

Λαυρέντιος Γ. Δελλασούδας

ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΝΟΗΤΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

1. Εισαγωγή

Όπως είναι γνωστό, η συμπεριφορά του ατόμου είναι η συνισταμένη γενετικών καταβολών, περιβαλλοντικών (εσωτερικών και εξωτερικών) ερεθισμάτων¹ και ενεργού συμμετοχής του ατόμου στη διαδικασία πρόσληψης, επεξεργασίας, συγκράτησης και χρησιμοποίησης των πληροφοριών του περιβάλλοντος² με σκοπό την επιβίωση³.

Η άμεση παρατήρηση και μελέτη των γνωστικών διαδικασιών παραμένει το μέγα πρόβλημα της Γνωστικής Ψυχολογίας, η οποία αντλεί τα συμπεράσματά της στηριζόμενη στη μελέτη των εξωτερικών χαρακτηριστικών της συμπεριφοράς του ατόμου και όχι στη μελέτη της φυσιολογίας και λειτουργίας του νευρικού συστήματος⁴, η οποία, καταρχήν, αποτελεί αρμοδιότητα της ιατρικής επιστήμης. Βεβαίως, τα τεχνολογικά επιτεύγματα παρέχουν, προοδευτικά, εκπληκτικά μέσα για το σκοπό αυτό, με αποτέλεσμα να γίνεται όλο και μεγαλύτερη προσέγγιση της λύσης πολλών από τα σχετικά προβλήματα. Έτσι σε ό,τι αφορά την εκδήλωση των «αντιδραστικών» ενεργειών, οι οποίες είναι αποτέλεσμα μιας εγκεφαλικής δραστηριότητας, έχει προσδιοριστεί με διάφορες μεθόδους⁵ ο «γεωγραφικός» χώρος τους (εγκεφαλικά κέντρα)⁶.

Εξάλλου η βιοχημεία του εγκεφάλου αποκαλύπτει, ότι ακόμη και μη εγγενείς ανωμαλίες καταλήγουν να συνδέονται με το βιολογικό

1. Βλ. Α. Δανασσή-Αφεντάκη, Διδακτική, τόμ. Α' Μάθηση, Αθήνα 1985, σ. 23.

2. Βλ.: α) Κ. Πόρποδα, Η διαδικασία της μάθησης, Αθήνα 1984, σσ. 6 και 12.

β) Ι. Βλάχου, Κεντρικό νευρικό σύστημα και αισθητήρια, εκδ. Γ. Παρισιάδου, Αθήνα 1985, σ. 6.

3. Βλ. Α. Δανασσή - Αφεντάκη, Διδακτική, ό.π. σ. 9.

4. Βλ. Κ. Πόρποδα, ό.π. σσ. 77-78 και 80.

5. Πρόσφατα πειράματα, με μετρήσεις τοπικής εγκεφαλικής ροής του αίματος κατά την εκτέλεση συγκεκριμένων ασκήσεων, έδειξαν μία μεγαλύτερη αύξηση της ροής στο ένα ημισφαίριο του εγκεφάλου έναντι του άλλου (βλ. G. Deusch κ.ά., «Neuropsychologia» 26, 44 (1988) και R. N. Shepard & J. Metzler, «Science» 171, 701 (1971), από Α. Ρ. Georgopoulos κ.ά. «Mental Rotation of the Neuronal Population Vector», περιοδικό «Science» τ. 243, Ιανουάριος 1989, σ. 235.

— Πρβλ. και παρακολούθηση των εγκεφαλικών «ρυθμών» με καταγραφή της ηλεκτρικής ενέργειας του εγκεφάλου (από Ε. Stones, Εισαγωγή στην Παιδαγωγική Ψυχολογία, μετάφραση - προσαρμογή Αντ. Δανασσή - Αφεντάκη, εκδ. «Γρηγόρη, Αθήνα 1978, σσ. 20-21.

6. Βλ. Ε. Stones, ό.π. σ. 20.



παράγοντα μέσω της επίδρασης τοξικών ουσιών. Ο τρόπος ανάπτυξης του εγκεφάλου και η βιοχημεία του δίνουν συνεχώς νέες απαντήσεις στα αίτια της συμπεριφοράς και του ρόλου της κληρονομικότητας και του περιβάλλοντος⁷.

Παρόλα αυτά, και παρά την πρόοδο της νευροφυσιολογίας σε πολλούς τομείς, η απεικόνιση της σκέψης, όχι ως εκδήλωσης - αντίδρασης, αλλά ως νοητικής διεργασίας που προηγείται της αντιδραστικής ενέργειας, αποτελούσε σημείο, το οποίο κανείς δε γνώριζε εάν θα μπορούσε ποτέ να ξεπεραστεί. Η «αποθαρρυντική ρήση» του Ηράκλειτου⁸, «Ψυχής πείρατα ιών ουκ αν εξεύροιο, πάσαν επιπορευόμενος οδόν»⁹, αποτελούσε, οιονεί, αφοριστική ρήση που διαβεβαίωνε για το μάταιο οποιασδήποτε προς το σκοπό αυτό προσπάθειας. Όμως, πρόσφατες ιατρικές έρευνες οδηγούν σε νέες ερμηνευτικές αναλύσεις της ρήσης αυτής, εν όψει της διαφαινόμενης νέας εποχής στην οποία ενδεχομένως μας εισάγουν.

Ο Απόστολος Παναγ. Γεωργόπουλος, καθηγητής Νευρικών Επιστημών στην Ιατρική σχολή Johns Hopkins των Η.Π.Α., μετά από ερευνητική προσπάθεια οκτώ περίπου ετών, πέτυχε μαζί με τους συνεργάτες του¹⁰ να απεικονίσει μία νοητική διεργασία. Το επίτευγμα αυτό, που προημύει μία νέα εποχή για πολλές επιστήμες (ιατρική, επιστήμες της συμπεριφοράς του ανθρώπου, νομική, κ.λπ.), με απρόβλεπτες επί του παρόντος θετικές ή και αρνητικές, ενδεχομένως, επιδράσεις, παρουσιάζει ο ίδιος στο περιοδικό «Science» της «American Association for the Advancement of Science» με τίτλο: «Mental rotation of the neuronal population vector» (Νοητική περιστροφή του διανύσματος του νευρωνικού πληθυσμού)¹¹.

7. Είναι γνωστός πλέον ο σημαντικός ρόλος και του διατολογίου στη συμπεριφορά του νέου ανθρώπου. Ο πλεονασμός, η έλλειψη ή η μη ισόρροπη ύπαρξη ορισμένων στοιχείων στον οργανισμό του παιδιού μπορεί να προκαλέσει μείωση ή αύξηση μιας ικανότητας με συνέπεια να μειώνεται και η σχολική επίδοσή του.

