

ΤΟ ΘΕΜΑ ΤΩΝ ΑΡΧΕΓΟΝΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

ΜΙΑ ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΟΥ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ Α' & Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ

Παρακάτω παραθέτουμε μια ανάπτυξη του θέματος, η οποία, αυτούσια, μπορεί να χρησιμεύσει για τη διδασκαλία του κεφαλαίου των αρχέγονων κυττάρων σε μαθητές της Α' & Γ' τάξης του Λυκείου, σύμφωνα με το νέο αναλυτικό πρόγραμμα.

Το κεφάλαιο αυτό μπορεί να δοθεί σε έντυπη μορφή στους διδασκόμενους από τον διδάσκοντα καθηγητή Βιολογίας. Ακόμη η πρόταση αυτή μπορεί να αποτελέσει ένα δείγμα για τη συγγραφή του αντίστοιχου κεφαλαίου που πρέπει να συμπεριληφθεί στα επόμενα σχολικά βιβλία της Βιολογίας.

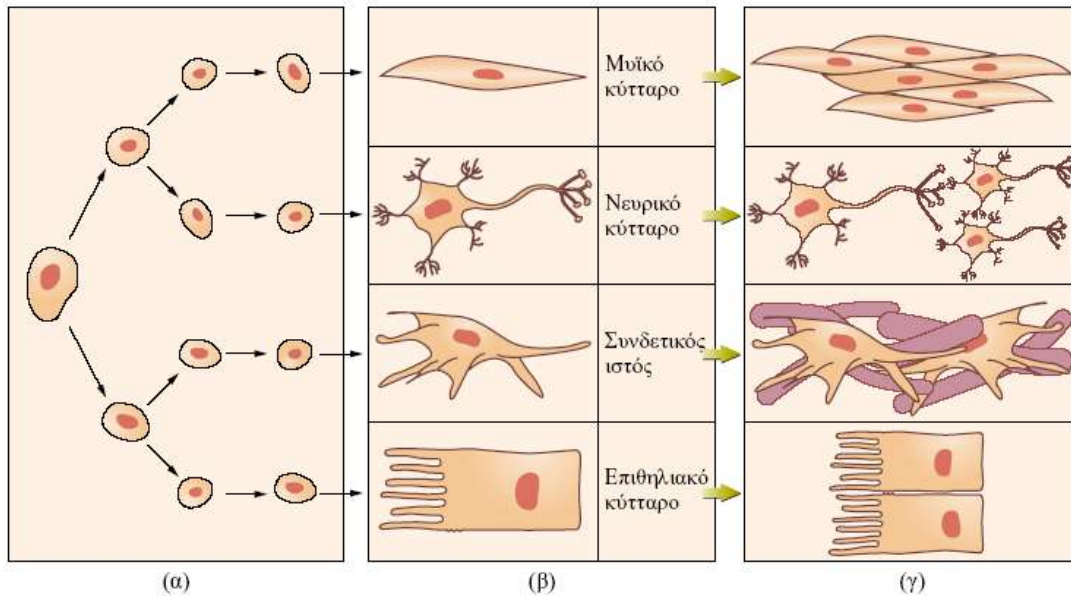
ΑΝΑΚΛΗΣΗ ΓΝΩΣΕΩΝ

Κύτταρα –διαφοροποίηση – ιστοί – όργανα – οργανισμός

Τα κύτταρα είναι οι θεμελιακές δομικές και λειτουργικές μονάδες των οργανισμών. Μερικές βασικές λειτουργίες είναι κοινές σε όλα σχεδόν τα κύτταρα. Οι διαφορές που υπάρχουν στη λειτουργία των κυττάρων αντιπροσωπεύουν εξειδικεύσεις μίας ή περισσότερων από τις βασικές τους ιδιότητες. Οι εξειδικεύσεις αυτές προέκυψαν από την εξέλιξη και είχαν ως αποτέλεσμα την προσαρμογή ορισμένων κυττάρων σε ειδικούς ρόλους.

Ο αριθμός των κυττάρων στα ζώα είναι πολύ μεγάλος. Το σώμα ενός ενήλικου ανθρώπου περιέχει περίπου 100 τρισεκατομμύρια κύτταρα. Όλα αυτά ξεκινούν από ένα μόνο κύτταρο, το γονιμοποιημένο ωάριο (ζυγωτό), το οποίο μετά από κυτταρικές διαιρέσεις δημιουργεί το έμβρυο. Αρχικά όλα τα κύτταρα που προκύπτουν από το ζυγωτό είναι όμοια μεταξύ τους. Στη συνέχεια «εξειδικεύονται» με μια διαδικασία που λέγεται διαφοροποίηση. Με τη διαδικασία της διαφοροποίησης, οπότε γίνεται διαφορετική έκφραση του DNA του κυττάρου, προκύπτουν κύτταρα που προορίζονται για ειδική λειτουργία. Οι διάφοροι τύποι κυττάρων που προκύπτουν εξακολουθούν να έχουν το ίδιο γενετικό υλικό μεταξύ τους και με το αρχικό, δηλαδή είναι γενετικά όμοια, παρουσιάζουν όμως σημαντικές μορφολογικές και λειτουργικές διαφορές. Υπάρχουν περισσότεροι από 200 διαφορετικοί τύποι κυττάρων στο ανθρώπινο σώμα.

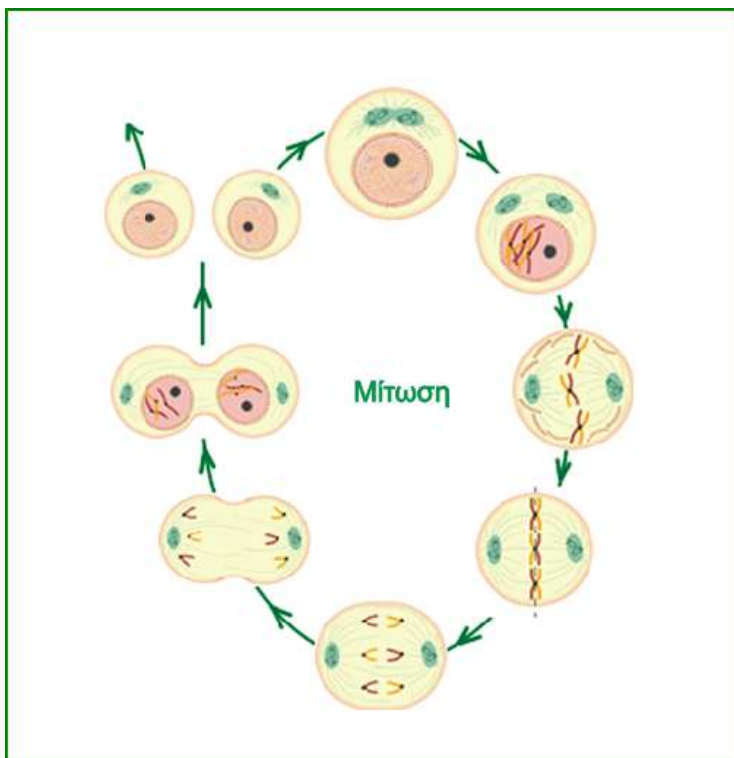
Ορισμένοι τύποι κυττάρων συνεργάζονται και συσχετίζονται μεταξύ τους, συνθέτοντας μια ομάδα κυττάρων που τη λέμε ιστό. Οι ιστοί με τη σειρά τους διευθετούνται σε ομάδες που σχηματίζουν τα όργανα και αυτά με τη σειρά τους σχηματίζουν συστήματα οργάνων, τα οποία στο σύνολό τους αποτελούν τον οργανισμό.



Εικόνα 1. [1] (α) κυτταρική διαίρεση και αύξηση, (β) κυτταρική διαφοροποίηση-εξειδικευμένα κύτταρα, (γ) ιστοί.

Μίτωση -μείωση

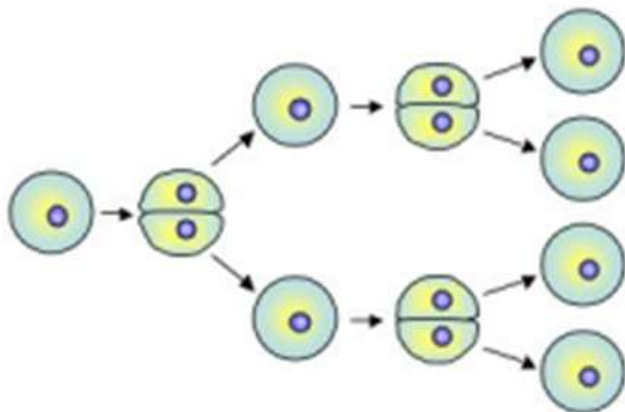
Κατά τη διαδικασία της μίτωσης ένα αρχικό κύτταρο αυτοδιπλασιάζεται.



Εικόνα 2. [2] Φαίνονται τα διάφορα στάδια της μίτωσης. Τελικά προκύπτουν δυο πανομοιότυπα μεταξύ τους και με το γονικό θυγατρικά κύτταρα.

