

«Η ανάπτυξη του εμβρύου κατά το πρώτο τρίμηνο της κύησης»

Ρωξάνης Αγγελοπούλου
Αν. Καθ. Εμβρυολογίας Πανεπ. Αθηνών

Η περιγραφή της ανάπτυξης του ανθρώπινου οργανισμού αρχίζει με την ανάπτυξη και διαφοροποίηση των γαμετών, δηλαδή των γεννητικών κυττάρων στο άρρεν και το θήλυ, τα οποία ενώνονται κατά τη γονιμοποίηση και δημιουργείται ο ζυγώτης. Τα αρχέγονα γεννητικά κύτταρα εμφανίζονται κατά την 4η εβδομάδα της ανάπτυξης στο τοίχωμα του λεκιθικού ασκού και αργότερα (5η - 6η εβδομάδα) μεταναστεύουν προς τις αναπτυσσόμενες γονάδες, δηλαδή τους όρχεις και τις ωοθήκες, τις οποίες επικοιζούν για να διαφοροποιηθούν περαιτέρω, σε σπερματογόνια και ωογόνια. Κατά τη γαμετογένεση σχηματίζονται οι ώριμοι γαμέτες, δηλαδή το σπερματοζωάριο και το ωοκύτταρο.

Κατά τη γονιμοποίηση του ωοκυττάρου από το σπερματοζωάριο γίνεται: 1. Ο γενετικός καθορισμός του φύλου του ζυγώτη, ΧΧ ή ΧΥ, 2. Αποκατάσταση του διπλοειδικού αριθμού των χρωμοσωμάτων. Ο ζυγώτης περιέχει ένα νέο συνδυασμό χρωμοσωμάτων 1/2 μητρικής και 1/2 πατρικής προέλευσης. Τα μητρικής προέλευσης χρωμοσώματα ρυθμίζουν την ανάπτυξη της εμβρυοβλάστης ενώ τα πατρικής προέλευσης ρυθμίζουν την ανάπτυξη της τροφοβλάστης και 3. Έναρξη αυλάκωσης. Μετά τη γονιμοποίηση και την ένωση των δύο απλοειδών προπυρήνων, που προέρχονται από τους δύο γαμέτες, σχηματίζεται ο διπλοειδής ζυγώτης, δηλαδή το γονιμοποιημένο ωάριο, που περιβάλλεται από τη διαφανή ζώνη και έχει διάμετρο 100 μm περίπου. Οι τέσσερις πρώτες ημέρες της ανάπτυξης γίνονται στον ωαγωγό και τη μήτρα πριν από την εμφύτευση του ωαρίου. Κατά το στάδιο αυτό δεν παρατηρείται αύξηση του εμβρύου, επειδή δεν υπάρχει εξωτερική πηγή διατροφής. Όμως, μετά την εμφύτευση και την ανάπτυξη της τροφοβλάστης το έμβρυο έρχεται σε επαφή με τη μητρική κυκλοφορία με τις ειδικές εξωεμβρυϊκές δομές και το εμβρυϊκό τμήμα του πλακούντα που το περιβάλλουν.

Κατά τις δύο πρώτες ημέρες της ανάπτυξης εξελίσσονται τα αρχικά στάδια της αυλάκωσης, δηλαδή γίνεται μία σειρά μιτωτικών διαιρέσεων και σχηματίζονται τα βλαστομερίδια. Στις μιτώσεις αυτές απουσιάζουν οι φάσεις G1 και G2 και βραχύνονται οι φάσεις S (ταυτόχρονη ενεργοποίηση πολλαπλών θέσεων έναρξης αντιγραφής του DNA) και M του κυτταρικού κύκλου. Την 2η ημέρα ολοκληρώνεται η δεύτερη μιτωτική διαίρεση και παράγονται τέσσερα ισομεγέθη βλαστομερίδια. Την 3η ημέρα το έμβρυο αποτελείται από 6-12, την 4η ημέρα από 16-32 κύτταρα και ονομάζεται μοριδίον. Τα κύτταρα του μοριδίου είναι πολυδύναμα και έχουν ισότιμες αναπτυξιακές δυνατότητες.

