

МОРФОЛОГИЯ ВЕН КОСТНЫХ ОРГАНОВ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

Криштофорова Б.В., д.вет.н., профессор
ЮФ НУБиП Украины «Крымский агротехнологический университет»

Исследовали внутриорганные вены костных органов новорожденных телят, поросят и щенят собак с использованием комплекса морфологических методов. Определили, что истоки интраорганный сети вен костных органов определяются наличием их структурного компонента остеобластического, красного или желтого костного мозга, в меньшей мере грубоволокнистой костной тканью. Истоки вен остеобластического костного мозга образованы дугообразными, красного- синусоидными и жирового- обычными, присущими для жировой соединительной ткани, капиллярами. Общебиологической закономерностью является тонкая стенка вен различного калибра (от истоков до магистралей) и их взаимоотношения с артериями, что определяется упругими деформациями определенного участка костного органа.

Ключевые слова: морфология, костные органы, вены, млекопитающие.

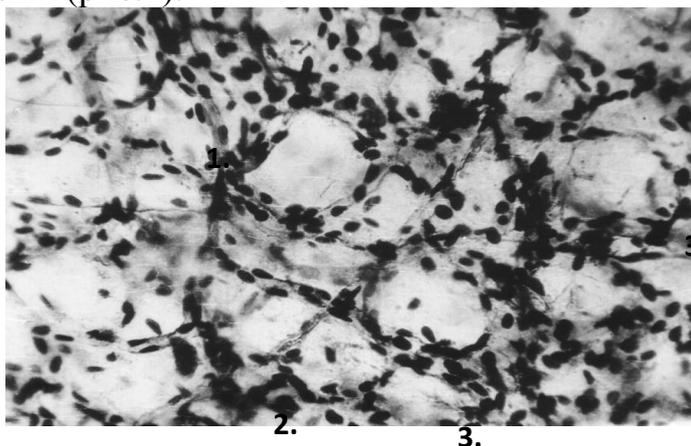
Введение. Определение гемоиммунопозитивной функции костными органами, в частности его неотъемлемым структурным компонентом красным костным мозгом, побудило исследователей к выявлению архитектоники и структуры стенки интраорганных кровеносных сосудов, через которые зрелые клетки поступают в кровь. Еще в XVIII столетии был установлен факт, что через питательные отверстия в костных органах проникают артерии и выходят вены [1]. Основным f. nutritia, обеспечивающим кровоснабжение костных органов является диафизарное [2]. Однако в своих исследованиях И. В. Хрусталева [3] доказала, что в костных органах эпифизарные отверстия, как количественно, так и суммарно, многократно превышают таковое диафизарных. Количество эпифизарных отверстий, через которые проникают артерии и выходят вены, определяются наличием губчатой костной ткани и расположенным в её костномозговых ячейках разновидностей костного мозга [3]. L. Vizzozero [4] доказал, что в костных органах на интраорганные кровеносные сосуды приходится 50,0% их массы, а через венозную сеть ежедневно в общий кровоток проникает 300 млрд только одних эритроцитов. И. И. Новиков [6], исследуя интраорганные кровеносные сосуды, особое внимание уделял строению их стенок, выясняя механизмы проникновения зрелых клеток костного мозга в общий кровоток. В последнее время работы многих исследователей различного направления посвящены выяснению структуры гемоиммунопозитивного (красного) костного мозга, в котором содержатся стволовые полипотентные клетки,

источники гемоиммунопоза. Однако до настоящего времени не выяснены как общие закономерности морфологии интраорганный сети вен, так и их истоков, через которые, возможно, проникают зрелые клеточные структуры в кровь. Нет достаточно полных исследований морфологических образований обеспечивающих кровотоки в венах, имеющих очень тонкую стенку (в противоположность толстостенным артериям) в костных органах млекопитающих.

Цель исследования. Определить особенности морфологии истоков и магистралей вен костных органов млекопитающих.

