σε δυσκολίες αντίληψης της νοηματικής γλώσσας ή της ομιλίας (Hickok 2008. Corina & Knapp 2008. Emmorey et al 2010). Συνεπώς, αν πράγματι υπάρχει ένα κατοπτρικό σύστημα, είναι ακόμη αβέβαιη η συνεισφορά του στην γλωσσική ανάπτυξη.

6. Συμπεράσματα

Από τα πρώτα χρόνια της ανακάλυψής τους οι κατοπτρικοί νευρώνες προκάλεσαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στο πεδίο των νευροεπιστημών και της ψυχολογίας. Μάλιστα, υποστηρίχθηκε η άποψη ότι η ανακάλυψή τους ισοδυναμούσε με το «big bang» στις φυσικές επιστήμες ή ότι ήταν εξίσου σημαντική με την ανακάλυψη του DNA (βλ., Jarret, 2012. Ramachandran, 2011). Τον αρχικό ενθουσιασμό ακολούθησε η ψύχραιμη μελέτη των νευρώνων αυτών, η οποία αφενός εντόπισε τις αδυναμίες στην ερμηνεία της λειτουργίας τους αφετέρου οδήγησε σε νέα πεδία έρευνας. Το παραπάνω κείμενο εστίασε σε δύο σημαντικά ζητήματα: στη συνεισφορά των κατοπτρικών νευρώνων στην κατανόηση των πράξεων και στη διαμόρφωση της νοηματικής γλώσσας.

Σε ό,τι αφορά τη συνεισφορά των κατοπτρικών νευρώνων στην κατανόηση των πράξεων το σχετικό ερώτημα δημιουργεί ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον πεδίο με σημαντικές προκλήσεις. Το αν οι κατοπτρικοί νευρώνες αποτελούν πράγματι μηχανισμό που συνεισφέρει με κάποιον τρόπο στην κατανόηση των πράξεων μένει να αποδειχθεί ερευνητικά. Η κυριότερη ερευνητική πρόκληση έγκειται στο γεγονός ότι, εάν, πράγματι ο πίθηκος έχει κατανοήσει την πράξη που παρατηρεί θα πρέπει σε ένα πρώτο επίπεδο αυτή η κατανόηση να φανεί στην αλλαγή της συμπεριφοράς του και σε ένα δεύτερο επίπεδο να φανεί ότι αυτή η αλλαγή συσχετίζεται με κάποιον τρόπο με την κατοπτρική δραστηριότητα (Oztop et al., 2013). Επιπλέον, αν η συνεισφορά των κατοπτρικών νευρώνων στην κατανόηση των πράξεων πράγματι υφίσταται, τότε θα πρέπει να φανεί η σύνδεσή τους μέσα σε ένα ευρύτερο νευρωνικό δίκτυο που αποδεδειγμένα

είναι προσανατολισμένο προς αυτή την κατανόηση. Στην περίπτωση, δηλαδή, που πράγματι οι κατοπτρικοί νευρώνες παίζουν κάποιο ρόλο στην κατανόηση μιας πράξης τότε θα ήταν ενδιαφέρον να φανεί ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται οι κατοπτρικοί νευρώνες με εγκεφαλικές περιοχές που σχετίζονται με ανωτέρου επιπέδου γνωστικές διεργασίες. Μόνο τότε θα μπορούσει και να ξεκινήσει μία ουσιαστική συζήτηση για τη συνεισφορά των κατοπτρικών νευρώνων στην κατανόηση των ανθρώπινων πράξεων.

