Μύθοι και αλήθειες για τα βλαστοκύτταρα

ΤΗΣ **ΕΛΕΝΗΣ ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΥ**

Η απόφαση του Μπάρακ Ομπάμα -πριν από λίγες ημέρες- να επιτρέψει και να χρηματοδοτήσει την έρευνα για τα βλαστοκύτταρα αναζωπύρωσε το ενδιαφέρον των πολιτών για το θέμα, με την ελπίδα ότι θα βρεθούν νέες θεραπείες για ανίατες, μέχρι σήμερα, ασθένειες.

Την ίδια στιγμή, όμως, κατέστησε τους πολίτες πιο «ευάλωτους» σε επιτήδειους οι οποίοι παραπλανούν τους ασθενείς υποσχόμενοι ακόμη και... εξάλειψη συγκεκριμένων παθήσεων. Ενδεικτική είναι η περίπτωση Ελλήνων γονέων οι οποίοι ετοίμασαν τις αποσκευές τους για Κόστα Ρίκα όταν πληροφ ορήθηκαν ότι λειτουργεί εκεί κλινική ποι θεραπεύει τον αυτισμό!

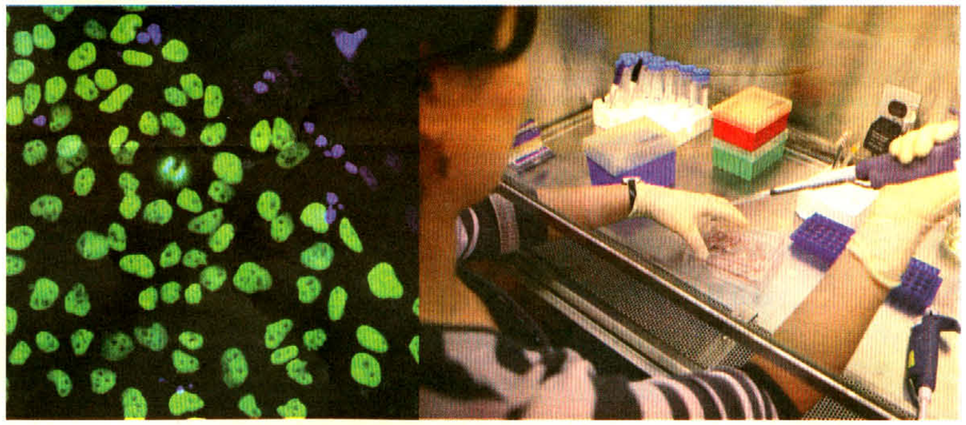
Οι «επιστήμονες» της εν λόγω κλινικής διατείνονταν πως θεραπεύουν τον αυτισμό στα παιδιά κάνοντας τους ένεση με βλαστικά κύτταρα... Ευτυχώς, οι πιο ψύχραιμοι γονείς απευθύνθηκαν στους επιστήμονες του Κέντρου Ερευνών Δημόκριτος και ακύρωσαν το ταξίδι. Σύγχυση ακόμη και εξαπάτηση υπάρχει σε ό,τι αφορά τα οφέλη από την αποθήκευση βλαστικών κυττάρων που προέρχονται από ομφαλοπλακουντιακό αίμα για πιθανή μελλοντική χρήση από το ίδιο το νεογέννητο.

Η «Η» επιχειρεί να εντοπίσει τους μύθους και τις αλήθειες γύρω από τις πραγματικές δυνατότητες της χρήσης των βλαστικών κυττάρων. Τρεις διακεκριμένοι επιστήμονες μιλούν για την ιατρική του μέλλοντος, ξεκαθαρίζοντας ότι οι όποιες προσπάθειες στην έρευνα για τα βλαστικά κύτταρα βρίσκονται στο επίπεδο της έρευνας, ενώ λίγες είναι οι κλινικές εφαρμογές στον άνθρωπο. Επιπλέον, βάζουν τέλος στην αγωνία των υποψήφιων γονέων για το αν τελικά θα πρέπει να απευθυνθούν σε ιδιωτικές τράπεζες ομφαλοπλακουντιακού αίματος, πληρώνοντας από 2.000 - 3.000 ευρώ.

