


Функциональная анатомия опорно-двигательного аппарата



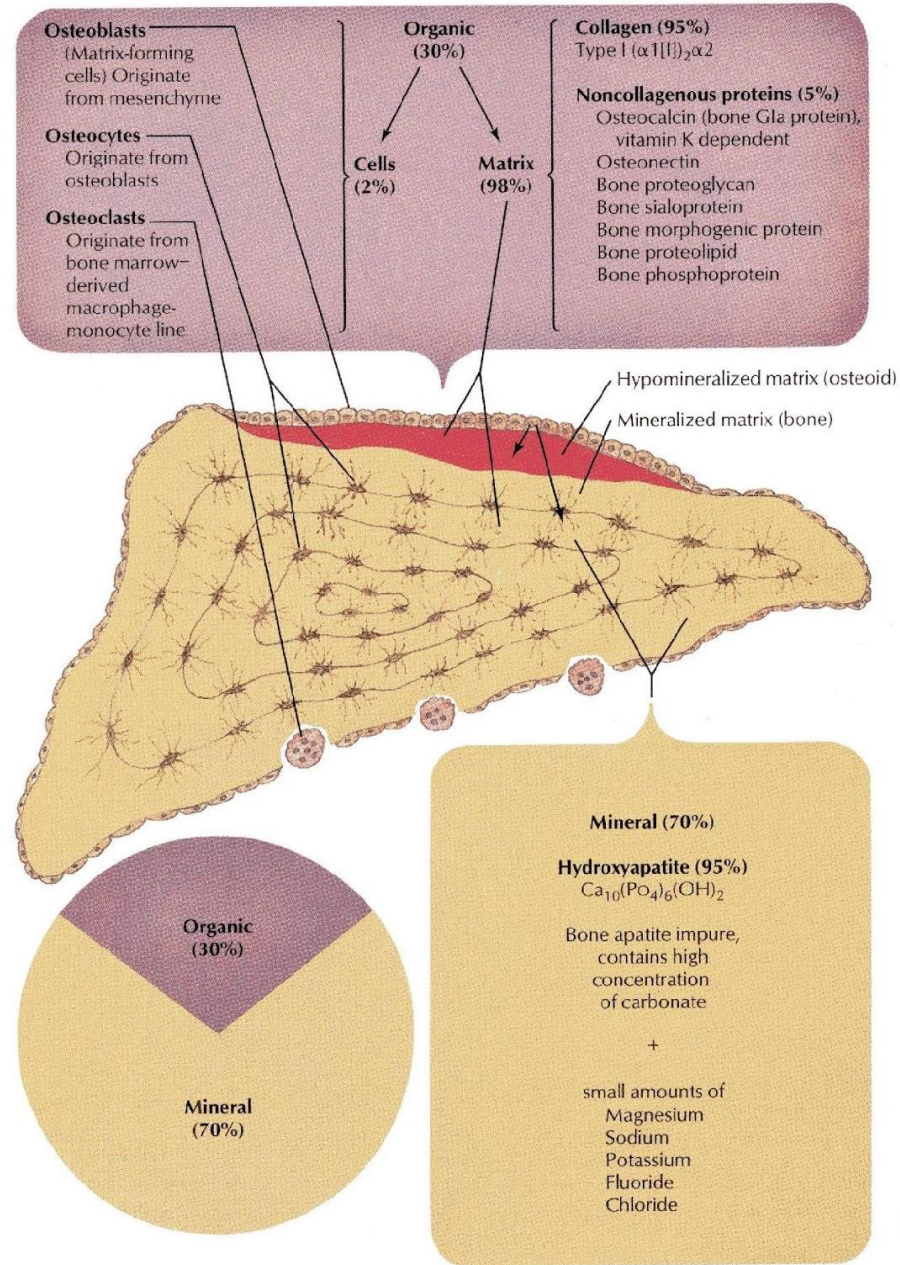
Строение и развитие
костей

Кость как орган состоит из нескольких тканей:

- Костная ткань – это особый вид соединительной ткани с *обызвествленным* межклеточным веществом
- Снаружи и изнутри кость покрыта соединительнотканными оболочками: надкостницей (периостом) и эндостом соответственно.
- Суставные поверхности покрыты хрящом – гиалиновым или волокнистым.
- Внутри костей находится костный мозг (красный или желтый).
- Кости имеют кровеносные и лимфатические сосуды и нервы.

Каждая кость имеет определенную форму
и занимает определенное положение в
теле.

Composition of bone



Классификация костных тканей

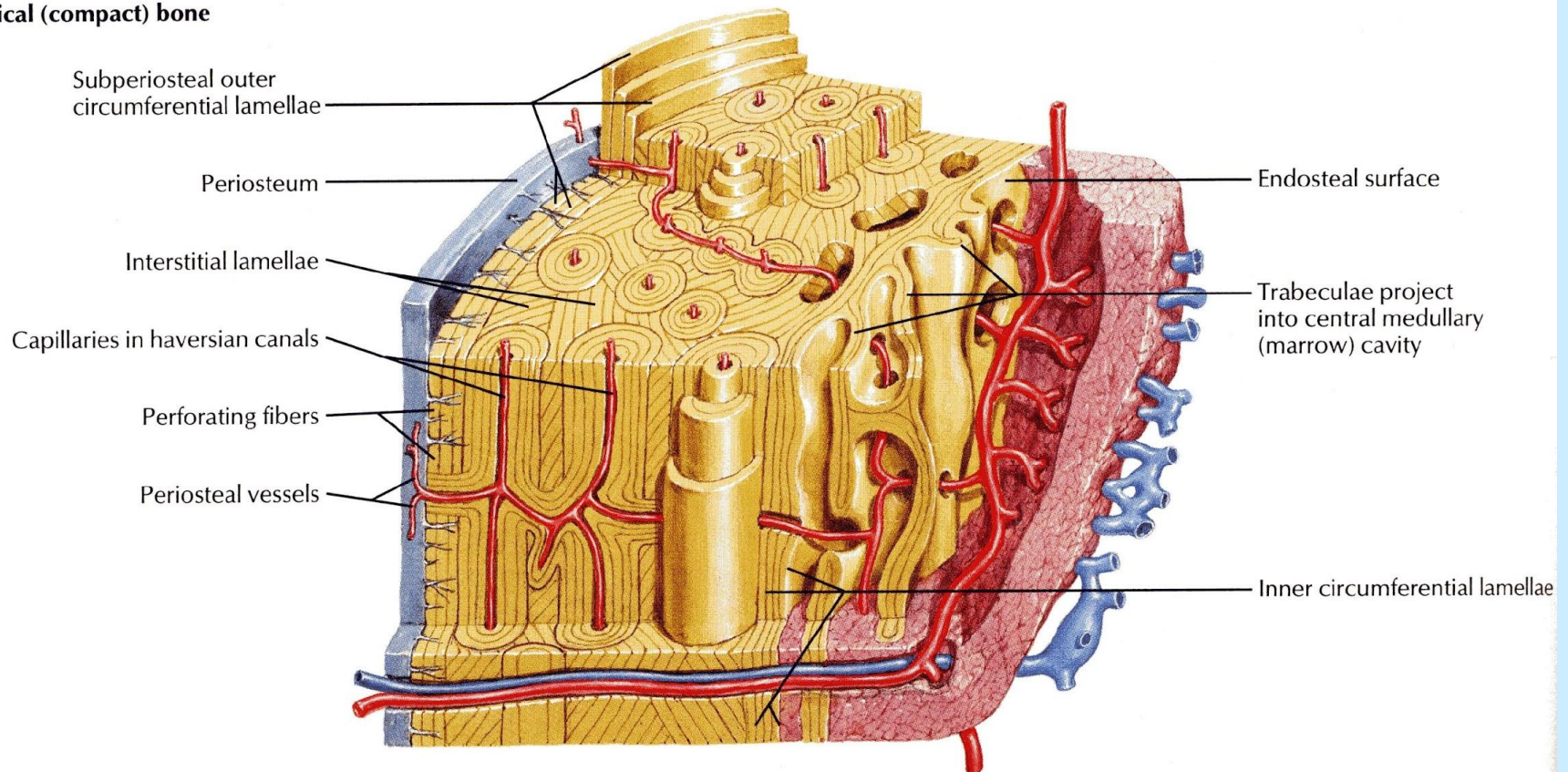
- **Грубоволокнистая костная ткань** (формирует скелет у плода, у взрослых находится в местах прикрепления сухожилий мышц к костям, в заросших швах черепа, в зубных альвеолах, в костном лабиринте (внутреннее ухо), появляется при переломах костей, нарушениях обмена веществ, воспалении, опухолевом росте).
Для нее характерны неупорядоченное расположение коллагеновых волокон в матриксе, меньшая механическая прочность.
- **Пластинчатая костная ткань** (образует скелет у взрослого организма)
Ее межклеточное вещество состоит из костных пластинок, в которых коллагеновые волокна расположены параллельно друг к другу. Между пластинками в лакунах располагаются остециты. Костные канальцы, содержащие отростки остецитов, пересекают пластинки в косом или поперечном направлениях.

