

Πυρήνες οστέωσης παιδικού σκελετού. Χρόνοι εμφάνισης.

Κωτούλα Αγορίτσα, Ιατρος ακτινολόγος, Επιμελήτρια Β΄

• Ακτινολογικό Εργαστήριο Νοσοκομείου Α.Ν.Θ. ΘΕΑΓΕΝΕΙΟ, Θεσ/νίκης

Τα οστά σχηματίζονται με δύο τρόπους:

Α) με την **άμεση ή υμενογενή οστέωση** και β) με την **έμμεση ή χονδρογενή οστέωση**. Όμως υπάρχουν αρκετά οστά, που συνδυάζουν και τους δύο τρόπους όπως π.χ η ωμοπλάτη, τα οστά της λεκάνης, οι σπόνδυλοι κ.τ.λ. Για παράδειγμα (εικόνα 1), στο σπόνδυλο με χονδρογενή οστέωση (κόκκινο χρώμα), αναπτύσσονται οι άνω και κάτω επιφυσιακές πλάκες, το οπίσθιο τμήμα του σώματος καθώς και τμήματα του αυχένα και του τόξου, ενώ με μπλέ απεικονίζονται τα σημεία που σχηματίζονται με υμενογενή οστέωση.

Στην υμενογενή οστέωση δημιουργείται οστίτης ιστός απευθείας από τα μεσεγχευματικά κύτταρα (π.χ. τα οστά του θόλου του κρανίου και τα περισσότερα οστά του προσωπικού κρανίου, με εξαίρεση τον κόνδυλο της κάτω γνάθου, τα οστά της βάσεως του κρανίου καθώς και οι άνω ημικύκλιοι

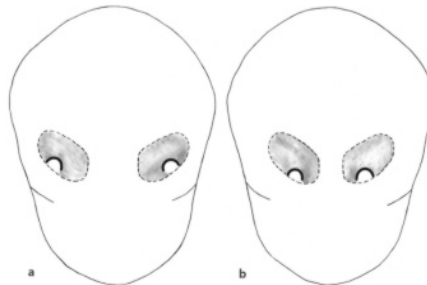
κλιοι σωλήνες του έσω ωτός). Αυτός είναι ο λόγος που στην αχονδροπλασία όπου υπάρχει διαταραχή της χονδρογενούς οστέωσης παρατηρούμε στένωση του ινιακού και σφαγιτιδικού τρήματος, υποπλασία του κονδύλου της γνάθου καθώς και σύγκλιση των άνω ημικύκλιων σωλήνων προς τη μέση γραμμή (εικόνα 2).

Στη χονδρογενή οστέωση (π.χ. τα μακρά οστά) προηγείται η διάπλαση του χόνδρινου σκελετού που αντικαθίσταται από οστίτη ιστό, διαδικασία που ξεκινά από τους πυρήνες οστέωσης. Υπάρχουν δύο ειδών πυρήνες οστέωσης: Οι πρωτογενείς και δευτερογενείς.

Ο πρωτογενής πυρήνας οστέωσης αποτελεί την πρώτη περιοχή που ξεκινά η οστεοποίηση. Εμφανίζεται συνήθως στην εμβρυϊκή ηλικία στο κεντρικό τμήμα του κάθε οστού (στα μακρά και βραχέα οστά στη διάφυση, ενώ στα πλατιά οστά στο σώ-