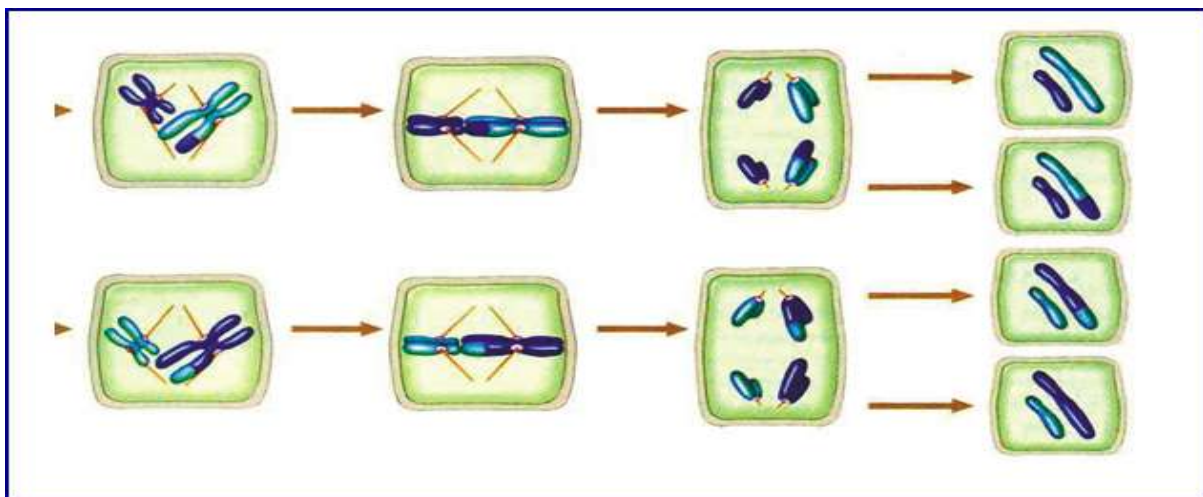
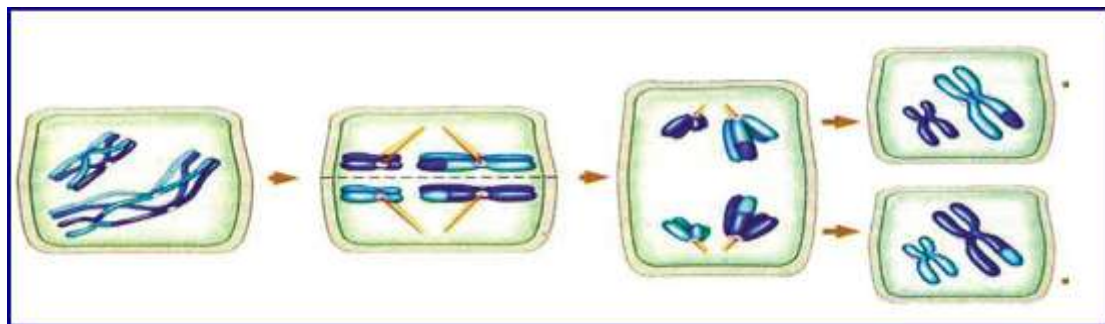
Τα δυο θυγατρικά κύτταρα, που προκύπτουν από τη πρώτη μίτωση, με την ίδια διαδικασία μπορούν να ξαναδιπλασιαστούν, οπότε το αρχικό κύτταρο τετραπλασιάζεται κοκ. Πριν από κάθε διαίρεση το γενετικό υλικό (DNA) στον πυρήνα διπλασιάζεται και με τη διαίρεση χωρίζεται εξίσου σε κάθε νέο κύτταρο. Έτσι εξασφαλίζεται ότι τα προκύπτοντα κύτταρα είναι γενετικά και μορφολογικά απόλυτα όμοια μεταξύ

τους.



Εικόνα 3. Διαδοχικές κυτταρικές διαιρέσεις (μιτωτικές). Ο σκούρος σφαιροειδής σχηματισμός στο εσωτερικό κάθε κυττάρου είναι ο πυρήνας όπου βρίσκεται το κύριο DNA του οργανισμού (DNA έχουν επίσης τα μιτοχόνδρια και οι χλωροπλάστες).

Στα γεννητικά κύτταρα λαμβάνει χώρα μια άλλη διαδικασία κυτταρικής διαίρεσης, η μείωση. Όλα τα σωματικά κύτταρα είναι διπλοειδή, δηλαδή φέρει το καθένα μια διπλή σειρά χρωμοσωμάτων (DNA). Τα γεννητικά κύτταρα, οι γαμέτες (σπερματοζώαριο και ωάριο), είναι απλοειδή, δηλαδή το καθένα φέρει μια απλή σειρά χρωμοσωμάτων. Αυτά προκύπτουν, από τα πρόδρομά τους (προγεννητικά κύτταρα) που βρίσκονται στους όρχεις και στις ωοθήκες. Κατά τη μείωση το γενετικό υλικό του γονικού πρόδρομου γεννητικού κυττάρου, που είναι διπλοειδές, μοιράζεται δια του δύο στα προκύπτοντα γεννητικά κύτταρα, κι έτσι προκύπτουν απλοειδείς γαμέτες. Η μείωση γίνεται σε δύο φάσεις.

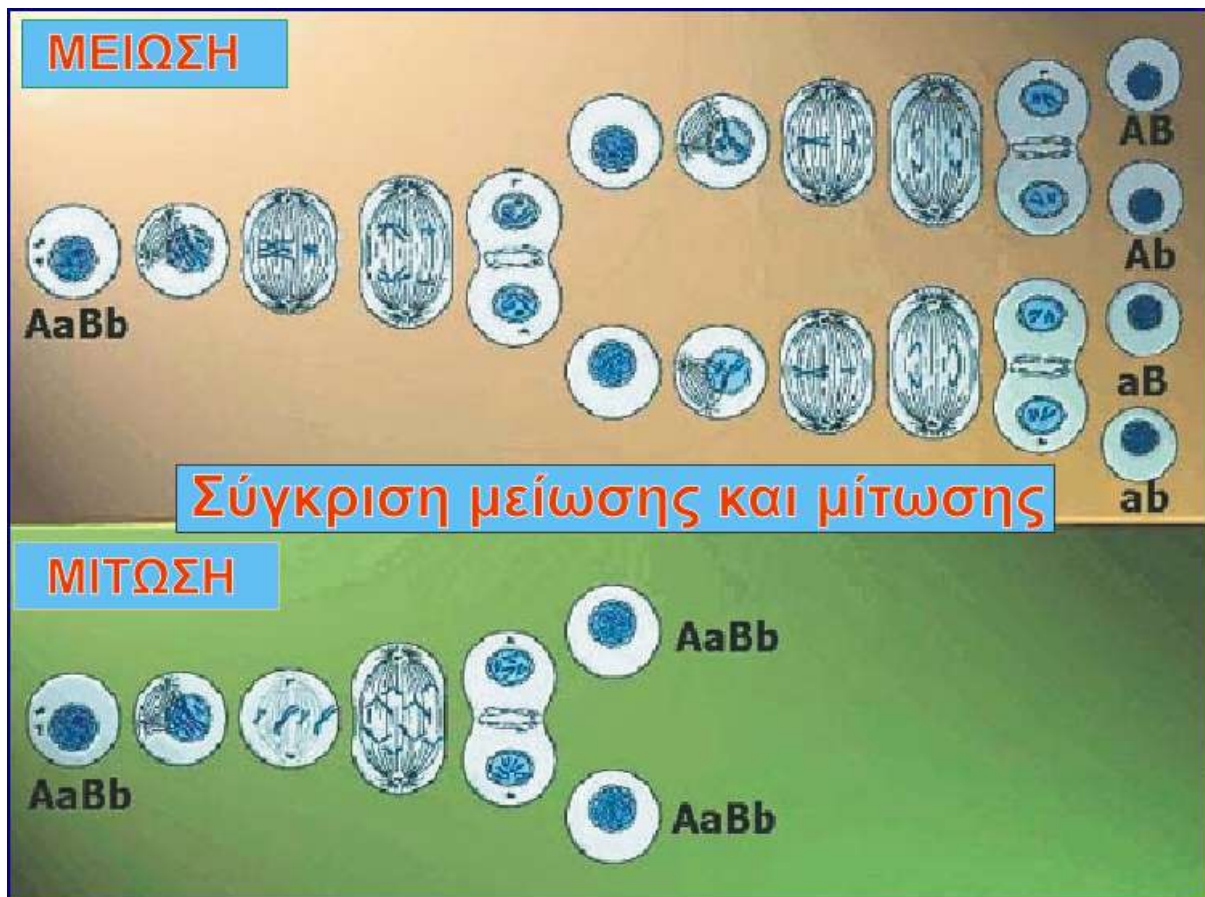


Εικόνα 4. [3] Μείωση.

Φάση I. (πάνω) Απλή μιτωτική διαίρεση, ενός προγεννητικού κυττάρου, αφού έχει προηγηθεί ο διπλασιασμός των χρωμοσωμάτων. Προκύπτουν 2 κύτταρα με διπλά χρωμοσώματα.

Φάση II. (κάτω) Τα 2 κύτταρα που προέκυψαν, κάνουν τις δικές τους μιτωτικές διαιρέσεις, χωρίς όμως προηγούμενο διπλασιασμό χρωμοσωμάτων. Προκύπτουν, τελικά, 4 απλοειδή γεννητικά κύτταρα από ένα αρχικό διπλοειδές προγεννητικό κύτταρο.