Ακολούθως, αναπτύσσεται διαφορική προσκόλληση μεταξύ των βλαστομεριδίων με αποτέλεσμα η εξωτερική τους επιφάνεια να γίνεται κυρτή και η εσωτερική τους κοίλη. Ακολουθεί μία αναδιοργάνωση των βλαστομεριδίων που αποκαλείται σύμπτυξη (compaction) και τελικά ορισμένα βλαστομερίδια εντοπίζονται στο κέντρο του μοριδίου ενώ άλλα στην περιφέρεια του. Τα κεντρικά βλαστομερίδια αποτελούν την εσωτερική κυτταρική μάζα ενώ τα περιφερικά την εξωτερική. Από την πρώτη παράγεται το μεγαλύτερο μέρος του εμβρύου και γι' αυτό ονομάζεται εμβρυοβλάστη ενώ η δεύτερη αποτελεί πηγή των υμένων και του πλακούντα και γι' αυτό αποκαλείται τροφοβλάστη.

Από την 4η ημέρα το μορίδιο αρχίζει να απορροφάει υγρό που συγκεντρώνεται ανάμεσα στα κύτταρα και σχηματίζεται η κοιλότητα της βλαστοκύστης. Στη μία πλευρά αυτής της κοιλότητας συγκεντρώνονται σε συμπαγή μάζα τα κύτταρα της εμβρυοβλάστης και αποτελούν τον εμβρυϊκό πόλο ενώ τα κύτταρα της τροφοβλάστης σχηματίζουν το τοίχωμα της βλαστοκύστης.

Η εμφύτευση της βλαστοκύστης γίνεται την επόμενη ημέρα και η μήτρα έχει την ικανότητα να δεχθεί το ωάριο πέντε ημέρες μετά τη γονιμοποίηση. Τα κύτταρα της εμβρυοβλάστης, που στρέφονται προς την κοιλότητα της βλαστοκύστης, σχηματίζουν την υποβλάστη και μεταναστεύουν για να καλύψουν το εσωτερικό του τοιχώματος της κυτταροτροφοβλάστης. Από τα κύτταρα αυτά προέρχονται και οι εξωεμβρυϊκοί ιστοί. Τα κύτταρα της εμβρυοβλάστης, από την οποία θα προέλθουν οι ιστοί του εμβρύου αποτελούν την επιβλάστη.

Κατά την εμφύτευση, η εκκρινόμενη από τα λευκοκύτταρα ιντερλευκίνη -2 εμποδίζει την αναγνώριση του εμβρύου ως ξένου σώματος (από τη μητέρα). Η προγεστερόνη διατηρεί το ενδομήτριο σε καλή κατάσταση και αποφεύγεται η απόπτωσή του. Ένα αντι-προγεστινοειδές το RU 486 προκαλεί διακοπή της κύησης σε πρώιμο στάδιο, αν χορηγηθεί σε συνδυασμό με ένα συνθετικό ανάλογο των προσταγλανδινών (PGEs), επειδή εμποδίζει την εμφύτευση. Η εκλυτική ορμόνη της κορτικοτροπίνης (CRH), που παράγεται από την τροφοβλάστη και το φθαρτό (βλεννογόνο της μήτρας κατά την κύηση), επάγει την έκφραση της FasL (προ-αποπτωτική κυτοκίνη) στα κύτταρα της μήτρας και στους πρώιμους εμβρυϊκούς ιστούς. Η FasL συνδέεται με τον υποδοχέα Fas της επιφάνειας των λεμφοκυττάρων, τα οποία έχουν ενεργοποιηθεί από την παρουσία του εμβρύου στην περιοχή της εμφύτευσης. Η απόπτωση των κυττάρων αυτών δημιουργεί μια τοπική ανοσοκαταστολή και συνεπώς ολοκληρώνεται με επιτυχία η εμφύτευση. Η συνθετική ουσία Antalarmin, ανταγωνιστής της CRH, χορηγείται για τη διακοπή της εγκυμοσύνης με φαρμακευτικό τρόπο.