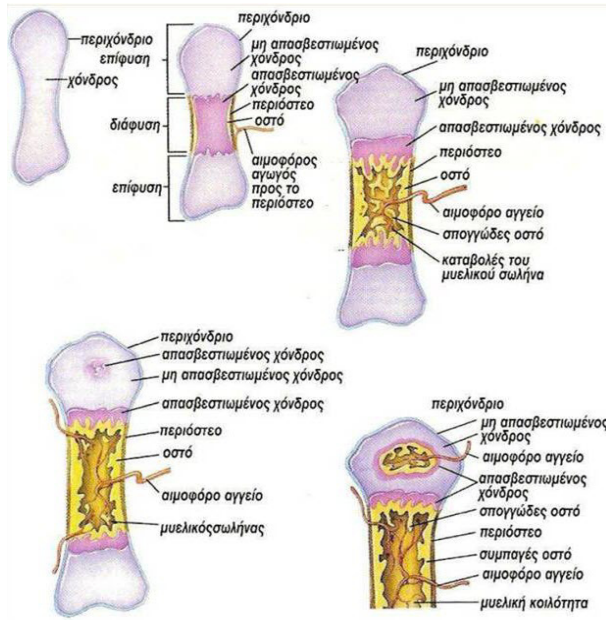
Εικ. 1



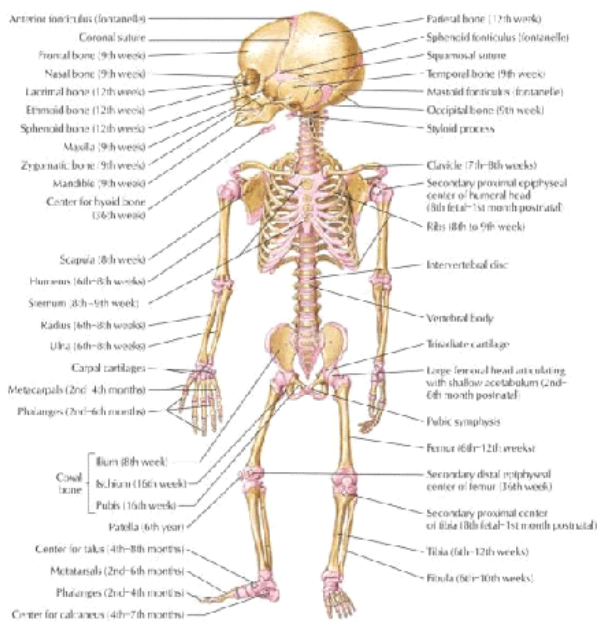
Εικ. 2

Εικ. 1. Οστέωση σπονδύλου.

Εικ. 2. Άνω ημικύκλιοι σωλήνες σε α) φυσιολογικό και β) αχονδροπλαστικό σκελετό.



Εικ.3. Χονδρογενής οστέωση.



Εικ.4. Χρόνοι εμφάνισης κυριότερων πυρήνων οστέωσης.

μα). Τα περισσότερα οστά έχουν ένα πρωτογενή πυρήνα οστέωσης. Εξαιρέση αποτελούν π.χ. οι σπόνδυλοι και το ισχίο, όπου αναπτύσσονται πολλαπλοί.

Τα χονδροκύτταρα συσσωρεύονται στο σημείο που θα σχηματισθεί ο πρωτογενής πυρήνας, διατάσσονται σε σειρά και αυξάνονται σε μέγεθος.

Στη συνέχεια, διακόπτεται η παραγωγή κολλαγόνου και πρωτεογλυκανών, ενώ αρχίζει η έκκριση αλκαλικής φωσφατάσης. Το υπόστρωμα αυξάνεται σε πυκνότητα, αρχίζει να επασβεστώνεται και τα κύτταρα απομακρύνονται μεταξύ τους δημιουργώντας κενά- κοιλότητες, οι οποίες στη συνέχεια θα συνενωθούν και θα δημιουργηθεί ο μυελός. Η έκκριση από τα κύτταρα του αγγειακού ενδοθηλιακού αυξητικού παράγοντα οδηγεί στη δημιουργία αγγείωσης που θρέφει πλέον τα οστά (εικόνα 3).

Ο δευτερογενής πυρήνας εμφανίζεται μετά τον πρωτογενή, συνήθως στη βρεφική ή ακόμη και στην εφηβική ηλικία. Η πλειοψηφία των οστών έχουν περισσότερο από έναν δευτερογενή πυρήνα. Στα μακρά οστά ο πυρήνας αναπτύσσεται στις δύο επιφύσεις. Η διαδικασία σχηματισμού του είναι παρόμοια με του πρωτογενή, με τη διαφορά ότι δε δημιουργούνται κενά-κοιλότητες μετά το σχηματισμό του οστίτη ιστού.