Οι γαμέτες λοιπόν είναι απλοειδείς, δηλαδή ο καθένας φέρει μια μονή σειρά γεννητικού υλικού (DNA). Κατά τη γονιμοποίηση ενώνεται το γενετικό υλικό των δυο γαμετών κι έτσι προκύπτει ένα νέο διπλοειδές κύτταρο από το οποίο θα προκύψει ένας νέος οργανισμός με δύο σειρές DNA στα κύτταρά του, μία από κάθε γονέα. Με τη μείωση εξασφαλίζεται η διατήρηση του είδους, εφόσον ποσοτικά και ποιοτικά οι απόγονοι έχουν το ίδιο γενετικό υλικό με τους προγόνους. Όμως οι μικροδιαφορές στις αλληλουχίες του DNA δίνουν τις διαφορές μεταξύ των ατόμων του είδους. Με τη μείωση αυτές οι μικροδιαφορές μοιράζονται τυχαία στους γαμέτες κι έτσι εξασφαλίζεται η ποικιλομορφία μέσα στο ίδιο είδος.

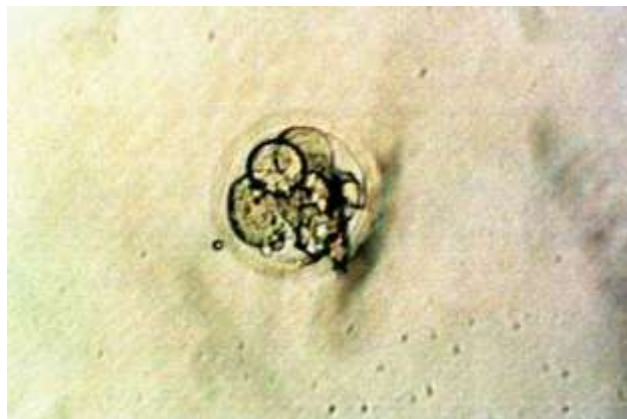


Εικόνα 5. [5] Κατά τη μείωση προκύπτουν από ένα διπλοειδές γονικό κύτταρο 4 απλοειδή θυγατρικά, στα οποία έχουν διαχωριστεί οι γονικοί χαρακτήρες. Στη μίτωση προκύπτουν δυο διπλοειδή θυγατρικά κύτταρα με ίδιο γενετικό υλικό μεταξύ τους και με το γονικό κύτταρο. Δύο αλληλόμορφα γονίδια που ελέγχουν τις διαφορετικές μορφές του ίδιου χαρακτήρα, βρίσκονται στις ίδιες θέσεις σε δυο ομόλογα χρωμοσώματα, π.χ. το A και το a, όμοια το B και το b. Στη μείωση στα κύτταρα που προκύπτουν δημιουργούνται όλοι οι δυνατοί γονιδιακοί συνδυασμοί, με αποτέλεσμα τη ποικιλομορφία.

Εδώ καλό είναι να διευκρινιστεί ότι οι παραπάνω διαδικασίες, μίτωσης – μείωσης, κυτταρικής αύξησης – διαφοροποίησης και δημιουργίας του οργανισμού, συντελούνται σε όλους τους διπλοειδείς οργανισμούς συμπεριλαμβανομένων των φυτών και των κατώτερων ζωικών. Εμείς όμως θα ασχοληθούμε παρακάτω μόνο με τα θηλαστικά και κυρίως με τον άνθρωπο.

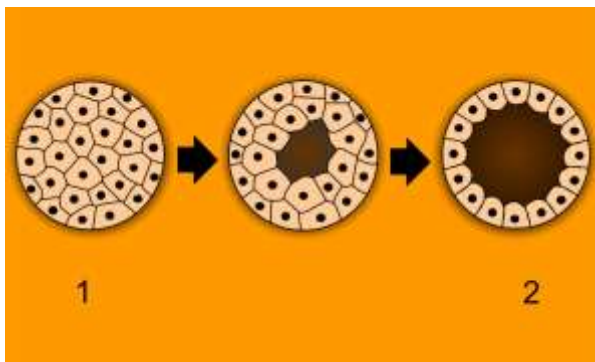
Γονιμοποίηση – δημιουργία εμβρύου

Εν αρχή οι αρσενικοί γαμέτες (σπερματοζωάρια) συναντούν τον θηλυκό (ωάριο) και ένα από αυτούς εισέρχεται στο δεύτερο οπότε γίνεται γονιμοποίηση. Τα γεννητικά κύτταρα, σπερματοζωάριο και ωάριο, είναι απλοειδή, φέροντας το καθένα μια σειρά γενετικού υλικού (DNA) από τον αντίστοιχο γονέα. Το γονιμοποιημένο ωάριο είναι διπλοειδές διότι φέρει δυο σειρές DNA, μια από κάθε γαμέτη, γιαυτό λέγεται ζυγωτό. Το σπερματοζωάριο είναι πολύ μικρό μπροστά στο ωάριο, γιαυτό το κυτταρόπλασμα του ωαρίου λέμε ότι προέρχεται σχεδόν εξολοκλήρου από το ωάριο, το οποίο έχει σχεδόν ίδιο μέγεθος με το ωάριο. Αυτό με τη διαδικασία της μίτωσης αυτοδιπλασιάζεται. Τα δυο θυγατρικά κύτταρα που προκύπτουν με την ίδια διαδικασία διπλασιάζονται, οπότε λέμε ότι το αρχικό κύτταρο τετραπλασιάζεται κοκ.



Εικόνα 6. Τα ζυγωτό διαιρείται σε 2 κύτταρα, αυτά ξαναδιαιρούνται κ.ο.κ.

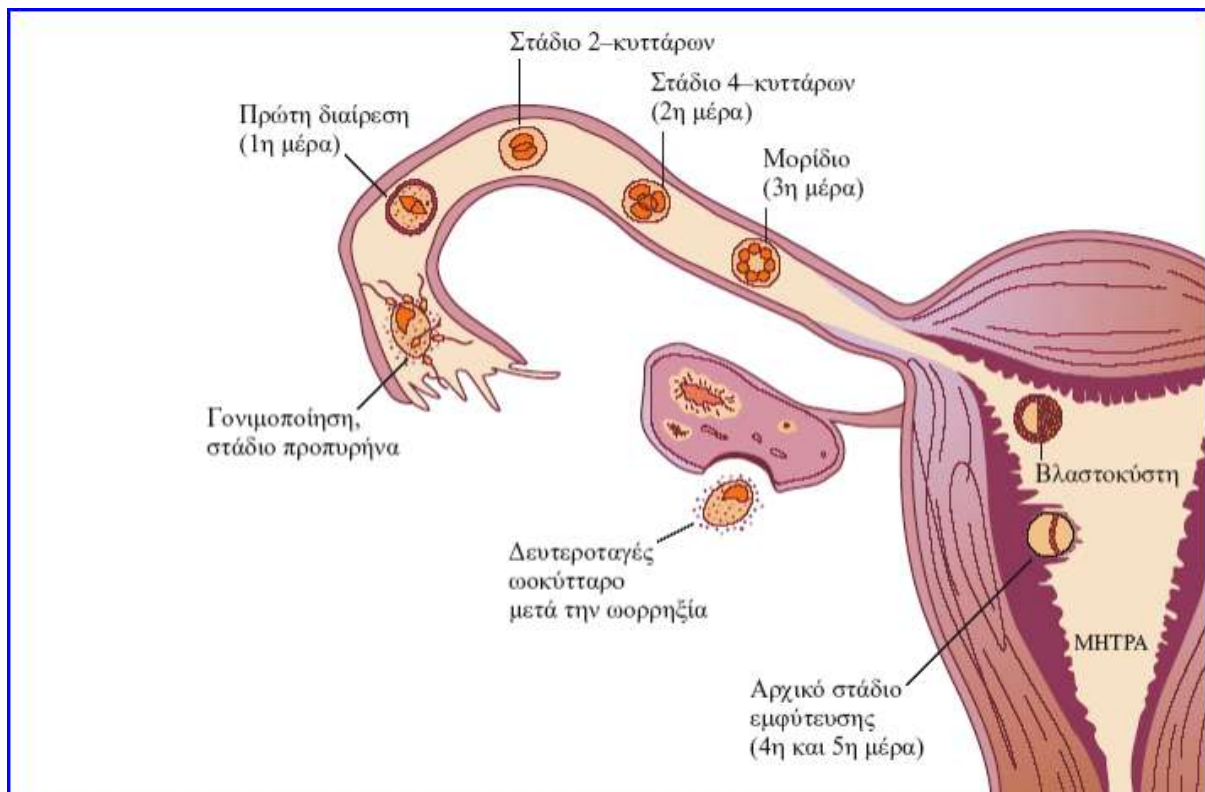
Αυτές οι αλληπάλληλες κυτταρικές διαιρέσεις, που τις λέμε αυλακώσεις, έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας κυτταρικής σφαίρας, το μορίδιο, το οποίο θα γίνει βλαστοκύστη.



Εικόνα 7. [3] Από το μορίδιο (1) προκύπτει η βλαστοκύστη (2).