Η δεύτερη εβδομάδα της ανάπτυξης

Τα κύρια γεγονότα της 2ης εβδομάδας της ανάπτυξης είναι: 1. Πλήρης εμφύτευση της βλαστοκύστης (τέλος 2ης εβδομάδας), 2. Εμφάνιση των πρωτογενών λαχνών στην τροφοβλάστη και 3. Ανάπτυξη της αρχικής γραμμής(ταινίας). Ειδικότερα, η

εμβρυοβλάστη χωρίζεται σε δύο στιβάδες: την επιβλάστη και την υποβλάστη. Η κοιλότητα της βλαστοκύστης αναδιοργανώνεται 2 φορές, επενδύομενη από κύτταρα της υποβλάστης και σχηματίζεται ο αρχέγονος λεκιθικός ασκός και, αργότερα, ο οριστικός λεκιθικός ασκός, ο οποίος παραμένει λειτουργικός έως την 4η βδομάδα.

Η τροφοβλάστη διαφοροποιείται σε δύο στιβάδες, τη συγκυτιοτροφοβλάστη και την κυτταροτροφοβλάστη. Εμφανίζεται η αμνιακή κοιλότητα επάνω από την επιβλάστη και η χοριακή ή εξωεμβρυϊκό κοίλωμα. Κύτταρα (αμνιοβλάστες) από την επιβλάστη σχηματίζουν την αμνιακή μεμβράνη και το εξωεμβρυϊκό μεσόδερμα χωρίζεται σε 2 στιβάδες, μεταξύ των οποίων αναπτύσσεται η χοριακή κοιλότητα. Το εξωεμβρυϊκό κοίλωμα περιβάλλει το λεκιθικό ασκό και την αμνιακή κοιλότητα, εκτός από το σημείο όπου ο εμβρυϊκός δίσκος συνδέεται με την τροφοβλάστη στον συνδετικό μίσχο.

Την 9η ημέρα δημιουργείται το σύστημα των κοιλοτήτων στην τροφοβλάστη, η οποία εισδύει βαθύτερα στο ενδομήτριο και προκαλεί διάβρωση των μητρικών τριχοειδών. Οι κοιλότητες συνεχονται με τα τριχοειδή και μητρικό αίμα εισέρχεται στο δίκτυο των κοιλοτήτων. Εγκαθίσταται, έτσι, η μητροπλακουντική κυκλοφορία, με την οποία το αίμα του εμβρύου και το αίμα της μητέρας, που ρέουν μέσα στον πλακούντα, έρχονται σε στενή επαφή και ανταλλάσσουν αέρια και μεταβολίτες με διάχυση.

Η τρίτη εβδομάδα της ανάπτυξης

Το κύριο γεγονός της 3ης εβδομάδας είναι η γαστριδίωση, η οποία αφορά σε εκτεταμένες μορφογενετικές κινήσεις για το σχηματισμό των τριών βλαστικών δερμάτων (εξώδερμα, μεσόδερμα, ενδόδερμα) (τρίστιβο έμβρυο) από τα οποία θα προέλθουν όλοι οι ιστοί και τα όργανα του εμβρύου.

Αποτέλεσμα της γαστριδίωσης είναι η δημιουργία των τριών βασικών αξόνων του σώματος του εμβρύου, δηλαδή του κεφαλοουραίου (κεφαλή/ουρά), του προσθιοπίσθιου (ράχη/κοιλία), και του πλάγιου (δεξιός/αριστερός) και της αμφοτερόπλευρης συμμετρίας αυτού. Με τη διεργασία αυτή αρχίζει ουσιαστικά η δημιουργία προτύπων για τη διαμόρφωση του σχήματος του σώματος. Δηλαδή, σε διαφορετικές θέσεις, των φαινομενικά ομογενών βλαστικών δερμάτων, διαφοροποιούνται, κατά μήκος αυτών των αξόνων, κύτταρα κατάλληλα για τη συγκεκριμένη θέση. Από αυτά θα προέλθουν, για παράδειγμα, στο κεφαλικό άκρο του εξωδέρματος, ο εγκέφαλος και στο ουραίο ο νωτιαίος μυελός, ενώ από τα αντίστοιχα άκρα του παραξονικού μεσοδέρματος, παράλληλα προς τη μέση γραμμή θα δημιουργηθούν οι σωμίτες και από αυτούς οι σπόνδυλοι και οι μύες του κορμού και των άκρων καθώς και το χόριο του δέρματος.