Макроскопически кости состоят из компактного и губчатого вещества.

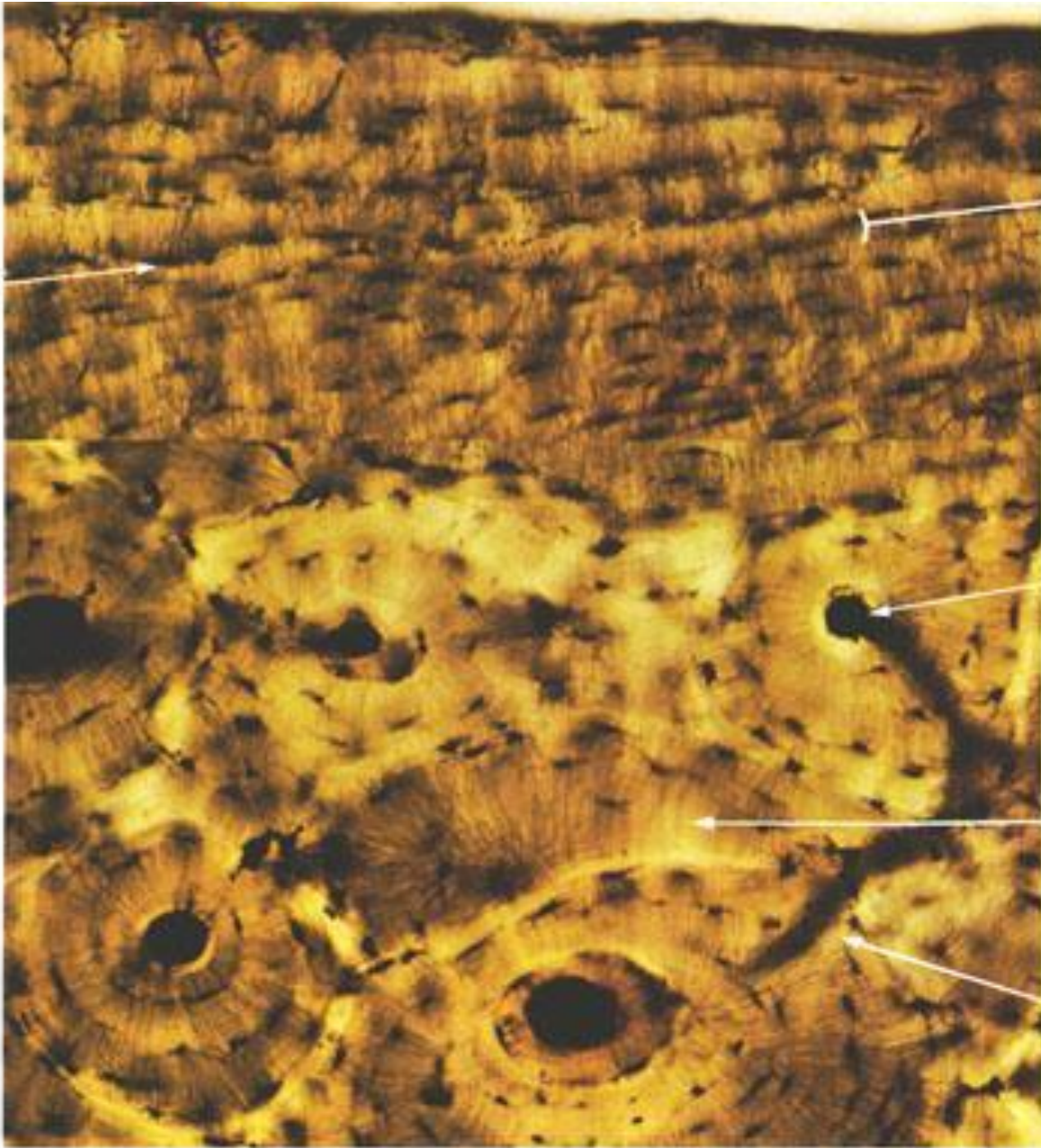
Компактное вещество покрывает тонким слоем эпифизы трубчатых костей, губчатые и плоские кости. Диафизы трубчатых костей полностью состоят из компактного вещества.

У взрослого человека около 80% костной ткани составляет компактная костная ткань.