Σχετ.: α) Βλ. στη συλλογική εργασία υπό τη διεύθυνση του Serban Ionescu, «L'intervention en déficience mentale - Vol. 1, Problèmes généraux, Méthodes médicales et psychologiques» (εκδ. Pierre Mardaga, Βρυξέλλες 1987), την εργασία των F. Ciotti & E. Caciari: «Diétothérapie» (κεφ. VII, σσ. 187-218 και ειδικότερα σ. 189). β) Πρβλ. Μ. Κάτσιου - Ζαφρανά «Ανθρώπινος εγκέφαλος και μάθηση» άρθρο στο περιοδικό «Σύγχρονη εκπαίδευση» τ. 42, Αθήνα 1988, σσ. 35 και 38.

8. Βλ. Γ. Φ. Κωσταρά, Ψυχολογία του ανθρώπου γ' έκδ. Αθήνα 1986, σ. 14.

9. Ηράκλ. απ. 45.

10. J. Lurito, M. Petrides, A. Schwartz, J. Massey.

11. Βλ. περιοδ. «Science» τ. 243, 13 Ιανουαρίου 1989, σσ. 234-236, το οποίο και εικονογραφεί το εξώφυλλό του με το υπόψη επίτευγμα, δηλαδή με την απεικόνιση της δραστηριότητας του εγκεφάλου σ' ένα δεδομένο χρονικό σημείο και για συγκεκριμένη ενέργεια.

Μία σύντομη περιγραφή του πειράματος και των σχετικών ευρημάτων¹², καθώς και μερικές απόψεις για τις προεκτάσεις του ιατρικού επιτεύγματος στο χώρο της παιδαγωγικής επιστήμης, θα επιχειρήσουμε να δώσουμε στη συνέχεια, αφού προηγουμένως παραθέσουμε ένα σύντομο βιογραφικό σημείωμα του ερευνητή.

2. Βιογραφικά στοιχεία ερευνητή

Ο Απόστολος Παναγ. Γεωργόπουλος γεννήθηκε στην Πάτρα το 1944. Σπούδασε Ιατρική στο Πανεπιστήμιο Αθηνών, από το οποίο αποφοίτησε το 1968. Ανακηρύχθηκε διδάκτορας της Ιατρικής Σχολής του Παν/μίου Αθηνών το 1969. Το 1971 διορίστηκε Επιμελητής Φυσιολογίας στην Ιατρική Σχολή του Παν/μίου Αθηνών. Το 1972-1974 μετεκπαιδεύτηκε στο Παν/μιο Johns Hopkins των Η.Π.Α., όπου ειδικεύτηκε στη Νευροφυσιολογία κοντά στον καθηγητή Vernon Mountcastle. Το 1974-1976 συνέχισε ως Επιμελητής Φυσιολογίας και παράλληλα διατέλεσε πρόεδρος του Επιστημονικού Διδακτικού Προσωπικού της Ιατρικής Σχολής του Παν/μίου Αθηνών και μέλος του «Διασχολικού». Το 1976 μετανάστευσε στις Η.Π.Α.. Από τότε μέχρι σήμερα εργάζεται στην Ιατρική Σχολή του Παν/μίου Johns Hopkins στη Βαλτιμόρη, ως τακτικός καθηγητής Νευρικών Επιστημών.

Ο συστηματικός τρόπος εργασίας υπήρξε, από πολύ νωρίς, ένα από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά εργασίας του Απ. Γεωργόπουλου. Σε ηλικία 17 ετών, ως μαθητής στο κλασικό Τμήμα της Βαρβακείου Προτύπου Σχολής, συντάσσει μελέτη με θέμα: «Περί των αναφορικών προτάσεων». Ως φοιτητής της Ιατρικής αναλαμβάνει με εντολή του καθηγητή του διδασκαλία Εργαστηριακών Ασκήσεων στο μάθημα της Φυσιολογίας.

Σήμερα διευθύνει ερευνητικό εργαστήριο για τη Νευροφυσιολογία των Γνωστικών Διαδικασιών (Neurophysiology of Cognitive Processes) στο τμήμα Νευρικών Επιστημών του Παν/μίου Johns Hopkins. Απ' όλα τα μέρη του κόσμου (Αμερική, Ευρώπη, Ιαπωνία, Αυστραλία) τον καλούν να ανακοινώσει τις ανακαλύψεις του. Πρόσφατα, μετά από πρόσκληση της Ελληνικής Εταιρείας Νευροεπιστημών, ανακοίνωσε τα επιτεύγματά του και στην Ελλάδα (Συνέδριο Ελληνικής Εταιρείας Νευροεπιστημών, Ηράκλειο Κρήτης, 1989).

12. Βάσει: α) των όσων δημοσιεύτηκαν στο προαναφερθέν περιοδικό, β) της ανακοίνωσης που έκανε ο καθηγητής στο αμφιθέατρο του Γενικού Νοσοκομείου Αθηνών στις 13 Νοεμβρίου 1989 και γ) των συζητήσεων που είχαμε την τιμή και την τύχη να πραγματοποιήσουμε μαζί του.

3. Η πρην την ανακάλυψη γνώση

Ο εγκεφαλικός φλοιός περιλαμβάνει περίπου 10 δισ. νευρικά κύτταρα ή νευρώνες¹³ τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους, κατά τρόπο σχετικό μ' αυτόν που λειτουργεί το τηλεφωνικό δίκτυο¹⁴. Η πολυπλοκότητα του νευρικού δικτύου στον άνθρωπο υπερβαίνει τα όρια της φαντασίας, αφού, όπως έχει υπολογιστεί από τον Hudson Herrick, αν ένα εκατομμύριο από τα νευρικά κύτταρα του ανθρώπου συνδεόταν, μ' όλους τους δυνατούς τρόπους, ανά δύο και μόνο, ο αριθμός αυτών των συνδυασμών ανά δύο θα έφτανε στις $10^{2.783.000}$ περιπτώσεις¹⁵.

Ο αριθμός και η μορφή των μεταξύ των νευρώνων συνδέσμων ρυθμίζουν κατά κύριο λόγο την τύχη των πληροφοριών που φθάνουν στον εγκέφαλο¹⁶. Η επεξεργασία, αποθήκευση και χρησιμοποίηση των πληροφοριών που φθάνουν στον εγκέφαλο συνδέονται με τη συμπεριφορά του ανθρώπου. Τόσο η συμπεριφορά, όσο και οι συνειδητές διεργασίες του ανθρώπου μπορούν να παρατηρηθούν με αντικειμενικές μεθόδους. Όμως, η παρατήρηση των συνειδητών διεργασιών (αντίληψη, σκέψη, μνήμη) μόνο έμμεσα είναι δυνατή, δηλαδή «από τις εξωτερικές εκδηλώσεις ή απ' αυτά που αναφέρει το άτομο για τις εμπειρίες του»¹⁷.