Материал и методы исследования. Исследовали истоки, архитектонику и структуру стенки вен костных органов (длинных трубчатых костей, грудины, ребер, позвонков) телят, ягнят, поросят и щенят собаки новорожденного этапа постнатального периода онтогенеза (по n=15). Использовали анатомическое препарирование, микрорентгенографию после интраоссальной инъекции кровеносных сосудов рентгеноконтрастными массами, световую микроскопию гистотопограмм, окрашенных гематоксилином и эозином а также импрегнированных азотокислым серебром.

Результаты исследований и их обсуждения. Архитектоника интраорганный сети вен зависит от каждого костного органа, отдельного его участка, что определяет их взаимоотношения с артериальными магистральями. Истоки интраоссальной сети вен определяются разновидностью структурного компонента костных органов - костным мозгом. Особенностью истоков венозной сети красного (гемоиммунопозитического) костного мозга являются синусоидные капилляры с поперечником от 60,0 до 500,0 мкм, стенка которых образована одним слоем эндотелия (рис.1).

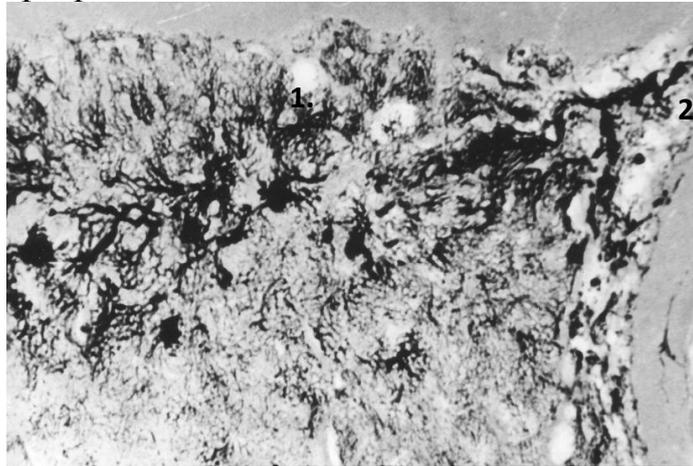


Импрегнация азотокислым серебром по В. В. Куприянову МБИ-6 0,9x10.

1. Синусоидные капилляры; 2. Обычные капилляры; 3. Адипоциты

Рис. 1. Гистотопограмма костного мозга диафиза плечевой кости теленка (сутки).

Синусоидные капилляры, имея особую структуру стенки, способствуют проникновению зрелых клеток костного мозга в общий кровоток организма, функция которых зависит от волнообразного изменения внутрикостного давления [8, 9]. Проникновение зрелых клеток костного мозга обеспечивается также током жидкости в синусоидные капилляры из-за отсутствия истоков сети лимфатических сосудов в костных органах. Являясь истоками, сети интраоссальных вен, синусоидные капилляры сливаются в посткапилляры, которые имеют значительно меньший поперечник, а их стенку образуют эндотелиоциты, ядра которых на гистотопограммах импрегнированных азотнокислым серебром расположены в шахматном порядке и имеют округлую форму. Последующим звеном венозной сети в костных органах с наличием гемоиммунопозитического красного мозга являются венулы, которые отводят кровь из каждой костномозговой ячейки, формируя многочисленные вены (рис.2), направляющиеся к *f. nutritia* и выходящие за пределы костного органа под названием экстраорганных вен.



1. Истоки вен; 2. Венозные магистрали губчатой костной ткани

Рис. 2. Микрорентгенограмма вертела бедренной кости теленка (сутки)