Cortical (compact) bone



Lacunae



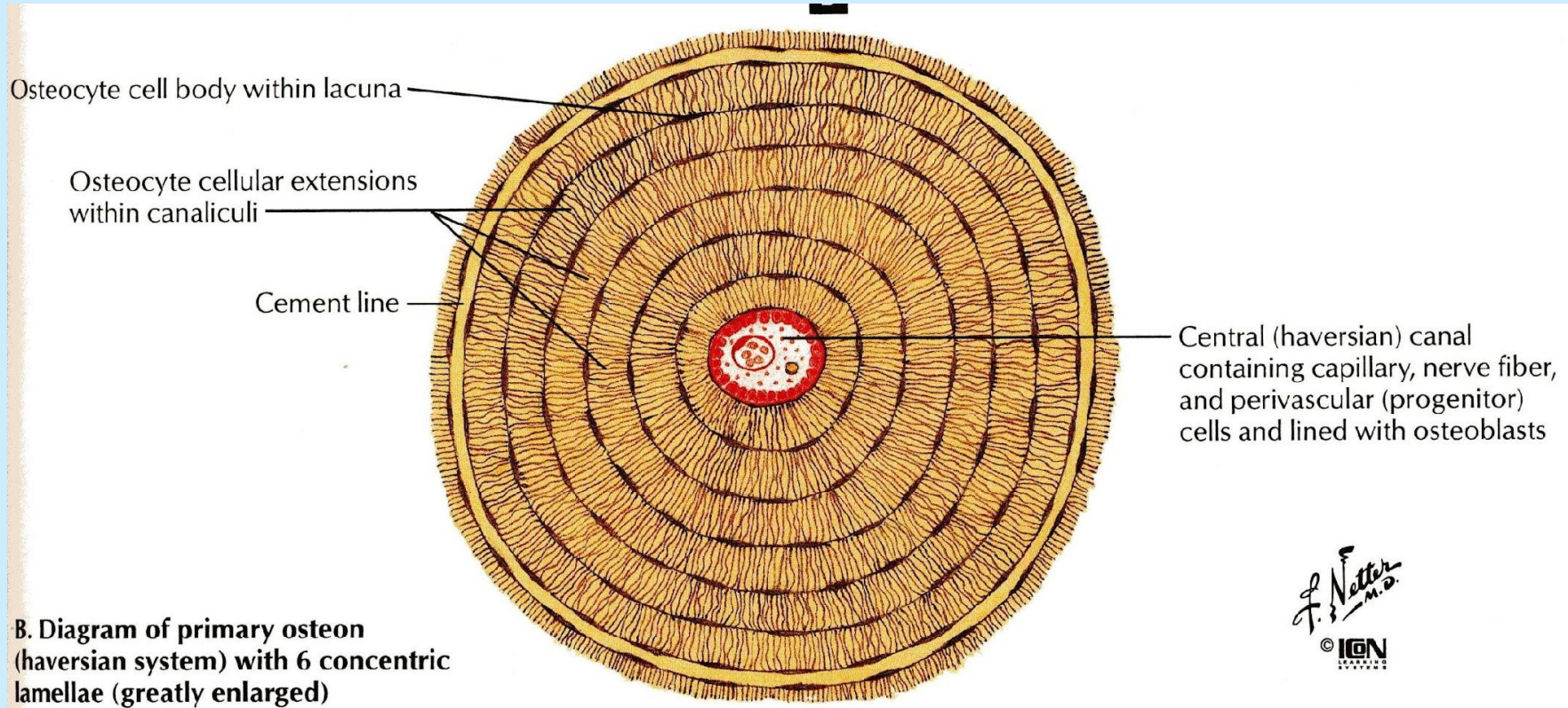
Periosteal circumferential lamellae

Haversian canal

Interstitial lamellae

Volkman's canal

100 μ m



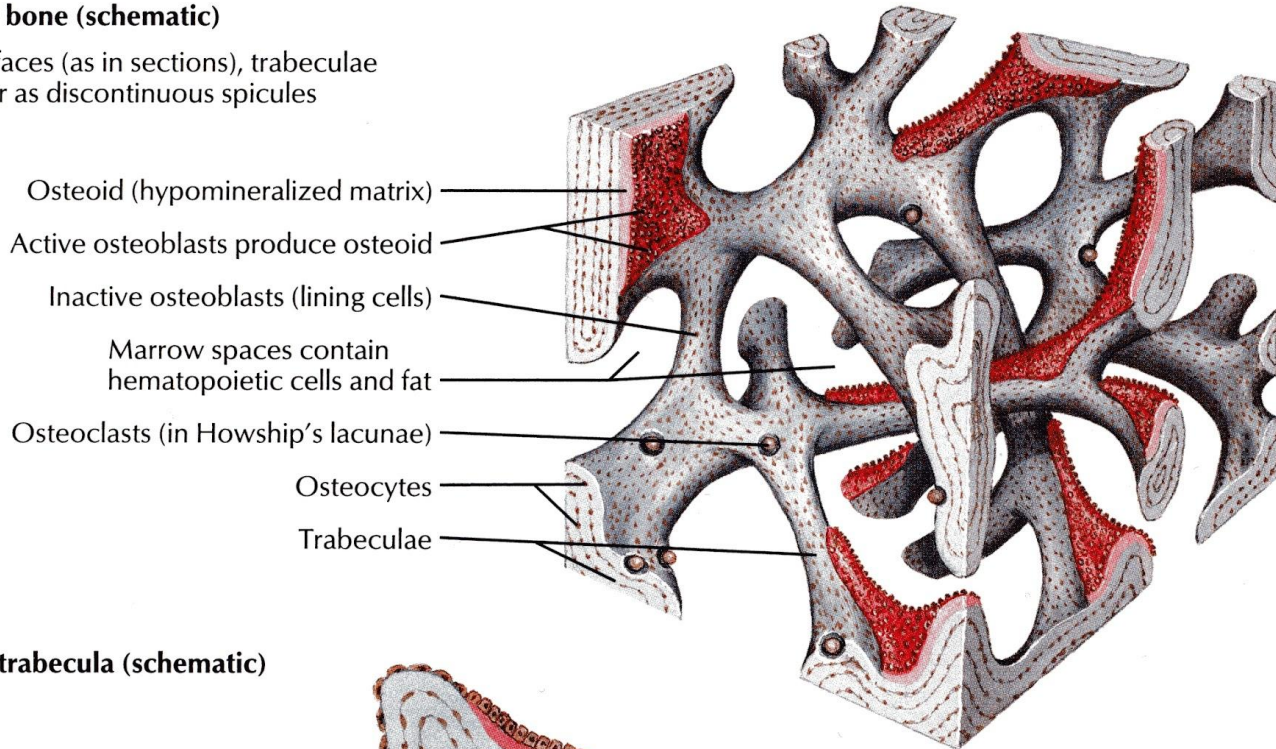
Губчатое вещество состоит из трехмерной сети более редко расположенных костных перекладин, в ячейках между которыми содержится красный костный мозг.

Из губчатого вещества состоят эпифизы трубчатых костей, тела позвонков, грудина, ребра, тазовые кости, кости запястья и предплюсны.

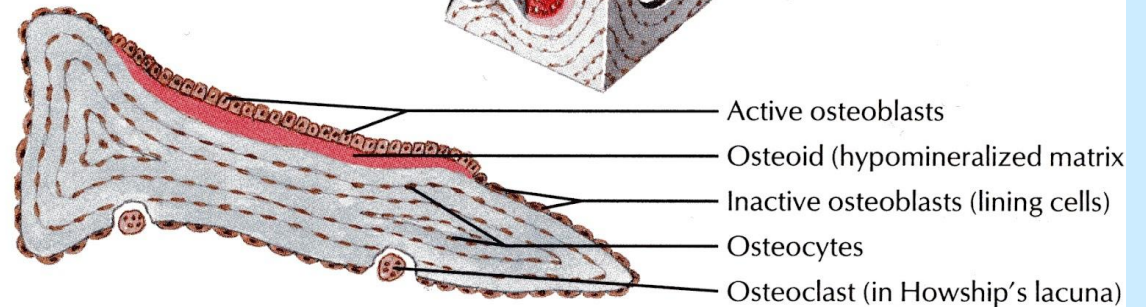
У взрослого человека около 20% скелета состоит из губчатой костной ткани.

Trabecular bone (schematic)

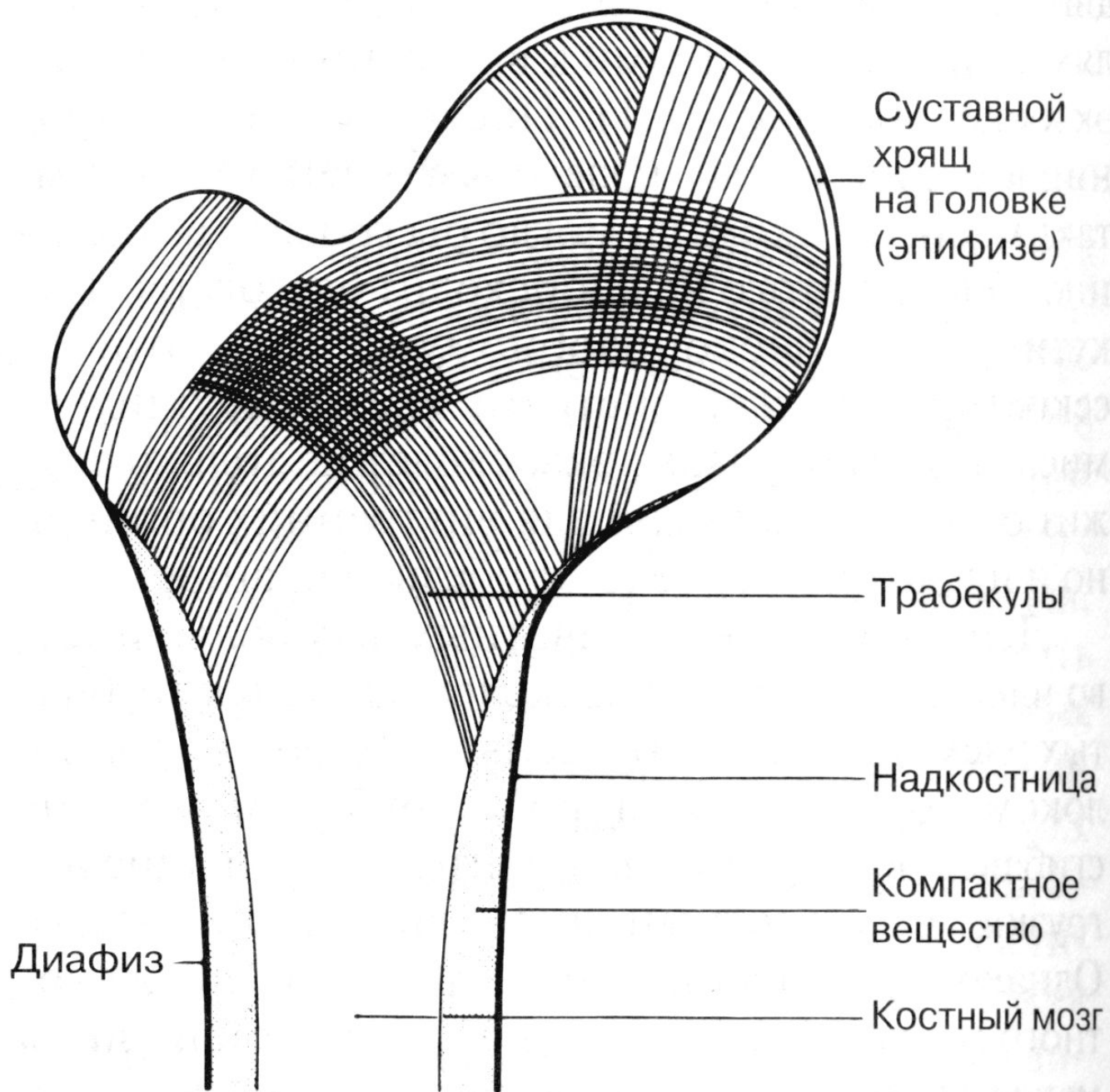
On cut surfaces (as in sections), trabeculae may appear as discontinuous spicules



Section of trabecula (schematic)



Оптимальное сочетание неорганических и органических веществ, характерное пространственное расположение костных пластинок обуславливают особые свойства костной ткани – **прочность и упругость.**



Кости имеют большой резерв прочности.
Например: большеберцовая кость
выдерживает массу, в 20 раз
превышающую массу тела человека.