Έτσι, παρά τις σημαντικές γνώσεις, που στηρίζονται στη γνώση της χημικής δομής των κυττάρων, παρέμεινε ως θεμελιώδες πρόβλημα της Γνωστικής Νευροφυσιολογίας και της Γνωστικής Ψυχολογίας (παρά την αλματώδη πρόοδο της ψυχολογικής έρευνας¹⁸) η αναγνώριση και αποσαφήνιση της εγκεφαλικής δράσης που συνεπάγεται μια γνωστική λειτουργία¹⁹.

13. Βλ. Ι. Βλάχου, Κεντρικό νευρικό σύστημα και αισθητήρια, ό.π. σσ. 30 και 385.

14. Παρομοίωση του καθηγητή Απ. Γεωργόπουλου κατά την ανακοίνωση της ανακάλυψής του στο αμφιθέατρο του Γεν. Νοσοκομείου Αθηνών (βλ. ό.π.).

15. Από Ε. Stones βλ. ό.π. σ. 20.

16. Από Μ. Κάτσιου - Ζαφρανά βλ. ό.π. σ. 34.

17. Βλ. Α. Κοκκέβη, «Εισαγωγή» στη συλλογική εργασία του ΔΕΠ της Ψυχιατρικής Κλινικής του Πανεπιστημίου Αθηνών υπό την εποπτεία του διευθυντή της Κλινικής Κ. Στεφανή: «Περληπτικές σημειώσεις Ψυχολογίας», Αθήνα 1988 σ. 6.

18. Βλ. Ιωάνν. Ν. Παρασκευόπουλου, Εξελικτική Ψυχολογία, τόμ. Α', Αθήνα 1980, σ. 37.

19. α) Βλ. για παράδειγμα, V. Mountcastle, «Trends Neurosci» 9, 505 (1986), M. Arbib & M. Hesse, «The Construction of Reality» (Cambridge Univ. Press, New York 1986), J. Young «Philosophy and the Brain» (Oxford Univ. Press, New York, 1987), από το άρθρο του Απ. Γεωργόπουλου στο περιοδικό «Science» (βλ. ό.π. σ. 234). β) Πρβλ. Αντ. Κυπριωτάκη, «Ο εγκέφαλος ως φυσιολογικό υπόβαθρο της νοημοσύνης», ανάπτυπο από το περιοδικό «Συνάντηση» (τεύχη 7-8, Αθήνα 1985), Αθήνα 1986 σ. 29, όπου σημειώνεται: «Γνωρίζουμε πως αντιδρούν οι νευρώνες. Δεν γνωρίζουμε όμως πως γεννιέται η σκέψη από τη φυσιολογική υφή του εγκεφάλου. ... η μέτρηση του περιεχομένου της σκέψης αποτελεί πρόβλημα ακόμα και σήμερα».

Αναλυτικότερα, το πρόβλημα αυτό εντοπίζεται στην παρακολούθηση της νοητικής διεργασίας, η οποία πραγματοποιείται μετά την εμφάνιση ενός «γνωστού» ερεθίσματος και πριν εκδηλωθεί η «μαθημένη» απάντηση-αντίδραση στο ερέθισμα αυτό. Η κατά κυριολεξία απεικόνιση της νοητικής διεργασίας, για μια συγκεκριμένη ενέργεια, κατά τη μεταξύ του ερεθίσματος και της άμεσης αντίδρασης απειροελάχιστη χρονική περίοδο, αποτελεί το μεγάλο επίτευγμα του καθηγητή Απ. Γεωργόπουλου και των συνεργατών του.

Η κατανόηση και απεικόνιση του πώς ακριβώς ο εγκέφαλος «σκέπτεται», όσον αφορά την κίνηση, το πώς δηλαδή συνεργάζονται τα εγκεφαλικά κύτταρα για την κινητική συμπεριφορά, δεν είναι απλώς το σκοκορόφωμα της όλης ερευνητικής προσπάθειας, αλλά η αρχή μιας νέας εποχής στην προσπάθεια να εισχωρήσουμε στο χώρο των νοητικών λειτουργιών, χωρίς μάλιστα να μπορούμε, τη στιγμή αυτή, να φανταστούμε τις πιθανές πρακτικές εφαρμογές.

4. Η απεικόνιση των νοητικών διεργασιών²⁰

Η αναγνώριση και αποσαφήνιση των όσων συμβαίνουν στον εγκέφαλο, όταν συντελείται μια γνωστική λειτουργία, αποτελεί ένα θεμελιώδες επιστημονικό πρόβλημα η λύση του οποίου έχει αρχίσει πλέον να συντελείται με τις ανακαλύψεις του καθηγητή Απ. Γεωργόπουλου (βλ. παραγρ. 3). Ένα σημαντικό μέσο στη μελέτη της λύσης αυτής αποτέλεσε:

- α) η σωσσωρευμένη γνώση της τελευταίας 15ετίας για τη δραστηριότητα των κυττάρων σε ορισμένες εγκεφαλικές περιοχές, και
- β) η εμπειρία της τεχνικής της καταγραφής της δραστηριότητας των μεμονωμένων εγκεφαλικών κυττάρων των ζώων κατά την εκδήλωση μιας συμπεριφοράς. Η εμπειρία αυτή συνίσταται στη γνώση ότι η δραστηριότητα των μεμονωμένων κυττάρων, συγκεκριμένων περιοχών του εγκεφαλικού φλοιού, μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια μιας γνωστικής λειτουργίας²¹. Η μεταβολή αυτή θεωρείται ότι είναι αποτέλεσμα της συμμετοχής της μελετώμενης περιοχής στη γνωστική λειτουργία που συνδέεται με την υπό διερεύνηση συμπεριφορά.

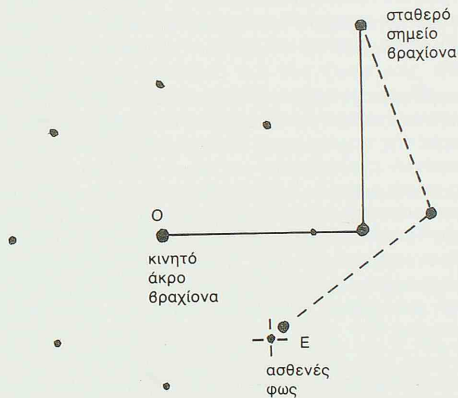
20. Τα όσα εκτίθενται στην παράγραφο αυτή στηρίζονται στα στοιχεία που αναφέρουμε στην υποσημείωση 12 της εισαγωγής (άρθρο του ερευνητή στο περιοδικό «Science», ανακοίνωση του ίδιου στο Γενικό Νοσοκομείο Αθηνών και σχετική συζήτηση μαζί του).

21. Με τον όρο «γνωστικές λειτουργίες» γίνεται αναφορά «σε όλες τις λειτουργίες με τις οποίες τα αισθητηριακά δεδομένα μεταφέρονται, ανάγονται, επεξεργάζονται, αποθηκεύονται, ανακαλούνται και χρησιμοποιούνται». βλ. Γιάννη Παπακόστα, «Γνωστικές (γνωσιακές - cognitive) λειτουργίες» από τη συλλογική εργασία «Περιληπτικές σημειώσεις ψυχολογίας», ό.π. σσ. 15-16.