Η ανακάλυψη των κατοπτρικών νευρώνων ανέδειξε, επίσης, την σημαντική ιδέα ότι η επικοινωνία πιθανόν να εξελίχθηκε από τις νοηματικές κινήσεις των χεριών στην ηχητική γλώσσα. Πέρα από την ολοένα αυξανόμενη και βάσιμη κριτική, η ΥΓΚΣ εμπλουτίζει τις θεωρίες που μιλούν για την επικοινωνιακή διάσταση της γλώσσας και το βιολογικό της υπόστρωμα, αναδεικνύοντας ένα βασικό της χαρακτηριστικό: την αναπαράσταση μιας πράξης. Αρχικά, τα πρώτα ανθρωποειδή φαίνεται πως διέθεταν ως μέσο μετάδοσης του νοήματος μόνο τις χειρωνακτικές κινήσεις. Αυτή η μετάδοση ήταν εφικτή χάρη στους κατοπτρικούς νευρώνες. Αργότερα, εξελικτικά και χάρη σε γενετικές μεταλλάξεις, ο άνθρωπος εγκέφαλος απέκτησε την περιοχή Broca, η οποία σχηματίστηκε κοντά στην κινητική περιοχή και σταδιακά, όσο αυξανόταν το μέγεθος τους εγκεφάλου, του λάρυγγα και του θώρακα και με την παράλληλη βοήθεια της αναπνοής, έγινε δυνατή η παραγωγή των ήχων. Τώρα πλέον η μετάδοση νοήματος γίνεται με την ηχητική γλώσσα, η οποία, αρχικά, εκφράζει κυρίως πράξεις συγκεκριμένες και όχι αφηρημένες έννοιες. Για τον Homo Sapiens η ηχητική γλώσσα γίνεται, πλέον, το κατεξοχήν μέσο μετάδοσης του νοήματος. Η ΥΓΚΣ δεν ξεκαθαρίζει με σαφήνεια πως έγινε αυτή η μετάβαση στα επικοινωνιακά μέσα. Εντούτοις επισημαίνει ότι παρόλο που η επικοινωνία άλλαξε φορέα, αποκτώντας τον ήχο/φώνημα, στο άκουσμα των ήχων οι κατοπτρικοί νευρώνες εξακολουθούν να ενεργοποιούνται, επειδή ακριβώς η πρωταρχική λειτουργία της γλώσσας είναι να αναπαριστά πράξεις, μία διαδικασία που αρχικά είχαν αναλάβει τα χέρια δημιουργώντας την πρώτη νοηματική γλώσσα. Επίσης, η ηχητική

γλώσσα είχε τεράστια πρακτική εφαρμογή παραμερίζοντας την παλιά νοηματική, επειδή καθιστούσε τον άνθρωπο ικανό να επικοινωνεί σε μεγάλες αποστάσεις, ακόμα και τη νύχτα, αφήνοντας τα χέρια του ελεύθερα ή απασχολώντας τα με άλλες δραστηριότητες (Coolidge και Wynn, 2005). Τέλος, είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι έχει καταγραφεί η εγγύτητα των εγκεφαλικών περιοχών που εμπεριέχουν κατοπτρικούς νευρώνες με την περιοχή Broca, την κατεξοχήν γλωσσική περιοχή. Αυτή η εγγύτητα δημιουργεί την αφετηρία για μία συζήτηση που αφορά την ενδεχόμενη σχέση των κατοπτρικών νευρώνων με αυτή τη γλωσσική περιοχή. Ο Κούβελας (2011, σ. 1), τονίζοντας τη σημασία των κατοπτρικών νευρώνων στην επιστήμη της ψυχολογίας αναφέρει χαρακτηριστικά σε δημόσια διάλεξή του ότι:

«Οι κατοπτρικοί νευρώνες αποτελούν μια ειδική κατηγορία νευρικών κυττάρων του εγκεφάλου, που αντανακλούν τον εξωτερικό κόσμο και αποκαλύπτουν νέες οδούς, μέσω των οποίων οι άνθρωποι κατανοούν ο ένας τον άλλον, αποκτούν σχέσεις μεταξύ τους και μαθαίνουν. Η ανακάλυψη των κατοπτρικών νευρώνων και η έρευνα που ακολούθησε έριξαν φως στους νευρωνικούς μηχανισμούς που επιτρέπουν τη μη λεκτική ικανότητα να αντιλαμβανόμαστε νοητικά τα βιώματα των άλλων. Η εξαιρετική αυτή διυποκειμενικότητα δεν απαιτεί λογική ερμηνεία και αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο που μας δίνει τη δυνατότητα να ανιχνεύουμε και να ενσωματώνουμε άμεσα ενέργειες, προθέσεις αλλά και συναισθήματα άλλων ανθρώπων. Η ανακάλυψη αυτή παρέχει τη δυνατότητα εξήγησης συναισθημάτων όπως η συμπόνια, η λύπη και η χαρά, αλλά και φαινομένων όπως η μίμηση. Η ανακάλυψη των κατοπτρικών νευρώνων έχει αυτονόητως εξαιρετική σημασία για την κατανόηση, μεταξύ άλλων, του φαινομένου της μάθησης που στηρίζεται στη μίμηση αλλά και των μιμητικών τεχνών (όπως είναι κυρίως το θέατρο και ο κινηματογράφος)»