Αναπτύσσεται, επίσης, η αρχέγονη καρδιά και τα μεγάλα αγγεία από μεσεγχυματικά κύτταρα στην καρδιογόνο περιοχή, εμπρός από την προχορδιαία

πλάκα. Στην αρχή της 3ης εβδομάδας, τα μεσοδερματικά κύτταρα στο σπλαχνικό μεσόδερμα του τοιχώματος του λεκιθικού ασκού διαφοροποιούνται σε κύτταρα του αίματος και αιμαγγεία. Συγχρόνως, κύτταρα του αίματος και τριχοειδή αναπτύσσονται στο εξωεμβρυϊκό μεσόδερμα των στελεχιαίων λαχνών και του συνδετικού μίσχου. Τα εξωεμβρυϊκά αγγεία αποκαθιστούν επαφή με τα ενδοεμβρυϊκά αγγεία και έτσι το έμβρυο συνδέεται με τον πλακούντα. Όταν η καρδιά αρχίζει να χτυπά, την 21η ημέρα της ανάπτυξης, το σύστημα των λαχνών είναι έτοιμο να εφοδιάσει το έμβρυο με τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά και το οξυγόνο.

Την ίδια περίοδο αρχίζει και ο σχηματισμός του νευρικού σωλήνα, ο οποίος αποτελεί την καταβολή του κεντρικού νευρικού συστήματος, από μία εξωδερματική πάχυνση, τη νευρική πλάκα, κατά μήκος της μέσης γραμμής.

Η μορφογένεση των βλαστικών δερμάτων

Κατά το σχηματισμό του γαστριδίου παρατηρείται έντονη κυτταρική κινητικότητα (μορφογενετικές κινήσεις) και ο δίστιβος εμβρυϊκός δίσκος ανασχηματίζεται. Διαχωρίζονται τα τρία βλαστικά δέρματα και αρχίζει η διαφοροποίηση των εμβρυϊκών ιστών. Από την ανάλυση των κυτταρικών σειρών και τη μελέτη τερατωμάτων της ιεροκοκυγγικής χώρας φαίνεται ότι η επιβλάστη είναι ο πρόδρομος όλων των οριστικών δομών του εμβρύου καθώς και του εξωεμβρυϊκού αμνίου, του μεσοδέρματος του λεκιθικού ασκού και της αλλαντοΐδας.

Η γαστριδίωση αρχίζει με την ανάπτυξη της αρχικής ταινίας στην επιφάνεια της επιβλάστης. Στο έμβρυο του ποντικού η αρχική ταινία σχηματίζεται στις 6,5 ημέρες μετά τη γονιμοποίηση. Η διεργασία στην ουσία συμπληρώνεται στις 7,5 ημέρες όταν ο τριπέταλος εμβρυϊκός δίσκος αποτελείται από δύο επιθήλια, το εξώδερμα και το ενδόδερμα και μία μεσεγχυματική στιβάδα μεσοδέρματος. Αυτό επιτυγχάνεται με την εγκόλπωση των κυττάρων της επιβλάστης στην αρχική ταινία. Ορισμένα κύτταρα απωθούν την υποβλάστη και οργανώνονται σχηματίζοντας το ενδόδερμα ενώ άλλα κατανέμονται μεταξύ επιβλάστης και ενδοδέρματος και σχηματίζουν το μεσόδερμα. Ο κυτταρικός πληθυσμός που παραμένει στη στιβάδα της επιβλάστης διαφοροποιείται σε εξώδερμα. Συνεπώς, για να δημιουργηθούν τα τρία βλαστικά δέρματα από την επιβλάστη θα πρέπει να ολοκληρωθεί η ακόλουθη σειρά μορφογενετικών επεισοδίων: 1) Οργάνωση της εμβρυοβλάστης και σχηματισμός της επιβλάστης, 2) Διαφοροποίηση της στιβάδας της υποβλάστης, αμέσως μετά την εμφύτευση και πριν από την έναρξη της γαστριδίωσης, 3) Εγκόλπωση των κυττάρων της επιβλάστης δια μέσου της αρχικής ταινίας και ργάνωση αυτών σε μεσοδερματική στιβάδα, 4) Αντικατάσταση της υποβλάστης από κύτταρα που προέρχονται από την επιβλάστη.