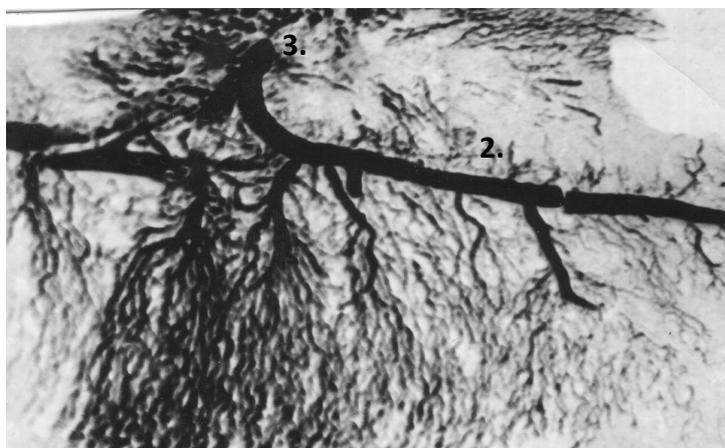
Такая архитектоника венозной сети присуща для участков костных органов с наличием губчатой костной ткани, в ячейках которой содержится красный костный мозг.

Истоки венул и сети вен диафиза костных органов, образующих диафизарную костномозговую вену, также формируются синусоидными капиллярами, которые располагаются возле отдельных очагов или тяжей миелоидной ткани, обеспечивая тем самым поступление зрелых клеток красного костного мозга в общий кровоток. Микрорентгенографические исследования свидетельствуют, что диафизарная костномозговая вена формируется многочисленными мелкими венами, начинающимися на границе с эндоостом (рис.3).



Рис. 3. Микрорентгенограмма диафизарной костномозговой вены среза пястной кости ягненка (2 мес.)

При этом вены, вливающиеся в диафизарную костномозговую вену, направляются почти во фронтальной плоскости по отношению к длиннику костного органа. Особое внимание обращает формирование интраоссальной сети вен, отводящих кровь через крупные *f. nutritia*. Синусоидные капилляры и венулы, сливаясь образуют кустиковидные вены, расположенные во фронтальной плоскости, стволы которых поочередно входят в основную магистраль, направляющуюся к *f. nutritia* между 3 и 4 пястными (плюсневыми) костями конечностей. Такая архитектура сети вен способствует оттоку крови в экстраорганные кровеносные сосуды. В данном случае венозные сети отводят кровь с проксимального и дистального участков пястных (плюсневых) костных органов, упругие деформации в которых проявляются в наименьшей мере (рис.4).



1.

Рис. 4. Микрорентгенограмма проксимального участка среза плюсневой кости ягненка (2 мес.). 1. Истоки вен; 2. Магистральный ствол вены; 3. F. Nutritia

Характерно, что диафизарная костномозговая вена также тонкостенна. Её внутреннюю стенку образуют многочисленные эндотелиоциты с округлым ядром. Внешней оболочкой диафизарной костномозговой вены костных органов телят, ягнят, поросят, щенят является окружающая миелоидная ткань и сопровождающая её диафизарная костномозговая артерия со своими ветвями. Диафизарная костномозговая артерия извилисто сопровождает вену и оплетает её своими ветвями. Пульсация крови, протекающей по артериям способствует движению крови по диафизарной

костномозговой вене. Наибольший поперечник диафизарная костномозговая вена имеет в костных органах проксимальных звеньев конечностей, а наименьший - в метаподии, что свидетельствует об особенностях как дифференциации клеточных структур костного мозга, так и интенсивности кровотока в костных органах. На микрорентгенограммах диафизарная костномозговая вена длинных трубчатых костных органов формируется из двух сливающихся ветвей - проксимальной и дистальной. В плечевой и бедренной костях более развита проксимальная ветвь, которая направляется к диафизарному *f. nutritia*, расположенной в их нижней трети. В костных органах зейгоподия конечностей наоборот, более мощная дистальная ветвь, а *f. nutritia* находится в проксимальной их части. В пястной и плюсневой костях истоки дистальной ветви начинаются в пограничной зоне с диафизарной субхондральной костью метафизарных хрящей, которая, постепенно принимая ветви, направляется к проксимально расположенному на границе 3 и 4 пястной (плюсневой) костей, крупному *f. nutritia*. Диафизарная костномозговая вена тел позвонков и кусков грудины отличается только малым поперечником и радиальными расположениями вливающихся в неё вен. В стернебральных частях грудины, телах позвонков, при наличии красного костного мозга, истоки сети вен начинаются синусоидными капиллярами, а магистральные стволы, отводящие кровь от костномозговых ячеек располагаются радиально. Стенка вен также тонкая, образована одним слоем эндотелия, а наружной оболочкой является окружающая миелоидная ткань или костная трабекула. Магистральные вены небольшого поперечника направляются к мелким *f. nutritia*, которые расположены большей частью на дорсальной поверхности грудины, а экстраорганные – вливаются непосредственно во внутреннюю грудную вену.

