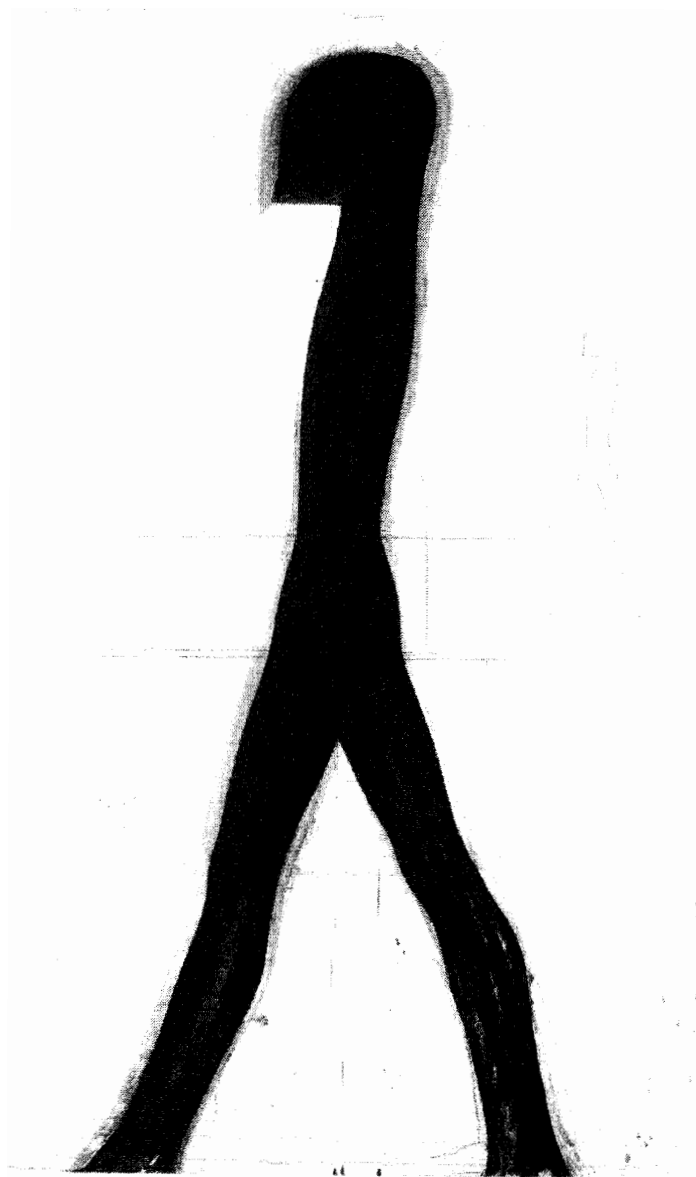


Γεωργίου Χρήστος (2017). Περιβάλλον και ανάπτυξη του ανθρώπινου εγκεφάλου: κοινωνικοπολιτικές προεκτάσεις. Ουτοπία 120: 61-75



Αβραάμης, Φιγούρα, 1989

Περιβάλλον και ανάπτυξη του ανθρώπινου εγκεφάλου: κοινωνικοπολιτικές προεκτάσεις

Η ανάπτυξη του ανθρώπινου εγκεφάλου έχει ερευνηθεί κυρίως σε πειραματόζωα, και οι γνώσεις μας σήμερα συμπληρώνονται με μελέτες απευθείας στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Οι βιοχημικές διεργασίες ανάπτυξης του πρώιμου εγκεφάλου συνεχώς τροποποιούνται από περιβαλλοντικές επιδράσεις, περιλαμβανόμενης και της τροφής. Παραδείγματα πολυποίκιλων πτυχών των περιβαλλοντικών επιρροών στον ωριμάζοντα εγκέφαλο του παιδιού αποτελούν η ανάπτυξη γνωστικών ικανοτήτων έως και οι επιρροές της κακοποίησης και της παραμέλησης των παιδιών, οι οποίες εκδηλώνονται ως εμπειρίες που θα επηρεάσουν θετικά ή και αρνητικά τη μελλοντική ανάπτυξη και τις δραστηριότητές του. Όσο ηλικιακά μικρότερο είναι το βρέφος τόσο πιο πολύ επηρεάζουν τον εγκέφαλό του οι περιβαλλοντικοί παράγοντες στους οποίους το εκθέτουν οι γονείς ή άλλοι εναλλακτικοί κηδεμόνες του. Η ικανότητα του εγκεφάλου να προσαρμόζεται στο περιβάλλον έχει αντίκτυπο εκτός από τις θεωρούμενες αναπτυξιακών διαταραχών έως και την αντίληψη της ατομικής και κοινωνικής ταυτότητας, την εκπαίδευση, την οικονομία και τις ιδεολογίες. Η κατανόηση της επίδρασης του περιβάλλοντος στο πλαίσιο του γενετικού υποστρώματος που διαφοροποιεί τον ανθρώπινο εγκέφαλο από των άλλων οργανισμών προϋποθέτει την εξοικειώσή μας με τις σημερινές γνώσεις σχετικά με τις βιοχημικές νευροαναπτυξιακές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη βρεφική και την πρώιμη παιδική ηλικία.

Ανάπτυξη και ωρίμανση του εγκεφάλου

Το βάρος του ανθρώπινου εγκεφάλου αυξάνει ταχύτερα κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους της ζωής του νεογνού από ό,τι σε οποιαδήποτε άλλη χρονική περίοδο (Gilles, 1993). Από ένα μέσο βάρος 400 γραμμάρια κατά τη γέννηση, ο ανθρώπινος εγκέφαλος αυξάνει στο 1 κιλό τους πρώτους 12 μήνες, με αυτή την

* Ο Χρήστος Γεωργίου είναι Καθηγητής Βιοχημείας στο Τμήμα Βιολογίας του Πανεπιστημίου Πατρών

εξρηκτική ανάπτυξη να συνεχίζεται έως τους 24 μήνες (Schoe, 1994). Ενδεικτικά, η κατανάλωση γλυκόζης (σχεδόν αποκλειστική πηγή ενέργειας του εγκεφάλου) από τον εγκεφαλικό φλοιό από τη γέννηση έως τα 4 έτη είναι αυξημένη πάνω από δύο φορές από αυτή του ενήλικα εγκεφάλου, και αυτό συνεχίζεται μέχρι την ηλικία των 10 ετών (Chugani, 1998).

Η σταδιακή ακολουθία της εγκεφαλικής νευροανάπτυξης και τοπολογίας (θέσης στον εγκέφαλο) των διαφόρων τμημάτων είναι γενετικά προκαθορισμένη για τον εγκέφαλο και είναι χαρακτηριστική για κάθε είδος οργανισμού. Υπό φυσιολογικές συνθήκες, αυτή δεν μεταβάλλεται από το περιβάλλον εκτός κι αν δράσουν τοξικοί παράγοντες που μπορούν να οδηγήσουν σε τερατομορφίες. Η ανατομική νευροανάπτυξη στο έμβρυο προχωρά από τα χαμηλότερα στα υψηλότερα κέντρα του εγκεφάλου (από το εγκεφαλικό στέλεχος στον εγκεφαλικό φλοιό) και από τα άκρα προς το κεφάλι (Nelson & Bloom, 1997). Οι περισσότεροι από τους νευρώνες του εγκεφάλου σχηματίζονται και «μεταναστεύουν» στην προκαθορισμένη θέση τους κατά τη διάρκεια της εμβρυϊκής και της πρώιμης βρεφικής ζωής. Ωστόσο, υπάρχουν εξαιρέσεις, λόγω χάρη στους νευρώνες της οσφρητικής εγκεφαλικής περιοχής (Huttenlocher, 1994) και του υπόκαμπτου στα πρωτεύοντα θηλαστικά (και τον άνθρωπο), οι οποίοι συνεχίζουν να δημιουργούνται και κατά την ενήλικη ζωή (Gould *et al.*, 1997). Συνοπτικά, οι νευρώνες είναι νευρικά κύτταρα που επικοινωνούν μεταξύ τους με την αποστολή «μηνυμάτων», μέσα από επεκτάσεις του σώματός τους (τους άξονες), και τη λήψη «μηνυμάτων» προς εκβλαστήσεις (τους δενδρίτες) άλλων νευρώνων. Το συγκλίνον (εφαπτόμενο) σημείο της επικοινωνίας μεταξύ άξονα και δενδριτών ονομάζεται σύναψη, και δημιουργείται βιοχημικά μέσα από το φαινόμενο της συναπτογένεσης (δημιουργίας συνάψεων). Στον ώριμο ανθρώπινο εγκέφαλο υπάρχουν περίπου 86 δισεκατομμύρια νευρώνες, με καθένα να διαθέτει κατά μέσο όρο 10.000 συνάψεις.

Ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα στην κατανόηση του πολύπλοκα δικτυωμένου εγκεφάλου ήταν η ανάπτυξη μη επεμβατικών μεθόδων σάρωσης, ιδιαίτερα της λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας (functional magnetic resonance imaging, fMRI). Η τεχνολογία fMRI επέτρεψε την αποκάλυψη ενός αινιγματικά παράδοξου ανθρώπινου εγκέφαλου: Παρά τη σταθερή τοπολογία του, η οποία χαρακτηρίζεται από νευρωνική δικτύωση και διασυνδετικότητα, το λειτουργικό του ρεπερτόριο είναι τεράστιο και του επιτρέπει να δρα, να αντιλαμβάνεται και να αναπτύσσει γνωστικές λειτουργίες. Αυτό έρχεται σε λειτουργική αντίθεση με τα άλλα όργανα του ανθρώπου, όπως η καρδιά, που ενώ κι αυτά διαθέτουν δυναμική ανατομία χαρακτηρίζονται, όμως, από μία κύρια λειτουργία. Η κατανόηση αυτής της αντίθεσης εδράζεται στην αρχιτεκτονική του ευρύτερου νευρωνικού δικτύου του εγκεφάλου, η οποία μπορεί και οργανώνει τις εγκεφα-

λικές τοπολογικές αλληλεπιδράσεις για να αντιμετωπίσει τις διαφορετικές περιβαλλοντικές απαιτήσεις, κι έτσι επιτρέπει στην τοπολογικά σταθερή εγκεφαλική δομή να είναι προσαρμόσιμη, ελαστική, ανθεκτική στη φθορά, αποτελεσματική στη μεταβίβαση των μηνυμάτων, και λειτουργικά πολυποικίλη (Park & Friston, 2013; Zatorre, 2013).

Κατά τα πρώτα 2 χρόνια της βρεφικής ζωής παρατηρείται διαδοχική ανάπτυξη, έντονος πολλαπλασιασμός και υπερπαραγωγή νευραξόνων, δενδριτών και συνάψεων στις διαφορετικές περιοχές του εγκεφάλου. Αυτή η διαδικασία είναι γενετικά καθορισμένη. Εντούτοις, τροποποιείται από βιοχημικούς παράγοντες εξαρτώμενους από το περιβάλλον. Λόγου χάρη, ελέγχεται από τις νευροτροφίνες, ειδικές οργανικές χημικές ουσίες με κεντρική σπουδαιότητα στη ρύθμιση της επιβίωσης, διαφοροποίησης, και διατήρησης της λειτουργίας των νευρώνων στον εγκέφαλο. Η σύνθεση και η έκκριση των νευροτροφινών εξαρτάται και ρυθμίζεται από νευρωνικές δραστηριότητες άμεσα συνδεδεμένες με περιβαλλοντικά ερεθίσματα (Thoenen, 1995). Ο συγχρονισμός των κρίσιμων περιόδων στην ωρίμανση των προμετωπιαίων νευρωνικών κυκλωμάτων στον εγκεφαλικό φλοιό είναι επίσης περιβαλλοντικά ελεγχόμενος. Αυτό γίνεται με έναν τύπο νευρώνων ανασταλτικής δράσης, των κυττάρων PV (Parvalbumin), που δραστηριοποιούνται εντός αυτών των νευρωνικών κυκλωμάτων, και που έχουν συσχετιστεί και με ψυχιατρικές διαταραχές όπως ο αυτισμός και η σχιζοφρένεια (Conte Center at Harvard University). Παράδειγμα περιβαλλοντικού αιτίου πρόκλησης αυτισμού είναι συγκεκριμένο χημικό συστατικό (glyphosate) του τοξικού ζιζανιοκτόνου Roundup της Monsanto, με το οποίο έχουν επιμολυνθεί τροφές από γενετικά τροποποιημένο καλαμπόκι και σόγια κατά το ράντισμά τους. Ερευνητής του Τεχνολογικού Ινστιτούτου της Μασαχουσέτης εκτιμά ότι το 50% των παιδιών των ΗΠΑ κινδυνεύουν να γίνουν αυτιστικά μέχρι το 2025 (Beecham & Seneff, 2016).

Ωστόσο, όλες αυτές οι συναπτικές συνδέσεις δεν επιβιώνουν διότι πολλές από αυτές καταργούνται στη συνέχεια λόγω μη χρησιμοποίησης (Singer, 1995). Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου της πλαστικότητας, ή δυναμικής αλλαγής, ο καθορισμός των συναπτικών συνδέσεων που θα εξακολουθούν να υφίστανται ελέγχεται περιβαλλοντικά, και εξαρτάται από τις εξωτερικές πληροφορίες-ερεθίσματα που λαμβάνονται από τον εγκέφαλο. Κυριαρχεί μια ανταγωνιστική διαδικασία η οποία προσδιορίζει εκείνους τους νευρώνες και τις νευρωνικές συνδέσεις που τελικά θα επιβιώσουν. Λόγου χάρη, ο ανταγωνισμός εκδηλώνεται και για τις πιθανές θέσεις σύνδεσης επί του νευρώνα υποδοχής των ερεθισμάτων. Η προοδευτική νευρωνική ωρίμανση και η δημιουργία συναπτικών συνδέσεων αντικατοπτρίζονται σε αλλαγές στην αύξηση της λειτουργικής ωριμότητας του βρέφους.

Κρίσιμες αναπτυξιακές περιόδους του εγκεφάλου

Κατά την πρώιμη ανάπτυξη του ανθρώπινου εγκεφάλου η ωρίμανσή του επηρεάζεται από συγκεκριμένες εμπειρίες κατά τη διάρκεια συγκεκριμένων κρίσιμων περιόδων. Παρά το γεγονός ότι ορισμένες εμπειρίες είναι απαραίτητες για την ομαλή εξέλιξη της ανάπτυξης του εγκεφάλου, η εμφάνιση κάποιων επιβλαβών εμπειριών προκαλεί βλάβες στον αναπτυσσόμενο οργανισμό. Περιγραφικά, οι κρίσιμες περιόδους μπορούν να ιδωθούν ως μια σύντομη έκθεση του οργανισμού στο περιβαλλοντικά ευεπηρεάστο νευρωνικό υπόστρωμά του, τις ανάγκες, αλλά και τις ευκαιρίες που του παρουσιάζονται. Οι κρίσιμες περιόδους στους οργανισμούς γενικά χαρακτηρίζονται από τις ακόλουθες παραμέτρους: Τη συσχέτιση μιας εμπειρίας με μια παρατηρούμενη αλλαγή, η οποία έχει τεκμηριωθεί ότι είναι συνέπεια αυτής της εμπειρίας· τον προσδιορισμό της οδού με την οποία η εμπειρία επιφέρει αλλαγή κατά την κρίσιμη περίοδο· τη λεπτομερή γνώση του συγκεκριμένου συστήματος του οργανισμού του οποίου η δομή και η λειτουργία επηρεάζονται κατά την κρίσιμη περίοδο· την περιγραφή της φύσης της πραγματικής αλλαγής (Bornstein, 1989).