Ο συζευκτικός χόνδρος, δηλαδή ο χόνδρος που βρίσκεται μεταξύ πρωτογενούς και δευτερογενούς πυρήνα, συνεχίζει να αποτελεί πηγή παραγωγής νέου χόνδρου, που αντικαθίσταται στη συνέχεια από οστίτη ιστό. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι την αντικατάσταση του ίδιου από οστίτη ιστό. Στο εικοστό-πρώτο έτος περίπου, συντελείται η πλήρης οστική ωρίμανση και η σύγκλιση όλων των επιφύσεων. Η συμμετοχή των επιφύσεων στην κατά μήκος ανάπτυξη των μακρών οστών είναι άνιση, π.χ. οι επιφύσεις κοντά στον αγκώνα έχουν μικρότερη συμμετοχή σε αντίθεση με αυτές κοντά στο γόνατο που έχουν αυξημένη.

Οι περισσότεροι πυρήνες οστέωσης εμφανίζονται πριν από τη γέννηση (εικόνα 4).

Η γνώση ότι ο πυρήνας οστέωσης της πτέρνας εμφανίζεται κατά μέσο όρο στην 23^η εμβρυϊκή εβδομάδα, του αστραγάλου στην 26^η και της κατώτερης επίφυσης του μηριαίου στην 33^η, βοηθά στον προσδιορισμό της ωρίμανσης του εμβρύου. Επίσης, η εμφάνιση του πυρήνα οστέωσης στην κάτω επίφυση του μηριαίου, στην άνω επίφυση της κνήμης και στο κυβοειδές, είναι σημεία τελειώμενου εμβρύου.

Τελευταίος εμφανίζεται ο δευτερογενής πυρήνας οστέωσης στην έσω επίφυση της κλείδας (18-21 έτος).

Στους πίνακες 1 και 2 παρουσιάζονται οι χρόνοι εμφάνισης των κυριότερων μετά τη γέννηση πυρήνων οστέωσης σε αγόρια και κορίτσια.