Ποίες είναι, όμως, οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των βλαστοκυττάρων που τα κάνουν τόσο πολύτιμα; Σύμφωνα με την διευθύντρια Ερευνών στο Ελληνικό Ινστιτούτο Παστέρ κ. Ρεβέκκα Μάτσα, «πρώτον, έχουν την ικανότητα να πολλαπλασιάζονται συνεχώς με αποτέλεσμα να αναπαράγονται απεριόριστα, και δεύτερον, είναι πολυδύναμα κύτταρα, δηλαδή έχουν την ικανότητα να διαφοροποιηθούν κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες στους διαφορετικούς τύπους κυττάρων που αποτελούν τον οργανισμό (νευρικά, μυϊκά, κύτταρα της καρδιάς, του αίματος, των οστών, της τραχείας κ.λπ.)». Όπως είπε, «η ιδέα για τη μεταμόσχευση βλαστοκυττάρων με σκοπό την αντικατάσταση κατεστραμμένων κυττάρων ή οργάνων και τη θεραπεία ανίατων σήμερα νόσων καλλιεργείται την τελευταία δεκαετία». Ωστόσο, η έρευνα στα βλαστοκύτταρα δεν έφερε μόνον ελπίδες και προσδοκίες, αλλά προκάλεσε και έντονους προβληματισμούς. «Τα βιοηθικά ερωτήματα που τίθενται σχετίζονται με το γεγονός ότι πηγή των εμβρυϊκών βλαστοκυττάρων αποτελούν πολύ πρώιμα έμβρυα, στο στάδιο της βλαστοκύστης, πριν από την εμφύτευσή τους στη μήτρα (όπως αυτά που περισσεύουν και δεν χρησιμοποιούνται στην τεχνητή γονιμοποίηση). Οι προβληματισμοί αυτοί οδήγησαν στην επιβολή περιορισμών όσον αφορά τη χρήση των ανθρώπινων εμβρυϊκών βλαστοκυττάρων», τόνισε η κ. Μάτσα. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι στις ΗΠΑ ο πρόεδρος Μπους είχε απαγορεύσει μέχρι πρόσφατα τη χρηματοδότηση της έρευνας αυτής από ομοσπονδιακές πηγές.