Συνεπώς, όλοι οι ιστοί του εμβρύου προέρχονται από την επιβλάστη. Αυτό εξηγείται από την ευρεία ιστογενετική ικανότητα που παρουσιάζουν τα κύτταρα της

επιβλάστης όταν διαφοροποιούνται σε τερατώματα ή σε πειραματικές χίμαιρες, οι οποίες δημιουργούνται με μεταμόσχευση τέτοιων κυττάρων. Και στις δύο περιπτώσεις, η επιβλάστη αντιδρά ως πολυδύναμος ιστός που παράγει και τα τρία βλαστικά δέρματα.

Παρακολουθώντας την πορεία ανάπτυξης συγκεκριμένων κυτταρικών κλώνων διαπιστώνεται ότι οι κυτταρικοί πληθυσμοί από τους οποίους θα προέλθουν οι κύριοι τύποι ιστών έχουν ήδη διαχωριστεί στην επιβλάστη και εντοπίζονται, μάλιστα, σε συγκεκριμένες θέσεις. Η εξέταση εμβρύων πτηνών με το σαρωτικό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο αποκαλύπτει διαφορές στην επιφάνεια των κυττάρων της επιβλάστης, ανάλογες της θέσης τους. Τα κύτταρα της οπίσθιας και μέσης επιβλάστης δεν έχουν μικρολάχνες αλλά είναι πλούσια σε σφαιρικές προσεκβολές και σε κυστίδια. Τα κύτταρα αυτά προορίζονται για τη νευρική πλάκα, το μεσόδερμα και το ενδόδερμα. Αντίθετα, τα κύτταρα που προορίζονται για τους εξωεμβρυϊκούς ιστούς φέρουν άφθονες μικρολάχνες. Επομένως, ένας από τους στόχους της γαστριδίωσης είναι ο καταμερισμός των κυτταρικών πληθυσμών στα αντίστοιχα βλαστικά δέρματα. Αυτό επιτυγχάνεται με μετακίνηση των πρόδρομων κυττάρων από την επιβλάστη μέσα από την αρχική ταινία και την ανασυγκρότηση τους στις στιβάδες του μεσοδέρματος και του ενδοδέρματος.

Οι μορφογενετικές κινήσεις, κατά το σχηματισμό του γαστριδίου, είναι συγκεκριμένες και με φορά προς την αρχική ταινία. Τα κύτταρα της επιβλάστης συγκλίνουν προς την περιοχή της αρχικής ταινίας και όσα προορίζονται να γίνουν μεσοδερματικά, εγκολπώνονται και διασπείρονται προς τα εμπρός και πλάγια, κάτω από τη βασική επιφάνεια των κυττάρων της επιβλάστης. Συνεπώς, η παροχή πληροφοριών για τη δημιουργία ειδικών αξόνων κίνησης των κυττάρων της επιβλάστης, μετά την εγκόλπωσή τους στην αρχική ταινία, είναι βασικό προαπαιτούμενο για την έναρξη της γαστριδίωσης.

Ο πρωτογενής άξονας του σώματος καθορίζεται στα αμφίβια από την ασύμμετρη κατανομή των κυτταροπλασματικών συστατικών του ωαρίου, στα πτηνά από την επαγωγική αλληλεπίδραση των ιστών και στα τρωκτικά του εργαστηρίου από τη θέση της βλαστοκύστης κατά τη στιγμή της εμφύτευσης. Από λεπτομερείς ιστολογικές αναλύσεις αποκαλύπτεται ότι η βλαστοκύστη εμφυτεύεται, συνήθως, στο τοίχωμα της μήτρας, ασύμμετρα σε σχέση προς τον εμβρυϊκό-αντεμβρυϊκό άξονά της. Η πρώτη αυτή επαφή, που θεωρείται ότι δείχνει τη μελλοντική πλάγια όψη του εμβρύου επαρκεί, εν μέρει, για τον καθορισμό του προσθιοπίσθιου άξονα.

Η ειδική διαφοροποίηση των τριών βλαστικών δερμάτων αρχίζει από τα μέσα της 3ης εβδομάδας, στο κεφαλικό άκρο του εμβρύου, ενώ στο ουραίο άκρο αυτό γίνεται μετά το τέλος της 4ης εβδομάδας. Τότε, η αρχική ταινία εκφυλίζεται αλλά είναι δυνατόν να παραμείνουν υπολείμματα της στην ιεροκοκκυγική περιοχή. Οι ομάδες αυτές των πολυδύναμων κυττάρων πολλαπλασιάζονται και σχηματίζουν όγκους, τα

ιεροκοκκυγικά τερατώματα, στα οποία απαντώνται ιστοί προερχόμενοι και από τα τρία βλαστικά δέρματα. Η συχνότητα εμφάνισης αυτών των όγκων είναι 1:37,000.