OSSIFICATION CENTER	PERCENTILES*					
	Boys			Girls		
	5th	50th	95th	5th	50th	95th
Head of humerus	37g	2w	4m	37g	2w	3m3
Proximal epiphysis of tibia	34g	2w	5w	34g	1w	2w
Coracoid process of scapula	37g	2w	4m2	37g	2w	5m
Cuboid of tarsus	37g	3w	3m3	37g	3w	2m
Capitate of carpus		3m	7m		2m	7m
Hamate of carpus	2w	3m3	10m	2w	2m1	7m
Capitulum of humerus	3w	4m1	13m	3w	3m	5m1
Head of femur	3w	4m1	7m3	2w	4m	7m2
Third cuneiform of tarsus	3w	5m2	19m		2m3	14m3
Greater tubercle of humerus	3m	7m1	2y4	2m2	6m1	13m3
Primary center, middle segment of 5th toe		12m2	3y10		9m	2y1
Distal epiphysis of radius	6m2	12m1	2y4	4m3	10m	20m2
Epiphysis, distal segment of 1st toe	8m2	12m3	2y1	4m3	9m2	20m1
Epiphysis, middle segment of 4th toe	5m	14m3	2y11	5m	11m	3y
Epiphysis, proximal segment of 3d finger	8m1	16m2	2y5	5m	10m1	19m2
Epiphysis, middle segment of 3d toe	5m	17m	4y3	2m3	12m1	2y9
Epiphysis, proximal segment of 2d finger	8m2	17m	2y2	5m	10m2	18m3
Epiphysis, proximal segment of 4th finger	8m3	18m	2y5	5m	11m	20m
Epiphysis, distal segment of 1st finger	9m	17m1	2y8	5m	12m	20m3
Epiphysis, proximal segment of 3d toe	11m	19m	2y6	6m1	12m3	22m3
Epiphysis of 2d metacarpal	11m1	19m2	2y10	7m3	13m	20m1
Epiphysis, proximal segment of 4th toe	11m2	19m3	2y8	7m2	15m	2y1
Epiphysis, proximal segment of 2d toe	11m3	21m	2y8	7m3	14m2	2y1
Epiphysis of 3d metacarpal	12m	21m2	3y	8m	13m2	23m1
Epiphysis, proximal segment of 5th finger	12m1	22m1	2y10	8m	14m2	2y1
Epiphysis, middle segment of 3d finger	12m1	2y	3y4	7m3	15m2	2y4
Epiphysis of 4th metacarpal	13m	2y	3y7	9m	15m2	2y2
Epiphysis, middle segment of 2d toe	10m3	2y1	4y1	6m	14m1	2y3
Epiphysis, middle segment of 4th finger	12m	2y1	3y3	7m3	15m	2y5
Epiphysis of 5th metacarpal	15m1	2y2	3y10	10m2	16m2	2y4
First cuneiform of tarsus	10m3	2y2	3y9	6m	17m1	2y10
Epiphysis of 1st metatarsal	16m3	2y2	3y1	11m3	19m	2y3
Epiphysis, middle segment of 2d finger	15m3	2y2	3y4	8m	17m2	2y7
Epiphysis, proximal segment of 1st toe	17m2	2y4	3y4	10m3	18m3	2y5
Epiphysis, distal segment of 3d finger	15m3	2y5	3y9	8m3	17m3	2y8
Triquetrum of carpus	6m	2y5	5y6	3m2	20m2	3y9
Epiphysis, distal segment of 4th finger	16m2	2y5	3y9	8m3	18m1	2y10
Epiphysis, proximal segment of 5th toe	18m2	2y6	3y8	11m3	20m3	2y8
Epiphysis of 1st metacarpal	17m2	2y7	4y4	11m	19m1	2y8
Second cuneiform of tarsus	14m2	2y8	4y3	9m3	21m3	3y
Epiphysis of 2d metatarsal	23m1	2y10	4y4	14m3	2y2	3y5
Greater trochanter of femur	23m	3y	4y4	11m2	22m1	3y
Epiphysis, proximal segment of 1st finger	22m1	3y	4y7	11m1	20m2	2y10
Navicular of tarsus	13m2	3y	5y5	9m1	23m1	3y7
Epiphysis, distal segment of 2d finger	21m3	3y2	5y	12m3	2y8	3y4
Epiphysis, distal segment of 5th finger	2y1	3y4	5y	12m	23m3	3y6
Epiphysis, middle segment of 5th finger	23m1	3y5	5y10	10m3	23m3	3y7
Proximal epiphysis of fibula	22m2	3y6	5y3	16m	2y7	3y11
Epiphysis of 3d metatarsal	2y4	3y6	5y	17m1	2y6	3y8
Epiphysis, distal segment of 5th toe	2y4	3y11	6y4	14m1	2y4	4y1
Patella of knee	2y6	4y	6y	17m3	2y6	4y
Epiphysis of 4th metatarsal	2y11	4y	5y9	21m1	2y10	4y1
Lunate of carpus	18m2	4y1	6y9	13m	2y8	5y6
Epiphysis, distal segment of 3d toe	3y	4y4	6y2	16m2	2y9	4y1
Epiphysis of 5th metatarsal	3y1	4y5	6y4	2y1	3y3	4y11
Epiphysis, distal segment of 4th toe	2y11	4y5	6y5	16m2	2y7	4y1
Epiphysis, distal segment of 2d toe	3y3	4y8	6y9	18m	2y11	4y6
Capitulum of radius	3y	5y3	8y	2y3	3y11	6y3
Scaphoid of carpus	3y7	5y8	7y10	2y4	4y1	6y
Greater multangular of carpus	3y7	5y11	8y	23m1	4y1	6y4
Lesser multangular of carpus	3y1	6y3	8y6	2y5	4y2	6y
Medial epicondyle of humerus	6y3	6y3	8y5	2y1	3y5	6y1
Distal epiphysis of ulna	6y3	7y1	9y1	3y4	5y5	7y8

Πιν.1. Χρόνος εμφάνισης πυρήνων οστέωσης.