ΑΠΟ ΕΝΗΛΙΚΑ ΣΩΜΑΤΙΚΑ ΚΥΤΤΑΡΑ

Για την αποφυγή της λήψης ανθρώπινων βλαστοκυττάρων από έμβρυα, οι ερευνητές έχουν επικεντρώσει τις προσπάθειές τους τα δύο τελευταία χρόνια στην παραγωγή εμβρυϊκών βλαστοκυττάρων από ενήλικα σωματικά κύτταρα. Η κ. Μάτσα υπογραμμίζει ότι «ένα ενυπνιακό επίτευγμα ήταν η δημιουργία ανθρώπινων εμβρυϊκών βλαστοκυττάρων από δερματικά κύτταρα ενήλικου ατόμου με την εισαγωγή 4 αρχικά και στη συνέχεια 2 γονιδίων. Με τον τρόπο αυτό ερευνητές στην Ιαπωνία, στις ΗΠΑ και μόλις πρόσφατα στον Καναδά σε συνεργασία με την Αγγλία, κατάφεραν να γυρίσουν πίσω στο εμβρυϊκό στάδιο το αναπτυξιακό ρολόι των ενήλικων κυττάρων. Οι επιστήμονες μελετούν σε βάθος τις ιδιότητες των κυττάρων αυτών έτσι ώστε να βεβαιωθούν ότι είναι πράγματι όμοια με τα ενδογενή εμβρυϊκά βλαστοκύτταρα, ενώ παράλληλα προσπαθούν να τελειοποιήσουν τη μέθοδο του «επαναπρογραμματισμού» των ενήλικων κυττάρων έτσι ώστε να γίνει ασφαλέστερη για τον άνθρωπο πριν προχωρήσουν σε εφαρμογές. Αξίζει να αναφέρουμε ότι ένας μεγάλος κίνδυνος που εγκυμονεί η μεταμόσχευση εμβρυϊκών βλαστοκυττάρων στον οργανισμό είναι η εμφάνιση όγκων λόγω του γρήγορου και απεριόριστου τρόπου με τον οποίο πολλαπλασιάζονται». Σχετικά με την επί πληρωμή αποθήκευση των κυττάρων του ομφαλοπλακουντιακού αίματος για πιθανή μελλοντική χρήση από το ίδιο το νεογέννητο, η κ Μάτσα επεσήμανε ότι «αν και η διαδικασία είναι ασφαλής, ωστόσο υπάρχουν αρκετά ερωτήματα σχετικά με τη χρησιμότητα των κυττάρων αυτών. Δεδομένου ότι η δυνατότητα διατήρησής τους δεν υπερβαίνει τα 20 χρόνια, είναι αμφίβολο εάν θα αποβούν χρήσιμα για το ίδιο το νεογέννητο, εκτός εάν νοσήσει από παιδική λευχαιμία. Και στην περίπτωση αυτή, όμως, είναι πιθανό τα αποθηκευμένα βλαστοκύτταρα να φέρουν εν δυνάμει την ίδια ασθένεια, με αποτέλεσμα να είναι ακατάλληλα για θεραπευτική χρήση». Διευκρίνισε ότι «αντίθετα με την αμφίβολη μελλοντική χρησιμότητα των αποθηκευμένων βλαστοκυττάρων για τον ίδιο το δότη, τα βλαστοκύτταρα του ομφαλοπλακουντιακού αίματος μπορεί να αποβούν πολύ χρήσιμα για άλλα άτομα στην περίπτωση που δοθούν για φύλαξη σε τράπεζα δημοσίου χαρακτήρα. Τέτοιες τράπεζες όπως αυτή που ξεκίνησε να λειτουργεί στο Ιατροβιολογικό Ίδρυμα της Ακαδημίας Αθηνών στην Αθήνα έχουν στόχο να παρέχουν κατάλληλα μοσχεύματα σε ασθενείς». Σύμφωνα με τον αντιπρόεδρο του Συνδέσμου Ιατρικών Γενετιστών Ελλάδος και διευθυντή Ερευνών στο Εργαστήριο Μοριακής Διαγνωστικής του Κέντρου Ερευνών Δημόκριτος κ. Κούλη Γιαννουκάκο, απεριόριστες είναι οι δυνατότητες από την χρήση βλαστικών κυττάρων στη θεραπεία ασθενειών. Όπως χαρακτηριστικά είπε, «με τα βλαστικά κύτταρα που λαμβάνεις στο εργαστήριο με τεχνητή γονιμοποίηση του ωαρίου, μπορείς να... δημιουργήσεις από την αρχή έναν άνθρωπο!». Επομένως, είπε ο κ. Γιαννουκάκος, μπορούμε να μιλάμε για μια νέα -εν δυνάμει- θεραπεία. Διευκρίνισε, ωστόσο, ότι οι μέχρι σήμερα εφαρμογές είναι ελάχιστες και αφορούν πολύ συγκεκριμένες περιπτώσεις. Η έρευνα, σημείωσε, είναι σημαντική, προσθέτοντας ότι «η χρήση βλαστικών κυττάρων σε συνδυασμό με άλλες θεραπείες, όπως γονιδιακή θεραπεία, δημιουργούν σοβαρές ενδείξεις πως στο μέλλον θα υπάρξει θεραπεία οοβαρών ασθενειών». Σε ό,τι αφορά το σήμερα, ο κ. Γιαννουκάκος εξήγησε ότι «υπό συγκεκριμένες συνθήκες και σε ειδικές περιπτώσεις μπορούμε να μιλάμε για χρήση βλαστικών κυττάρων σε έναν ασθενή». Όπως είπε, «εάν ένας ασθενής παρουσιάζει πρόβλημα στην καρδιά του, τότε με τα βλαστικά κύτταρα δημιουργούμε καρδιακά κύτταρα τα οποία 'προσθέτουμε' στην προβληματική καρδιά για να την ενισχύσουμε.