Διαταραχές της γαστριδίωσης μπορεί να προκληθούν από γενετικούς και τερατογόνους παράγοντες. Η ουραία δυσγενεσία (σειρηνομελία) είναι το σύνδρομο της ανεπαρκούς ανάπτυξης του μεσοδέρματος της ουραίας περιοχής του εμβρύου. Δεδομένου ότι το μεσόδερμα αυτό συμμετέχει στην ανάπτυξη των κάτω άκρων, του ουρογεννητικού συστήματος (διάμεσο μεσόδερμα) και των οσφυοϊερών σπονδύλων παρατηρούνται διαμαρτίες ανάπτυξης όλων αυτών των δομών και συνυπάρχουν με ατρησία του πρωκτού και καρδιαγγειακές ανωμαλίες.

Η πρώιμη εμβρυϊκή περίοδος

Τα γεγονότα της 3ης εβδομάδας προετοιμάζουν το έδαφος για την περίοδο της οργανογένεσης, που διαρκεί από την 4η έως την 8η εβδομάδα της ανάπτυξης (στον όρο ανάπτυξη περιλαμβάνονται οι έννοιες αύξηση και διαφοροποίηση). Κατά την περίοδο αυτή, η οποία είναι γνωστή και ως πρώιμη εμβρυϊκή περίοδος, σχηματίζονται οι διάφοροι ιστοί και τα όργανα. Στο τέλος της πρώιμης εμβρυϊκής περιόδου έχουν σχηματιστεί τα κύρια συστήματα του οργανισμού, το σχήμα του εμβρύου αλλάζει και αναγνωρίζονται τα χαρακτηριστικά της εξωτερικής μορφολογίας του σώματος.

Από το εξώδερμα παράγονται τα όργανα που διατηρούν την επαφή του οργανισμού με το εξωτερικό περιβάλλον. Ειδικότερα, τα παράγωγα είναι: το κεντρικό νευρικό σύστημα, το περιφερικό νευρικό σύστημα, το αισθητικό επιθήλιο του ωτός, της ρινός και του οφθαλμού, η επιδερμίδα, τα νύχια, οι τρίχες, οι υποδόριοι αδένες και οι μαζικοί αδένες, η υπόφυση και η αδαμαντίνη ουσία των δοντιών. Η διεργασία της νευριδίωσης, δηλαδή του σχηματισμού του νευρικού σωλήνα, αρχίζει την 22η ημέρα στο επίπεδο των 5 πρώτων σωματιών (4 ινιακοί και 1 αυχενικός) και εξελίσσεται προς το κεφαλικό και το ουραίο άκρο του εμβρύου. Στα δύο άκρα, ο νευρικός σωλήνας παραμένει προσωρινά ανοιχτός προς την αμνιακή κοιλότητα, μέσω του πρόσθιου και του οπίσθιου νευροπόρου. Ο πρώτος, κλείνει την 25η ημέρα (στάδιο 18-20 σωματιών) ενώ ο δεύτερος κλείνει την 27η ημέρα (στάδιο των 25 σωματιών). Τότε, το κεντρικό νευρικό σύστημα σχηματίζει μία κλειστή σωληνώδη δομή, με ένα στενό ουραίο τμήμα, το νωτιαίο μυελό και ένα ευρύ κεφαλικό τμήμα, που χαρακτηρίζεται από τα διατεταμένα εγκεφαλικά κυστίδια.

Το μεσόδερμα διαφοροποιείται σε παραξονικό, από το οποίο σχηματίζονται οι σωμίτες, σε διάμεσο, από το οποίο προέρχεται το ουρογεννητικό σύστημα και σε πλάγιο πέταλο, από το οποίο δημιουργείται το σωματοπλευρικό και το σπλαχνοπλευρικό μεσόδερμα. Τα παράγωγα των σωματιών είναι τα ακόλουθα: από τα 4 ινιακά ζεύγη προέρχονται το ινιακό τμήμα του κρανίου, τα οστά γύρω από την μύτη, τους οφθαλμούς και το έσω ους, οι έξω οφθαλμικοί μύες και οι μύες της γλώσσας.