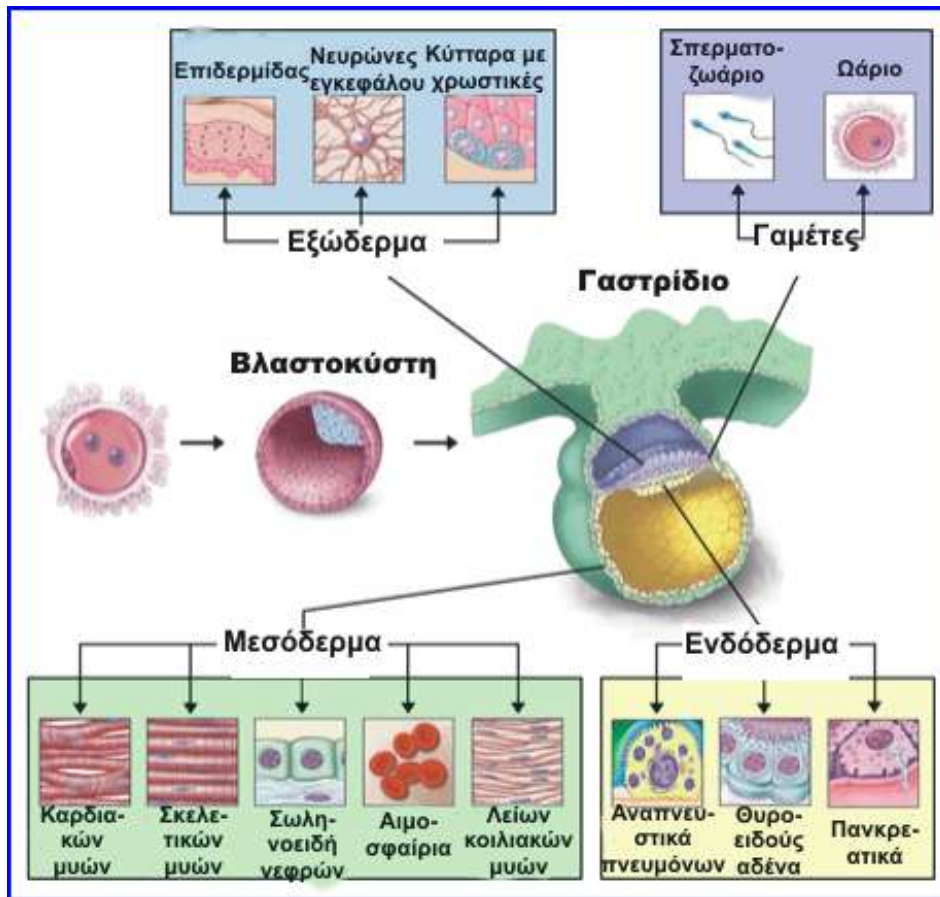
Τα κύτταρα (βλαστομερίδια) της επιφάνειας της βλαστοκύστης αποτελούν την τροφοβλάστη, από την οποία θα αναπτυχθούν οι εμβρυϊκοί υμένες, ενώ τα κύτταρα στο εσωτερικό του μοριδίου αποτελούν την εμβρυοβλάστη, από την οποία θα αναπτυχθεί το έμβρυο. Τα κύτταρα,

λοιπόν, που αποτελούν το περίβλημα της βλαστοκύστης, θα δημιουργήσουν τον πλακούντα και τους άλλους βοηθητικούς ιστούς, οι οποίοι είναι απαραίτητοι για την επιβίωση του εμβρύου μέσα στη μήτρα της μητέρας του. Τα εμβρυικά βλαστικά κύτταρα θα δημιουργήσουν το έμβρυο αυτό καθαυτό.



Εικόνα 8. [1] Στάδια ανάπτυξης του γονιμοποιημένου ωαρίου. Το ωάριο παράγεται στην ωοθήκη κι όταν ωριμάσει ελευθερώνεται (ωορρηξία) οπότε εισέρχεται στον έναν ωαγωγό σωλήνα (σάλπιγγα) κι έτσι αρχίζει το ταξίδι του προς τη μήτρα. Αν στο δρόμο του συναντήσει σπερματοζωάρια θα γονιμοποιηθεί. Έπειτα αρχίζουν διαρκείς διαιρέσεις και σχηματίζονται το μορίδιο και η βλαστοκύστη. Η βλαστοκύστη τελικά εγκαθίσταται (εμφύτευση) στη μήτρα και εκεί θα αναπτυχθεί το τελικό έμβρυο μέχρι τη γέννηση.

Τα κύτταρα του εσωτερικού του μοριδίου συγκεντρώνονται στον ένα πόλο του βλαστιδίου, όπου αποτελούν τον εμβρυικό κόμβο, οπότε και αρχίζει η διαδικασία για τη μετατροπή του σε γαστρίδιο (γαστριδιοποίηση). Κατά τη γαστριδιοποίηση κυτταρικές σπιβάδες μετακινούνται, καταλαμβάνουν νέες θέσεις και οδηγούν τελικά στον σχηματισμό τριών βλαστικών σπιβάδων: του εξωδέρματος, του μεσοδέρματος και του ενδοδέρματος (με τη σειρά από έξω προς τα μέσα), από τις οποίες θα προκύψουν διαφοροποιημένα κύτταρα που θα δώσουν τους διάφορους ιστούς.



Εικόνα 9. [4] Από τους γαμέτες στο γαστρίδιο.

Δεξιά πάνω : Γαμέτες (σπερματοζωάρια και ωάρια)

Μέση : Αρχικά-πρώιμα στάδια ανάπτυξης ενός θηλαστικού (από το ζυγωτό στο γαστρίδιο)

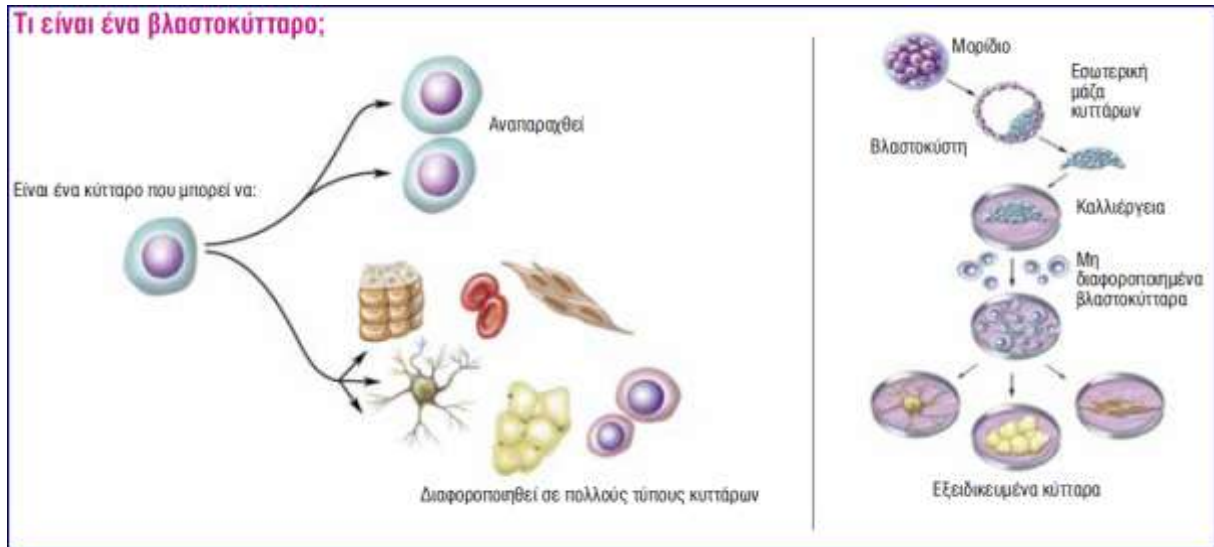
Αριστερά πάνω και κάτω: Μερικά παραδείγματα εξειδικευμένων (διαφοροποιημένων) τύπων κυττάρων που προκύπτουν από τα τρία τμήματα του γαστρίδιου.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΥΡΙΟΥ ΘΕΜΑΤΟΣ

ΑΡΧΕΓΟΝΑ ΚΥΤΤΑΡΑ

Τι είναι αρχέγονα κύτταρα

Τα αρχέγονα κύτταρα είναι αρχικά δημιουργημένα κύτταρα (όπως προδίδει και η ονομασία τους), μη διαφοροποιημένα. Πρόκειται για κύτταρα τα οποία εντοπίζονται στα πρώτα στάδια της εμβρυικής ανάπτυξης και από τα οποία, υπό κανονικές συνθήκες, δημιουργείται ο οργανισμός. Με άλλα λόγια αποτελούν τα πρόδρομα κύτταρα όλων των κυτταρικών τύπων που υπάρχουν στο ανθρώπινο σώμα (και σε κάθε διπλοειδή οργανισμό). Αρχέγονα κύτταρα συναντάμε και σε ενήλικους ιστούς. Είναι γνωστά και ως βλαστοκύτταρα ή βλαστικά κύτταρα (λόγω της ικανότητας τους να «βλαστάνουν» σε διάφορους τύπους κυττάρων του σώματος).



Εικόνα 10. [10] Αριστερά: Τι είναι ένα αρχέγονο κύτταρο (βλαστοκύτταρο)

Δεξιά: Λήψη αρχέγονων εμβρυικών κυττάρων

Ιδιότητες των αρχέγονων κυττάρων

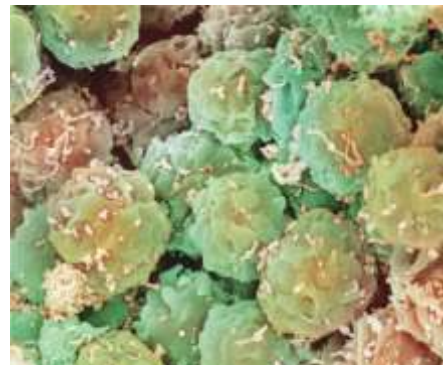
Διαθέτουν τρία μοναδικά χαρακτηριστικά που τα διαχωρίζουν από τους άλλους τύπους κυττάρων:

1. Είναι μη διαφοροποιημένα (μη ειδικά) κύτταρα.
2. Για μεγάλες χρονικές περιόδους έχουν την ικανότητα διαίρεσης και πολλαπλασιασμού σε μη διαφοροποιημένη κατάσταση. Αυτοανανεώνονται δια της κυτταρικής μιτωτικής διαίρεσης.
3. Εξελίσσονται σε εξειδικευμένα κύτταρα με συγκεκριμένες, εξειδικευμένες, μορφολογικές και λειτουργικές ιδιότητες, με τη διαδικασία της διαφοροποίησης. Μπορούν *in vivo* και *in vitro* να παράγουν ειδικά διαφοροποιημένα κύτταρα, όπως κύτταρα που παράγουν ινσουλίνη, νευρικά, μυικά κ.ο.κ.