Ειδικότερα για τη νευροανάπτυξη του παιδιού, οι αντίστοιχες σημαντικές παράμετροι είναι: Οι θετικές και οι ανεπιθύμητες/επιβλαβείς κοινωνικές και δι-απροσωπικές αλληλεπιδράσεις που προέρχονται από το γονεϊκό περιβάλλον πρωτογενούς φροντίδας· ο υπό επίδραση εγκέφαλος· οι πραγματικές αλλαγές στις συναπτικές συνδέσεις, τις νευρο-ορμονικές εκκρίσεις και τους νευρωνικούς υποδοχείς τους. Οι πολύπλοκες διασυνδέσεις μεταξύ των διαφορετικών τοπογραφικών περιοχών του ανθρώπινου εγκεφάλου συμβάλλουν (καθεμία με το δικό της χρονοδιάγραμμα για τις κρίσιμες περιόδους ωρίμανσης) στις ποικίλες εκβάσεις και αναπτυξιακές επιπλοκές που προέρχονται από πρώιμες αρνητικές εμπειρίες (Kandel & Jessel, 1991). Αυτή η περιβαλλοντικά εξαρτώμενη διαδικασία ωρίμανσης του εγκεφάλου έχει δύο διακριτές πτυχές (Greenough, 1992).

Η πρώτη πτυχή ορίζεται ως *αναμενόμενη εμπειρία*, δηλαδή ανάπτυξη που δεν θα συμβεί παρά μόνο αν μια συγκεκριμένη εμπειρία συμβεί κατά τη διάρκεια αυτής της κρίσιμης περιόδου. Σε αυτό το πρώιμο στάδιο, η ανάπτυξη στην πραγματικότητα εξαρτάται από τις επιδράσεις του περιβάλλοντος.

Οι προκαθορισμένες ακολουθίες των αναμενόμενων εμπειριών επιτρέπουν την ομαλή διαδικασία δημιουργίας των συναπτικών συνδέσεων, με κάθε στάδιο οικοδομώντας επί και εξαρτώμενο από το υπόστρωμα του προηγούμενου σταδίου. Αυτές οι πρώιμες εμπειρίες θεωρείται ότι έχουν επιλεγεί μέσα από τη διαδικασία της εξέλιξης, και αναμένονται να συμβαίνουν αξιόπιστα και σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή της ανάπτυξης του συγκεκριμένου είδους οργανισμού.

Αυτή η χαρακτηριστική για κάθε είδος ανάπτυξη είναι γενετικά καθορισμέ-

νη και η οργάνωσή της έχει σχεδιαστεί για να ρυθμίζει τον αναπτυσσόμενο εγκέφαλο προς μία κανονικοποιημένη και ομαλή ανάπτυξη ενόψει της έκθεσής του στις αναμενόμενες ποικίλες περιβαλλοντικές επιδράσεις (Bjorklund, 1997). Χαρακτηριστικοί του είδους είναι και οι τυπικοί και αναμενόμενοι περιβαλλοντικοί παράγοντες και περιστάσεις, προφανώς εξελεγμένοι για να διασφαλιστεί η σταθερότητα της εγκεφαλικής ανάπτυξης.

Σε ό,τι αφορά τον άνθρωπο, η ωρίμανση του εγκεφάλου υπό τον έλεγχο της *αναμενόμενης εμπειρίας* διασφαλίζει ότι τα αναμενόμενα ερεθίσματα ως προς την ανατροφή εμφανίζονται με τρόπο ασφαλή, προβλέψιμο, επαναλαμβανόμενο και σταδιακό, και εναρμονισμένο με το αναπτυξιακό στάδιο του βρέφους ή του παιδιού (Perry & Pollard, 1998). Τέτοιες εμπειρίες αποκτώνται από την αλληλεπίδραση του γονεϊκού περιβάλλοντος με το βρέφος, μέσω π.χ. του θηλασμού, μπουσουλήματος, κλάματος κ.ά.

Η υπερπαραγωγή των συνάψεων εμφανίζεται περισσότερο σε καταστάσεις κατά τις οποίες μια πηγή πληροφοριών θα μπορούσε μετέπειτα να αποτελέσει βάση για την εξάλειψη των αχρησιμοποίητων συνάψεων. Τέτοιες καταστάσεις περιλαμβάνουν τον σωματικό χειρισμό του μικρού βρέφους από τον γονέα, τη μεταξύ τους οπτικοαποκριτική (μέσω βλεμμάτων) και ηχητική (συζήτηση) αλληλεπίδραση. Η απουσία αυτών των αλληλεπιδράσεων μεταξύ γονέα και βρέφους συμβάλλει στην ανεξέλεγκτη εξάλειψη των συναπτικών συνδέσεων του βρέφους. Η παραμέληση και η απουσία περιβαλλοντικών ερεθισμάτων κατά τις κρίσιμες περιόδους της ανάπτυξης του εγκεφάλου μπορεί να οδηγήσει σε μόνιμες βλάβες στην ανάπτυξη των γνωστικών ικανοτήτων του.

Η εγκεφαλική ανάπτυξη μέσω των αναμενόμενων εμπειριών έχει μελετηθεί ιδιαίτερα στον οπτικό φλοιό των ζώων. Σε ορισμένα κλασικά πειράματα σε γάτες αποδείχθηκε ότι ο προσωρινός φραγμός των οπτικών ερεθισμάτων στο ένα μάτι της γάτας, κατά τη διάρκεια μιας κρίσιμης περιόδου της εγκεφαλικής ανάπτυξης, προκάλεσε μη αναστρέψιμες δομικές και λειτουργικές αλλαγές στον οπτικό φλοιό του εγκεφάλου της, οδηγώντας σε μόνιμη βλάβη της όρασης σε αυτό το μάτι (Hubel & Wiesel, 1979). Ανθρώπινα βρέφη με προχωρημένη κώφωση αδυνατούν να παράγουν ήχους και σε ύστερη ηλικία (Scarr, 1993), προφανώς επειδή οι τυπικές για το ανθρώπινο είδος ακουστικές εμπειρίες, που απαιτούνται για την ανάπτυξη της ομιλίας, αδυνατούν να επιδράσουν στην κατάλληλη περιοχή του εγκεφάλου. Σε ένα άλλο παράδειγμα, σε παιδιά μετά την ηλικία των 8-10 ετών το μάτι τους που εμποδίζεται να λαμβάνει οπτικά ερεθίσματα (π.χ. λόγω καταρράκτη ή στραβισμού) υφίσταται μη αναστρέψιμη μείωση της οπτικής οξύτητας (αμβλυωπία) (Taylor & Taylor, 1979).

Η δεύτερη διακριτή πτυχή της ωρίμανσης του εγκεφάλου ορίζεται ως *εξαρτώμενη από την εμπειρία*, όπου κι εδώ οι περιβαλλοντικές επιδράσεις συμβάλ-

λουν ενεργά στη δομή του εγκεφάλου. Σε αντίθεση με τη διαδικασία των *αναμενόμενων εμπειριών*, εδώ οι εμπειρίες δεν είναι προκαθορισμένες ούτε η δημιουργία των συνάψεων προβλέπει τις εμπειρίες σε κάθε συγκεκριμένο στάδιο. Νέες συνάψεις δημιουργούνται από διεργασίες εις απόκριση σε περιβαλλοντικά καθοριζόμενες εμπειρίες που ποικίλλουν μεταξύ των ατόμων. Για παράδειγμα, ομάδες αρουραίων που εκτράφηκαν για 30 ημέρες μετά τον απογαλακτισμό υπό έκθεση σε ποικίλα περιβάλλοντα βρέθηκαν να έχουν 20-25% περισσότερες συνάψεις ανά νευρώνα στον άνω οπτικό φλοιό από αρουραίους που εκτράφηκαν σε τυποποιημένους κλωβούς (Turner & Greenough, 1985).