Упругость – это способность возвращать исходную форму после прекращения действия внешней силы.

Упругость кости сравнима с упругостью твердых пород дерева.

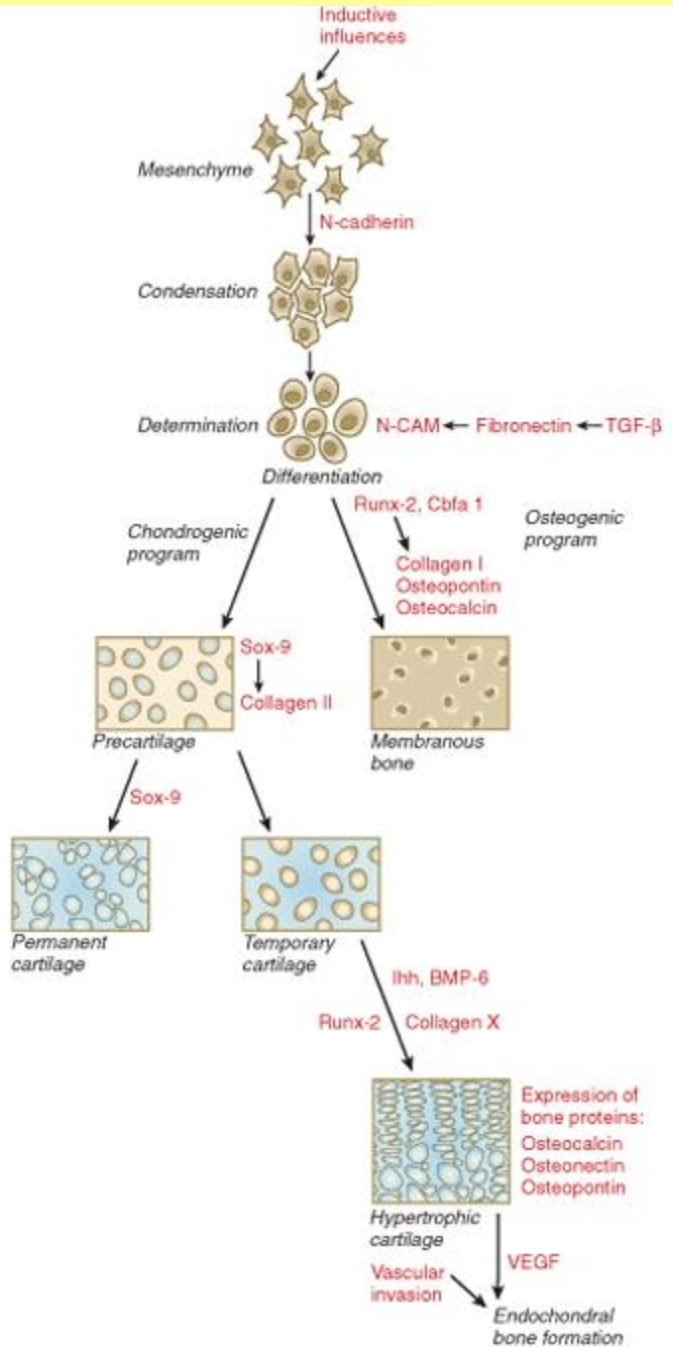
Упругость, как и прочность, зависит от макро-микроскопического строения и химического состава кости.

Развитие скелета в филогенезе

- Внешний скелет
- Внутренний скелет
 1. Соединительнотканый
 2. Хрящевой
 3. Костный

В процессе онтогенеза скелет повторяет
эти стадии развития

Эмбриональный источник костной
ткани – мезенхима



Существуют два различных способа образования костей:

1. на основе **соединительной** ткани – прямой остеогенез;
2. на основе **хряща** – непрямой остеогенез.

Кости, развивающиеся на основе соединительной ткани, называются **первичными**.

К ним относятся кости свода черепа, большинство костей лицевого черепа, тело ключицы.

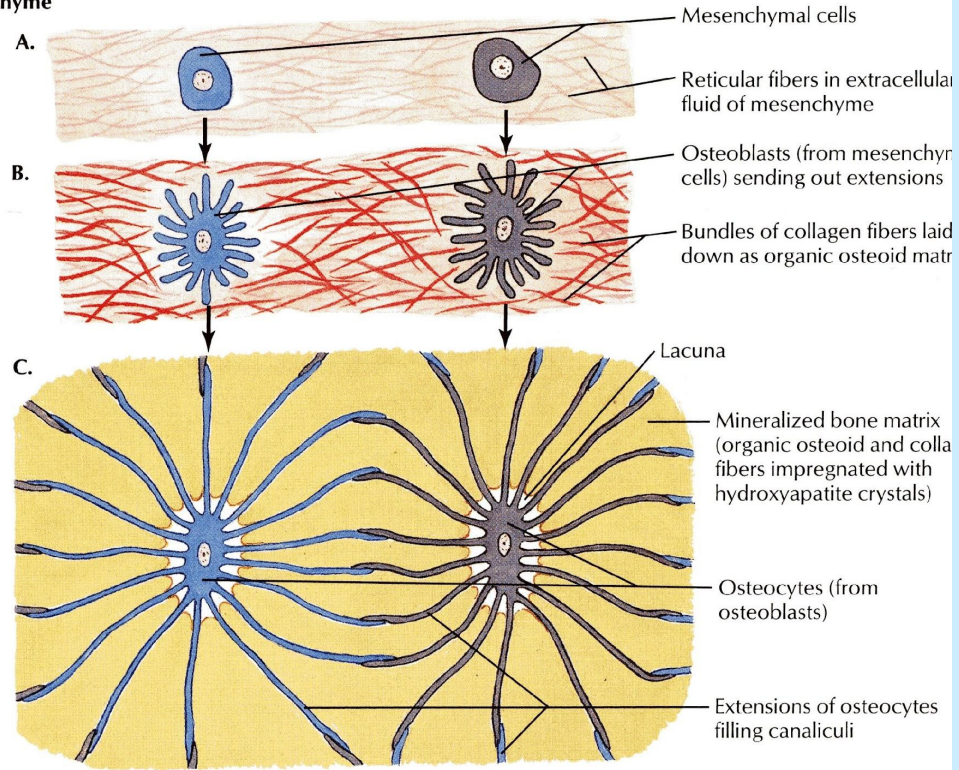
Первичные кости образуются путем
эндесмального окостенения.

В центре соединительнотканной закладки образуется точка окостенения, от которой по радиусам образуются костные перекладины.

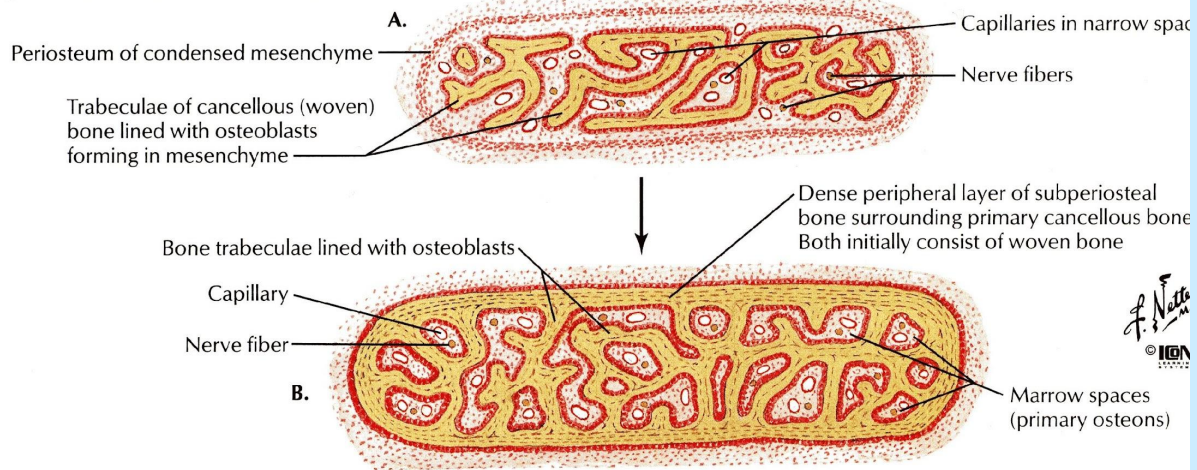
Может быть несколько точек окостенения.