Παρόλα αυτά άμεση νοητική εικόνα μιας γνωστικής λειτουργίας, πριν να εκδηλωθεί ως μαθημένη αντίδραση σ' ένα γνωστό ερέθισμα, δεν υπήρχε. Η εικόνα αυτή, μετά τις ανακαλύψεις του ερευνητή, είναι πλέον δεδομένη και μάλιστα έχει παρουσιαστεί (απεικονιστεί) με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή (H/Y). Επιτεύχθηκε δηλαδή, μετά από πολυετή έρευνα, η προβολή στην οθόνη ενός H/Y (βλ. εικόνα Νο 3) της εικόνας των νοητικών υπολογισμών που γίνονται στον εγκέφαλο ενός εκπαιδευμένου πιθήκου, χιλιοστά του δευτερολέπτου πριν πραγματοποιηθεί απ' αυτόν ένα συγκεκριμένο έργο. Για την εφαρμογή του πειράματος επιλέχθηκε η νοητική περιστροφή η οποία έχει καθιερωθεί στην πειραματική ψυχολογία²² ως πρότυπο μέσο για τη διερεύνηση των γνωστικών λειτουργιών που αφορούν ενέργειες «αναλογικού» τύπου. Η διαδικασία αυτή προσαρμόστηκε σε μια άσκηση που απαιτούσε την κίνηση ενός μηχανικού βραχίονα σε ορισμένο σημείο (βλ. εικόνες 1 και 2).

Εικόνα 1

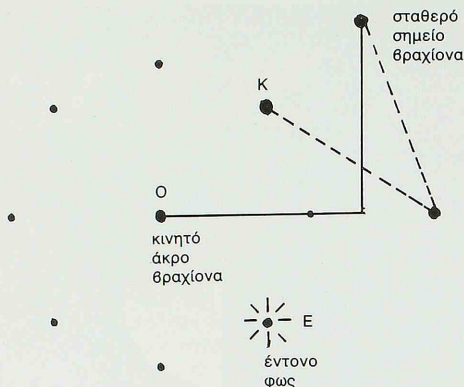
Μετακίνηση του κινητού άκρου του αρθρωτού βραχίονα από τη θέση Ο στη θέση Ε (ασθενές φως)



22. Βλ.: α) R. N. Shepard and J. Metzler, περιοδικό «Science» τ. 171, 1971 σ. 701 και β) R. N. Shepard and L. A. Cooper: «Mental images and their transformations», Mit Press, Cambridge, MA, 1982 (από παραπομπή του ερευνητή στο σχετικό άρθρο του).

Εικόνα 2

Μετακίνηση του κινητού άκρου του αρθρωτού βραχίονα από τη θέση Ο στη θέση Κ (\overline{OK} κάθετη προς την \overline{OE})

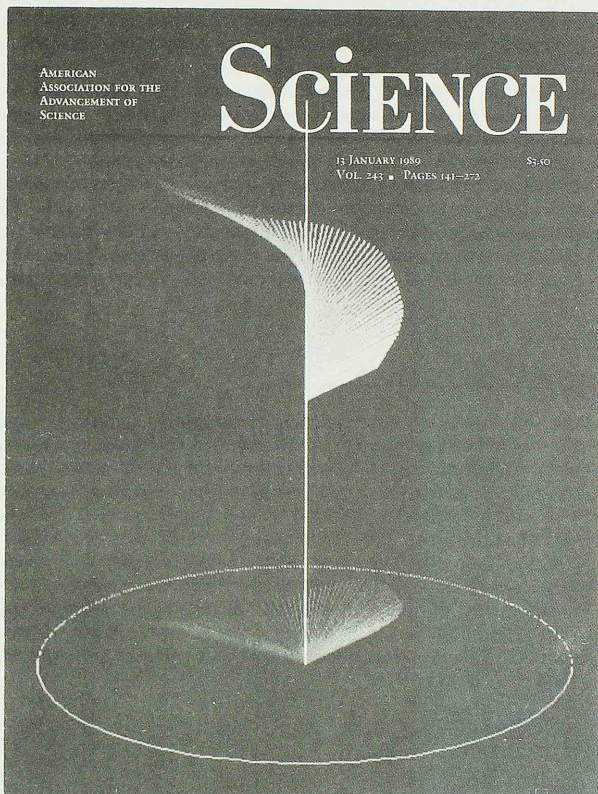


Για το πείραμα αυτό εκπαιδεύτηκε ο πίθηκος «Lambda» (Λάμδα), από τον οποίο ο ερευνητής και οι συνεργάτες του ζητούσαν να κάνει μια σύνθετη εργασία και παράλληλα κατέγραφαν τη λειτουργία του εγκεφάλου του για να δουν τον τρόπο αλληλεξάρτησης των κυττάρων. Ο «Λάμδα» κάθετα μπροστά σ' ένα τραπέζι, πάνω στο οποίο εμφανίζεται ένα φως σε θέσεις που είναι ομοιόμορφα κατανομημένες σε οκτώ σημεία της περιφέρειας ενός νοητού κύκλου (σε γωνιακές αποστάσεις 45°), κατ' ανάλογο τρόπο με τις ενδείξεις της ώρας σ' ένα ρολόι. Στη συνέχεια, μόλις ο «Λάμδα» δεχτεί ένα γνωστό σ' αυτόν ερέθισμα (εμφάνιση φωτός στην περιφέρεια του κύκλου), μετακινεί ευθύγραμμα το άκρο ενός αρθρωτού βραχίονα (στηριγμένου κατά το άλλο άκρο σε σταθερό σημείο εκτός του κύκλου), είτε προς την κατεύθυνση του ερεθίσματος είτε προς την κάθετη και ανθρωπολογική — σε σχέση με την προηγούμενη — κατεύθυνση, ανάλογα με την ένταση του φωτός.

Έτσι, ο «Λάμδα» μετακινεί ευθύγραμμα τον αρθρωτό βραχίονα, δηλαδή από το κέντρο (O) του νοητού κύκλου προς τη θέση του ερεθίσματος (E), όταν το φως είναι αμυδρό, (βλ. εικ. 1) και προς τη θέση (K), έτσι ώστε η ευθεία OK να είναι κάθετη προς την ευθεία OE, όταν το φως είναι έντονο (βλ. εικ. 2). Μ' αυτό τον τρόπο ελέγχθηκαν στατιστικά οι κινήσεις που αντιστοιχούσαν στους 16 συνδυασμούς λαμπρότητας - θέσης. Η μέση κατεύθυνση των τροχιών της πραγματι-

Εικόνα 3

Απεικόνιση της δραστηριότητας του εγκεφάλου κατά τη νοητική διεργασία της περιστροφής.