Πως διακρίνονται - Που βρίσκονται - Πως προκύπτουν

Αρχέγονα κύτταρα

- Παντοδύναμα
- Ολοδύναμα
- Πολυδύναμα
 - Ολιγοδύναμα
 - Μονοδύναμα ή μονοπολικά



Εικόνα 10. [6] Αρχέγονα κύτταρα (βλαστοκύτταρα)

Τα αρχέγονα κύτταρα τα συναντάμε σε όλους τους διπλοειδείς οργανισμούς και φυσικά σε όλα τα θηλαστικά, με τα οποία ασχολούμαστε στο παρόν και ιδίως με τον άνθρωπο.

Διακρίνονται ανάλογα με το πόσους τύπους κυττάρων έχουν την δυνατότητα να «δώσουν», δηλαδή ανάλογα με τη «δυναμικότητά» τους, σε:

1. **Παντοδύναμα** : είναι σε θέση να δημιουργήσουν οποιοδήποτε τύπο κυττάρου του σώματος, ακόμη κι ένα νέο οργανισμό.

Προκύπτουν από τις αρχικές διαδοχικές μιτωτικές διαιρέσεις του ζυγωτού. Είναι όλα όμοια μεταξύ τους, αδιαφοροποίητα και λέγονται «παντοδύναμα», διότι μπορούν να δημιουργήσουν ένα νέο οργανισμό το καθένα από μόνο του. Αυτό σημαίνει ότι όποιο από αυτά τα κύτταρα εμφυτευθεί - εγκατασταθεί στη μήτρα ενός θηλυκού έχει τη δυνατότητα να σχηματίσει ένα κανονικό έμβρυο που θα δώσει ένα νέο ον. Όταν αυτά τα κύτταρα διαχωρίζονται στην αρχή της δημιουργίας τους, προκύπτουν τα ομοζυγωτικά δίδυμα, τρίδυμα κοκ.

2. **Ολοδύναμα** : μπορούν να αναπτυχθούν σε όλους τους τύπους κυττάρων του σώματος, αλλά δεν μπορούν να δημιουργήσουν ένα νέο έμβρυο κι εξ αυτού ένα νέο οργανισμό.

Την 3^η με 5^η ημέρα μετά την γονιμοποίηση διαμορφώνεται η βλαστοκύστη. Στο εσωτερικό της συγκεντρώνεται μια ομάδα κυττάρων που είναι αδιαφοροποίητα. Αυτά στη συνέχεια, διαφοροποιούνται (εξειδικεύονται) και στην ανάπτυξη προκαλούν τους πολλούς εξειδικευμένους τύπους κυττάρων που αποτελούν τους διάφορους ιστούς του οργανισμού, όπως επιθηλιακό, νευρικό κ.ά. Επειδή μπορούν να δημιουργήσουν, σχεδόν, όλους τους σωματικούς τύπους κυττάρων, χαρακτηρίζονται ως «ολοδύναμα». Όμως τα κύτταρα αυτά δεν μπορούν να δημιουργήσουν τους βοηθητικούς ιστούς που υποστηρίζουν την εγκατάσταση του εμβρύου στη μήτρα και τη θρέψη του, όπως είναι ο πλακούντας, οπότε δεν μπορούν να δημιουργήσουν ένα νέο οργανισμό.

3. **Πολυδύναμα** : μπορούν να δημιουργήσουν πολλούς τύπους κυττάρων αλλά όχι όλους.

Τα πολυδύναμα κύτταρα βρίσκονται σε ιστούς ενήλικων ατόμων, όπως στον εγκέφαλο, στο μυελό των οστών και αλλού. Βρίσκονται όμως και σε ενήλικους ιστούς μη ενήλικων ατόμων, όπως στο πλακούντα, στον ομφάλιο λώρο και στα στρώματα της βλαστοκύστης. Αυτοί οι ιδιαίτεροι πληθυσμοί ενήλικων πλέον αρχέγονων κυττάρων παράγουν νέα εξειδικευμένα σωματικά κύτταρα και έτσι αντικαθίστανται κύτταρα που χάνονται λόγω τραυματισμού, ασθένειας ή κανονικής φθοράς μέσω της γήρανσης (κυτταρική απόπτωση). Τα πολυδύναμα κύτταρα μπορούμε να πούμε ότι είναι μερικώς διαφοροποιημένα, αλλά δεν έχουν υποστεί την τελική διαμόρφωση ώστε να μετατραπούν σε άκρως εξειδικευμένα κύτταρα ιστών και οργάνων του σώματος. Σ' αυτά έχει αρχίσει μια διαφοροποίηση σε έναν γενικό τύπο κυττάρου, έτσι είναι σε θέση να δώσουν

διάφορους τύπους κυττάρων μέσα σε μια δεδομένη «οικογένεια» τύπων κυττάρων. Παραδείγματος χάριν, ένα πολυδύναμο κύτταρο αίματος (αιμοποιητικό) μπορεί να γίνει οποιοδήποτε από τους πολλούς τύπους κυττάρων αίματος (ερυθρά ή λευκά αιμοσφαίρια, αιμοπετάλια, κ.λ.π.), αλλά δεν μπορεί να γίνει μυϊκό ή νευρικό.

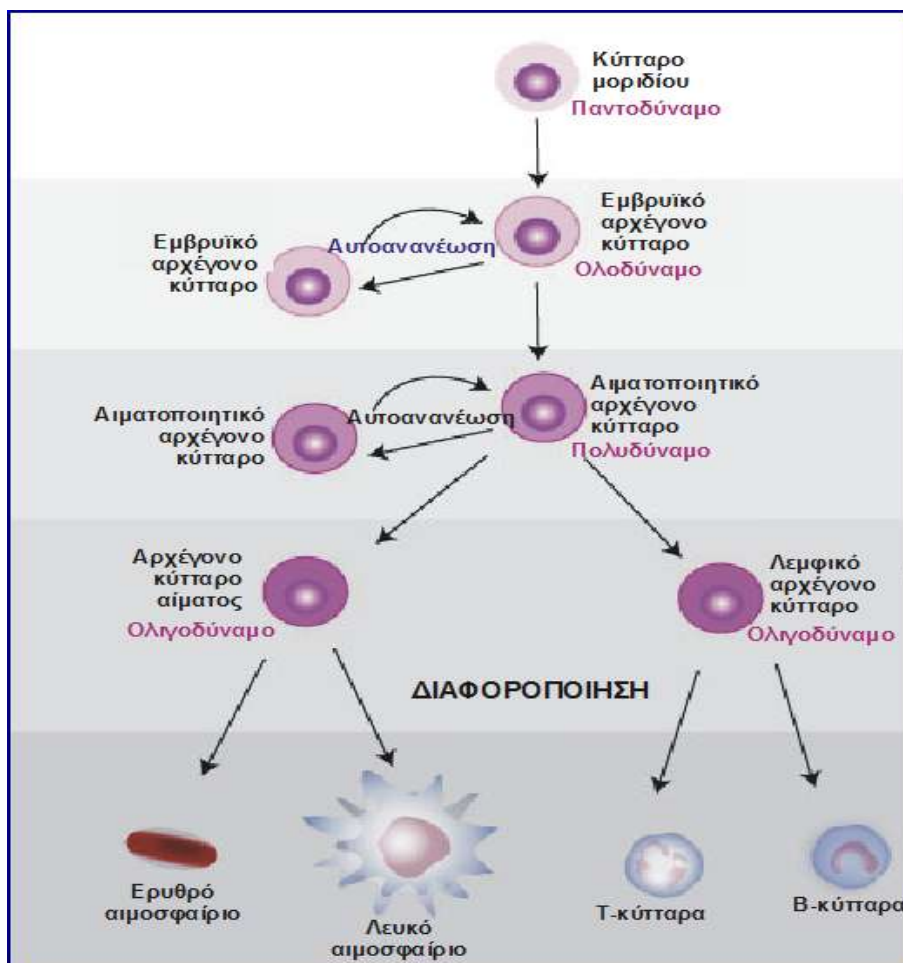
Μια υποκατηγορία των πολυδύναμων κυττάρων είναι τα **ολιγοδύναμα** αρχέγονα κύτταρα. Αυτά μπορούμε να πούμε ότι έχουν υποστεί πιο προχωρημένη διαφοροποίηση αλλά πάλι όχι τη τελική. Έχουν την δυνατότητα να δώσουν μόνο μερικούς τύπους κυττάρων. Για παράδειγμα ένα λεμφικό ολιγοδύναμο κύτταρο μπορεί να γίνει οποιοδήποτε κύτταρο του λεμφικού συστήματος (B- ή T- κύτταρα και κύτταρα πλάσματος), αλλά όχι ένα αιμοσφαίριο ή ένα αιμοπετάλιο κοκ.