Истоки вен ячеек, особенно губчатой костной ткани костных органов конечностей, тел позвонков, грудины, расположены на границе с разрушающейся зоной суставных или метафизарных хрящей. Они образованы дугообразными посткапиллярами, стенки которых состоят из одного слоя эндотелия. Как правило ячейки заполнены остеобластическим костным мозгом, клеточные структуры которого монослоем располагаются на трабекулах, содержащих значительное количество разрушающейся хрящевой ткани. Дугообразные посткапилляры плотно прилегают друг к другу, что на просветленных препаратах при интраоссальной инъекции образует полосу толщиной 65,0-120,0 мкм (рис.5).

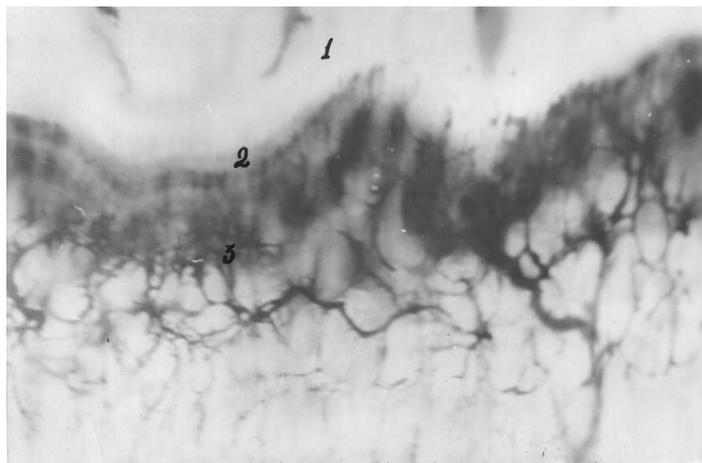


Рис. 5. Просветленный препарат плечевой кости. Интраоссальная наливка тушью на 3% желатине телянка (2 мес.). 1. Метафизарный хрящ; 2. Дугообразные капилляры; 3. Вены

Посткапилляры переходят в вены, которые анастомозируют с венами отводящими кровь от очаговых скоплений красного костного мозга, а затем сливаясь образуют общие венозные магистрали, которые ветвятся вокруг соответствующих артерий и направляются к f. nutritia эпифизов костных органов. В костных органах, особенно конечностей, у суточных телят, в меньшей степени поросят, среди скоплений красного костного мозга выявляются отдельные жировые клетки. Данный феномен свидетельствует о начальном этапе трансформации красного костного мозга в жировой (желтый) у представителей зрелорождающих животных. У щенков собак, среди красного костного мозга костных органов, жировые клетки не выявляются. Трансформация гемоиммунопозитического мозга в жировой влечет за собой превращение синусоидных капилляров в обычную капиллярную сеть. Капилляры желтого костного мозга небольшого поперечника (4,0-20,0 мкм) ветвясь образуют трехмерные сети. Их стенки тонкие и представляют собой свернутые в трубочку эндотелиоциты, с просветом для прохождения межклеточной жидкости и клеточных структур крови. Капилляры, сливаясь переходят в посткапилляры, которые имеют несколько больший поперечник, однако они также образованы эндотелиоцитами, ядра которых располагаются поочередно. Доказано, что введенная внутрикостно контрастная жидкость в участках костной ткани с наличием желтого костного мозга не поступает в вены, а скапливается в виде экстравазатов между жировыми клетками. При значительном её количестве, контрастная жидкость проникает через каналы, заполненные рыхлой соединительной тканью компактной костной ткани, а поступает в межфасциальные пространства мягких образований окружающих костный орган. Таким образом, результаты многократных проведенных нами исследований свидетельствуют, что только синусоидные капилляры обеспечивают проникновение жидкости при внутрикостных введениях в сеть интра- и экстраоссальных вен, а затем в общий кровоток.