Αντίγραφο εικόνας εξωφύλλου του «Science» αφιερωμένου στο επίτευγμα της απεικόνισης της σκέψης. Στην εικόνα φαίνεται η θαυμασιά περιστροφή του διανύσματος του νευρωνικού πληθυσμού από την κατεύθυνση προς το σημείο της ώρας 2 ως την κατεύθυνση προς το σημείο της ώρας 10 (βλ. προβολή της περιστροφής στη βάση της εικόνας).

κής κίνησης ήταν μέσα σ' ένα τομέα $\pm 5^\circ$ της αναμενόμενης κατεύθυνσης.

Η ενέργεια την οποία πραγματοποιεί ο εκπαιδευμένος πίθηκος είναι οπωσδήποτε πολύπλοκη, ακόμη και για τον άνθρωπο, δεδομένου ότι η εκπαίδευσή του συνίσταται στη μετακίνηση του κινητού άκρου του βραχίονα κατά τέτοιο τρόπο ώστε, όταν εμφανίζεται αμυδρό φως, π.χ. στην ένδειξη της ώρας 11, να τοποθετεί το άκρο του βραχίονα στη θέση του φωτός και, όταν εμφανίζεται στην ίδια θέση έντονο φως, να το μετακινεί προς τη θέση της ώρας 8. Όμως, το επίτευγμα δεν έγκειται στην ικανότητα που απέκτησε ο «Λάμδα» μέσω της άσκησης, αλλά στη δυνατότητα παρακολούθησης του τρόπου με τον οποίο ο «Λάμδα» εφαρμόζει, νοητικά, τη λύση του προβλήματος, την οποία του είχε μάθει η ερευνητική ομάδα.

Μια σειρά ηλεκτροδίων, τα οποία εμφυτεύτηκαν στην περιοχή του εγκεφάλου που ελέγχει τις σκόπιμες κινήσεις και συνδέθηκαν με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή για την καταγραφή των πληροφοριών που συγκεντρώνονταν μ' αυτό τον τρόπο, καθώς και ένα πρόγραμμα επεξεργασίας των στοιχείων, ανάλογο προς την όλη ευφυή σύλληψη της προσπάθειας, αποτέλεσαν τα βασικά μέσα για το μεγάλο επίτευγμα. Έτσι, και με τη βοήθεια της μαθηματικής και της στατιστικής επιστήμης, οι ερευνητές κατέληξαν σε μια σειρά διαπιστώσεων, οι οποίες απεικονίστηκαν, γεγονός το οποίο, όπως ήδη αναφέρθηκε, για πρώτη φορά συμβαίνει. Τα ευρήματα της όλης ερευνητικής προσπάθειας σε ό,τι αφορά τη νοητική περιστροφή, συνοψίζονται στα εξής:

- α) Χιλιοστά του δευτερολέπτου μετά την εμφάνιση του ερεθίσματος ο ηλεκτρισμός των κυττάρων δείχνει ότι ένας νευρωνικός πληθυσμός αρχίζει να «σκέπτεται» προς την κατεύθυνση του ερεθίσματος. Ο πληθυσμός αυτός σχηματίζει ένα εικονικό νευρωνικό διάνυσμα το οποίο στην οθόνη του Η/Υ εμφανίζεται ως σύνολο ιών που συγκεντρώνεται γύρω από μια ευθεία με κατεύθυνση προς το σημείο που αντιστοιχεί, π.χ., στην ώρα 2.
- β) Στη συνέχεια η ενέργεια των κυττάρων δείχνει ότι οι ίνες απλώνονται ακτινωτά και τελικά σταματούν στη θέση που ορίζει το κάθετο προς το αρχικό διάνυσμα (με κατεύθυνση προς την ώρα 10).
- γ) Μετά τον ορθό προσανατολισμό στο χώρο, ο εγκέφαλος ενεργοποιεί την τελική απόφαση (τελική αντίδραση στο ερέθισμα) μέσω του νευρικού συστήματος. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ενεργοποιεί τους μυς, οι οποίοι και μετακινούν στην κατάλληλη θέση τον αρθρωτό βραχίονα.
- δ) Όπως είχε ανακαλυφθεί, ήδη από το 1986, κάθε κύτταρο της συγκεκριμένης εγκεφαλικής περιοχής, που ελέγχει τις συνειδη-

τές κινήσεις, έχει μία προτίμηση προς συγκεκριμένη κατεύθυνση. Επίσης είχε ανακαλυφθεί ότι η προτίμηση αυτή, όταν χρειαστεί να εκδηλωθεί, μεταφράζεται ως αυξημένη ηλεκτρική τάση. Βάσει των γνώσεων αυτών και με τη βοήθεια μαθηματικής εξίσωσης (η οποία επιτρέπει την αποκωδικοποίηση μέσω του Η/Υ των «μηνυμάτων» που προέρχονται από το ηλεκτρικό δυναμικό των κυττάρων) ελήφθη το αποτέλεσμα της «ψηφοφορίας» των κυττάρων. Ελήφθησαν δηλαδή οι εικόνες της πορείας της νοητικής διεργασίας που αποτελεί έναν τρόπο εσωτερικής «δοκιμαστικής» εφαρμογής πριν από την εκδήλωση - εξωτερικήυση της αντίδρασης. Απεικονίστηκε μ' αυτό τον τρόπο η διεργασία της νοητικής περιστροφής.

- ε) Όλα τα κύτταρα, ανεξαρτήτως προτιμητέας κατεύθυνσης, μετέχουν στη λήψη αποφάσεων.
- στ) Ο χρόνος αντίδρασης είναι συνάρτηση της γραμμικής πορείας του νευρωνικού πληθυσμιακού διανύσματος (population vector) και όχι της θέσης του τελικού στόχου στο δισδιάστατο ή τον τρισδιάστατο χώρο.
- ζ) Η νοητική περιστροφή γινόταν από τον «Λάμδα», χωρίς να έχει ασκηθεί για μία υποχρεωτική ωρολογιακή ή ανθρωρολογιακή κατεύθυνση, μέσω της μικρότερης γωνιακής απόστασης. Η ανθρωρολογιακή κίνηση που πραγματοποιεί (μετακίνηση μέσω της μικρότερης γωνιακής απόστασης), η οποία ελαχιστοποιεί και το χρόνο για τη λήψη της αμοιβής (χυμός μήλου), έχει σημασία για τη συμπεριφορά του «Λάμδα». Γιατί, στο υπόψη πείραμα, τυχόν ωρολογιακή κίνηση, που απαιτούσε γωνιακή απόσταση 270° αντί 90° , θα βράδυνε την επίτευξη του επιδιωκόμενου σκοπού (αμοιβή).
- η) Μια σειρά άλλων ευρημάτων όπως: οι μέσοι όροι της κλίσης των γωνιών και της ταχύτητας της κίνησης του διανύσματος, η επιμήκυνση του διανύσματος κ.ά. έχουν το ίδιο ενδιαφέρον με τα προαναφερθέντα ευρήματα, εκφεύγουν όμως, τουλάχιστον επί του παρόντος, του σκοπού της συνοπτικής αυτής περιγραφής.