Μια δεύτερη υποκατηγορία είναι τα **μονοδύναμα ή μονοπολικά**. Τα κύτταρα αυτά μπορούν να παράγουν έναν μόνο κυτταρικό τύπο, δηλαδή διαφοροποιούνται μόνο προς μία κατεύθυνση, οπότε έχουν την χαμηλότερη δυνατότητα διαφοροποίησης. Η διαφορά τους από τα κανονικά εξειδικευμένα κύτταρα είναι ότι διατηρούν τη δυνατότητα αυτοανανέωσης. Ένα παράδειγμα είναι τα επιδερμικά κύτταρα, τα οποία μπορούν να ανανεώνονται επ' άοριστο, αλλά δεν μπορούν να διαφοροποιηθούν σε οποιοδήποτε άλλο τύπο κυττάρου.

Εν κατακλείδι μπορούμε να πούμε ότι η εξελικτική πορεία των αρχέγονων κυττάρων είναι:

Παντοδύναμα→Ολοδύναμα→Πολυδύναμα→Ολιγοδύναμα→Μονοδύναμα

Χαρακτηριστικό γνώρισμα όλων είναι η αυτοανανέωση και, εκτός των μονοδύναμων, η



διαφοροποίησή τους σε διάφορους τύπους κυττάρων.

Εικόνα 11. [7] Ένας καταρράκτης διαφοροποίησης κυττάρων. Φαίνονται οι διάφορες κατηγορίες αρχέγονων κυττάρων και τα βήματα μέχρι τα τελικά εξειδικευμένα κύτταρα. Το αιμοποιητικό αρχέγονο κύτταρο παρουσιάζεται σαν παράδειγμα.

Αρχέγονα κύτταρα

- **Εμβρυϊκά**
- **Ενήλικα**

Μία άλλη διάκριση των αρχέγονων κυττάρων είναι σε εμβρυϊκά και ενήλικα ή σωματικά, ανάλογα με την προέλευσή τους.

Εμβρυϊκά είναι τα κύτταρα του εμβρυϊκού ιστού, τα οποία αρχικά είναι παντοδύναμα και στη συνέχεια (στο στάδιο της βλαστοκύστης) γίνονται ολοδύναμα ή πολυδύναμα. Οι βιοεπιστήμονες μπορούν να αφαιρέσουν κύτταρα από το εσωτερικό της βλαστοκύστης που είναι ολοδύναμα και ακολουθώντας ειδικά πρωτόκολλα σε κυτταροκαλλιέργειες, εκμεταλλευόμενοι την ικανότητα αυτοανανέωσης που έχουν μέσω της διαδικασίας της μίτωσης, να δημιουργήσουν σειρές αρχέγονων εμβρυϊκών κυττάρων για περαιτέρω έρευνα. Επειδή αυτή η διαδικασία λήψης των εμβρυϊκών αρχέγονων κυττάρων σκοτώνει το έμβρυο, τα εμβρυϊκά αρχέγονα κύτταρα είναι ηθικά αμφισβητούμενα. Γιαυτό στον άνθρωπο λόγοι βιοηθικής εγείρουν αντίθετες απόψεις κι έτσι έχουν επιβληθεί απαγορεύσεις, οπότε παρεμποδίζεται η έρευνα με ανθρώπινα εμβρυϊκά κύτταρα. Βέβαια πρέπει να τονίσουμε ότι αυτά τα ανθρώπινα εμβρυϊκά κύτταρα λαμβάνονται από βλαστοκύστες που προήλθαν από ωάρια που γονιμοποιήθηκαν *in vitro* (εξωσωματική γονιμοποίηση) που έγινε για αντιμετώπιση της στειρότητας και περίσσεψαν. Επίσης δωρίζονται για έρευνα από τους δότες-γονείς και χρησιμοποιούνται στην έρευνα με τη σύμφωνη γνώμη τους.



Εικόνα 12. Αφαίρεση βλαστοκυττάρων από βλαστοκύστη

Μια άλλη πηγή εμβρυϊκών κυττάρων ή παρόμοιων με εμβρυϊκά κύτταρα είναι η λεγόμενη κυτταρικού «επαναπρογραμματισμού» ή «πρόκλησης». Έχουν αναπτυχθεί πολλές παραλλαγές του κυτταρικού επαναπρογραμματισμού. Η βασική τεχνική είναι η «μεταφορά πυρήνα». Κατ' αυτή μεταφέρεται από ένα σωματικό κύτταρο, π.χ. ένα δερματικό, ο πυρήνας σε ένα ωάριο, από το οποίο αφαιρέθηκε ο αρχικός πυρήνας. Το ωάριο αυτό αναπτύσσεται σε βλαστοκύστη, από την εσωτερική μάζα της οποίας λαμβάνονται αρχέγονα κύτταρα. Τα κύτταρα αυτά, που έχουν τις ιδιότητες των εμβρυϊκών, δηλαδή αυτοανανέωση και ολοδυναμικότητα, πολλαπλασιάζονται σε κυτταροκαλλιέργεια. Τα κύτταρα που

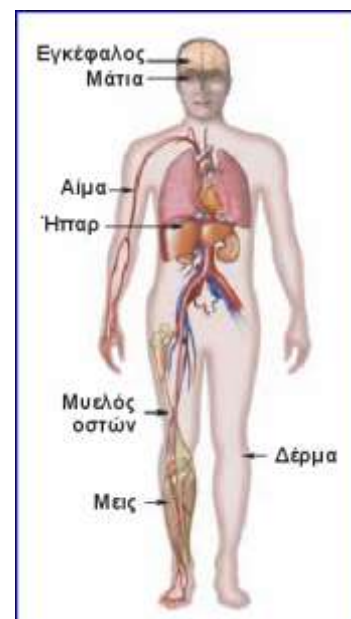


Εικόνα 13.[8] Παραγωγή αρχέγονων εμβρυϊκών κυττάρων με μεταφορά πυρήνα.

προκύπτουν έχουν το DNA του σωματικού κυττάρου, άρα είναι «κλώνοι», αντίγραφα, αυτού. Η σημαντικότητα της μεθόδου βρίσκεται στο ότι μπορούν να δημιουργηθούν κύτταρα-ιστοί που να έχουν το γενετικό υλικό ενός ατόμου που τους χρειάζεται κι έτσι να μην απορριφθούν μετά από μεταμόσχευση, γιατί θα είναι απόλυτα ιστοσυμβατά. Εκφράστηκαν όμως φόβοι ότι με τη μέθοδο αυτή μπορεί να κλωνοποιηθούν άνθρωποι κι έτσι δεν πρέπει να εφαρμόζεται στους ανθρώπους. Εδώ πρέπει να κάνουμε μια διευκρίνιση, πολύ σημαντική. Η παραγωγή ζώων «κλώνων», όπως το πρόβατο η Dolly, γίνεται με μια άλλη τεχνική που αποκαλείται «αναπαραγωγική κλωνοποίηση». Κατ' αυτήν το κλωνοποιημένο έμβρυο, που προέκυψε από τη μεταφορά πυρήνα σωματικού κυττάρου, εμφυτεύεται σε μια μήτρα ενός θηλυκού ζώου που θα γίνει η μελλοντική μητέρα. Πάντως στους ανθρώπους η αναπαραγωγική κλωνοποίηση έχει αποθαρρυνθεί ενεργά από τις περισσότερες επιστημονικές κοινότητες.

Ενήλικα ή **σωματικά** είναι τα αρχέγονα κύτταρα των ιστών του σώματος. Δεν προέρχονται απαραίτητως από ενήλικα άτομα. Αποκομίζονται από έναν αναπτυγμένο ιστό π.χ. ομφάλιο λώρο, μυελό των οστών, δέρμα, περιφερειακό αίμα, λιπώδη ιστό πολφό των οδόντων, μάτι κ.α. Μπορεί να είναι από πολυδύναμα μέχρι μονοδύναμα. Επειδή μπορούν να παραχθούν χωρίς βλάβη του χορηγού, τα ενήλικα αρχέγονα κύτταρα δεν είναι γενικά αμφισβητούμενα. Για αυτά δεν εγείρονται σοβαροί λόγοι ηθικής κι έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν, τώρα ή στο μέλλον, για την θεραπεία μεγάλου πλήθους νοσημάτων.

Εικόνα 14.[9] Μερικές από τις γνωστές πηγές σωματικών αρχέγονων κυττάρων

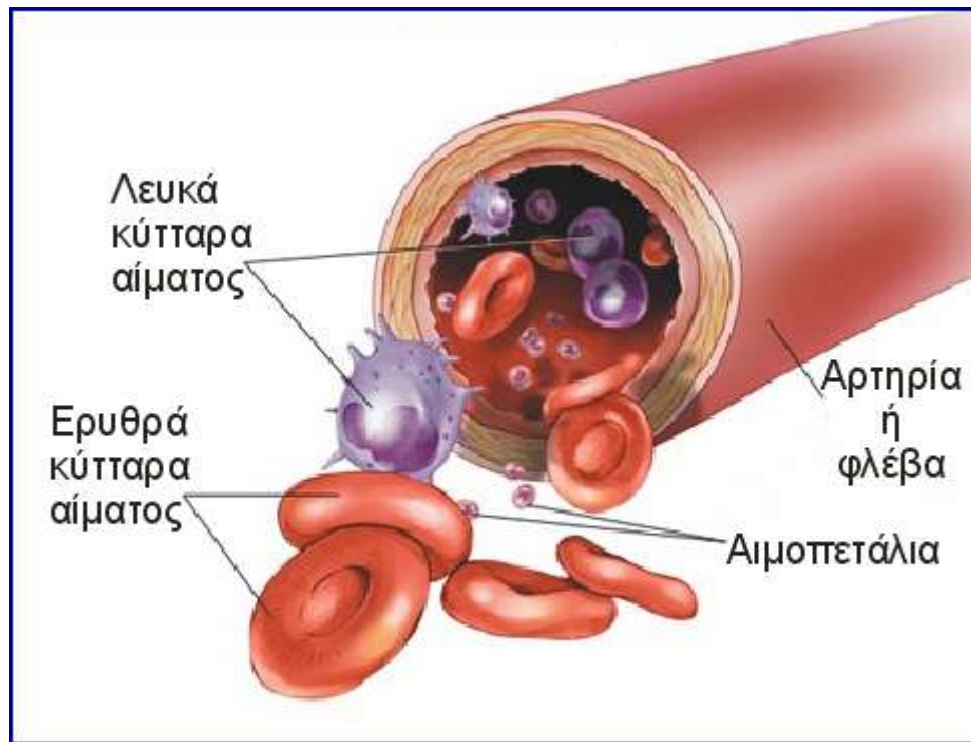


Ρόλος-σημασία των αρχέγονων κυττάρων για τον ζωντανό οργανισμό.

