

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ МОРФОЛОГИЯ ВНУТРИОРГАННОГО АРТЕРИАЛЬНОГО РУСЛА ПЕЧЕНИ В СООТВЕТСТВИИ С СЕГМЕНТАРНОЙ МОДЕЛЮ

Милтых И.С., Мишин В.А., Зенин О.К.
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия

Для выполнения данного исследования были изучены и подвергнуты морфометрическому анализу пять коррозионных препаратов внутриорганного артериального русла печени лиц, в возрасте от 40 до 58 лет. Определены морфометрические показатели, количественно характеризующие нормальное строение внутриорганного артериального русла печени. Установлены корреляционные связи между величинами показателей, количественно характеризующих внутриорганное артериальное русло печени в соответствии с сегментарной моделью его строения. Полученные данные свидетельствует в пользу рассыпанной формы внутриорганного артериального русла печени. Установленные морфометрические закономерности строения артериального русла печени в дальнейшем могут служить отправной точкой для математического моделирования его структуры, основой для объективной оценки адекватности кровоснабжения данного органа.

Ключевые слова: артериальное русло, сегментарная модель, морфометрия

QUANTITATIVE MORPHOLOGY OF THE LIVER INTRAORGANIC ARTERIAL BED BASED ON THE SEGMENTAL MODEL

Miltykh I.S., Mishin V.A., Zenin O.K.
Penza State University,
Penza, Russia

To conduct this study, we examined and morphometrically analyzed five corrosive casts of the intraorganic arterial bed of the liver of individuals, aged 40 to 58 years. We have determined quantitative morphometric parameters describing the normal structure of the intraorganic arterial bed of the liver. Correlations between the values of the parameters that quantitatively characterize the intraorganic arterial bed of the liver in accordance with the segmental model of its structure were established. The obtained data suggest the scattered form of intraorganic arterial bed of the liver. The established morphometric regularities of the liver arterial bed structure can further serve as a starting point for mathematical modeling of its structure, a basis for objective assessment of the adequacy of blood supply of this organ.

Keywords: arterial vasculature, segmental model, morphometry.

Многие аспекты печеночного кровоснабжения еще недостаточно изучены в связи со сложностью строения сосудистого русла этого органа. Изменение емкости печеночного русла, по-видимому, имеет большое

физиологическое значение, т.к. при этом из одной только печени в сосудистую систему может выбрасываться до половины внутрипеченочного объема крови, что составляет примерно 700 мл [1]. В покое печень, в среднем, получает 100 мл крови в минуту на 100 г веса, примерно 25-30% этого количества поступает через печеночную артерию. При максимальном расширении печеночной артерии кровотоки по ней могут увеличиваться до 100-150 мл/мин/100 г. В органе весом 1500 г находится примерно 350-500 мл крови [2].

Цель исследования – установить морфометрические показатели внутриоргана артериального русла печени человека.

Материалы и методы: материалом для исследования послужили 5 коррозионных препаратов внутриоргана артериального русла печени, погибших от причин, не связанных с изменением сосудистого русла, в возрасте от 40 до 58 лет, полученных по известной методике [3]. Проведена морфометрия 3610 артериальных сегментов, расположенных на 18 уровнях деления и составляющих 8 генераций. Артериальное русло представляли как совокупность взаимосвязанных и определенным образом расположенных артериальных сегментов. В ходе работы изучены следующие параметры: уровень деления, диаметр артериального сегмента, длина артериального сегмента, коэффициент размножения, определяющих количество вновь образованных сегментов. Статистический анализ величин проводили с использованием лицензионного пакета MedStat в соответствии с рекомендациями [4]. Применяли следующие относительные показатели: фактор формы $FF = D/L$; площадь поперечного сечения $H = \pi D^2/4$ (мм²); площадь внутренней поверхности артериального сегмента $S = \pi DL$ (мм²); объем внутренней полости артериального сегмента $V = HL$ (мм³); морфологическая составляющая гемодинамического сопротивления (МСГС) сегмента $R_0 = 128LD^4/\pi$ (мм⁻³).

Результаты. Качественная визуальная оценка артериального дерева печени позволяет утверждать, что для него характерна рассыпная форма русла.

Распределение изучаемых величин отлично от нормального закона распределения, что обусловило выбор непараметрических статистических методов.

Параметр D характеризует диаметры всех измеренных сегментов артерий. Его максимальное значение 6,7 мм минимальное – 0,1 мм, что обусловлено возможностями используемой методики измерения. Наиболее часто встречающаяся величина диаметра 0,3 мм, что отличается от среднего значения 0,69 мм (рис. 8.3). Наличествует смещение распределения величин диаметров в сторону меньших значений.

Длина артериальных сегментов L изменяется в широких пределах: от 42 мм (максимальная) до 0,5 мм (минимальная). Наиболее часто встречающаяся длина 2 мм, что отличается от среднего значения 6,28 мм (таблица). Также, как и для диаметра, характерно смещение распределения величин в сторону меньших значений. Это определяет выраженную вариабельность фактора формы FF ($M \pm m$) $26,09 \pm 0,6$ (отн. ед.). Его максимальное значение 220 (отн. ед.) минимальное – 0,45 (отн. ед.).