Άλλες μελέτες σε τρωκτικά έχουν δείξει ότι η νευρογένεση σε ορισμένες περιοχές του εγκεφάλου συνεχίζεται καθ' όλη την ενήλικη ζωή τους. Ποντικοί που εκτέθηκαν σε ένα εμπλουτισμένο περιβάλλον βρέθηκαν να διαθέτουν περισσότερους νέους νευρώνες στην οδοντωτή έλικα του *υπόκαμπου* από τους ποντικούς ελέγχου (Kempermann *et al.*, 1997). Παρόμοια ευρήματα έχουν παρατηρηθεί και σε ενήλικους αρουραίους εκπαιδευμένους σε δραστηριότητες που ελέγχονται από τον *υπόκαμπο* (Gould *et al.*, 1999). Και στις δύο πειραματικές περιπτώσεις, διαπιστώθηκε ότι οι εξαρτώμενες από την εμπειρία αποκρίσεις στον *υπόκαμπο* ενισχύουν την επιβίωση των νέων νευρώνων που είχαν ήδη παραχθεί, και όχι την ενεργοποίηση της παραγωγής τους. Στον άνθρωπο, θεωρείται ότι η έκθεση ενός μικρού παιδιού σε συγκεκριμένες συναισθηματικές αλληλεπιδράσεις κατά τη διάρκεια της περιβαλλοντικά εξαρτώμενης περιόδου της νευρωνικής πλαστικότητας μπορεί να οδηγήσει σε μόνιμες προμετωπιαίες ασύμμετρες δομικές αλλαγές στον εγκέφαλο, με σημαντικές συνέπειες στη μελλοντική συμπεριφορά (Davidson, 1994).

Αυτές οι εξατομικευμένες εμπειρίες που συμβάλλουν στην ανάπτυξη του εγκεφάλου είναι παραδείγματα επίδρασης περιβαλλοντικά ανόμοιων ερεθισμάτων, και εξηγούν ευρήματα γενετικών μελετών στις διαστάσεις και διαταραχές της ανθρώπινης συμπεριφοράς, που επιβεβαιώνουν τη σημασία των, μη κληρονομικών, περιβαλλοντικών παραγόντων στην ανάπτυξη του εγκεφάλου (Plomin *et al.*, 1994).

Νευρωνική πλαστικότητα εγκεφάλου

Οι διεργασίες της νευρωνικής πλαστικότητας σε απόκριση στη μάθηση και την απόκτηση νέας μνήμης συνεχίζεται κατά την παιδική ηλικία αλλά και την ενηλικίωση. Αν και οι διαδικασίες της πλαστικότητας επιτρέπουν στη δομή του εγκεφάλου και τις λειτουργίες του να εξακολουθούν να διαμορφώνονται σε απόκριση στα περιβαλλοντικά ερεθίσματα και τις ανάγκες του οργανισμού, στον ενήλικα εγκέφαλο η πλαστικότητα είναι περιορισμένη, δεν προκαλεί σημαντικές δο-

μικές αλλαγές και λειτουργεί κυρίως μέσα από τη ρύθμιση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας ορισμένων συνδέσεων μεταξύ νευρώνων (Singer, 1987). Με την αύξηση της ηλικίας, η ισορροπία μεταξύ πλαστικότητας και λειτουργικής σταθερότητας προοδευτικά σταθμίζεται προς την κατεύθυνση της δεύτερης. Η ωρίμανση του εγκεφάλου σχετίζεται με μειωμένη δομική αποκριτικότητα τόσο στις νέες πληροφορίες (Tucker, 1992) όσο και στους τραυματισμούς.

Για τη μελέτη της συναπτογένεσης, οι επιστήμονες απεικονίζουν πειραματικά την κατανάλωση της γλυκόζης στις διάφορες περιοχές του εγκεφάλου με την τεχνική της τομογραφίας εκπομπής ποζιτρονίων (PET). Χρησιμοποιώντας αυτό το μέσο, κατέστη δυνατό να αποδειχθεί ότι στον άνθρωπο, σε αντίθεση με τα άλλα ζώα, οι κρίσιμες περιόδους της ανάπτυξης του είναι χρονικά κατά πολύ μεγαλύτερες. Κι αυτό διότι η πορεία της ανάπτυξης του ανθρώπου και του εγκεφάλου του είναι πολύ πιο παρατεταμένη. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται νεοτενία (η τάση του ανθρώπινου είδους να αργεί να φθάσει στην ενηλικίωση), κι έτσι παρατείνεται και η διατήρηση εμβρυϊκών ή νεανικών χαρακτηριστικών και αναφορικά με τον εγκέφαλό του (Bjorklund, 1997). Αυτή η καθυστέρηση επιτρέπει μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για την επίδραση της πλαστικότητας στον αναπτυσσόμενο εγκέφαλο του παιδιού και της ανάπτυξης διανοητικών ικανοτήτων (π.χ. μάθησης), αλλά την ίδια στιγμή το φαινόμενο της νεοτενίας παρατείνει και την ευπάθεια του εγκεφάλου σε αρνητικά περιβαλλοντικά ερεθίσματα.

Η συναπτογένεση και η κατάργηση συνάψεων λαμβάνουν χώρα σε λειτουργικά διαφοροποιημένα νευρωνικά συστήματα κατά τις αντίστοιχες περιόδους ωρίμανσής τους, και σε διαφορετικές περιόδους νωρίς στο παιδί (Thatcher, 1994). Η ωρίμανση σε ορισμένες περιοχές του εγκεφάλου επιτελείται πιο αργά, εμφανίζεται αργότερα σε άλλες περιοχές του, και προεκτείνεται στους μετωπιαίους λοβούς κατά το δεύτερο έτος της ηλικίας. Αυτές οι περιοχές σχετίζονται με τη λογική, την αφηρημένη σκέψη, και με πιο γενικευμένες πτυχές της συμπεριφοράς, όπως ο έλεγχος στοχοπροσήλωσης στον χρόνο (de Haan *et al.*, 1994).

Πρόσφατα πειραματικά στοιχεία έδειξαν ότι οι ατομικές διαφορές στις ανατομικές και λειτουργικές ιδιότητες της νευρωνικής αρχιτεκτονικής του εγκεφάλου επίσης επηρεάζουν τη μάθηση και τις επιδόσεις που σχετίζονται με αυτές τις διαφορές. Ευρήματα από την απεικόνιση του εγκεφάλου με την προαναφερθείσα τεχνική fMRI, επιβεβαιώνουν ότι αυτές οι ανατομικο-λειτουργικές ατομικές διαφορές οφείλονται στην περιβαλλοντικά εξαρτώμενη πλαστικότητά του, και εκτός από τις συνήθεις γνωστικές λειτουργίες σχετίζονται και με τη νεο-αποκτώμενη μάθηση στον λόγο και τη μουσική (Zatorre, 2013).