Τα αρχέγονα κύτταρα ή βλαστικά κύτταρα (βλαστοκύτταρα), όπως είδαμε, βρίσκονται στα έμβρυα, στο αίμα του ομφάλιου λώρου και σε πολλούς ιστούς του σώματος μετά τη γέννηση στα ενήλικα άτομα. Από αυτά προέρχονται οι ιστοί και τα όργανα του εμβρύου και γίνεται η ανάπτυξη στο σώμα των νεογνών και των ενηλίκων. Καθώς η ανάπτυξη προχωρά πέρα από το στάδιο της βλαστοκύστης, η αναλογία των βλαστικών κυττάρων στους διάφορους ιστούς μειώνεται, όπως και η ικανότητά τους να διαφοροποιούνται σε διαφορετικούς τύπους κυττάρων (τουλάχιστον όσο βρίσκονται στο φυσικό τους περιβάλλον).

Τα αρχέγονα βλαστικά κύτταρα είναι οι «δομικοί λίθοι» του αιμοποιητικού και ανοσοποιητικού συστήματος, καθώς και άλλων τύπων κυττάρων και ιστών του οργανισμού. Στους ενήλικες, αυτά τα κύτταρα βρίσκονται κυρίως στο μυελό των οστών, όπου συνεχίζουν να πολλαπλασιάζονται και να ωριμάζουν σε όλα τα κυτταρικά συστατικά του αίματος όπως ερυθροκύτταρα αίματος (ερυθρά αιμοσφαίρια), λευκοκύτταρα (λευκά αιμοσφαίρια) και αιμοπετάλια. Ο ρυθμός αναστροφής είναι εντυπωσιακός και έχει υπολογιστεί για τα ερυθροκύτταρα μόνο, μεταξύ 100-200 δισεκατομμυρίων κυττάρων τη

μέρα. Από τα αρχέγονα κύτταρα επίσης δημιουργούνται συνεχώς σε ένα ζωντανό οργανισμό οι διάφοροι τύποι λεμφοκυττάρων (T- και β- λεμφοκύτταρα) που είναι απαραίτητα για την άμυνά του. Ακόμη αναπλάθουν ορισμένα κύτταρα που γηράσκουν και αποίπτον, όπως αυτά της επιδερμίδας, και τα κύτταρα που καταστρέφονται λόγω ασθένειας ή τραυματισμού. Βέβαια αυτό δεν συμβαίνει πάντοτε και με όλα τα κύτταρα του οργανισμού. Για παράδειγμα οι νευρώνες δεν ανανεώνονται.

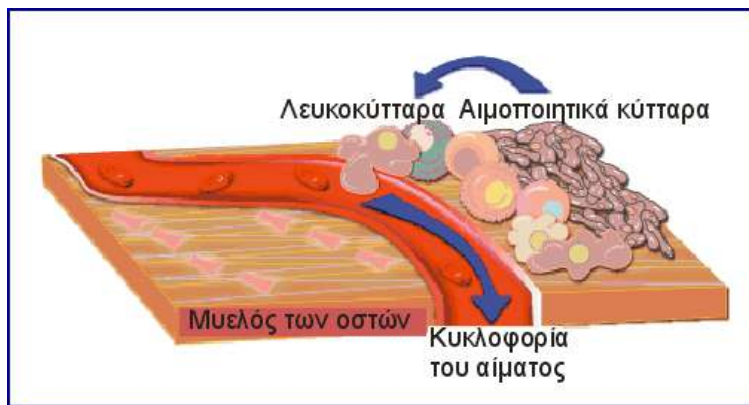


Εικόνα 15. [10] Διάφοροι τύποι εξειδικευμένων κυττάρων του αίματος.

Θεραπείες με χρήση αρχέγονων κυττάρων

Τα αρχέγονα κύτταρα χρησιμοποιούνται σήμερα για θεραπευτικούς σκοπούς σε πολλές περιπτώσεις. Έχουν γίνει πετυχημένες μεταμοσχεύσεις ενήλικων αρχέγονων κυττάρων από το μυελό των οστών (*εδώ πρέπει να γίνει διάκριση του μυελού των οστών από το νωτιαίο μυελό, διότι πολλές φορές συγχέονται*), το περιφερειακό αίμα, το ομφαλοπλακουντιακό αίμα, το μάτι κ.ά. Οι πλέον γνωστές θεραπείες με αρχέγονα κύτταρα είναι οι μεταμοσχεύσεις μυελού των οστών, για την αντιμετώπιση διάφορων τύπων καρκίνου, καθώς επίσης και διάφορων διαταραχών της φυσιολογικής κατάστασης του αίματος, με προεξέχουσα της λευχαιμίας.

Η λευχαιμία είναι ένας καρκίνος των λευκών κυττάρων αίματος, των λευκοκυττάρων. Όπως και τα άλλα κύτταρα του αίματος, τα λευκοκύτταρα γίνονται στο μυελό των οστών μέσω μιας διαδικασίας από τα πολυδύναμα αιμοποιητικά αρχέγονα κύτταρα που εδρεύουν εκεί. Τα ώριμα λευκοκύτταρα απελευθερώνονται στην κυκλοφορία του αίματος, όπου λειτουργούν για την άμυνα του οργανισμού μας δρώντας εναντίον των παθογόνων μικροοργανισμών μετά από κάποια μόλυνση.



Εικόνα 16. [11] Παραγωγή λευκοκυττάρων στο μυελό των οστών από αρχέγονα-αιμοποιητικά κύτταρα και εισαγωγή τους στη κυκλοφορία του αίματος.

Η λευχαιμία παρουσιάζεται όταν αρχίζουν να αυξάνονται και να λειτουργούν ανώμαλα τα λευκοκύτταρα, οπότε λέμε ότι γίνονται καρκινώδη. Αυτά τα ανώμαλα κύτταρα δεν μπορούν να αντιπαλέψουν μια μόλυνση και παρεμποδίζουν τις λειτουργίες άλλων οργάνων. Η επιτυχής θεραπεία για τη λευχαιμία συνίσταται στην εξαφάνιση όλων των ανωμάτων λευκοκυττάρων στον ασθενή, επιτρέποντας παράλληλα τη δημιουργία νέων, υγιών και ισχυρών. Ένας τρόπος να γίνει αυτό είναι μέσω της χημειοθεραπείας, η οποία χρησιμοποιεί ισχυρά φάρμακα που σκοτώνουν τα ανώμαλα κύτταρα. Όταν η χημειοθεραπεία δεν έχει τα επιθυμητά αποτελέσματα, οι γιατροί εφαρμόζουν, όταν είναι δυνατόν, τη μεταμόσχευση μυελού των οστών. Σε μια μεταμόσχευση μυελού των οστών, τα αρχέγονα κύτταρα των οστών του ασθενή αντικαθίστανται με υγιή του χορηγού-δωρητή εξ ολοκλήρου. Για να γίνει αυτό, νεκρώνονται αρχικά όλα τα αρχέγονα κύτταρα στο μυελό των οστών του ασθενή και τα ανώμαλα λευκοκύτταρα με τη χρησιμοποίηση ενός συνδυασμού χημειοθεραπείας και ακτινοβολίας. Έπειτα, ένα δείγμα του μυελού των οστών του χορηγού που περιέχει υγιή αρχέγονα κύτταρα εισάγεται στην κυκλοφορία του αίματος του ασθενή. Βέβαια τα νέα κύτταρα πρέπει να «ταιριάζουν» με αυτά του ασθενή, δηλαδή να υπάρχει συμβατότητα, διότι αλλιώς θα αναγνωριστούν ως ξένα και θα απορριφθούν από τον οργανισμό του δέκτη. Εάν η μεταμόσχευση είναι επιτυχής, τα νέα αρχέγονα κύτταρα μεταναστεύουν στο μυελό των οστών του ασθενή και αρχίζουν εκεί την παραγωγή νέων και υγιών λευκοκυττάρων απαραίτητων για την άμυνα του οργανισμού και τη καλή λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος.

Τα περισσότερα αρχέγονα αιμοποιητικά κύτταρα στους ενήλικες εδρεύουν στο μυελό των οστών, όμως ένας μικρός αριθμός είναι παρών στην κυκλοφορία του αίματος. Αυτά τα πολυδύναμα απομακρυσμένα αρχέγονα κύτταρα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακριβώς όπως τα κύτταρα του μυελού των οστών για να αντιμετωπίσουν τη λευχαιμία, άλλους καρκίνους και διάφορες αναταραχές αίματος. Δεδομένου ότι μπορούν να ληφθούν από το κυκλοφορούν αίμα, είναι ευκολότερο να συλλεχθούν από ότι τα κύτταρα του μυελού των οστών, τα οποία πρέπει να εξαχθούν μέσα από τα κόκκαλα. Όμως τα αρχέγονα κύτταρα στο περιφερειακό αίμα είναι σε πολύ χαμηλή συγκέντρωση και αυτό καθιστά δύσκολη τη συλλογή τους.