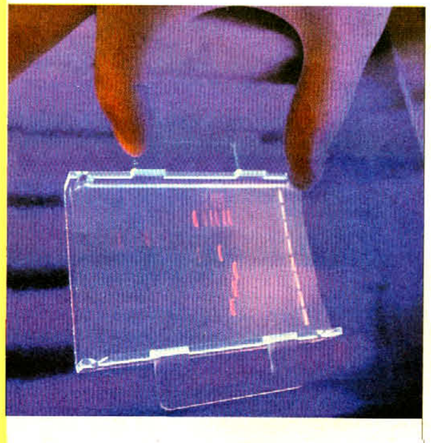


ΚΟΥΛΗΣ ΓΙΑΝΝΟΥΚΑΚΟΣ,
Αντιπρόεδρος του Συνδέσμου Ιατρικών Γενετιστών Ελλάδος, διευθυντής Ερευνών στο Εργαστήριο Μοριακής Διαγνωστικής του Κέντρου Ερευνών Δημόκριτος

ΔΥΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ

Τι είναι τα βλαστοκύτταρα

Τα βλαστοκύτταρα διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: Τα εμβρυϊκά, που απαντώνται στα αρχικά στάδια της ανάπτυξης του εμβρύου, και τα ενήλικα, που απαντώνται σε περιορισμένη ποσότητα στους ιστούς του ενήλικου ατόμου. Τα εμβρυϊκά βλαστοκύτταρα διαφέρουν από τα ενήλικα ως προς την ικανότητα πολλαπλασιασμού (διαιρούνται γρηγορότερα και επομένως μπορούν να ανανεώνονται αποτελεσματικότερα), αλλά και ως προς τη δυνατότητα διαφοροποίησης σε περισσότερα είδη κυττάρων. Αντίθετα τα ενήλικα βλαστοκύτταρα διαφοροποιούνται κυρίως σε κύτταρα του ιστού από τον οποίο προήλθαν (για παράδειγμα, τα βλαστοκύτταρα του εγκεφάλου διαφοροποιούνται υπό κανονικές συνθήκες σε νευρικά κύτταρα και όχι σε κύτταρα της καρδιάς). Από τη φύση τους, λοιπόν, τα εμβρυϊκά βλαστοκύτταρα έχουν δυνητικά πολύ ευρύτερες θεραπευτικές εφαρμογές.



Αντίστοιχες εφαρμογές υπάρχουν στο δέρμα και στους χόνδρους». Και σημείωσε: «Είναι σαφές ότι από τους 140 διαφορετικούς ιστούς που έχει ένας άνθρωπος, έχουμε μικρής κλίμακας εφαρμογές». Σε ό,τι αφορά τη λήψη και χρήση βλαστικών κυττάρων από ομφαλοπλακουντιακό αίμα, ο κ. Γιαννουκάκος είναι κάθετος: «Δεν υπάρχει καμία εφαρμογή». Σύμφωνα με τον διευθυντή Ερευνών στο Εργαστήριο Μοριακής Διαγνωστικής του Κέντρου Ερευνών Δημόκριτος, στις περισσότερες χώρες του κόσμου οι αρμόδιες αρχές και επιστήμονες έχουν απορρίψει τη συγκεκριμένη διαδικασία. Ενδεικτικά ανέφερε ότι σχετική απόφαση της Κομισιόν του 2004 δεν αφήνει κανένα περιθώριο μη αμφισβήτησης της σχετικής διαδικασίας. Στη χώρα μας, παρ' όλα αυτά, ακόμη και σήμερα, υπάρχει σύγχυση για το θέμα. Αρκεί να αναλογιστεί κανείς ότι στην Ελλάδα υπολογίζεται ότι έχουν συλλεχθεί τουλάχιστον 100.000 δείγματα βλαστικών κυττάρων από ομφαλοπλακουντιακό αίμα. «Από αυτά τα δείγματα δεν έχει χρησιμοποιηθεί κανένα», υπογράμμισε, σημειώνοντας ότι «ακόμη και το επιχείρημα πως αυτά τα βλαστικά κύτταρα μπορούν να αξιοποιηθούν μελλοντικά για μεταμόσχευση μυελού των οστών στον ίδιο δότη καταρρίπεται καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις το υλικό προέρχεται από άλλο δότη».