Ο γνωστός σ' όλο τον κόσμο ερευνητής²³ άρχισε πρόσφατα μία νέα, εξίσου δύσκολη και επίπονη, ερευνητική πορεία. Το ζητούμενο θα είναι τώρα η εύρεση απάντησης στο ερώτημα: «πώς λύνεται το ίδιο πρόβλημα από διαφορετικά υποκείμενα»; Δηλαδή με ποιο τρόπο

23. Ο Απ. Γεωργόπουλος έχει προσκληθεί και έχει ανακοινώσει τα ευρήματά του σε συνέδρια, συμπόσια και άλλες επιστημονικές συναντήσεις, πέραν από τις Η.Π.Α., και στην Αγγλία, Γαλλία, Δυτ. Γερμανία, Σουηδία, Ελβετία, Ιταλία, Κύπρο, Ιαπωνία, Αυστραλία, Ουγγαρία, Αυστρία.

σκέπτονται άλλοι πίθηκοι, σε ό,τι αφορά το πρόβλημα της «νοητικής περιστροφής», αφού τα γνωστικά προβλήματα μπορούν να λυθούν με διαφορετικούς τρόπους από διαφορετικά υποκείμενα;

5. Πρακτικές εφαρμογές

Όπως σημειώσαμε και στην εισαγωγή, είναι δύσκολη τη στιγμή αυτή μία οποιαδήποτε πρόβλεψη για την έκταση (γνωστικά πεδία επιστημών) και το βαθμό επίδρασης που θα έχει η απεικόνιση της πορείας του διανύσματος του νευρωνικού πληθυσμού κατά τη διάρκεια της γνωστικής λειτουργίας της νοητικής περιστροφής. Όμως, μια πιθανή αξιοποίηση, την οποία οραματίζεται και ο ίδιος ο ερευνητής, θα πρέπει οπωσδήποτε να μνημονευτεί.

Ο Απ. Γεωργόπουλος θεωρεί ότι στο μέλλον είναι δυνατό να σχεδιάσουν οι μηχανικοί ένα τεχνητό μέλος του σώματος (πόδι ή χέρι), το οποίο με ηλεκτρονικό τρόπο θα δέχεται, θα αποκωδικοποιεί και στη συνέχεια θα υλοποιεί τις οδηγίες που θα έδινε ο εγκέφαλος στο φυσικό χέρι ή πόδι²⁴. Με ένδειξη τη σκέψη αυτή και μόνο είναι προφανής η εκτίμηση ότι προδιαγράφεται μία νέα εποχή όχι μόνο για την ιατρική, αλλά και για άλλες επιστήμες όπως η Ψυχολογία και η Παιδαγωγική, χωρίς βέβαια από την όλη αυτή προοπτική να εξαιρείται το μήνυμα «του δημοκρατικού» τρόπου λήψης αποφάσεων, αφού όλα τα κύτταρα ανεξαρτήτως προτιμητέας κατεύθυνσης συναποφασίζουν.

6. Προοπτικές παιδαγωγικής αξιοποίησης

Έχουμε τη γνώμη ότι το πρόωρο των προβλέψεων δεν πρέπει, σε καμία περίπτωση, να αποκλείσει τη διατύπωση ορισμένων σκέψεων. Άλλωστε η αλματώδης πρόοδος της τεχνολογίας μικραίνει καθημερινά την απόσταση μεταξύ της σφαίρας του φανταστικού και του κόσμου της πραγματικότητας. Ο John Soechting, ένας φυσιολόγος από το Πανεπιστήμιο της Minnesota, ο οποίος παρακολούθησε τις ανακοινώσεις του καθηγητή Απ. Γεωργόπουλου σε δύο επιστημονικά συνέδρια, δήλωσε ότι είναι πολύ δύσκολο να προβλέψεις το πώς μπορεί κάτι να εφαρμοστεί. Όμως το πώς κάποιος μαθαίνει να λύνει ένα

24. Η προοπτική αυτή αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον εάν συνδυαστεί με μία άλλη προσπάθεια που γίνεται για την τροποποίηση της συμπεριφοράς των υλικών. Ο δρ Κρεγκ Ρότζερς, του Πολυτεχνικού Ινστιτούτου του Πανεπιστημίου της Βιρτζίνιας, σημειώνει ότι καταβάλλεται προσπάθεια τα διάφορα υλικά να μιμηθούν συμπεριφορές βιολογικών οργανισμών (βλ. «Εξύπνα υλικά», άρθρο στην εφημερίδα «Δημοσιογράφος», Αθήνα 29.7.1990, Τμήμα II σ. 13).

πρόβλημα μέχρι τέλους, θα μπορούσε να έχει πολύ μεγάλο αντίκτυπο στην εκπαίδευση. Αλλά αυτό είναι μία υπόθεση²⁵.

Το ιατρικό αυτό επίτευγμα, εφόσον βέβαια επαληθευτεί η ισχύς των σχετικών συμπερασμάτων και για τον άνθρωπο, δίνει νέο υλικό, τόσο για επαλήθευση, διαφοροποίηση ή απόρριψη άλλων ερευνητικών συμπερασμάτων και θεωρητικών απόψεων, όσο και για φιλοσοφικές, κοινωνιολογικές, νομικές και άλλες συζητήσεις.

Η άποψη του Piaget για βιολογική και πνευματική ωριμότητα («ετοιμότητα προς μάθηση»), μακροχρονικά, προκειμένου να «συλληφθεί» μια έννοια²⁶, μήπως επιβεβαιώνεται, μικροχρονικά, με την υπόψη ανακάλυψη; Να μία υπόθεση για διερεύνηση. Επίσης η νέα φάση των ερευνών του Απ. Γεωργόπουλου, για το πώς, δηλαδή, διαφορετικά υποκείμενα λύνουν το ίδιο πρόβλημα, μήπως θα μπορούσε να δώσει μικροχρονική απάντηση στην πιαζετιανή αντίληψη, ότι όλα τα άτομα ακολουθούν ορισμένη πορεία νοητικής ανάπτυξης, περνώντας από τα ίδια στάδια και φάσεις με διαφοροποίηση, ενδεχομένως, μόνο ως προς το ρυθμό και τη δυνατότητα να φθάσουν στο τέλος της αναπτυξιακής πορείας²⁷;

Προβλήματα, όπως η αβεβαιότητα για το εάν το test μέτρησης της νοημοσύνης δίνει την πραγματική και όχι επίπλαστη, ενδεχομένως, εικόνα της νοητικής υστέρησης, αφού οι μηχανισμοί της σκέψης δεν είναι γνωστοί²⁸, μήπως θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν, εφόσον στραφεί προς την κατεύθυνση αυτή η έρευνα;

Μια πρώτη προσέγγιση θα μπορούσε να επιχειρηθεί προς την κατεύθυνση της προσαρμοστικής συμπεριφοράς στον τομέα των κινήσεων, η οποία έχει άμεση σχέση με τη συγκεκριμένη ανακάλυψη και θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη και στο χώρο της Ειδικής Αγωγής.