Ο ίδιος, μάλιστα, παλαιότερα (Κούβελας, 2009) επισημαίνει ότι η περιοχή του Broca έχει ένα σημαντικό ρόλο σε λειτουργίες σχετικές με τη συνείδηση ανώτερης τάξης, όπως είναι ο προγραμματισμός του μέλλοντος με βάση τον τρόπο με τον

οποίο ο άνθρωπος ερμηνεύει το παρελθόν. Αυτός ο προγραμματισμός είναι μία εκτελεστική λειτουργία και θα ήταν πολύ ενδιαφέρον αν κάποτε η έρευνα οδηγήσει στη διαμόρφωση ενός πλήρους γνωστικού μοντέλου στο οποίο θα είναι ξεκάθαρος ο ρόλος της γλώσσας και του εκτελεστικού ελέγχου στη δόμηση της συνείδησης (Makris, Tachmatzidis, Demetriou & Spanoudis, 2017).

Βιβλιογραφία

- Arbib, M., (2002). The Mirror System, Imitation, and the Evolution of Language. In C. Nehaniv & K. Dautenhahn (Eds.), *Imitation in Animals and Artifacts* (pp. 229-250). London: The MIT Press.
- Arbib, M., & Bota, M. (2003). Language evolution: neural homologies and neuroinformatics. *Neural Networks*, 16 (9), 1237-1260.
- Arbib, M. (2006). *From action to language via the mirror neuron system*. Cambridge: University Press.
- Arbib, M. (2008). Mirror Neurons and Language. In B. Stemmer & H. Whitaker (Eds.), *Handbook of the Neuroscience of Language* (pp. 237-246). London: Elsevier.
- Aziz-Zadeh, L., & Ivry, R. B. (2009). The human mirror neuron system and embodied representations. In D. Sternard & M.O. Abe (Eds.), *Progress in Motor Control* (pp. 355-376). USA: Springer.
- Bonaiuto, J., Rosta, E., & Arbib, M. (2007). Extending the mirror neuron system model, I. *Biological cybernetics*, 96 (1), 9-38.
- Bonaiuto, J., & Arbib, M. A. (2010). Extending the mirror neuron system model, II: what did I just do? A new role for mirror neurons. *Biological cybernetics*, 102 (4), 341-359.
- Clark, H. H. (1996). *Using language*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Coolidge, F.L. & Wynn, T. (2005). Working memory, its executive functions, and the emergence of modern thinking. *Cambridge Archaeological Journal*, 15, 5-26.
- Corballis, M.C. (2007). The evolution of language: from hand to mouth. In S. M. Platek, J.P. Keenan & T.K. Shackelford (Eds.), *Evolutionary Cognitive Neuroscience* (pp.403-430). London: The MIT Press.
- Corballis, M.C. (2010). Mirror neurons and the evolution of language. *Brain and Language* 112, 25-35.
- Corina, D. P. & Knapp, H. P. (2008). Signed Language