Таблица

Численные значения, характеризующие внутриорганные артериальное русло печени в соответствии с сегментарной моделью.

	Ср. знач	Минимум	Максимум	Коеф. Вар.	Ст. отклонение	Ст. ошибка
D (мм)	0,68	0,1	6,7	0,35	0,59	0,01
L (мм)	6,26	0,5	42	22,85	4,78	0,12
FF (отн.ед.)	26,04	0,45	220	624,28	24,99	0,6
H (мм ²)	0,64	0,01	35,24	2,91	1,71	0,04
S (мм ²)	16,1	0,31	441,8	793,35	28,17	0,68
V (мм ³)	5,99	0,02	740,01	784,64	28,01	0,68
Ro (мм ⁻³)	29851,5	0,11	2935032	1,19E+10	109036	2635,2

Примечание: D – диаметр артериального сегмента (мм), L – длина артериального сегмента (мм), FF – фактор формы (отн.ед.), H – площадь поперечного сечения артериального сегмента (мм²), S – площадь внутренней поверхности артериального сегмента (мм²), V – объем внутренней полости артериального сегмента (мм³), Ro – МСГС сегмента артерии (мм⁻³).

В результате проведения непараметрического корреляционного анализа обнаружены слабые достоверные ($p \leq 0,01$) положительные корреляционные зависимости между $Gr-i$ ($r=0,27$), $Gr-FF$ ($r=0,16$), $i-FF$ ($r=0,12$) и $FF-V$ ($r=0,19$), отрицательные – между $Gr-L$ ($r=-0,21$), $i-L$ ($r=-0,25$), $D-FF$ ($r=-0,25$), $L-Ro$ ($r=-0,03$) и $FF-H$ ($r=-0,25$).

Умеренные ($p < 0,001$) положительные зависимости установлены для $Gr-Ro$ ($r=0,49$), $i-Ro$ ($r=0,49$), $D-L$ ($r=0,39$), $L-H$ ($r=0,39$), $FF-S$ ($r=0,40$) и $FF-Ro$

($r=0,59$) и отрицательные – для Gr–D ($r=-0,53$), Gr–H ($r=-0,53$), Gr–S ($r=-0,40$), Gr–V ($r=-0,47$), i–D ($r=-0,56$), i–H ($r=-0,56$), i–S ($r=-0,45$), i–V ($r=-0,52$), S–Ro ($r=-0,45$) и V–Ro ($r=-0,63$).

Сильные достоверные ($p<0,0001$) положительные корреляционные зависимости обнаружены для D–S ($r=0,75$), D–V ($r=0,88$), L–FF ($r=0,76$), L–S ($r=0,89$), L–V ($r=0,76$), H–S ($r=0,75$), H–V ($r=0,88$) и S–V ($r=0,97$), отрицательные – для D–Ro ($r=-0,92$) и H–Ro ($r=-0,92$). Функциональная положительная зависимость обнаружена для D–H ($r=1$).

Заключение. Большая сила корреляционных связей между исследуемыми показателями и уровнем деления, чем между величинами этих же морфометрических показателей и номером генерации, свидетельствует в пользу рассыпной формы внутриорганный артериальный русла печени.

Отрицательные зависимости между номером генерации, уровнем деления, с одной стороны, и величинами диаметра и длины сегмента артерии, с другой, говорят об уменьшении значений данных показателей по мере деления материнских артерий на более мелкие ветви. При этом происходит уменьшение просвета, площади внутренней поверхности и объема внутренней полости сегмента артерии, что влечет за собой естественное увеличение значения МСГС. Важно также отметить, что величина показателя МСГС в значительно большей степени зависит от значения диаметра сегмента артерии, чем от его длины. Она достоверно увеличивается с увеличением номера генерации, уровня деления и фактора формы.

Величина показателя длины сегмента зависит от величины его диаметра: с увеличением диаметра длина возрастает. Интересно, что уменьшение внутреннего диаметра и длины сегмента артерии с увеличением номера генерации и уровня деления влечет за собой достоверное увеличение фактора формы.

Литература

1. Шмидт, Р. Физиология человека: в 3 т. / Р. Шмидт, Г. Тевс. – Издательство «УРСС», 2005. – 864 с.
2. Камкин, А.Г. Фундоментальная и клиническая физиология / А.Г. Камкин, А.А. Каменский. – М.: Academia, 2004. – 1073 с.
3. Новая полимерная рентгенконтрастная композиция для изготовления коррозионных анатомических препаратов / Э.С. Кафаров [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2021. – Т. 15. – № 4. – С. 121-125.
4. Основы компьютерной биостатистики: анализ информации в биологии, медицине и фармации статистическим пакетом MedStat / Ю.Е. Лях [и др.]. – Донецк: Папакица Е. К., 2006. – 214 с.