Костные трабекулы первичной губчатой костной ткани кровоснабжаются дугоподобными капиллярами остеобластического костного мозга. Вены и их магистрали проникают через *f. nutritia*, расположенных в эпифизарных участках костных органов. Костные трабекулы вторичной губчатой костной ткани в большей мере получают питание от капилляров красного костного мозга, а магистрали вен также направляются к *f. nutritia* эпифизов костных органов. В компактной костной ткани истоки сети вен сходны с таковыми рыхлой соединительной ткани (рис. 6).

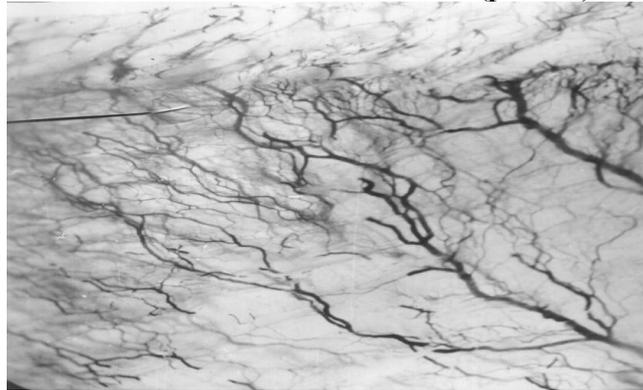


Рис. 6. Просветленный препарат плечевой кости теленка (10 суток). Наливка наливка тушью с желатином. 1. Вены компактной костной ткани; 2. Венозные магистрали и их ветви губчатой костной ткани

Посткапилляры, сливаясь образуют венулы, которые формируют две венозные сети. Более мощная сеть вен сливается с таковыми, которые отводят кровь от костного мозга и далее следуют в диафизарную костномозговую вену. В меньшем количестве очень мелкие вены направляются к надкостнице и через неё отводят кровь из компактной костной ткани в экстраорганные вены, совместно с таковыми мягких тканей.

Выводы. Закономерность морфологии сети вен костных органов определяется разновидностями костного мозга, костной ткани а также толщиной компактного слоя и расположением *f. nutritia*. При наличии красного (гемоиммунопозитического) костного мозга истоки сети вен образуют синусоидные капилляты, которые обеспечивают проникновения зрелых клеточных структур в общий кровоток. Истоки венозной сети с наличием остеобластического костного мозга начинаются дугообразными капиллярами на границе с разрушающейся зоной суставных и метафизарных хрящей а также ячеек первичной губчатой ткани. Для жирового костного мозга присущи трехмерные сети капилляров с небольшим поперечником, которые сливаясь образуют венулы. Вены, различного калибра, в диафизе костных органов, сливаясь образуют диафизарную костномозговую вену с наибольшим поперечником, что зависит от костного органа и вида животного, которую извиваясь сопровождает диафизарная артерия и оплетая её своими ветвями и образует параартериальное венозное сплетение. В эпифизах костных органов наоборот, вены сопровождают соответствующие артерии и образуют паравенозные артериальные сплетение. Архитектоника и

структура стенки сети вен компактной костной ткани соответствует таковой рыхлой соединительной ткани. Интраорганные вены костных органов различного калибра образованы одним слоем эндотелия, а наружная оболочка состоит из окружающей миелоидной и паравенозного артериального сплетения. Оболочкой вен является рыхлая соединительная ткань. Видовые отличия интраорганный венозной сети костных органов зависят от зрелорождаемости животных, типа костного органа и компактной костной ткани диафизов костных органов.