OSSIFICATION CENTER	PERCENTILES*					
	Boys			Girls		
	5th	50th	95th	5th	50th	95th
Epiphysis of calcaneus	5y2	7y7	9y7	3y7	5y5	7y4
Olecranon of ulna	7y9	9y8	11y11	5y8	8y	9y11
Lateral epicondyle of humerus	9y3	11y3	13y8	7y2	9y3	11y3
Tubercle of tibia	9y11	11y10	13y5	7y11	10y3	11y10
Adductor sesamoid of 1st finger	11y	12y9	14y8	8y8	10y9	12y8
Acetabulum	11y11	13y7	15y4	9y7	11y6	13y5
Acromion	12y2	13y9	15y6	10y4	11y11	13y10
Epiphysis, iliac crest of hip	12y	14y	15y11	10y10	12y10	15y4
Accessory epiphysis, coracoid process of scapula	12y9	14y4	16y4	10y5	12y3	14y5
Ischial tuberosity	13y7	15y3	17y1	11y9	13y11	16y

*g = gestational week; w = week; m = month; y = year. Number following m or y refers to next smaller time unit (e.g., 9y4 = 9 years, 4 months).

From Garn SM, et al: Med Radiogr Photogr 1967;43:45-66, with permission.

Πιν.2. (συνέχεια) Χρόνος εμφάνισης πυρήνων οστέωσης.

Age (months)	Boys		Girls	
	Mean no.	SD	Mean no.	SD
1	4.11	1.41	4.58	1.76
3	6.63	1.86	7.78	2.16
6	9.61	1.95	11.44	2.53
9	11.88	2.66	15.36	4.92
12	13.96	3.96	22.40	6.93
18	19.27	6.61	34.10	8.44
24	29.21	8.10	43.44	6.65
30	37.59	7.40	48.91	6.50
36	43.42	5.34	52.73	5.48
42	47.06	5.26	56.61	3.98
48	51.24	4.59	57.94	3.91
54	53.94	4.35	59.89	3.36
60	56.24	4.07	61.52	2.69

Πιν.3. Πυρήνες οστέωσης ανάλογα με την ηλικία σε αγόρια και κορίτσια.

Στον πίνακα 3 φαίνεται ο αριθμός των πυρήνων οστέωσης της αριστερής πλευράς με βάση την ηλικία σε αγόρια και κορίτσια.

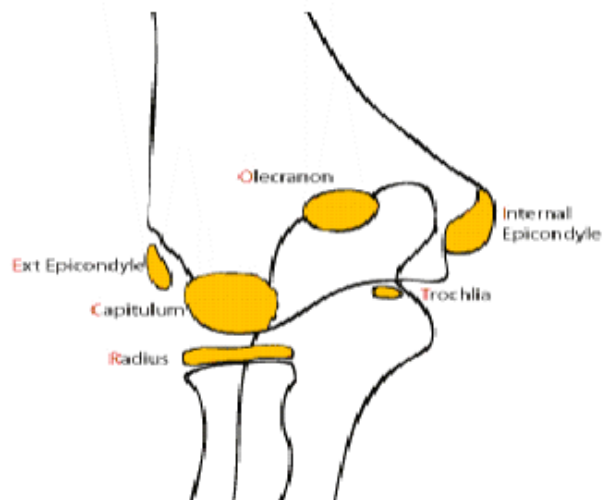
Επειδή ο αγκώνας έχει πολλούς δευτερογενείς πυρήνες οστέωσης που οστεοποιούνται σε διαφορετικές ηλικίες και είναι συχνά σημείο κάκωσης, έχει σημασία η γνώση του χρόνου εμφάνισης αυτών, που είναι με την εξής σειρά:

Κόνδυλος βραχιονίου	8 μήνες
Κεφαλή κερκίδας	3-4έτη
Εσω επικόνδυλος	5 έτη
Τροχιλία	7 έτη
Ωλέκραιο	9 έτη
Εξω επικόνδυλος	11 έτη

Υπάρχει μία μνημονική λέξη για να θυμόμαστε τη σειρά: **CRITOE**, που αντιστοιχεί σε **Capitellum**, **Radial head**, **Internal epicondyle**, **Trochlea**, **Olecranon**, **External epicondyle**.

Αν θυμόμαστε ότι ο χρόνος εμφάνισης του πρώτου πυρήνα είναι περίπου το πρώτο έτος και προσθέτουμε δύο χρόνια για κάθε πυρήνα, τότε το σχήμα δεν είναι πολύ μακριά από την πραγματικότητα.

Στην εικόνα 5 απεικονίζονται σχηματικά οι δευτερογενείς πυρήνες οστέωσης.