Поверхностный слой соединительнотканной закладки преобразуется в надкостницу.

Initial bone formation in mesenchyme



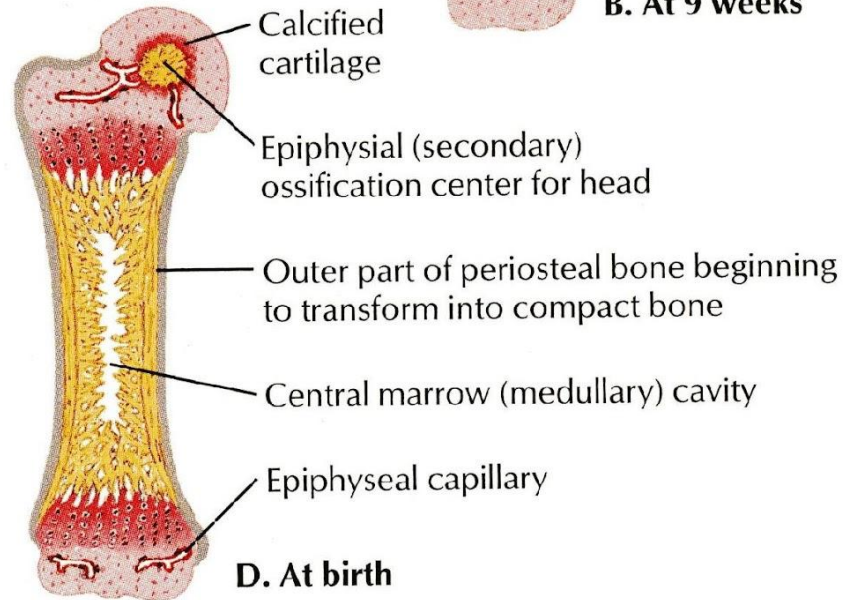
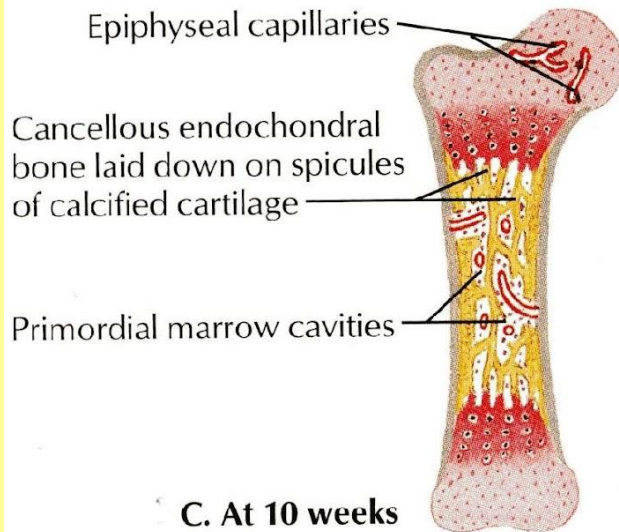
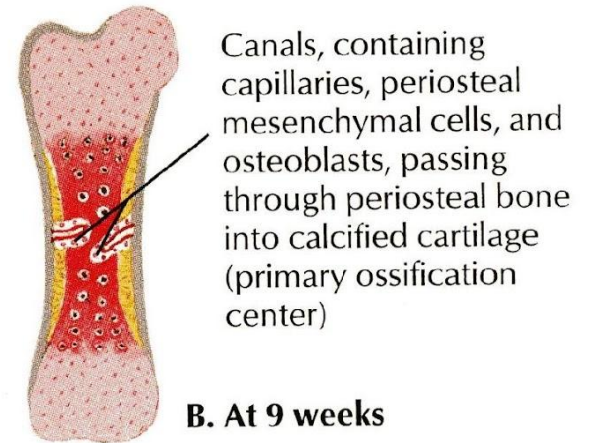
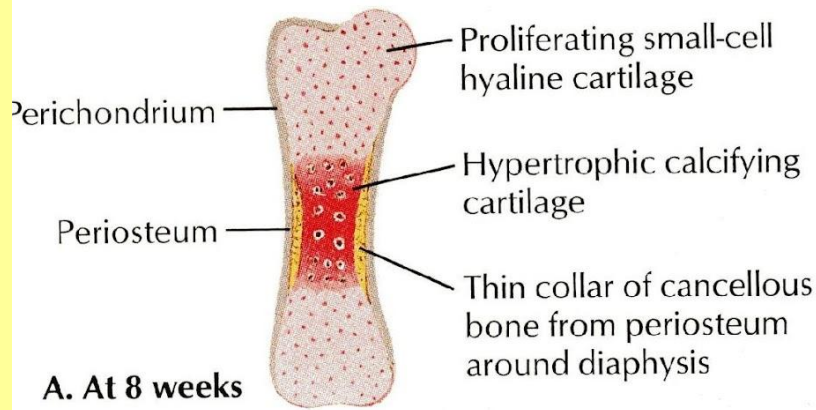
Early stages of flat (membrane or dermal) bone formation



F. Netter M.D.
© IGV

Кости, которые проходят все три стадии развития, называются **вторичными**.

Вначале формируется мезенхимальный зачаток кости, на основе которого образуется хрящевая модель, которая состоит из гиалинового хряща, снаружи покрыта надхрящницей.



В середине диафиза хрящевой модели
путем **перихондрального** окостенения
образуется костная манжетка.

Надхрящница постепенно преобразуется
в надкостницу и окостенение
становится **периостальным**

Со стороны надкостницы вглубь хрящевой модели проникают кровеносные сосуды и вместе с ними – остеогенные клетки, дифференцирующиеся в остеобласты, которые начинают формировать костную ткань внутри разрушающегося хряща. Такое окостенение называется **эндохондральным**.

Место начального образования костной ткани в диафизе называется **первичным центром (точкой) окостенения**.

В эпифизах образуются вторичные точки окостенения (как правило, после рождения).

На суставных поверхностях эпифизов сохраняется гиалиновый хрящ.

На границе эпифиза и диафиза формируется **эпифизарная пластинка роста**.

- Рост трубчатых костей в длину происходит благодаря постоянной пролиферации клеток (хондроцитов) **эпифизарного хряща**.
- Рост трубчатой кости в толщину происходит за счет **надкостницы**, благодаря процессу аппозиционного роста – постоянному отложению новых слоев костной ткани на наружной поверхности диафиза.

В процессе роста костей выделяют два периода:

1. Формирования (моделирования) костной ткани, начинающийся в эмбриональном периоде и заканчивающийся к 25 годам.
2. Перестройки (ремоделирования) во взрослом состоянии, продолжающийся всю оставшуюся жизнь.