Στους περιβαλλοντικούς επαγωγείς της πλαστικότητας του εγκεφάλου έχει προστεθεί τελευταία και η τροφή. Μελέτες έχουν αποδείξει ότι το διαιτολόγιο επηρεάζει τις γνωστικές λειτουργίες, τη μάθηση, τη μνήμη, και τη διάθεση (άγ-

χος), ακόμη και τη νευροεκφυλιστική νόσο του Αλτσχάιμερ. Στο βιοχημικό επίπεδο, η τροφή ενισχύει τους δομικούς και λειτουργικούς δείκτες της εγκεφαλικής πλαστικότητας στον ιππόκαμπο, με παραδείγματα την αυξημένη έκφραση των νευροτροφικών παραγόντων, τη συναπτική λειτουργία και τη νευρογένεση ακόμα και στα ενήλικα άτομα (Murphy et al., 2014).

Συναισθήματα, εγρήγορση, συνειδητότητα, ηθική

Η συναισθηματική ωρίμανση των αναπτυσσόμενων βρεφών εξελίσσεται μέσα από αποκρίσεις σε συναισθηματικές αλληλεπιδράσεις οι οποίες προκαλούνται από τους γονείς ή άλλους εναλλακτικούς κηδεμόνες με αντιληπτούς από τα βρέφη τρόπους. Αυτό χρειάζεται για να μπορούν να ελέγχονται οι ευαισθησίες, η εγρήγορση και η συμπεριφορά του βρέφους, ώστε να βοηθηθεί να αντιμετωπίζει τόσο ενδεχόμενες απογοητεύσεις όσο και να εστιάζει την προσοχή του, κάτι που είναι απαραίτητη προϋπόθεση απόκτησης μνήμης και γνωστικών ικανοτήτων. Βρέφη που δεν έχουν αναπτύξει την ικανότητα να ρυθμίζουν το δικό τους επίπεδο εγρήγορσης και τις παρορμήσεις τους δεν θα είναι σε θέση να δημιουργήσουν δικούς τους τρόπους ικανοποίησης και θα χρειάζονται βοήθεια για να μάθουν να σχεδιάζουν τις δράσεις τους.

Η ανάπτυξη αυτών των εγκεφαλικών εκτελεστικών λειτουργιών απαιτεί την ωρίμανση των μετωπιαίων λοβών από το τέλος του πρώτου έτους. Κι αυτό διότι οι μετωπιαίοι λοβοί εμπλέκονται στην έκφραση και την αυτορρύθμιση του συναισθήματος, συμπεριλαμβανόμενων των αυτοματοποιημένων ή εκ συνήθειας συναισθηματικών αντιδράσεων, καθώς και με τη ρύθμιση αποκρίσεων σε συναισθηματικά προκαλούμενες καταστάσεις. Η ομαλή ανάπτυξη του εγκεφάλου κατά μια κρίσιμη περίοδο εξαρτάται από κατάλληλα ερεθίσματα και συναισθηματικές αλληλεπιδράσεις των βρεφών με τους γονείς ή άλλους εναλλακτικούς κηδεμόνες τους. Σε νεογνά αρουραίων έχουν λεπτομερώς καταγραφεί οι αλληλεπιδράσεις με τις μητέρες τους, και έχειδειχθεί ότι η μητρική επιρροή διαμορφώνει τόσο τη φυσιολογία όσο και τη συμπεριφορά των νεογνών (Hofer, 1994).

Συμπερασματικά, η πρώιμη αλληλεπίδραση μητέρας-βρέφους συνιστά ένα βιο-συμπεριφορικό σύστημα. Στον εγκέφαλο του βρέφους που αντικρίζει το αποκριτικό πρόσωπο της μητέρας του, παρατηρείται ενεργοποίηση των ντοπαμινεργικών ινών του εγκεφαλικού στελέχους, που με τη σειρά τους προκαλούν έκκριση υψηλών επιπέδων ενδογενών οπιούχων. Αυτές οι ενδορφίνες είναι βιοχημικά υπεύθυνες για τις ευχάριστες πτυχές της κοινωνικής αλληλεπιδράσης και των κοινωνικών ευαισθησιών, και σχετίζονται με τη δημιουργία σχέσεων (Schore, 1996). Η ευχάριστη διέγερση ενεργοποιεί επίσης το συμπαθητικό νευρικό σύστημα. Ο ρόλος ενός ευαίσθητου γονέα/κηδεμόνα είναι να ρυθμίζει τη διέγερση του βρέ-

φους, που θα μπορούσε επίσης να ακολουθηθεί από έντονη δυσαρέσκεια, φόβο ή απογοήτευση, ηρεμώντας το βρέφος και επαναφέροντάς το σε μια ανεκτή συναισθηματική κατάσταση χωρίς άγχος (van der Kolk & Fisler, 1994).

Μια πτυχή της κακοποίησης και της παραμέλησης των παιδιών στα αρχικά στάδια της ζωής τους είναι η απουσία αυτών των συναισθηματικών αλληλεπιδράσεων με τους γονείς τους. Για παράδειγμα, ορισμένες καταθλιπτικές μητέρες διακόπτουν τις συναισθηματικές αλληλεπιδράσεις τους με τα βρέφη τους, ενώ άλλες δείχνουν αδιαφορία, ενόχληση και μερικές φορές θυμό (Cohn & Tronick, 1989). Όταν ελλείπουν οι εμπειρίες εξωτερικής διαμόρφωσης του συναισθήματος, ο εγκέφαλος του βρέφους δεν είναι σε θέση να μαθαίνει να αυτορρυθμίζει τα συναισθήματά του, κάτι που αποτελεί και μέρος της διαδικασίας της οντογένεσης. Τέτοια συναισθηματικά ελλείμματα εκδηλώνονται μόνο αργότερα, σε περιπτώσεις που το παιδί αναμένεται να έχει ωριμάσει για την πραγματοποίηση κάποιου συγκεκριμένου έργου, και τα ελλείμματα αυτά μπορούν στη συνέχεια να εκδηλωθούν με επιθετικότητα ή υπερδιέγερση.

Η ανάπτυξη ισορροπημένης ρύθμισης των συναισθημάτων και της εγρήγορσης στα βρέφη προλαμβάνει το έδαφος για την ανάπτυξη συνειδητότητας και ηθικής. Τα πρώτα στάδια της ανθρώπινης ζωής δεν είναι συνειδητά γιατί κυλούν ως επί το πλείστο με τον ύπνο τόσο ως έμβρυο (στη μήτρα) όσο και ως πρώιμο βρέφος (για τους επόμενους λίγους μήνες μετά τη γέννηση). Εδώ, το έμβρυο και το πρώιμο βρέφος έρχεται σε επίδραση με συνθήκες αναμενόμενων εμπειριών που ποικίλλουν ελάχιστα και προβλεπόμενα. Η πρώιμη συνειδητότητα στο βρέφος ξεκινά όταν τα όργανά του αναλαμβάνουν βαθμιαία την αλληλεπίδρασή του με το περιβάλλον, με την προσαρμοστική ανάπτυξη των λειτουργιών τους εις απόκριση στις εμπειρίες που αποκτά από το μεταβαλλόμενο περιβάλλον, και σε οργανική σύνδεση με ορισμένες περιοχές του αναπτυσσόμενου εγκεφάλου (π.χ. οπτικές, ήχου, κίνησης). Στο πεδίο της συνειδητότητας μπαίνει κάθε μη επαναλαμβανόμενη αλληλουχία γεγονότων την οποία βιώνει το βρέφος (και ο ενήλικας) με τις αισθήσεις, τις αντιλήψεις και τις πράξεις του (ως μικρό παιδί), κι εξαφανίζεται όταν τα γεγονότα επαναλαμβάνονται με τον ίδιο τρόπο. Η επανάληψη γεγονότων και ερεθισμάτων αποκτά βιολογική αξία στην απόκτηση μνήμης αλλά και στην εκμάθηση μιας αντίδρασης σε μια κατάσταση που απαιτεί πάντα την ίδια αντίδραση ως επωφελή για το μικρό παιδί (όπως το βάδισμα, το δέσιμο των κορδονιών, το άναμμα της λάμπας, το άνοιγμα μιας πόρτας ή ενός συρταριού, το πιάσιμο των μαχαιροπίρουνων, η απαγγελία ενός ποιήματος, το παίξιμο στο πιάνο κ.ά.). Η συνειδητότητα επιβλέπει τη μόρφωση του μικρού παιδιού ώστε να τα βγάζει πέρα μόνο σε αυτά τα ερεθίσματα και τις καταστάσεις για τις οποίες είναι επαρκώς εκπαιδευμένο. Συνεπώς, η όλο και διευρυνόμενη «αποβλακωποιητική» αυτοματοποίηση των περισσότερων κατασκευαστικών,