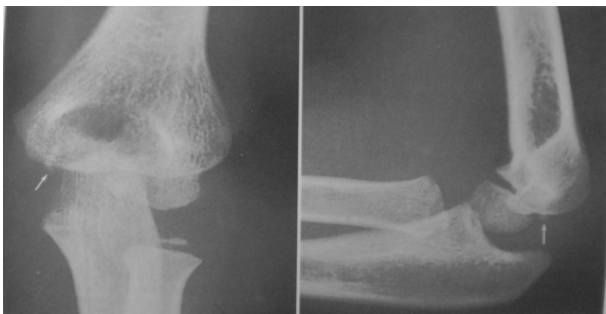
Εικ.5. Σχηματική παράσταση πυρήνων οστέωσης.

Στην εικόνα 6 απεικονίζονται οι πυρήνες του αγκώνα σε διάφορες ηλικίες.

Σε σπάνιες περιπτώσεις παρατηρούνται παραλλαγές στον χρόνο εμφάνισης ή στον αριθμό ή στη μορφολογία των πυρήνων. Ενδεικτικά θα αναφερθεί ένα παράδειγμα (εικόνα 7), όπου σε κορίτσι 6 ετών εμφανίστηκε πρώτα ο πυρήνας οστέωσης της τροχιλίας, πριν από τον πυρήνα του έσω



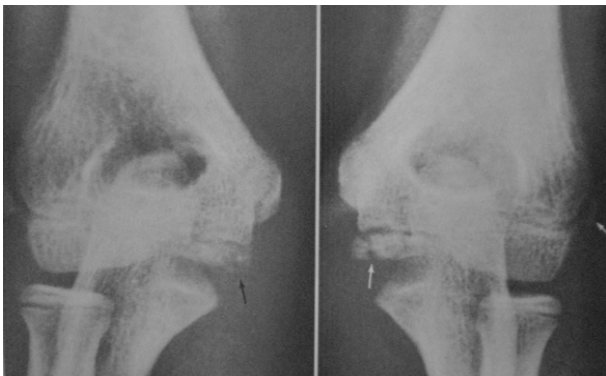
Εικ.6. Ακτινολογική απεικόνιση πυρήνων οστέωσης αγκώνα.



Εικ.7

επιπόνδυλου. Αν ο ακτινολόγος δεν είναι ενήμερος για αυτή την φυσιολογική παραλλαγή μπορεί να διαγνωστεί εσφαλμένα ως μικρό αποσπαστικό κάταγμα. Επίσης η μορφολογία των πυρήνων διαφέρει, μπορεί να εμφανίζονται κατακερματισμένες και μάλιστα με ασύμμετρο τρόπο, όπως στο παράδειγμα (εικόνα 8).

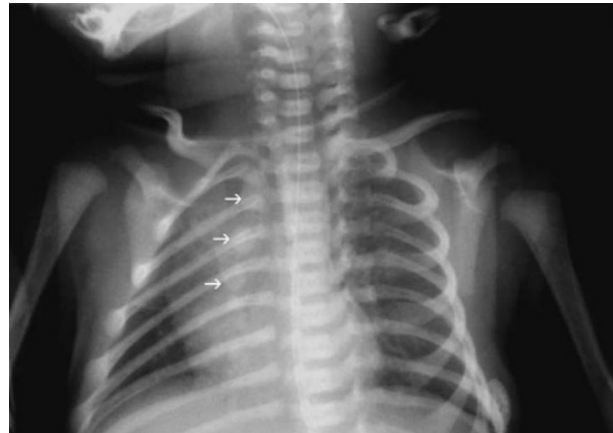
Σε αυτές τις περιπτώσεις η σύγκριση με την άλλη πλευρά είναι χρήσιμη. Να αναφερθεί ότι σε αντί-



Εικ.8

θεση με το κάταγμα, τα χείλη-άκρα στις παραλλαγές/ μη συνοστέωση των δευτερογενών πυρήνων είναι ομαλά, σκληρά με σαφή όρια και σε προβλέψιμες- αναμενόμενες θέσεις.