- and Human Action Processing. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1145, 100-112.
- Emmorey K. (1999). Do signers gesture? In L. Messing, R. Campbell (Eds.), *Gesture, speech, and sign*. (pp. 133-159). New York: Oxford University Press.
- Emmorey, K., Xu, J., Gannon, P., Goldin-Meadow, S., & Braun, A. (2010). CNS activation and regional connectivity during pantomime observation: No engagement of the mirror neuron system for deaf signers. *NeuroImage*, 49 (1), 994-1005.
- Emmorey, K. (2013). The neurobiology of sign language and the mirror system hypothesis. *Language and Cognition*, 5 (2-3), 205-210.
- Fagg, A. H., & Arbib, M. A. (1998). Modeling parietal-premotor interactions in primate control of grasping. *Neural Networks*, 11 (7), 1277-1303.
- Fogassi, L., Gallese, V., Di Pellegrino, G., Fadiga, L., Gentilucci, M., Luppino, G., & Rizzolatti, G. (1992). Space coding by premotor cortex. *Experimental Brain Research*, 89 (3), 686-690.
- Fogassi, L., Gallese, V., Fadiga, L., & Rizzolatti, G. (1998). Neurons responding to the sight of goal-directed hand/arm actions in the parietal area PF (7b) of the macaque monkey. *Society of Neuroscience Abstracts*, 24 (257), 5-19.
- Fogassi, L., Ferrari, P. F., Gesierich, B., Rozzi, S., Chersi, F., & Rizzolatti, G. (2005). Parietal lobe: from action organization to intention understanding. *Science*, 308 (5722), 662-667.
- Gallese V, Fadiga L, Fogassi L, Rizzolatti G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, 119 (2), 593-609.
- Gallese, V., Gernsbacher, M. A., Heyes, C., Hickok, G., & Iacoboni, M. (2011). Mirror neuron forum. *Perspectives on Psychological Science*, 6 (4), 369-407.
- Gazzola, V., Aziz-Zadeh, L., & Keysers, C. (2006). Empathy and the somatotopic auditory mirror system in humans. *Current Biology*, 16 (18), 1824-1829.
- Gerbella, M., Belmalih, A., Borra, E., Rozzi, S., & Luppino, G. (2011). Cortical connections of the anterior (F5a) subdivision of the macaque ventral premotor area F5. *Brain Structure and Function*, 216 (1), 43-65.
- Giudice, M. D., Manera, V., & Keysers, C. (2009). Programmed to learn? The ontogeny of mirror neurons. *Developmental Science*, 12 (2), 350-363.
- Gopnik, A. (2007, April 26). Cells that read minds? What the myth of mirror neurons gets wrong about the human brain. *Slate*, Αντλήθηκε από http://www.slate.com/articles/life/brains/2007/04/cells_that_read_minds.html.
- Hebb, D. O. (1949). *The organization of behavior*. New York: Wiley.
- Hebb, D. O. (1955). Drives and the Conceptual Nervous System. *Psychological Review*, 62, 243-254
- Hickok, G. (2009). Eight Problems for the Mirror Neuron Theory of Action Understanding in Monkeys and Humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21 (7). 1229-1243.
- Iacoboni, M., Molnar-Szakacs, I., Gallese, V., Buccino, G., Mazziotta, J.C., Rizzolatti, G. (2005) Grasping the Intentions of Others with One's Own Mirror Neuron System. *Public Library of Science Biology* 3(3). 79
- Jarret, C. (2012, December 10). Mirror Neurons: The most hyped concept in Neuroscience? *Psychology Today*, Αντλήθηκε από <https://www.psychologytoday.com/blog/brain-myths/201212/mirror-neurons-the-most-hyped-concept-in-neuroscience>.
- Keysers, C., & Perrett, D. I. (2004). Demystifying social cognition: a Hebbian perspective. *Trends in Cognitive Sciences*, 8 (11), 501-507.
- Keysers, C. (2011). *The Empathic Brain*. Netherlands: Social Brain Press.
- Κούβελας, Η. (2009). Αναζητώντας τη συνειδηση. *NOH-ΣΙΣ*, 5, 165-172.
- Κούβελας, Η. (2011). Συνειδηση, Γλώσσα, Κατανόηση, Μίμηση: Οι καθρέφτες του νου [κείμενο pdf Πρόγραμμα Συνεδριακού Κέντρου Πατρών] Αντλήθηκε από http://www.confer.upatras.gr/arxeia/Kouvelas_6.4.11.pdf.
- Lingau, A., Gesierich, B. & Caramazza, A. (2009). Asymmetric fMRI adaptation reveals no evidence for mirror neurons in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (24), 9925-9930
- Makris, M., Tachmatzidis, D., Demetriou, A. & Spanoulis, G. (2017). Mapping the Evolving Core of Intelligence. Relations between Executive Control, Reasoning, Language and Awareness. *Intelligence*. DOI: 10.1016/j.intell.2017.01.006.
- McNeill, D. (1992). *Hand and mind: What gestures reveal about thought*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- McNeill D., Duncan S. (2000). Growth points in thinking-for-speaking. In D. McNeill (Ed.), *Language and gesture* (pp. 141-161). Cambridge: Cambridge University Press.
- McNeill, D. (2012). *How language began: Gesture and speech in human evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mukamel, R., Ekstrom, A.D., Kaplan, J., Iacoboni, M., Fried, I. (2010). Single-Neuron Responses in Hu-