νοητικών και επικοινωνιακών διεργασιών της καθημερινότητας του παιδιού (π.χ. τάμπλετς, ηλεκτρονικά/εικονικά παιχνίδια κ.ά.), αλλά και του ενήλικα, αν κυριαρχήσει στο μέλλον ενέχει τον κίνδυνο εκφύλισης της νόησης του ανθρώπινου είδους ως εκφεύγουσα του πεδίου της ατομικής συνειδητότητας.

Τα μόνα ερεθίσματα του περιβάλλοντος που γίνονται συνειδητά ως τροποποιήσεις στον εγκέφαλο είναι όσα βρίσκονται ακόμα στο στάδιο της εξάσκησης, μέχρι που αργότερα γίνουν σταθερό, περιβαλλοντικά κληρονομημένο, ασκημένο και μη συνειδητό κτήμα του είδους μας. Έτσι, η συνειδητότητα γίνεται το διανοητικό υπόστρωμα και της ηθικής, η διδασκαλία της οποίας εκδηλώνεται σε όλους τους λαούς ως απαιτήσεις και εντολές καταληκτικές του «ου πράξεις», ευρισκόμενες σε σύγκρουση με το κοινωνικά πρωτόγονο «εγώ». Η ηθική στον άνθρωπο έχει ως κύριο υπόβαθρο την αυταπάτηση, τον αλτρουισμό, κι αυτό έχει δειχθεί και σε άλλα πρωτεύοντα ζώα. Λόγου χάρη, οι πίθηκοι εμφανίζουν αλτρουιστική συμπεριφορά και μια αξιοσημείωτη τάση για ισότητα (τουλάχιστον στο ίδιο είδος γευστικής τροφής, υπό εν αφθονία τροφικές συνθήκες) (Georgiou, 2016). Για την επιβίωση του ανθρώπινου είδους, ο ηθικός νόμος του αλτρουισμού προκύπτει ως βιολογική αναγκαιότητα της κοινωνικής φύσης του.

Οντογένεση και εγκέφαλος

Η οντογένεση ορίζεται ως η ανάπτυξη του εαυτού μέσω αυτορρύθμισης και αποτελεί μια ενεργή διαδικασία της ανάπτυξης. Η οντογένεση εννοιολογικά τοποθετείται ανάμεσα σε δύο άλλες αλληλεπιδρούσες επιρροές που καθορίζουν την κατεύθυνση της ανάπτυξης, το γενετικό κληροδόμημα του παιδιού και το περιβάλλον.

Επομένως, η ανάπτυξη είναι κάτι πολύ περισσότερο από το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στη φύση και την ανατροφή, με την οντογένεση να επιτρέπει την τροποποίηση της αναπτυξιακής διαδικασίας, συμβάλλοντας και προσαρμοζόμενη για κάθε παιδί (Cicchetti & Tucker, 1994). Η έκβαση των αναπτυξιακών διεργασιών και προκλήσεων θα καθορίσει τι θα ενσωματωθεί στη δομή του εγκέφαλου, και θα συμβάλει, με πιθανολογικό τρόπο, στην ύστερη προσαρμογή του.

Όποια κι αν είναι τελικά η συμβολή της οντογένεσης στην ανάπτυξη του εγκέφαλου είναι πολύ πιο αποτελεσματική στην αντιμετώπιση των αρνητικών παραγόντων πριν ή σε πρώιμο στάδιο της κρίσιμης περιόδου της νευρωνικής ανάπτυξης παρά στην άμβλυνση των μετέπειτα αρνητικών αποτελεσμάτων. Μελέτες σε πειραματόζωα δείχνουν ξεκάθαρα ότι η ανάκαμψη ενδέχεται να είναι περιορισμένη αν η θεραπεία για τα αίτια της ασυνήθους ή απρόβλεπτης νευρικής δραστηριότητας χορηγείται μετά το πέρας της κρίσιμης περιόδου, όπου θα έχει ολοκληρωθεί η ανώμαλη νευρωνική κατασκευή (Courchesne *et al.*, 1994).

Η οντογένεση στον ανθρώπινο εγκέφαλο είναι αποτέλεσμα της περιβαλλοντικά ελεγχόμενης πλαστικότητας του εγκεφάλου. Στην ενηλικίωση, καταλήγει στην ανάπτυξη μιας εκπληκτικής καλωδίωσής του, που αποτελείται από ένα δίκτυο από περίπου 161.000 χιλιόμετρα νευρικών ινών, που ονομάζεται λευκή ουσία (ως επί το πλείστο εκτείνεται στο εξωτερικό στρώμα των εγκεφαλικών ημισφαιρίων). Η λευκή ουσία συνδέει τα διάφορα δομικά στοιχεία έδρασης και δημιουργίας της νόησης και αποτελεί το βιοϋλικό υπόστρωμα για καθετί που σκεφτόμαστε, αισθανόμαστε, αντιλαμβανόμαστε για τους άλλους και τον κοινωνικό εαυτό μας, για την ταυτότητα του φύλου μας κ.λπ.

Μέχρι στιγμής, οι ερευνητές έχουν χαρτογραφήσει τους εγκεφάλους έξι διαφορετικών ενήλικων ατόμων, χαρτογραφώντας τη δραστηριότητα 20.000 γονιδίων (που κωδικοποιούν αντίστοιχο αριθμό πρωτεϊνών) σε 700 αντιπροσωπευτικές θέσεις κάθε εγκεφάλου. Πρόκειται για μια κολοσσιαία ποσότητα πειραματικών δεδομένων, που η ερμηνεία τους μόλις ξεκίνησε για την εις βάθος κατανόηση των νοητικών λειτουργιών αυτού του εκπληκτικού οργάνου. Οι επιστήμονες εκτιμούν ότι το 84% του συνόλου των γονιδίων στο DNA μας ενεργοποιείται περιβαλλοντικά όχι στον εμβρυϊκό εγκέφαλο, κάτι που θα ήταν περισσότερο γενετικά εξαρτώμενο λόγω της χρονικά περιορισμένης επίδρασης του περιβάλλοντος, αλλά στον ενήλικα εγκέφαλο. Ενδεικτικά, απλούστερα όργανα όπως η καρδιά ή το πάγκρεας απαιτούν πολύ λιγότερα γονίδια για να λειτουργήσουν. Σε καθεμία από τις 700 περιοχές οι επιστήμονες μελέτησαν πώς οι νευρώνες ενεργοποιούνται από συγκεκριμένες ομάδες γονιδίων. Σε μια προκαταρκτική έρευνα δύο περιοχών του εγκεφάλου, οι επιστήμονες συνέκριναν λειτουργικά 1.000 γονίδια που ήταν ήδη γνωστό ότι είναι σημαντικά για τη λειτουργία των νευρώνων. Βρέθηκε ότι οι περιοχές του εγκεφάλου όπου καθένα από αυτά τα γονίδια ήταν ενεργό ήταν πρακτικά βιοχημικά ταυτόσημες μεταξύ των έξι ατόμων (Zimmer, 2014).