Στην εικόνα 9 απεικονίζονται οι πυρήνες οστέωσης των στερνικών άκρων των πλευρών

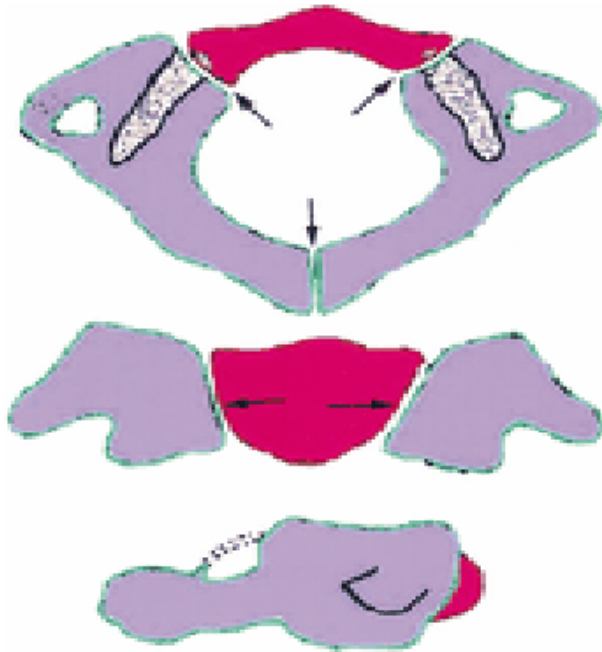


Εικ.9

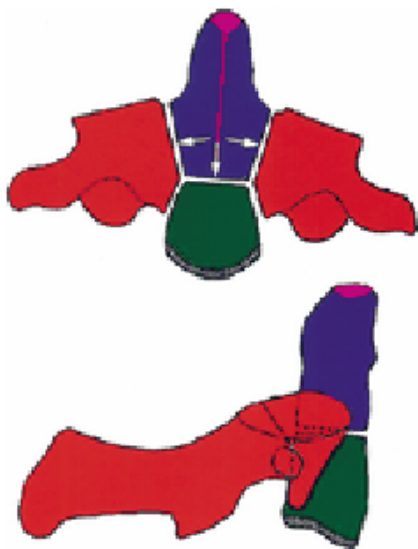
Η οστική ηλικία εκτιμάται από τον αριθμό και το μέγεθος των πυρήνων οστέωσης στο χέρι, πόδι, γόνατο, αγκώνα, λεκάνη, αλλά πιο συχνά χρησιμοποιείται η άκρα χείρα. Υπάρχουν πίνακες που απεικονίζουν την άκρα χείρα σε όλες τις χρονολογικές ηλικίες σε αγόρια και κορίτσια και συγκρίνοντας με την άκρα χείρα του εξεταζόμενου μπορούμε να συγκρίνουμε την οστική ηλικία σε σχέση με τη χρονολογική. Για παράδειγμα στην εικόνα 10, η άκρα χείρα αντιστοιχεί σε αγόρι 13 ½ ετών



Εικ.10



Εικ.11



Εικ.12

που έχει καθυστερημένη ήβη και συγκρίνοντας με την οστική ηλικία βλέπουμε ότι αντιστοιχεί σε ηλικία 11 ½ ετών. Το συμπέρασμα είναι ότι υπολλείται η οστική του ηλικία σε σχέση με τη χρονολογική σημαντικά.

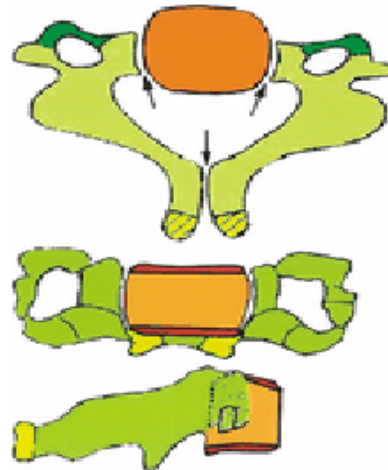
Ιδιαίτερη σημασία έχει ο τρόπος οστέωσης της αυχενικής μοίρας (ΑΜΣΣ).