Основные клеточные типы, участвующие в процессе ремоделирования:

1. Osteoblastы – образуют костную ткань
2. Osteoclastы – разрушают ее

*

Значение ремоделирования:

1. Постоянное обновление структуры кости и приведение ее в соответствие с действующими на кость нагрузками.
2. Поддержание минерального гомеостаза в организме

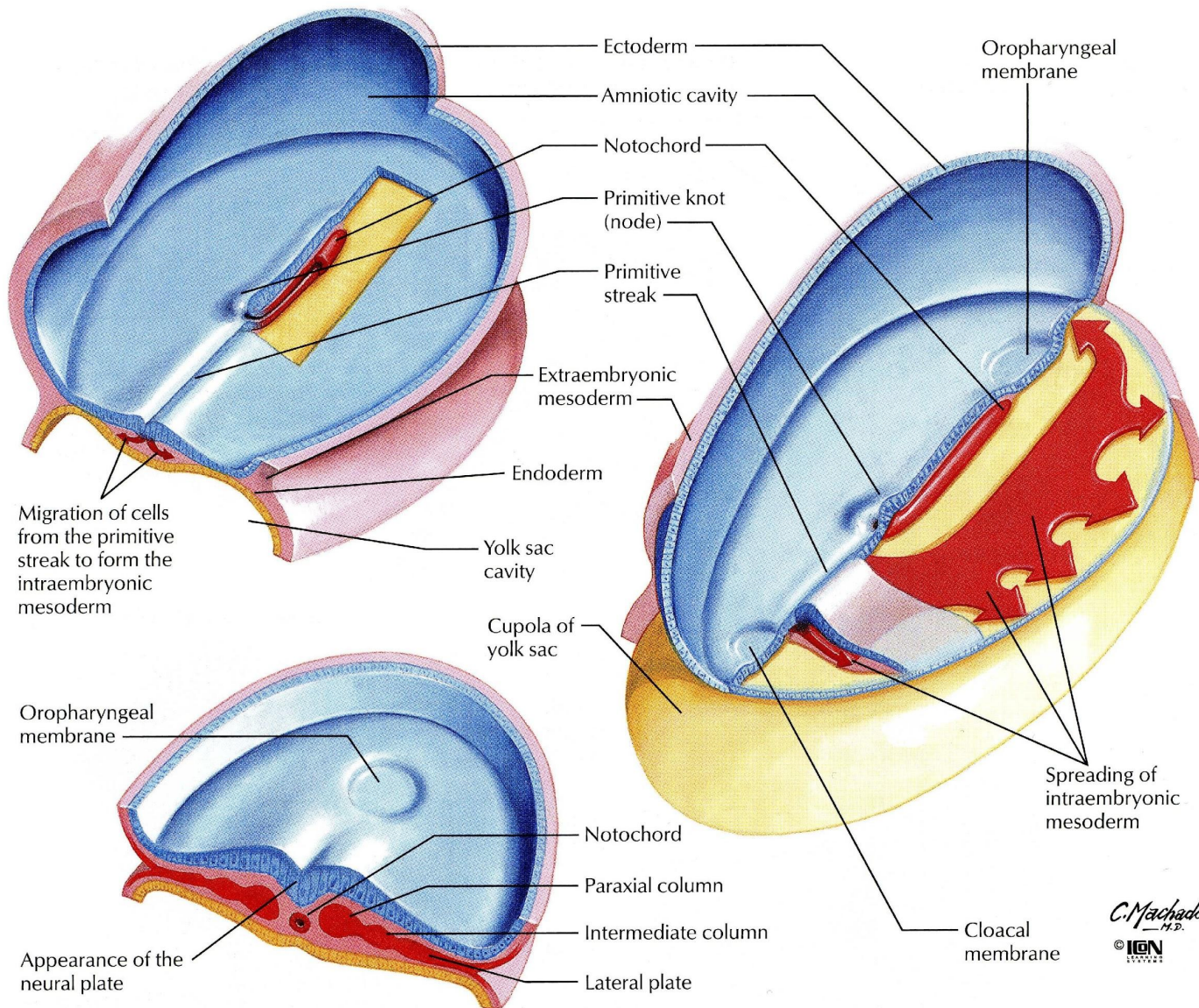
Скелет туловища в эмбриональном развитии
проходит бластемную (мезенхимную),
хрящевую и костную стадии.

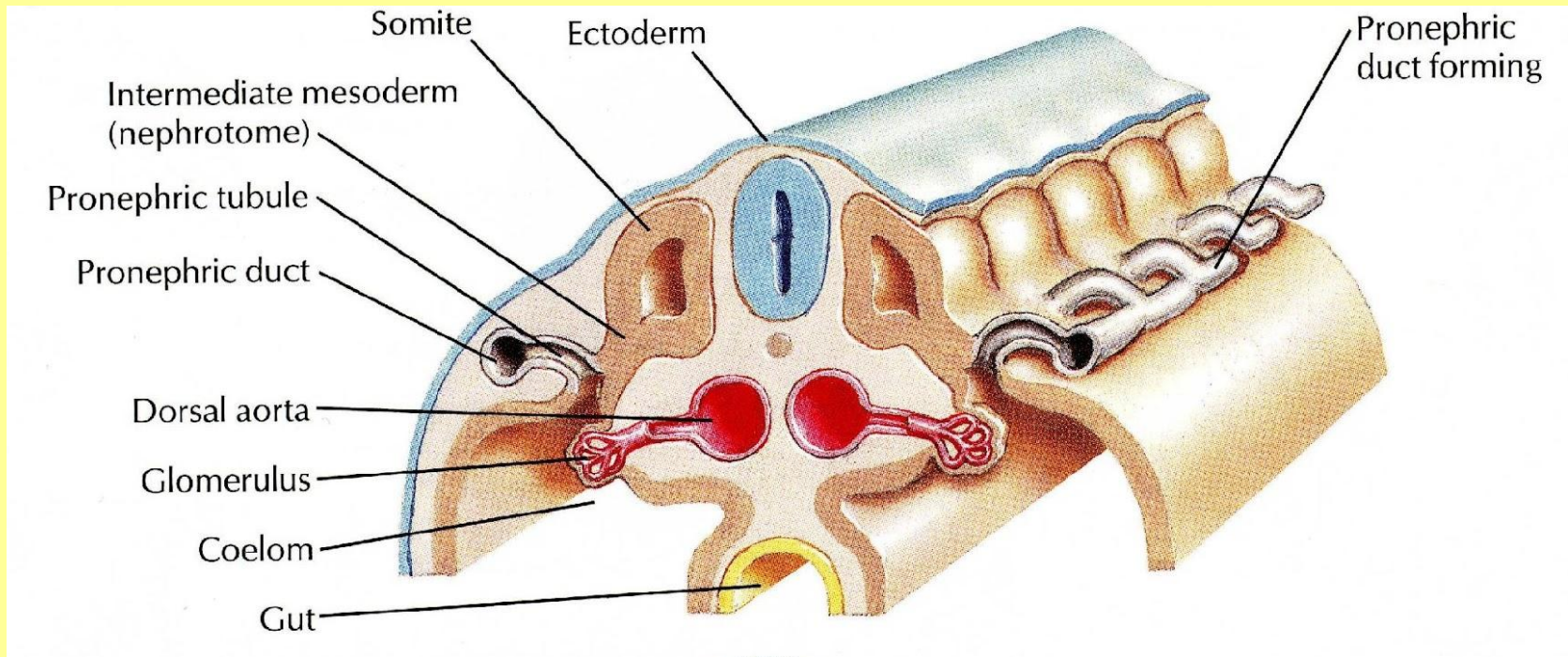
Позвонки и ребра имеют сегментарное
расположение, обусловленное
метамерией тела зародыша.

У эмбриона по обеим сторонам хорды образуются сегментарно расположенные скопления мезодермы – сомиты.

Первая пара сомитов появляется на 19-20 день после оплодотворения, к концу 5 недели зародыш имеет 43-44 пары сомитов.

Formation of Intraembryonic Mesoderm from the Primitive Streak and Node (Knot)









Carlson: Human Embryology and Developmental Biology, 4th Edition.
Copyright © 2009 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.