Список использованных источников:

1. Brienemark, P. Vital microscopy of bone marrow in rabbit / P. Briinemark. *Icand. J. clin. Lab. Ivest. Land. Univ. Arsskrift. N. F* 1959. Т. 54. - С 21 - 48.
2. Амалицкий, В. Г. Пути циркуляции крови в трубчатых костях с/х животных / В. Г. Амалицкий. В кн. : Вопросы животноводства на юге Украины. Херсон, 1970. - С. 141 – 266.
3. Хрусталева, И. В. О некоторых закономерностях в расположении сосудистых отверстий на костях грудных конечностей домашних животных / И. В. Хрусталева. Тр. всеюзн. конф. по возрастной морфологии. Самарканд, 1972. - С. 232 – 236.
4. Bizzozero, L. Sulla funzione hemapoetica dell medulla / L. Bizzozero. *Zentral. f. d. med. Wissenchaft.*, 1969. - С. 144 – 157.
5. Всеволодов, Г. Ф. К вопросам о костных венозных синусах / Г. Ф. Всеволодов. Тр. военно-мед. орд. Ленина., акад. им. С. М. Кирова. - Т. 85, 1958. - С. 361 – 365.
6. Новиков, И. И. Кровеносные сосуды костного мозга / И. И. Новиков. Тез. 7-го Всесоюз. Съезда АГЭ. Тбилиси, 1961. - С. 184 – 185.
7. Криштофорова, Б. В. Біологічні основи ветеринарної неонатології / Б. В. Криштофорова, Лемещенко В. В., Стегней Ж. Г. Сімферополь, 2007. – 368 с.
8. Криштофорова, Б. В. Механизмы проникновения клеточных структур костного мозга в кровь и его морфофункциональное обоснование / Б. В. Криштофорова. Наукові праці ПФ НУБіП України «КАТУ». Вып. 48, 2012. – С. 179- 186.
9. Грабчак, Ж. Г. Структурно-функциональные особенности кровеносных сосудов остеобластического. Красного и жирового костного мозга бедренных костей неонатальных телят / Ж. Г. Грабчак. *Наук. вістн. НАУ.* – Вип. 38 – К., 2001. – С. 213 – 218.

Криштофорова Б.В. Морфологія вен кісткових органів ссавців

Досліджували внутрішньо-органні вени кісткових органів новонароджених телят, поросят, ягнят і цуценят собак з використанням комплексу морфологічних методів. Визначили, що джерела внутрішньоорганної мережі вен кісткових

Krishtoforova B.V. The morphology of the veins of bone bodies of mammals

Investigated intraorganic Vienna bone bodies of newborn calves, pigs, lambs and puppy dogs with the use of a complex of morphological methods. It was determined, that the origins of intraorgans network of

органів визначаються наявністю їх структурного компонента остеобластичного червоного або жовтого кісткового мозку, в меншій мірі грубоволокнистою кістковою тканиною. Джерела вен остеобластичного кістково-вого мозку утворені дугоподібними, червоного – синусоїдними і жирового - звичайними, властивими для жирової сполучної тканини капілярами. Загально-біологічною закономірністю є тонка стінка вен різного калібру (від джерел до магістралей) і їх взаємини з артеріями, що визначається пружними деформаціями певної ділянки кісткового органу.

Ключові слова: морфологія, кісткові органи, вени, ссавці.

veins bone bodies shall be defined by the presence of their structural component of osteoblastic yellow or red bone marrow, to a lesser extent rough fibrous bone tissue. The origins of the veins osteoblastic bone marrow educated arc, red – sinus and fat - ordinary, usual for fatty connective tissue capillaries. Biological regularity is a thin wall veins of different caliber (from the source to the highways) and their relationship to the arteries, which is determined by the elastic deformations of a certain area of the bone body.

Key words is morphology, bone organs, veins, mammals.