ΚΑΛΥΤΕΡΗ ΛΥΣΗ ΤΑ ΕΝΗΛΙΚΑ ΒΛΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟ ΙΣΤΟΥΣ

Ενέχει κίνδυνος καρκινογένεσης

Η ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΒΛΑΣΤΙΚΩΝ κυττάρων σε γενικές γραμμές χαρακτηρίζει αυτά τα κύτταρα σαν κύτταρα που αυτοδιπλασιάζονται αλλά και διαφοροποιούνται. Αυτές οι δύο ιδιότητες είναι θεμελιώδεις και χρησιμοποιούνται η πρώτη για να έχουμε μια μεγάλη μάζα βλαστικών κυττάρων ξεκινώντας από πολύ λίγα, γιατί τα βλαστικά κύτταρα δεν υπάρχουν σε πλεόνασμα (είτε αυτά είναι εμβρυϊκά ή ενήλικα βλαστικά κύτταρα από ιστούς). Η δεύτερη ιδιότητα, αυτή της διαφοροποίησης, δηλαδή της ειδίκευσης, χρησιμοποιείται για να έχουμε μια μεγάλη μάζα κυττάρων που θέλουμε (όπως για παράδειγμα χονδροκύτταρα, ηπατοκύτταρα, κύτταρα του δέρματος, κύτταρα του μυοκαρδίου) στην προκειμένη περίπτωση. Η κατευθυνόμενη ιστογένεση, η ειδίκευση των αρχέγονων εμβρυϊκών κυττάρων, γίνεται μετά από καλλιέργεια στο εργαστήριο των αρχέγονων εμβρυϊκών με κατάλληλους αυξητικούς παράγοντες.

ΓΙΩΡΓΟΣ ΝΑΣΙΟΥΛΑΣ,
Μοριακός Βιολόγος

Ο ΔΕΥΤΕΡΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ που πρέπει να κατανοηθεί είναι η καταοκευή έξυπνων βιολογικών καλουπιών. Σε γενικές γραμμές αυτά τα καλούπια στα οποία εμβαπτίζονται τα βλαστικά κύτταρα δίνουν τη δυνατότητα διαφοροποίησης σε τριοδιάστατη κατεύθυνση. Έχουν επίσης και άλλα κύτταρα τα οποία οδηγούν τη διαφοροποίηση, περιέχουν έναν τριοδιάστατο ιστό από εύκολα και γρήγορα αποδομούμενα πολυμερή, και το πιο βασικό δίνουν τη δυνατότητα μεταφράς αυτού του καλουπιού στο σημείο της βλάβης.

ΤΕΛΟΣ, η χρήση εμβρυϊκών βλαστικών κυττάρων ενέχει τον κίνδυνο της καρκινογένεσης. Δηλαδή ενδεχομένως η κατευθυνόμενη διαφοροποίηση να μην είναι επιτυχής, με αποτέλεσμα την καρκινογένεση. Γι' αυτό ενδεχομένως τα ενήλικα βλαστικά από ιστούς και τα μεσεγχυματικά βλαστικά κύτταρα αποτελούν καλύτερες λύσεις για την αποφυγή της καρκινογένεσης. Επιπρόσθετα, ένα πρόβλημα της χρήσης εμβρυϊκών βλαστικών κυττάρων είναι η ανοσιακή απάντηση (δηλαδή απόρριψη) σε αντίθεση με την αυτόλογη χρήση μεσενχυματικών ή χονδροκυττάρων (που υπάρχει απόλυτη ιστοσυμβατότητα).

Η ΚΑΛΥΤΕΡΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΓΚΕΦΑΛΟ

Συνδυαστικές θεραπείες με γενετικά τροποποιημένα κύτταρα

ΣΤΗ ΧΩΡΑ ΜΑΣ γίνονται οοβαρές ερευνητικές προσπάθειες στον τομέα των βλαστοκυττάρων. Στην ερευνητική ομάδα μου στο Ινστιτούτο Παστέρ, ασχολούμαστε με τους συνεργάτες μου με τα βλαστοκύτταρα του νευρικού συστήματος και τις δυνατότητες που έχουν για τη θεραπεία νευροεκφυλιστικών διαταραχών, όπως η νόοσς Πάρκινσον και Αλτσχάιμερ καθώς και οι βλάβες του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού μετά από τραυματισμό.

ΡΕΒΕΚΚΑ ΜΑΤΣΑ,
Διευθύντρια Ερευνών, Ελληνικό Ινστιτούτο Παστέρ

ΕΚΑΤΟΜΜΥΡΙΑ ΑΝΘΡΩΠΟΙ στον κόσμο υποφέρουν από τραυματισμούς του κεντρικού νευρικού συστήματος ή νευροεκφυλιστικές νόοσς και ο αριθμός τους αυξάνεται καθώς επιμηκύνεται ο προσδόκιμος χρόνος ζωής. Οι προβλέψεις είναι αρκετά δυσοίωνες και υπολογίζουν ότι μέχρι το 2030 περίπου ο μισός πληθυσμός της Ευρώπης και των ΗΠΑ θα υποφέρει από κάποια ασθένεια του εγκεφάλου. Κοινό υπόβαθρο στις νευροεκφυλιστικές νόοσς και τους τραυματισμούς του νευρικού συστήματος αποτελεί η απώλεια νευρικών κυττάρων. Στη νόσο Πάρκινσον, για παράδειγμα, καταστρέφεται μια ειδική κατηγορία νευρώνων που παράγουν την ουσία ντοπαμίνη. Το αποτέλεσμα είναι δυσλειτουργίες στην κινητική συμπεριφορά οι

Τα αποτελέσματα με μεταμοσχεύσεις στο νωτιαίο μυελό πειραματόζωων είναι τόσο ενθαρρυντικά που στο επόμενο διάστημα ξεκινούν στις ΗΠΑ οι πρώτες κλινικές δοκιμές φάσης Ι/ΙΙ στον άνθρωπο

οποίες γίνονται εμφανείς αφού έχουν ήδη καταστραφεί τα τρία τέταρτα των νευρώνων μιας συγκεκριμένης περιοχής του εγκεφάλου που ονομάζεται μέλαινα ουσία. Πιο εκτεταμένη καταστροφή παρατηρείται στη νόσο Αλτσχάιμερ με εκφυλισμό των νευρώνων του εγκεφαλικού φλοιού και επακόλουθο νοητικές δυσλειτουργίες και απώλεια μνήμης. Στους τραυματισμούς πάλι καταστρέφονται τόσο οι νευρώνες όοο και τα κύτταρα της γλοίας που φτιάχνουν το μυελινικό μανδύα που περιβάλλει τους νευρώνες, απαραίτητο συστατικό για τη σωστή λειτουργία τους και τη γρήγορη επικοινωνία του εγκεφάλου με τον υπόλοιπο οργανισμό.