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται για μεταμοσχεύσεις, αρχέγονα πολυδύναμα κύτταρα που συλλέγονται από το ομφαλοπλακουντιακό αίμα. Τα νεογέννητα νήπια δεν χρειάζονται πλέον τον ομφάλιο λώρο κι έτσι αυτός αφαιρείται κι απορρίπτεται παραδοσιακά ως υποπροϊόν της διαδικασίας γέννησης. Εντούτοις, το αίμα που βρίσκεται σε αυτόν είναι πλούσιο σε αρχέγονα κύτταρα με μεγαλύτερη πολυδυναμικότητα από αυτά

του μυελού των οστών και του περιφερειακού αίματος κι έχει αποδειχθεί πολύ χρήσιμο για την αντιμετώπιση πολλών προβλημάτων υγείας. Οι μεταμοσχεύσεις αρχέγονων κυττάρων του ομφαλοπλακουντιακού αίματος είναι λιγότερο επιρρεπείς σε απόρριψη. Αυτό, πιθανώς, επειδή τα κύτταρα δεν έχουν αναπτύξει ακόμα τα χαρακτηριστικά με τα οποία που μπορούν να αναγνωριστούν ως ξένα και να υποστούν επίθεση από το ανοσοποιητικό σύστημα του παραλήπτη. Επίσης, επειδή το ομφαλοπλακουντιακό αίμα στερείται τα καλά ανεπτυγμένα άνοσα κύτταρα, υπάρχει λιγότερη πιθανότητα ότι τα μεταμοσχευμένα κύτταρα θα επιτεθούν στα κύτταρα του δέκτη. Οι σπουδαίες αυτές ιδιότητες των αρχέγονων κυττάρων του ομφαλοπλακουντιακού αίματος και η σχετικά εύκολη και πλούσια αποκομιδή τους τα καθιστά σήμερα έναν ισχυρό πόρο για τις θεραπείες μέσω μεταμοσχεύσεων. Αυτό οδήγησε στην επιλογή της φύλαξής τους για 20 με 30 χρόνια σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (περίπου -180°C με -200°C) στις λεγόμενες τράπεζες ομφαλοπλακουντιακού αίματος για ενδεχόμενη μελλοντική χρησιμοποίησή τους αν παραστεί ανάγκη.

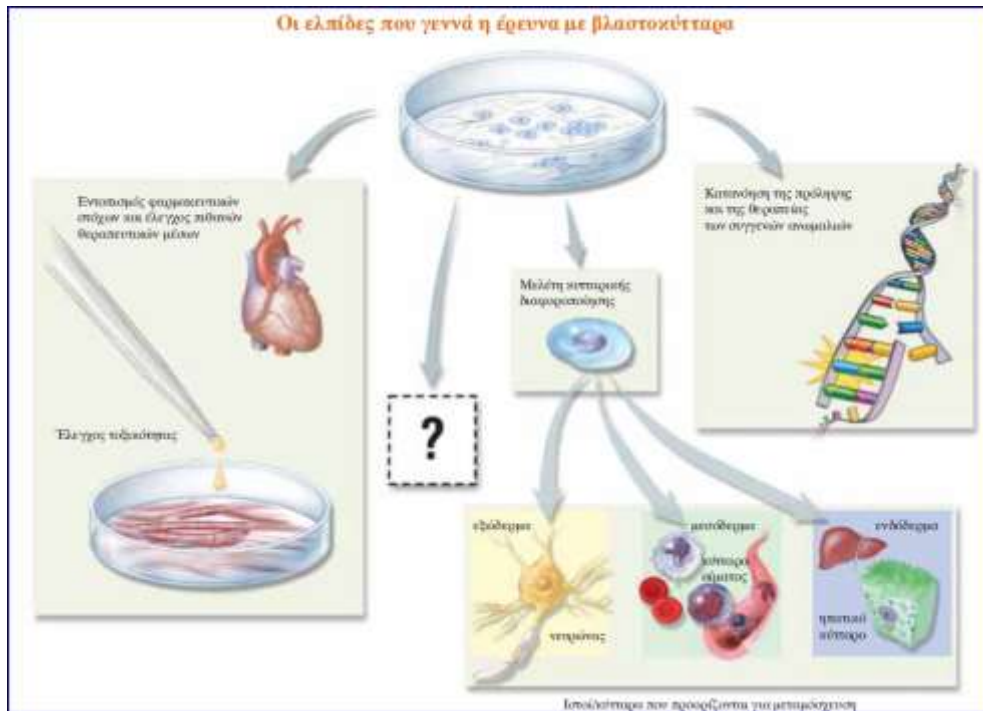
Τελευταία γίνεται πολύς λόγος για τα αρχέγονα κύτταρα που συλλέγονται από τον πολφό των νεογιλών οδόντων, όταν αυτά αρχίζουν να πέφτουν για να αντικατασταθούν από τους μόνιμους. Έτσι δημιουργήθηκαν και τράπεζες φύλαξης των νεογιλών οδόντων.

Βέβαια υπάρχουν κι άλλες πηγές πολυδύναμων ενήλικων αρχέγονων κυττάρων που αξιοποιούνται σήμερα. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση αυτών στο άκρο του αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού. Είδη έχουν πραγματοποιηθεί επιτυχημένες μεταμοσχεύσεις σε περιπτώσεις βλαβών των ματιών από χημικά καυστικά προϊόντα, από αιχμηρά ή πυρωμένα αντικείμενα με αποκατάσταση της βλάβης και ακόμα βρήκαν το φως τους τυφλοί.

Τι υπόσχονται τα αρχέγονα κύτταρα για το μέλλον

Ήδη σήμερα οι εφαρμογές των αρχέγονων κυττάρων απλώνονται σε ένα πολύ μεγάλο εύρος. Ένα πλήθος ασθενειών θεραπεύεται με τη μεταμόσχευσή τους και βρίσκουν εφαρμογές στις έρευνες των βιοεπιστημόνων.

Όμως οι προοπτικές για το μέλλον είναι ακόμα μεγαλύτερες και ελπιδοφόρες. Ασθένειες που θεωρούνται ανίατες σήμερα, όπως η σκλήρυνση κατά πλάκας, η ασθένεια του Parkinson, ο σαχαρώδης διαβήτης και πολλές άλλες, πιστεύουμε ότι στο εγγύς μέλλον θα θεραπευτούν με τη μεταμόσχευση αρχέγονων κυττάρων. Στην έρευνα για τις δοκιμές νέων φαρμάκων διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο και ευελπιστούμε ότι θα οδηγήσουν τους ερευνητές βιοεπιστήμονες σε νέα πιο αποτελεσματικά και ασφαλή, χωρίς παρενέργειες, φάρμακα. Ακόμη οι επιστήμονες αναμένουν απαντήσεις σε πολλά ερωτηματικά της βιολογίας, όπως αυτά για την εξέλιξη, που θα δοθούν μέσα από την έρευνα με τα αρχέγονα κύτταρα και ειδικά με τα εμβρυικά που παρουσιάζουν ιδιότητες τέτοιες που τα καθιστούν μοναδικά.



Εικόνα 17. [12] Τα αποτελέσματα των ερευνών ενισχύουν τις ελπίδες ότι η βασική έρευνα για τα βλαστοκύτταρα δώσει απαντήσεις σε πολλά ερωτηματικά και μπορεί να οδηγήσει σε νέες βιώσιμες ιατρο/φαρμακευτικές εφαρμογές.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

[1] ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ, Θ.Ε. ΚΦΕ 53: ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΥΛΗΣ ΣΕ ΕΜΒΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ, ΦΥΕ 43 – ΓΕΝΕΤΙΚΗ, ΤΟΜΟΣ Β, Φυσιολογία, Λάζου Α

[2] http://www.ivy-rose.co.uk/Topics/Cell_Structures/Mitosis_cIvyRose.jpg

[3] <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Blastulation.png>

[4] http://en.wikipedia.org/wiki/File:Cell_differentiation.gif

Μετάφραση: *Ι.Δρακόπουλος*.

[5] http://lc.brooklyn.cuny.edu/smardtutor/core3_21/division.html.

Μετάφραση-

μορφοποίηση: *Ι.Δρακόπουλος*.

[6] <http://assets.in.gr/AssetService/Image.ashx?c=7769421&r=0&p=0&t=0&q=100&v=1>

[7] http://www.wi.mit.edu/news/archives/2006/cpa_0403.html, Διαμόρφωση εικόνας από *Ι. Δρακόπουλο*.

[8] The National Academies. Μετάφραση-διαμόρφωση *Ι.Δρακόπουλος*.

[9] The National Academies. Μετάφραση *Ι.Δρακόπουλος*.

[10] American Society of Clinical Oncology. Διαμόρφωση εικόνας από *Ι. Δρακόπουλο*.

[11] <http://learn.genetics.utah.edu/content/tech/stemcells/sctoday/>

[12] Θέμα (22_31_thema.pdf) Δημοσίευση κατόπιν αδείας από την *U.S. National Academy of Sciences*, www.nationalacademies.org/stemcells.