Έπειτα απ' αυτά, όπως γίνεται αντιληπτό, η αποκάλυψη της νοητικής διεργασίας θα αποτελέσει ένα μοναδικό παιδαγωγικό μέσο στην όλη αγωγική προσπάθεια, το οποίο όμως θα είναι συγχρόνως επικίνδυνο «εργαλείο» υπέρβασης της ελευθέρως βούλησης του ατόμου και του «απορρήτου» των σκέψεων.

Για τους λόγους αυτούς, η εκ μέρους του ψυχολογικού χώρου

25. Από το άρθρο του Jonathan Bor στην εφημερίδα «The Sun» - Baltimore, Maryland - 13 Ιανουαρίου 1989, με τίτλο «Hopkins scientists produce a picture of a thought».

26. Βλ. Αντ. Δανασσή - Αφεντάκη, Διδακτική, ό.π. σσ. 123, 142, 152-153.

27. Βλ. Jean-Claude Bringuier, *Conversations libres avec Jean Piaget*, Collection «Réponses», Ed. Robert Lafont, Paris 1977, από Α. Δανασσή - Αφεντάκη, Εξέλιξη της παιδαγωγικής και διδακτικής σκέψης, Αθήνα 1980, σσ. 186-187.

28. Ο προσδιορισμός του βαθμού νοητικής καθυστέρησης ενός ατόμου βάσει των αποτελεσμάτων των tests αποτελεί έναν «εξωτερικό» ορισμό, αφού τα tests σε καμία περίπτωση δε δίνουν την «πνευματική φωτογραφία» του ατόμου αυτού. βλ. Γ. Κρασάνακη, *Ψυχολογία της νοημοσύνης*, Αθήνα 1983, σ. 159.

μελέτη των υπόψη ιατρικών ανακαλύψεων και η άμεση έναρξη της έρευνας για την παιδαγωγική αξιοποίησή τους αποτελεί, κατά τη γνώμη μας, αναγκαίοτητα. Η αναγκαίοτητα αυτή είναι που μας οδήγησε στη δημοσίευση της εργασίας αυτής, η οποία προσπαθεί να δώσει μια αμυδρή εικόνα του θαυμαστού επιτεύγματος της απεικόνισης της νοητικής διεργασίας που αποτελεί αποκορύφωση της μακράς και επίμονης ερευνητικής προσπάθειας του Απ. Γεωργόπουλου και των συνεργατών του.

7. Ανακεφαλαίωση - Προτάσεις

Το επίτευγμα του Απ. Γεωργόπουλου οδηγεί σε μια νέα για την ιατρική και τις επιστήμες της συμπεριφοράς του ανθρώπου εποχή. Η γνώση για τον τρόπο συνεργασίας των εγκεφαλικών κυττάρων του πειραματόζωου κατά την εκτέλεση της νοητικής περιστροφής και η απεικόνιση της νοητικής αυτής διεργασίας, πριν εκδηλωθεί ως αντίδραση - συμπεριφορά, χαράσσει μία νέα επιστημονική πορεία, αυτή της αντικειμενικής ενδοσκόπησης των νοητικών διεργασιών κατά τη στιγμή που συντελούνται.

Μια ομάδα κυττάρων στο «στρατηγείο» του εγκεφάλου συσκέπτεται και συναποφασίζει μια επιτελική ενέργεια. Η επιχείρηση που πρόκειται να πραγματοποιηθεί εφαρμόζεται επί του «χάρτη» και μάλιστα μ' όλες εκείνες τις λεπτομέρειες που ο μηχανικός σχεδιαστικά απεικονίζει, υπό κλίμακα, ένα έργο. Η οιονεί «πειραματική» αυτή εφαρμογή της αντιδραστικής ενέργειας εκ μέρους του πειραματόζωου, κατ' αναλογία προς τα όσα προαναφέρθηκαν στη μεταφορική περιγραφή της τακτικής που ακολουθείται κατά τη νοητική διεργασία, απεικονίστηκε και αποτυπώθηκε, κάτι που για πρώτη φορά συμβαίνει.

Οι συνιστώσες και προεκτάσεις του ιατρικού αυτού επιτεύγματος, μέσα στα πλαίσια της αναμενόμενης εξελικτικής πορείας της επιστημονικής έρευνας, είναι δύσκολο να προσδιορίσουν τη στιγμή αυτή, επαρκώς, το χώρο πρακτικής αξιοποίησής του. Άλλωστε, για να υπάρξει πιθανότητα να ωφεληθούν, πέρα από την Ιατρική, η Παιδαγωγική και η Ψυχολογία, θα πρέπει να συντρέξουν ορισμένες βασικές προϋποθέσεις. Δηλαδή, θα πρέπει να αποδειχτεί ότι οι αρχές που θα διατυπωθούν, μετά από τεκμηριωμένα συμπεράσματα, μπορούν να ισχύσουν και για τον άνθρωπο, κατά τρόπο ανάλογο μ' αυτόν που γίνονται δεκτά άλλα πορίσματα, μετά από έρευνες σε πειραματόζωα.

Διότι δεν είναι δυνατό — εάν δεν υπάρξει τεχνολογικά υποκατάστατη μεθοδολογία, η οποία θα αντικαταστήσει την πρακτική της εμφύτευσης των ηλεκτροδίων στον εγκέφαλο — να φανταστεί κανείς την πειραματική διερεύνηση της ισχύος των πορισμάτων αυτών στον άνθρωπο. Από την άλλη πλευρά, δεν θα πρέπει να αγνοηθεί μία σειρά

ηθικών, νομικών και άλλων ζητημάτων που ενδεχομένως θα προκύψουν, χωρίς βέβαια να παραβλέπεται μία σημαντική διάσταση του ζητήματος, η φιλοσοφική.

Παρ' όλα αυτά δεν θα ήταν άκαιρο, κατά τη γνώμη μας, να επιχειρηθεί μία πρώτη διατύπωση ερευνητικών υποθέσεων, για τη διερεύνηση της πιθανότητας παιδαγωγικής αξιοποίησης ορισμένων στοιχείων της νέας γνώσης που μας έδωσε ο Απ. Γεωργόπουλος. Συμπεράσματα που συνδέονται με θέματα της μάθησης και για τα οποία θα μπορούσε να υπάρξει διερεύνηση είναι:

- α) η εκτέλεση μιας κινητικής ενέργειας ακολουθεί μια χρονικά προηγούμενη όμοια (σε μικροκλίμακα) νοητική ενέργεια,
- β) η ύπαρξη κινήτρου (αμοιβή) οδηγεί στην επιλογή της μικρότερης νοητικής πορείας κατά τη δοκιμαστική υλοποίηση μιας ενέργειας,
- γ) η επιλογή της ακολουθητέας πορείας είναι συνισταμένη της «γνώμης» όλων των αρμόδιων για την κίνηση εγκεφαλικών κυττάρων, ανεξαρτήτως προτιμητέας κατεύθυνσης, με τελική επικράτηση της «γνώμης» αυτών που οδηγούν στην ορθή λύση.