ΤΟ ΙΔΙΟ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ και στη σκλήρυνση κατά πλάκας, όπου το πρωτογενές έλλειμμα σχετίζεται με την καταστροφή της μυελίνης. Το ανθρώπινο κόστος και η οικονομική επιβάρυνση λόγω των ασθενειών αυτών είναι τεράστια. Μελέτες σε πειραματικά μοντέλα ανθρώπινων νευροεκφυλιστικών ασθενειών, κατά κύριο λόγο της νόσου Πάρκινσον, σε ποντίκια αλλά και σε πιθήκους έχουν δείξει ότι παρατηρείται βελτίωση των λειτουργιών του εγκεφάλου μετά τη μεταμόσχευση εμβρυϊκών ή ενήλικων βλαστοκυττάρων. Ωστόσο, τα μεταμοσχευμένα κύτταρα αντιμετωπίζουν και πάλι σημαντικά προβλήματα διασποράς, επιβίωσης και ενσωμάτωσης στον εγκέφαλο του δέκτη, ενώ υπάρχει και ο κίνδυνος εμφάνισης όγκων.

ΣΕ ΜΙΑ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ της συμπεριφοράς των μεταμοσχευμένων κυττάρων πραγματοποιείται εισαγωγή «ξένων» θεραπευτικών γονιδίων με τη βοήθεια της γενετικής μηχανικής, προκειμένου να αποκτήσουν ιδιότητες που θα διευκόλυναν την ενσωμάτωσή τους στον εγκέφαλο του δέκτη. Χρησιμοποιώντας έτσι ειδικά γονίδια γίνονται απόπειρες να κατασκευαστούν κύτταρα με αυξημένη ικανότητα παραγωγής νευρώνων μετά τη μεταμόσχευσή τους στον εγκέφαλο ή, αντίστοιχα, με αυξημένη ικανότητα παραγωγής μυελίνης. Σε μια άλλη προσέγγιση, εισάγονται στα βλαστοκύτταρα γονίδια ορισμένων παραγόντων που βοηθούν στην επιβίωση των ίδιων των μεταμοσχευμένων κυττάρων και, το κυριότερο, προστατεύουν από το θάνατο τους νευρώνες του εγκεφάλου στην περιοχή της βλάβης. Οι προσπάθειες αυτές, στις οποίες συμμετέχει η ερευνητική μας ομάδα, φαίνεται να οδηγούν στο συμπέρασμα ότι συνδυαστικές θεραπείες με γενετικά τροποποιημένα κύτταρα που διασφαλίζουν την παροχή και τη βιοδιαθεσιμότητα νευροτροφικών παραγόντων στον εγκέφαλο είναι η καλύτερη επιλογή.

ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ, οι προσπάθειες παγκοσμίως, αλλά και στο εργαστήριό μας, στρέφονται σε μεταμοσχεύσεις κυττάρων για την επούλωση τραυμάτων της σπονδυλικής στήλης, όπου έχουμε σημειώσει σημαντική πρόοδο. Ήδη καταφέραμε να βελτιώσουμε θεαματικά την κινητική λειτουργία τραυματισμένων πειραματόζωων με μεταμόσχευση νευρικών κυττάρων. Συχνά οι τραυματισμοί της σπονδυλικής στήλης οδηγούν σε μερική ή ολική παράλυση και οριστική απώλεια ζωτικών λειτουργιών. Λόγω της διάρθρωσής της, όσο ψηλότερα στη σπονδυλική στήλη βρίσκεται το τραύμα τόσο σοβαρότερη είναι η κατάσταση του ασθενούς. Έτσι μια σχετικά μικρής έκτασης αναγέννηση των τραυματισμένων νευρώνων μπορεί στην περίπτωση αυτή να μεταφραστεί σε μεγάλη βελτίωση για την ποιότητα ζωής του πάσχοντος. Τα αποτελέσματα με μεταμοσχεύσεις στο νωτιαίο μυελό πειραματόζωων είναι τόσο ενθαρρυντικά που στο επόμενο διάστημα ξεκινούν στις ΗΠΑ οι πρώτες κλινικές δοκιμές φάσης Ι/ΙΙ στον άνθρωπο.