- mans during Execution and Observation of Actions. *Current Biology*, 20, 750-756.
- Nelissen, K., Luppino, G., Vanduffel, W., Rizzolatti, G., Orban, G.A. (2005). Observing others: multiple action representation in the frontal lobe. *Science*, 310 (5746), 332-336.
- Nelissen, K., Borra, E., Gerbella, M., Rozzi, S., Luppino, G., Vanduffel, W. & Orban, G. A. (2011). Action observation circuits in the macaque monkey cortex. *The Journal of Neuroscience*, 31 (10), 3743-3756.
- Oztop, E., & Arbib, M. A. (2002). Schema design and implementation of the grasp-related mirror neuron system. *Biological cybernetics*, 87 (2), 116-140.
- Oztop, E., Kawato, M., & Arbib, M. A. (2013). Mirror neurons: functions, mechanisms and models. *Neuroscience letters*, 540, 43-55.
- Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., Rizzolatti, G. (1992). Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental Brain Research*, 91 (1), 176-180
- Ramachandran, V. S., (2011). *The tell-tale brain: a neuroscientist's quest for what makes us human*. New York London: W.W. Norton & Company
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., & Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research*, 3 (2), 131-141.
- Rizzolatti G. & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169-192.
- Rizzolatti G. (2005). The mirror-neuron system and its function in humans. *Anatomy and Embryology*, 210 (5-6), 419-421.
- Sandler, W. (2009). Symbiotic symbolization by hand and mouth in sign language. *Semiotica*, 174, 241-275.
- Singer, T., Seymour, B., O' Doherty, J., Kaube, H., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2004). Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain. *Science*, 303 (5661), 1157-1162.
- Stamenov, M.I., Gallese, V. (2002). Mirror neurons system. Past, present and future of a discovery. In M.I. Stamenov & V. Gallese (Eds.) *Mirror Neurons and the Evolution of Brain and Language: Advances in Consciousness Research* (pp. 1-13) Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- Tennant, R.A., Gluszkak-Brown, M. (2000). *The American Sign Language Handshape Dictionary*. USA: Gallaudet University Press.
- Ware, C. (2008). *Visual Thinking for Design*. Boston: Morgan Kaufmann.

Mirror Neurons and Language

DIMITRIS TACHMATZIDIS¹

NIKOS MAKRIS

ABSTRACT

Mirror neurons were discovered in 1992 by Giacomo Rizzolatti and his team at the Laboratory of Experimental Psychology at the University of Parma, Italy. This discovery has triggered a debate about the origins of human language by describing an evolutionary transition from gestures to vocal language. This paper presents a brief introduction to the discovery of the mirror neurons, while focusing on their contribution to human action understanding and to the emergence of the human language. It also presents a discussion regarding the existence of mirror neurons and their functions. Under this scope, a brief criticism to mirror neuron theory and their contribution in human communication is also presented.

Key words: Action understanding, Mirror neurons, Sign/vocal language.

1. Address: Department of Primary Level Education, Democritus University of Thrace, Nea Chili, 68100, Alexandroupolis, Email:tahmatzidis@gmail.com