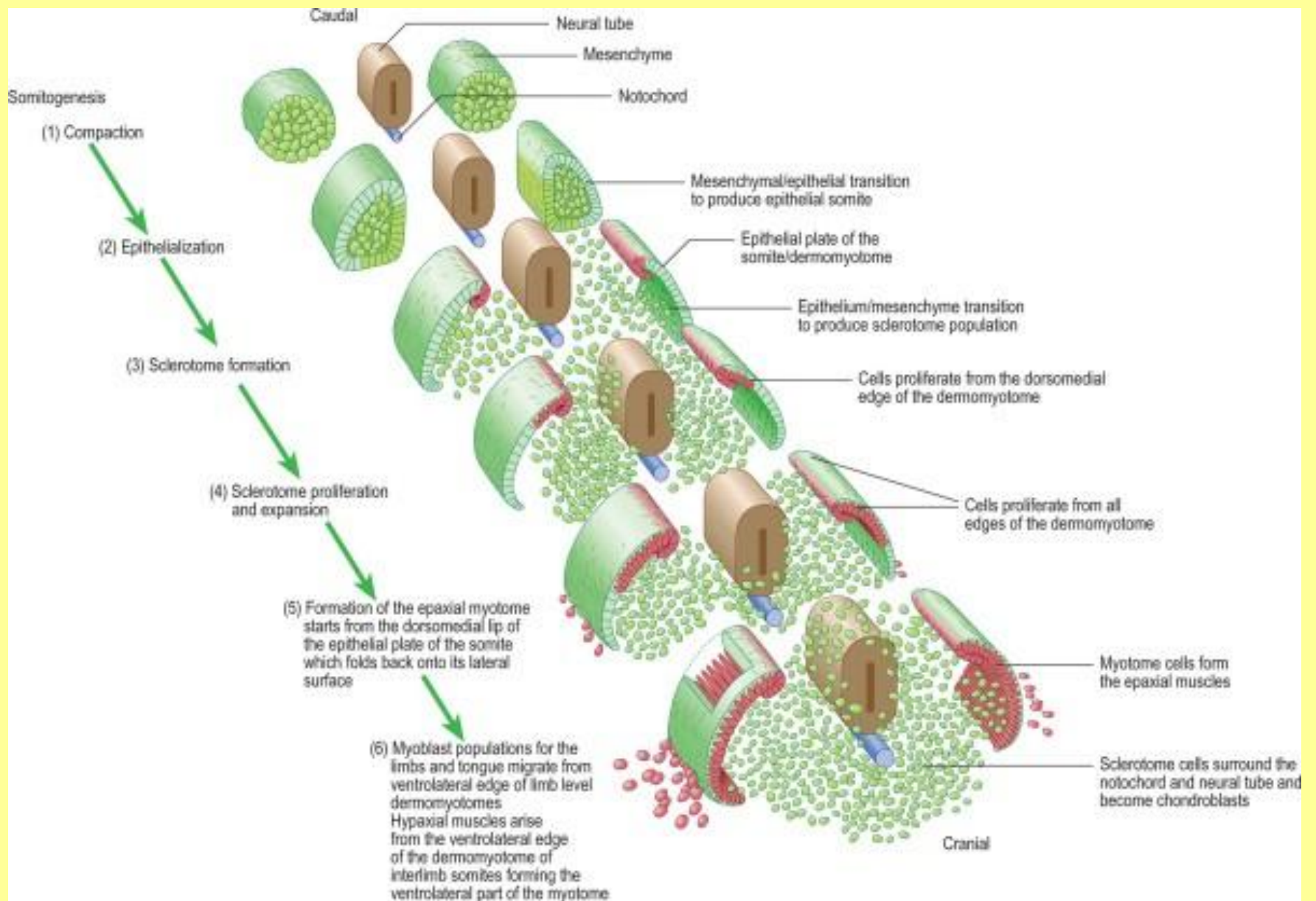
На 4 неделе каждый сомит

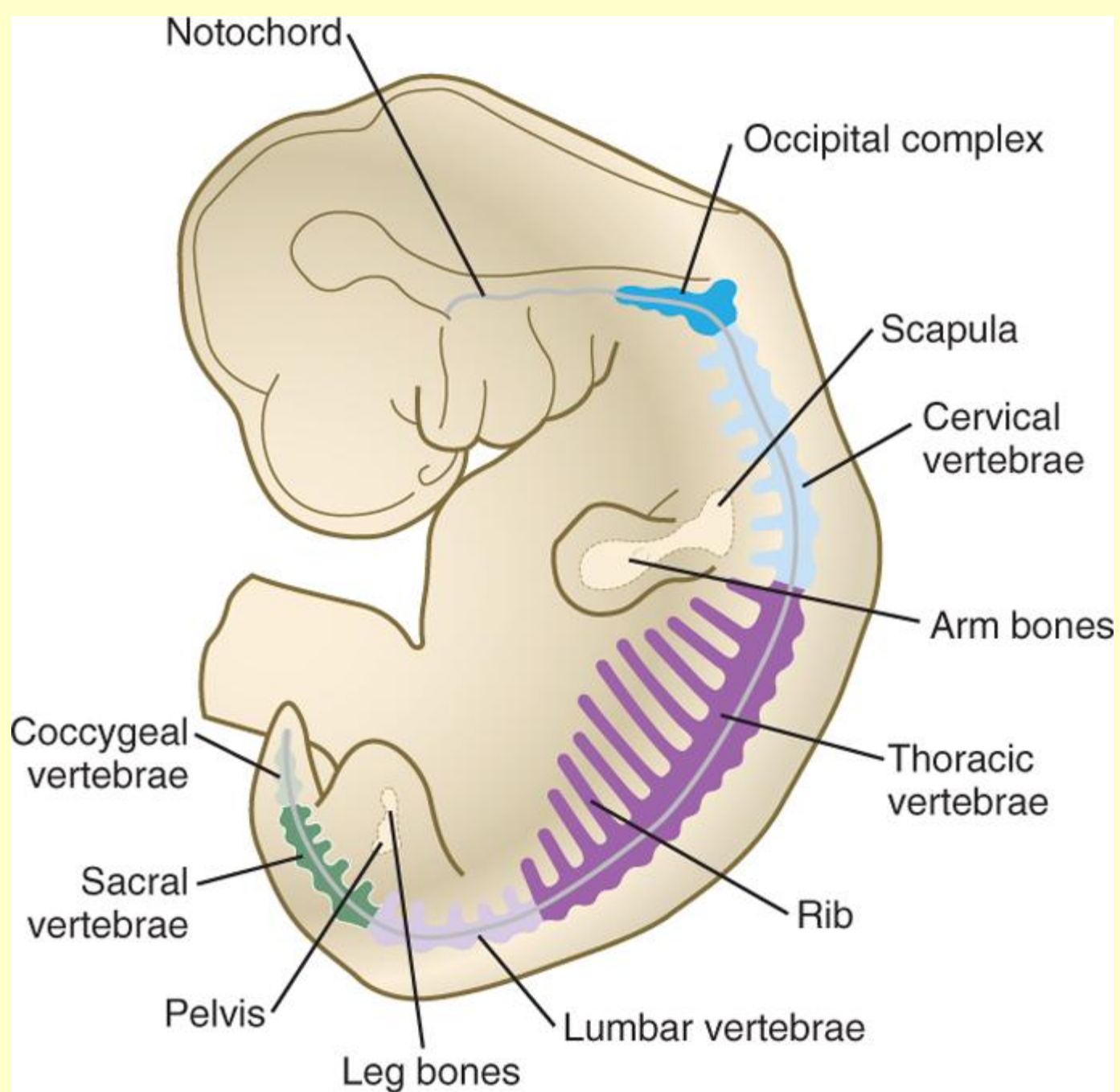
дифференцируется на дерматом,

миотом и склеротом.

Из склеротомов развивается осевой

скелет.