Ο άτλαντας (Α1) έχει 3 πρωτογενείς πυρήνες, έναν για το πρόσθιο τόξο και 2 για τα νευρικά τόξα. Η συνένωση του προσθίου τόξου με τα νευρικά τόξα γίνεται συνήθως στο 7^ο έτος. Παραλλαγή

αποτελεί η μη ανάπτυξη του πυρήνα του προσθίου τόξου με αποτέλεσμα την πλήρη ή ατελή σύγκλιση των νευρικών τόξων μπροστά (εικόνα 11).

Ο άξονας έχει 4 πρωτογενείς πυρήνες: 1 για το σώμα, 1 για τον οδόντα, 2 για τα νευρικά τόξα. Η συνοστέωση του σώματος με τον οδόντα συντελείται 3-11^ο έτος, αλλά υπάρχουν περιπτώσεις που παραμένει η συγγόνδρωση και θα πρέπει να διαφοροδιαγνωστεί από κάταγμα. Τα νευρικά τόξα συνοστεώνονται μεταξύ τους οπισθίως 2-3^ο έτος, ενώ με το σώμα 3-6^ο έτος. Ο δευτερογενής πυρήνας στην κορυφή του οδόντα εμφανίζεται 3-6^ο έτος και συνοστεώνεται στο 12^ο έτος, με περιπτώσεις βέβαια μη συνοστέωσης (εικόνα 12).

Από Α3 έως Α7 οι σπόνδυλοι οστεώνονται με τον ίδιο τρόπο. Υπάρχουν 3 πυρήνες: 1 για το σώμα και 2 για τα νευρικά τόξα. Η συνοστέωση πρόσθια γίνεται στο 3-6^ο έτος ενώ οπισθία στο 2-3^ο έτος. Δευτερογενείς πυρήνες οστέωσης αναπτύσ-



Εικ.13

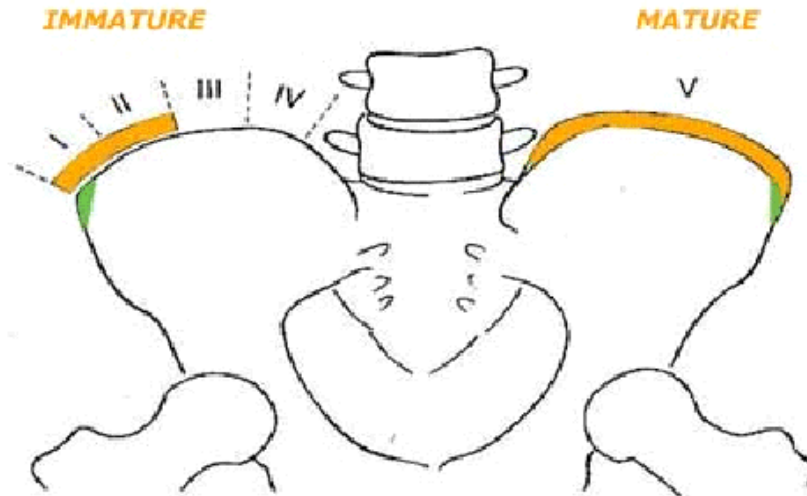


Εικ.14

σονται στις εγκάρσιες και ακανθώδεις αποφύσεις και στην άνω και κάτω επιφάνεια του σώματος των σπονδύλων όλης της σπονδυλικής στήλης (εικόνα 13,14).

Σε ασθενείς με σκολίωση χρησιμοποιείται το σημείο **Risser**. Πρόκειται για τη μελέτη οστέωσης της απόφυσης του λαγονίου οστού. Η οστέωση της απόφυσης ξεκινά από την πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα και συνεχίζει οπισθίως και χωρίζεται νοη-

τά σε 4 στάδια ωρίμανσης της οστέωσης, ενώ στάδιο 5 ορίζεται η πλήρης συνοστέωση με το λαγόνιο οστό. Στα στάδια 1 και 2 συντελείται γρήγορη οστική εξέλιξη της σπονδυλικής στήλης, που σημαίνει σημαντική επιδείνωση μίας ήδη υπάρχουσας σκολίωσης, ενώ προοδευτικά προχωρώντας στα επόμενα στάδια η σκολίωση επιδεινώνεται σε μικρότερο βαθμό, ώσπου στο στάδιο 5 να μην υπάρχει πλέον εξέλιξη της σκολίωσης (εικόνα 15).



Εικ.15