Από τα 8 αυχενικά ζεύγη το 1ο συμβάλλει στην ανάπτυξη του ινιακού οστού ενώ από τα υπόλοιπα προέρχονται οι αυχενικοί σπόνδυλοι, οι μύες και μέρος του χορίου του δέρματος του τραχήλου. Από τα 12 θωρακικά ζεύγη σχηματίζονται οι θωρακικοί σπόνδυλοι, οι μύες και τα οστά του θωρακικού τοιχώματος, μέρος του χορίου του δέρματος του θώρακα και μέρος του κοιλιακού τοιχώματος. Κύτταρα από τους αυχενικούς και τους θωρακικούς σωμαίτες εξελίσσονται και παράγουν τους σκελετικούς μύες των άνω άκρων. Από τα 5 οσφυϊκά ζεύγη σωμαίων παράγονται το χόριο του δέρματος της κοιλιάς, οι κοιλιακοί μύες, οι οσφυϊκοί σπόνδυλοι και οι μύες των κάτω άκρων. Από τα 5 ιερά ζεύγη σωμαίων παράγονται το ιερόν οστόν, το χόριο του δέρματος και οι μύες της ιερής χώρας ενώ από τα 3 κοκκυγικά ζεύγη δημιουργείται ο κόκκυγας.

Συνεπώς, τα παράγωγα του μεσοδέρματος διακρίνονται σε ινοκολλαγονώδη, χονδρικό, οστίτη και μυϊκό ιστό, κύτταρα του αίματος, τοιχώματα της καρδιάς, των αιμοφόρων αγγείων και λεμφαγγείων, νεφρούς, γονάδες και αντίστοιχους πόρους, φλοιώδη μοίρα των επινεφριδίων και σπλήνα.

Από το ενδόδερμα παράγεται η επιθηλιακή επένδυση του αρχέγονου εντέρου και τα ενδοεμβρυϊκά τμήματα της αλλαντοΐδας και του λεκιθικού ασκού, η επιθηλιακή επένδυση του αναπνευστικού συστήματος, το παρέγχυμα του θυρεοειδούς και των παραθυρεοειδών αδένων, του ήπατος και του παγκρέατος, το δικτυωτό στρώμα των αμυγδαλών και του θύμου αδένου, το επιθήλιο της ουροδόχου κύστεως και της ουρήθρας, το επιθήλιο της τυμπανικής κοιλότητας και της ευσταχιανής σάλπιγγας.

Η όψιμη εμβρυϊκή περίοδος

Η όψιμη εμβρυϊκή περίοδος, η οποία εκτείνεται από το τέλος της 8ης εβδομάδας μέχρι τη γέννηση (περί την 38η εβδομάδα), χαρακτηρίζεται από την ωρίμανση των ιστών και των οργάνων και την ταχεία αύξηση του σώματος. Το βάρος του εμβρύου αυξάνει από 8gm, που ζυγίζει την 8η εβδομάδα, σε περίπου 3.200 gm, κατά τη γέννηση. Η αύξηση του βάρους γίνεται, κυρίως, κατά το τρίτο τρίμηνο ενώ η αύξηση του μήκους του εμβρύου γίνεται στο δεύτερο τρίμηνο. Μία από τις χαρακτηριστικές μεταβολές που παρατηρείται κατά την περίοδο αυτή είναι η επιβράδυνση στην αύξηση της κεφαλής σε σχέση με το υπόλοιπο σώμα. Στην αρχή του 3ου μήνα η κεφαλή αντιπροσωπεύει το μισό του βρεγματουρικού μήκους του εμβρύου, δηλαδή του καθιστού ύψους του, ενώ κατά τη γέννηση αντιπροσωπεύει το ένα τέταρτο αυτού.

Παρά το γεγονός ότι την 8η εβδομάδα όλα τα οργανικά συστήματα είναι ήδη παρόντα, πολύ λίγα είναι λειτουργικά. Εξαιρεση αποτελεί η καρδιά και τα αιμοφόρα αγγεία στα οποία κυκλοφορεί αίμα από την 4η εβδομάδα. Ωστόσο, η λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος δεν είναι πλήρης πριν από τον 3ο μήνα.