Παράλληλα θα ήταν χρήσιμη η επέκταση της ιατρικής έρευνας και στην εύρεση απάντησης στο ερώτημα: πώς διαφορετικά - ειδικά άτομα, με νοητικά π.χ. προβλήματα, αντιδρούν σ' ένα ερέθισμα που συνεπάγεται συγκεκριμένη νοητική διεργασία για μη νοητικώς υστερούντα άτομα.

Πάντως, ακόμη και σε περίπτωση που θα υπάρξει έντονη αμφισβήτηση για τη δυνατότητα ψυχοπαιδαγωγικής αξιοποίησης του μεγάλου αυτού ιατρικού επιτεύγματος, θα ήταν χρήσιμη, και για το λόγο αυτό, η σχετική διερεύνηση, για επιβεβαίωση, δηλαδή, ή όχι της ορθότητας της αρνητικής τοποθέτησης. Αφού, για να γίνει δεκτή μία αρχή, ένα αξίωμα, είναι απαραίτητο να έχει αποδειχτεί ερευνητικά η ισχύς του, κατ' ανάλογο τρόπο θα πρέπει να επιβεβαιώνεται και η τυχόν αρνητική τοποθέτηση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Arbib M. & M. Hesse, «The Construction of Reality», Cambridge Univ. Press, New York, 1986.
2. Bor Jonathan, «Hopkins scientists produce a picture of a thought» άρθρο στην εφημερίδα «The Sun» - Baltimore, Maryland - 13 Ιανουαρίου 1989.
3. Βλάχου Ι., Κεντρικό νευρικό σύστημα και αισθητήρια, εκδ. Γ. Παρισιάνου,, Αθήνα 1985.
4. Bringuier J.-C., Conversations libres avec Jean Piaget, Collection «Réponses», Ed. Robert Lafort, Paris 1977.
5. Ciotti F. & E. Caciari, «Diétothérapie», άρθρο στη συλλογική εργασία υπό τη διεύθυνση του Serban Ionescu: «L' intervention en déficience mentale - Vol. 1, Problèmes généraux, Méthodes médicales et psychologiques», έκδ. Pierre Mardaga, Βρυξέλλες 1987.
6. Δανασσή - Αφεντάκη Α., Διδακτική, τόμ. Α' Μάθηση, Αθήνα 1985.
7. Deutsh G. κ.ά., άρθρο για τη μέτρηση της τοπικής εγκεφαλικής ροής αίματος κατά τη νοητική περιστροφή, «Neuropsychologia», 26, 44 (1988)
8. Εφημ. «Δημοσιογράφος», άρθρο: «Έξυπνα υλικά», Αθήνα 29.7.90.
9. Georgoroulos A. κ.ά., Mental rotation of the neuronal population vector, περιοδικό «Science» 243, 234 (1989).
10. Κάτσιου-Ζαφρανά Μ., «Ανθρώπινος εγκέφαλος και μάθηση», άρθρο στο περιοδικό «Σύγχρονη Εκπαίδευση», τ. 42, Αθήνα 1988
11. Κοκκέβη Α., «Εισαγωγή» στη συλλογική εργασία υπό τη διεύθυνση Κ. Στεφανή: «Περιληπτικές σημειώσεις ψυχολογίας», Αθήνα 1988.
12. Κρασανάκη Γ., Ψυχολογία της νοημοσύνης, Αθήνα 1983.
13. Κυπριωτάκη Αντ., «Ο εγκέφαλος ως φυσιολογικό υπόβαθρο της νοημοσύνης», ανάτυπο από το περιοδικό «Συνάντηση», Αθήνα 1986.
14. Μουσταρά Γ., Ψυχολογία του ανθρώπου, γ' έκδ. Αθήνα 1980.
15. Mountcastle V., (για την αναγνώριση και αποσαφήνιση εγκεφαλικών συμβάντων) «Trends Neurosci» 9, 505 (1986).
16. Παπακώστα Γιάννη, «Γνωστικές (γνωσιακές - cognitive) λειτουργίες», άρθρο στη συλλογική εργασία υπό τη διεύθυνση Κ. Στεφανή: «Περιληπτικές σημειώσεις ψυχολογίας», Αθήνα 1988.
17. Παρασκευοπούλου Ι., Εξελικτική Ψυχολογία, τόμ. Α', Αθήνα 1980.
18. Πόρποδα Κ., Η διαδικασία της μάθησης, Αθήνα 1984.
19. Shepard R. and L. Cooper, «Mental images and their transformations», MIT press, Cambridge, MA, 1982.

20. Shepard R. & J. Metzler, «Mental images and their transformations», «Science» 171, 701 (1971).
21. Στεφανή Κ., «Περιληπτικές σημειώσεις Ψυχολογίας», (συλλογική εργασία της Ψυχιατρικής Κλινικής του Πανεπιστημίου Αθηνών υπό την εποπτεία του διευθυντή της κλινικής Κ. Στεφανή), Αθήνα 1988.
22. Stones E., Εισαγωγή στην Παιδαγωγική Ψυχολογία, μετάφραση - προσαρμογή Αντ. Δανασσή - Αφεντάκη, εκδ. «Γρηγόρη», Αθήνα 1978.
23. Young J. «Philosophy and the Brain», Oxford Univ. Press, New York, 1987.

SUMMARY

Lavrentios Dellasoudas, *The visualization of mental processes and its pedagogical role*

After eight years of research at the Medicine School of the Johns Hopkins University, U.S.A., under the direction of Dr. Ap. P. Georgopoulos, Professor of Neuroscience and Director of the Research Center of the Neurophysiology of Cognitive Processes, a scientific team was successful in demonstrating mental activity.

By studying the brain functions of a test animal, they demonstrated the presence of a mental transformation, a thought: a phenomenon that has not been observed previously, according to Dr. Georgopoulos. The following report, which discusses this medical experiment and its prospective pedagogical application, consists of:

1. A short introduction, which limits the scope and frames the field of the experiment.
2. A curriculum vitae of the researcher.
3. The knowledge of the chemical structure of cells, their behaviour, and reactions before the experiment was undertaken.
4. Description of the experiment and the exact recording, decoding, evaluating and defining of the behaviour of single brain cells which are examined as neuronal population.
5. The statement of the possible use of this research, i.e. to aid in the development of an artificial arm or leg which could function electronically and could accept, decode and perform the orders the brain gives to the natural member of the body.
6. The statement of our belief about the need for an immediate start of

research on psychopedagogics in view of the delineated perspective of the pedagogic advantage of the new results, because of the philosophical, sociological, legal and other discussions that might occur.

7. This research closes with a review of the research results and a conclusion, i.e., research should be undertaken on the possibility of a psychopedagogically beneficial use of the new findings, even if the only positive outcome were a negative public reaction toward this application.