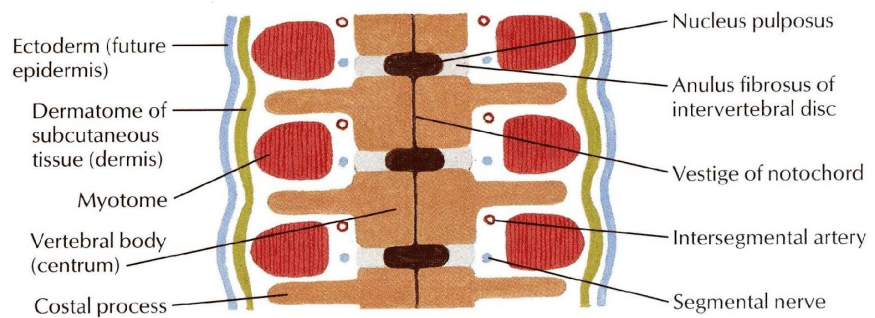
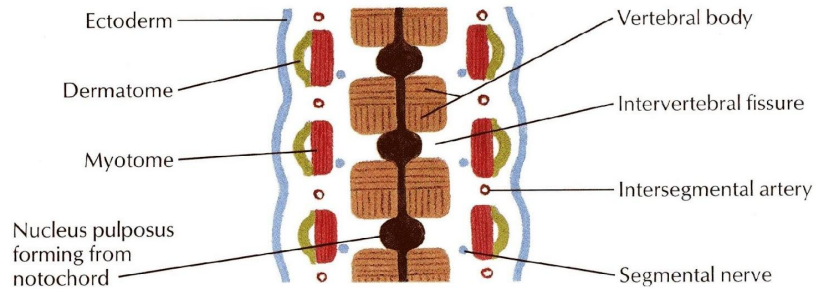
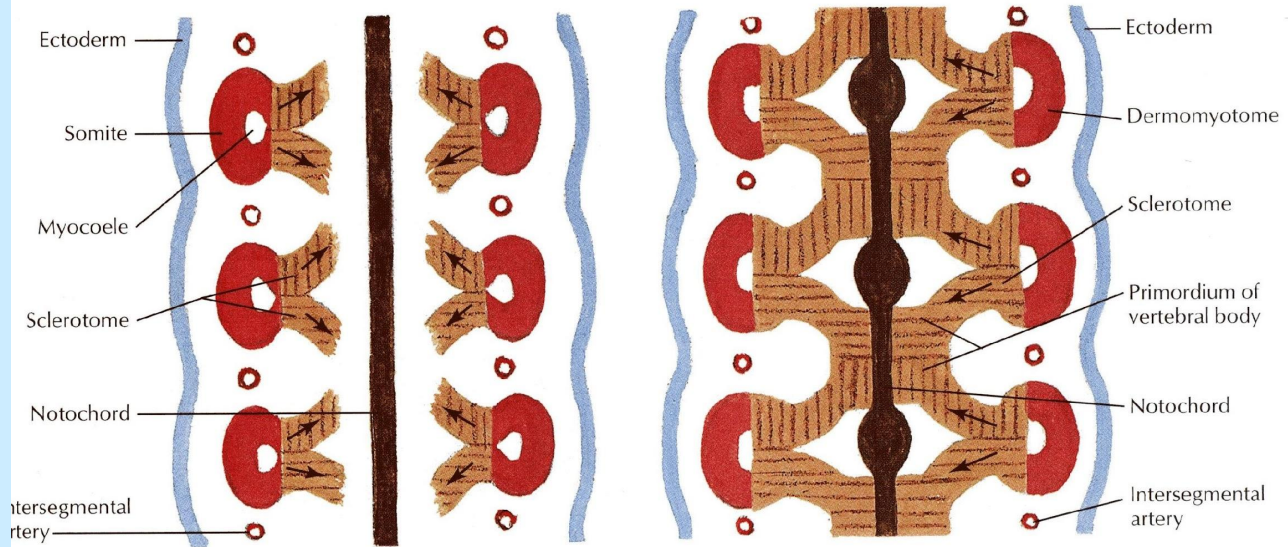




- Склеротомные клетки от каждой пары сомитов мигрируют в трех направлениях и группируются вокруг хорды.

- Мезенхимные клетки, мигрировавшие вентромедиально, образуют тела позвонков и межпозвоночные диски.
- Тело каждого позвонка формируется из материала двух соседних склеротомов: каудальной части одного сомита и краниальной части следующего за ним сомита.
- Межпозвоночный диск образуется из центральной части склеротома.

Progressive stages in formation of vertebral column, dermatomes, and myotomes



- Клетки склеротома, мигрировавшие в дорзальном направлении, формируют дугу позвонка и остистый отросток.
- Клетки склеротома, мигрировавшие в вентролатеральном направлении, формируют поперечные отростки, ребра и реберные хрящи.

Хрящевая стадия

На основе мезенхимного зачатка образуется хрящевая модель позвонка.

Раньше всего хрящ появляется в теле позвонка, затем в дуге и реберных отростках.

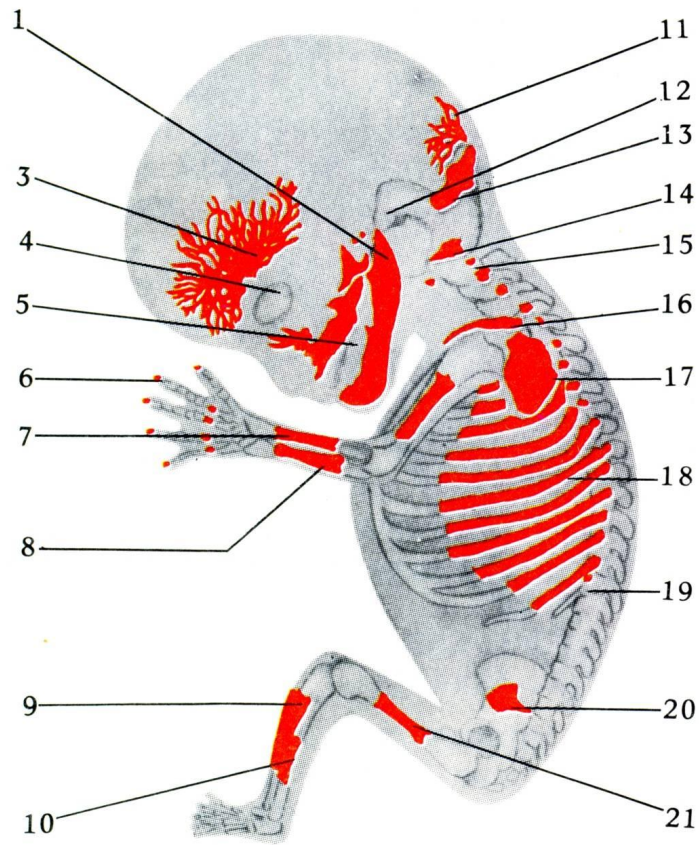
В грудном отделе реберные отростки отделяются от позвонков и образуют хрящевые ребра.

У остальных позвонков обособления ребер не происходит.

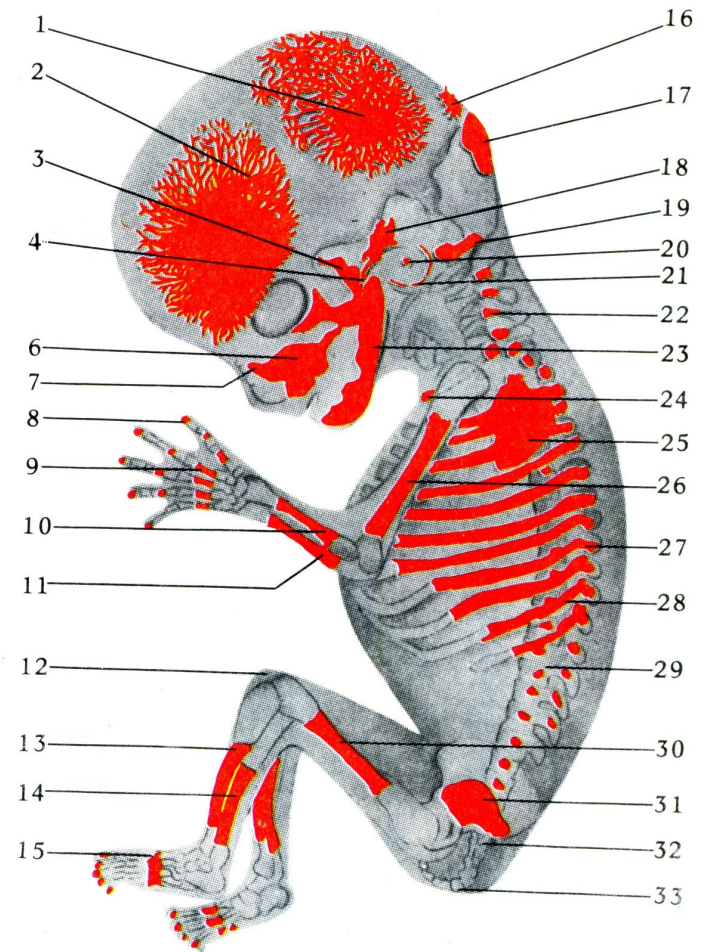
Изначально ребра развиваются у всех позвонков, но в дефинитивном состоянии сохраняются только в грудном отделе позвоночного столба, в остальных отделах - редуцируются.

Костная стадия

- Окостенение позвонков происходит эндохондрально.
- Образованию кости предшествует проникновение в хрящ кровеносных сосудов - в середину тела каждого позвонка входит межсегментарная артерия.
- Окостенение начинается на 2-м месяце эмбрионального развития и происходит в краниокаудальном направлении.



9-я неделя



10-я неделя

Развитие грудины

- У эмбриона парные зачатки грудины представлены тяжами мезенхимы, которые перемещаются к срединной линии и сливаются друг с другом.
- В конце 2-го месяца грудина становится хрящевой, к ней подходят ребра.
- Хрящевой зачаток грудины подразделяется на сегменты – стернебры. Окостенение их происходит, начиная с 5 месяца в/у развития. Мечевидный отросток окостеневает после рождения (на 2-6 году). Образование синостозов между стернебрами продолжается до 25 лет.