Εν τέλει, οι εμπειρίες που μεταβάλλουν σημαντικά τη συμπεριφορά επιφέρουν αλλαγές και στην ενεργοποίηση και έκφραση δεκάδων ή και εκατοντάδων γονιδίων (Kolb & Gibb, 2011). Αυτά τα εκπληκτικά ευρήματα καταρρίπτουν τη διαδεδομένη αντίληψη περί γενετικής διαφορετικότητας των εγκεφάλων μεταξύ των ατόμων.

Συμπεράσματα: κοινωνικοπολιτικές προεκτάσεις

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη του ανθρώπινου εγκέφαλου συμπεκνώνονται στο ακόλουθο απόσπασμα του ερευνητικού Κέντρου Conte του Πανεπιστημίου Χάρβαρντ, που δραστηριοποιείται στη βασική έρευνα στα περιβαλλοντικώς εξαρτώμενα αναπτυξιακά αίτια των ψυχικών ασθενειών: «Ένα

μεγάλο μέρος της ενήλικης συμπεριφοράς μας έχει αντανάκλαση στα νευρωνικά κυκλώματα που έχουν δομηθεί από τις εμπειρίες κατά τη βρεφική και την πρώιμη παιδική ηλικία. Σε καμία άλλη περίοδο της ζωής μας το περιβάλλον δεν έχει τόσο ισχυρά διαμορφώσει τις λειτουργίες του εγκεφάλου – από τις βασικές κινητικές δεξιότητες, τις αισθήσεις και το συναίσθημα, στις υψηλότερες γνωστικές διαδικασίες όπως η γλώσσα. Η πλαστικότητα του εγκεφάλου –η ικανότητά του να αλλάζει– εκτός από τις νευροεπισταθμισμένες αντανάκλας στις πολιτικές για την εκπαίδευση, τις θεραπευτικές προσεγγίσεις και στρατηγικές για τις αναπτυξιακές διαταραχές και την ανάρρωση του εγκεφάλου από τραυματισμούς κατά την ενήλικη ζωή» (Conte Center at Harvard University).

Στο κοινωνικοπολιτικό επίπεδο, η βιολογική δομή του ανθρώπου θέτει περιορισμούς στην κινητικότητά του τόσο ως προς την ανάπτυξη του εγκεφάλου του όσο και ως προς την εκπλήρωση των βιοποριστικών αναγκών του. Ο βρεφικός εγκέφαλος αναπτύσσει τις γνωστικές και αντιληπτικές δραστηριότητες του, με επέκταση στον ενήλικα εγκέφαλο, σε χωρικά περιορισμένα πλαίσια. Αυτά εκτείνονται από τον μικρότερο χώρο διαβίωσης (π.χ. οικία) στον ευρύτερο χώρο κοινωνικής δραστηριοποίησής του. Ιστορικά, η εγκεφαλική ανάπτυξη περιορίστηκε στο στενό πλαίσιο της οικογένειας και των μικρών κοινοτήτων λόγω της δύσκολης βιολογικής φύσης του ανθρώπου. Όσο αυτός εξέλιξε τις δυνατότητες μετακίνησής του (άλογο, τροχός κ.λπ.), η ανάπτυξη του εγκεφάλου του λάμβανε χώρα σε κοινωνικά και πολιτισμικά περιβάλλοντα, τα οποία δρούσαν εντός των οικονομικο-πολιτικά και ιδεολογικά προσδιορισμένων ευρύτερων χώρων (έθνος, πατρίδα, κράτος).

Εντός αυτών των χώρων, οι βιολογικοί περιορισμοί, πέραν των σχετιζόμενων με την κίνηση, εκδηλώνονται και ως χρονικά εναλλασσόμενοι, στους οποίους υπάγονται οι μηνιαίοι κύκλοι περιόδου στις γυναίκες και οι κιρκάδιοι ρυθμοί σε άνδρες/γυναίκες. Οι τελευταίοι συμπεριλαμβάνουν όλες εκείνες τις βιολογικές διεργασίες που παρουσιάζουν ενδογενή περιοδική μεταβολή στη διάρκεια ενός 24ώρου, με πιο σημαντικές τις σχετιζόμενες με την εναλλαγή φωτός, σκοταδιού – οι κιρκάδιοι ρυθμοί είναι άσχετοι των βιορυθμών, που αποτελούν ψευδοεπιστήμη. Για παράδειγμα, το τζετ-λαγκ (αποσυγχρονισμός) είναι μια αργυθμία που προκύπτει από τις μεταβολές των κιρκάδιων ρυθμών του σώματος κατά την ταχεία υπεραστική διαμεσημβρινή (ανατολικά-δυτικά και δυτικά-ανατολικά) μετακίνηση με αεροσκάφη υψηλής ταχύτητας, που η διόρθωσή της διαρκεί και μία εβδομάδα.

Ακόμα κι αν στο μέλλον εφευρίσκονταν φορητές συσκευές ατομικής μετακίνησης εξαιρετικά υψηλών ταχυτήτων, που θα επέτρεπαν στα άτομα να παγκοσμιοποιούνται κινητικά και βιοποριστικά στο επίπεδο της καθημερινότητάς τους (όχι μετακινούμενα εντός του ίδιου ή γειτονικού κράτους με υπερταχείες

και αεροπλάνα, ή διαμένοντας εδώ κι εκεί επί μερικούς μήνες και έτη, ή παγκοσμιοποιούμενα εμμέσως μπροστά σε έναν υπολογιστή), αυτό που θεωρητικά θα προέκυπτε θα ήταν μια παγκοσμιοποιημένα κινούμενη ομάδα ατόμων χωρίς μόνιμες εστίες, χωρική (πατρίδα, ιστορία, πολιτισμός) και γονεϊκή ταυτότητα, ως αποτέλεσμα εξάλειψης κάθε χωρικού περιβαλλοντικού ερεθίσματος του εγκεφάλου τους. Όμως, η αχωρική λειτουργική παγκοσμιοποίηση του ατόμου θα προσέκρουε στους προαναφερθέντες βιολογικούς περιορισμούς, αλλά και στην αναγκαιότητα της κοινωνικής ανάπτυξής του, καθότι η ανάπτυξη του ανθρώπινου εγκεφάλου είναι εκπαιδευτικά, μορφωτικά και κοινωνικο-βιωματικά χωρική. Επιπλέον, η χωρικότητα για τη βιολογική λειτουργικότητα της ετερότητας των δύο φύλων είναι προϋπόθεση τόσο της διαδικασίας της αναπαραγωγής όσο και της δραστηριοποίησης των γονεϊκών περιβαλλοντικών ερεθισμάτων στην ομαλή ανάπτυξη του βρεφικού εγκεφάλου, κι εν τέλει, στη διατήρηση του ανθρώπινου είδους. Η σοσιαλιστική κοινωνική παγκοσμιοποίηση δεν μπορεί να είναι αποτέλεσμα μετεξέλιξης της οικονομικής, καθότι η τελευταία στηρίζεται στην περιθωριοποίηση των λαών. Οι τρέχουσες έννοιες κοσμοπολίτης, οικονομική παγκοσμιοποίηση, παγκόσμια κοινότητα, αντιτίθενται στη βιολογική δομή του ανθρώπου. Εκ βιολογικών περιορισμών, σοσιαλιστική κοινωνική παγκοσμιοποίηση θα περνά μέσα από χωρικά διαφοροποιημένες σοσιαλιστικές κοινότητες ανθρώπων, προσαρμοσμένες ιστορικά, πολιτισμικά και εργασιακά στις χωρικά τοπικές περιβαλλοντικές ιδιαιτερότητες, και παγκοσμιοποιημένες, μέσω αλληλοσυνδέσεων, σε ένα επιστημονικο-τεχνολογικά και χωρικά αναπροσαρμοζόμενο οικονομικο-πολιτικό μοντέλο με οικουμενικό ιδεολογικό άξονα την, επίσης επιβεβλημένη από τη βιολογία του ανθρώπου, χωρίς προϋποθέσεις ισότητα (Georgiou, 2016).

Επιμέλεια κειμένου: Μαρία Παναγιωτονάκου

Βιβλιογραφία

- Beecham, J. E. & Seneff, S. (2016). Is there a link between autism and glyphosate-formulated herbicides? *J. Autism*, 3, 1. (<http://journal-neo.org/2015/01/26/mit-states-that-half-of-all-children-may-be-autistic-by-2025/>, - τελευταία πρόσβαση 30-01-2017. Για περισσότερες σχετικές έρευνες της Seneff, S. βλέπε <https://people.csail.mit.edu/seneff/>).
- Bjorklund, D. (1997). The role of immaturity in human development. *Psychological Bulletin*, 122, 153-169.
- Bornstein, M. (1989). Sensitive periods in development: structural characteristics and causal interpretations. *Psychological Bulletin*, 105, 179-197.
- Chugani, H. (1998). A critical period of brain development: Studies of cerebral glucose utilization with PET. *Preventive Medicine*, 27, 184-188.
- Cicchetti, D., & Tucker, D. (1994). Development and self-regulatory structures of the mind. *Development and Psychopathology*, 6, 533-549.
- Cohn, J., & Tronick, E. (1989). Specificity of infants' response to mothers' affective behavior. *Journal*

- of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 28, 242-248.
- Conte Center at Harvard University. Brain Plasticity: <http://www.conte.harvard.edu/brain-plasticity/> τελευταία πρόσβαση 30-01-2017.
- Courchesne, E., Chisum, H., & Townsend, J. (1994). Neural activity-dependent brain changes in development: Implications for psychopathology. *Development and Psychopathology*, 6, 697-722.
- Davidson, R. (1994). Asymmetric brain function, affective style and psychopathology: The role of early experience and plasticity. *Development and Psychopathology* 6, 741-758.
- de Haan, M., Luciana, M., Malone, S., Matheny, L., & Richards, L. (1994). Development, plasticity, and risk: Commentary on Huttenlocher, Pollitt and Gorman, and Gottesman and Goldsmith. In C. A. Nelson (Ed.), *Threats to optimal development: Integrating biological, psychological and social risk factors* (pp. 161-178). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Georgiou, C. D. (2016). Unconditional communist equality among individuals Beyond the Marxist equality limited to the abolition of classes. *Critique - Journal of Socialist Theory*, 44(1-2), 129-160.
- Gilles, E. (1993). Abusive head injury in children: A review. *Western State University Law Review*, 20, 335-378.
- Gould, E., Beylin, A., Tanapat, P., Reeves, A., & Shors, T. (1999). Learning enhances adult neurogenesis in the hippocampal formation. *Nature Neuroscience*, 2, 260-265.
- Gould, E., McEwen, B., Tanapat, P., Galea, L., & Fuchs, E. (1997). Neurogenesis in the dentate gyrus of the adult tree shrew is regulated by psychosocial stress and NMDA receptor activation. *Journal of Neuroscience*, 17, 2492-2498.
- Greenough, W., & Black, J. (1992). Induction of brain structure by experience: Substrate for cognitive development. In M. R. Gunnar & C. A. Nelson (Eds.), *Minnesota symposia on child psychology 24: Developmental behavioral neuroscience* (pp. 155-200). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Hofer, M. (1994). Hidden regulators in attachment, separation and loss. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 59, 192-207.
- Hubel, D., & Wiesel, T. (1979). Brain mechanisms of vision. *Scientific American*, 241, 150-162.
- Huttenlocher, P. (1994). Synaptogenesis, synapse elimination and neural plasticity in human cerebral cortex. In C. A. Nelson (Ed.), *Minnesota symposia on child psychology: 27. Threats to optimal development: Integrating biological, psychological and social risk factors* (pp. 35-54). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Kandel, E., & Jessel, T. (1991). Early experience and the fine tuning of synaptic connections. In E. R. Kandel, J. H. Schwartz, & T. M. Jessell (Eds.), *Principles of neural science* (pp. 945-958). New York: Elsevier.
- Kempermann, G., Kuhn, H., & Gage, F. (1997). More hippocampal neurons in adult mice living in an enriched environment. *Nature*, 386, 493-495.
- Kolb, B., & Gibb, R. (2011). Brain plasticity and behavior in the developing brain. *J. Can. Acad. Child Adolesc. Psychiatry*, 20(4), 265-276.
- Murphy, T., Pereira Dias, G., & Thuret, S. (2014). Effects of diet on brain plasticity in animal and human studies: Mind the gap. *Neural Plasticity*, 2014, ID 563160.
- Nelson, C. A., & Bloom, E. (1997). Child development and neuroscience. *Child Development*, 68, 970-987.
- Park, H. -J. & Friston, K. (2013). Structural and functional brain networks: From connections to cognition. *Science*, 342, 1238411.
- Perry, B., & Pollard, R. (1998). Homeostasis, stress, trauma, and adaptation: A neuro-developmental view of childhood trauma. *Child and Adolescent Clinics of North America*, 7, 33-51.
- Plomin, R., Owen, M., & McGuffin, P. (1994). The genetic basis of complex human behaviors. *Science*, 254, 1733-1739.
- Scarr, S. (1993). Biological and cultural diversity: The legacy of Darwin for development. *Child Development*, 64, 1333-1353.
- Schore, A. (1994). *Affect regulation and the origin of the self: The neurobiology of emotional development*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Schore, A. (1996). The experience-dependent maturation of a regulatory system in the orbital prefrontal cortex and the origin of developmental psychopathology. *Development and Psychopathology*,

- 8, 59-87.
- Singer, W. (1987). Activity-dependent self-organization of synaptic connections as a substrate of learning. In J. Changeux & M. Konishi (Eds.), *The neural and molecular basis of learning* (pp. 301-336). New York: Wiley.
- Singer, W. (1995). Development and plasticity of cortical processing architectures. *Science*, 270, 758-764.
- Taylor, V., & Taylor, D. (1979). Critical period for deprivation amblyopia in children. *Transactions of the Ophthalmological Societies of the UK*, 99, 432-439.
- Thatcher, R. (1994). Psychopathology of early frontal lobe damage: Dependence on cycles of development. *Development and Psychopathology*, 6, 565-596.
- Thoenen, H. (1995). Neurotrophins and neuronal plasticity. *Science*, 270, 593-598.
- Tucker, D. (1992). Developing emotions and cortical networks. In M. R. Gunnar & C. A. Nelson (Eds.), *Minnesota symposia on child psychology. 24: Developmental behavioral neuroscience* (pp. 75-128). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Turner, A., & Greenough, W. (1985). Differential rearing effects on rat visual cortex synapses. I. Synaptic and neuronal density and synapses per neuron. *Brain Research*, 329, 195203.
- van der Kolk, B., & Fislir, R. (1994). Childhood abuse and neglect and loss of self-regulation. *Bulletin of the Menninger Clinic*, 58, 145-168.
- Zatorre, R. J. (2013). Predispositions and plasticity in music and speech learning: Neural correlates and implications. *Science*, 342, 585.
- Zimmer, C. (2014). Secrets of the Brain: New technologies are shedding light on biology's greatest unsolved mystery: how the brain really works. *National Geographic*, February 2014: <http://ngm.nationalgeographic.com/2014/02/brain/zimmer-text> τελευταία πρόσβαση 30-01-2017.