

# 3

## ЗАКОНОМІРНОСТІ ЕМБРІОТОПОГРАФІЇ ТА ВІКОВОЇ АНАТОМІЇ

---

### СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКОВ КРОВИ НА ЭТАПАХ ПРЕНАТАЛЬНОГО ОНТОГЕНЕЗА

*Р.И.Асфандияров, С.Б.Моталин*

*Астраханская государственная медицинская академия (Россия)*

Известно, что движение крови в сердце и по сосудам имеет поступательно-вращательный характер, что по своей форме напоминает спираль. Как наиболее распространенный образец биосимметрии, спираль широко представлена в природе. Подобное движение крови осуществляется благодаря наличию специфических структурных компонентов стенки сердца, которые способствуют ее закручиванию при систоле [1-4], а также спиральному расположению коллагеновых, эластических и гладких мышечных клеток сосудистой стенки [3-6], способствующих поддержанию этого вращательного движения по всем артериальным магистралям вплоть до артериол.

На закладку и формирование этих специфических структурных образований в сердце и сосудах оказывают влияние общие генетические факторы, которые направлены на обеспечение в дальнейшем их нормального функционирования. По данным К.Н.Анохина (1980), "коррелятивная связь между структурой и функцией неизбежна с изначального момента, то есть с момента закладки". Этот факт определяет интерес к изучению вопросов преобразования структур сердца и сосудистых магистралей на этапах пренатального и постнатального онтогенеза.

Цель исследования: изучить морфогенез структурных компонентов сердца, аорты и основных ее магистралей, обеспечивающих формирование и поддержание закрученных потоков крови на этапах пренатального периода онтогенеза. В качестве материала использовали сердца и артериальные магистрали (аорта, общие сонные, подвздошные, почечные и брыжеечные артерии), а также артериолы полых (тонкая кишка) и паренхиматозных (печень) органов от 138 зародышей, предплодов и плодов от 5 до 40 нед. развития. Использовались методы:

анатомического препарирования; гистологические с окраской препаратов и серий срезов гематоксилин-эозином, по ван Гизон, Маллори, Харту с последующей графической реконструкцией по Туркевичу; коррозии; морфометрии с обработкой полученных данных на IBM по программе Microsoft Excel и StatWin; математического моделирования по программам Statgrafics и MatCad-6,0.

Результаты исследования показали, что структурные преобразования миокарда, стенки аорты, сонных, подвздошных, почечных и брыжеечных артерий, а также артериол протекают по общей программе развития в зависимости от выполняемых функциональных нагрузок.

В зародышевом периоде развития (6-7 нед.) основа стенки левой половины сердца представлена закладкой миокарда, в которой различимы идущие, на первый взгляд, в разных направлениях и беспорядочно миофибриллы с поперечной исчерченностью. Наибольшая его толщина определяется в закладке стенки левого желудочка, имеющего 3-4 разнонаправленных слоя кардиомиоцитов, из которых наружный и внутренний (как правило) – продольные, а средние – косо направленные. Формирование трабекулярного аппарата сердца определяется на всех стенках закладки левого желудочка. Он имеет гладкую несколько волнистую поверхность. Толщина трабекул варьирует от 0,015 до 0,026 мм, ширина межтрабекулярных борозд – от 25 до 47 мкм. Угол их наклона по отношению к продольной оси закладки желудочка незначителен, но уже выявляется тенденция к спиральной ориентации. Структура стенок исследуемых артерий на 5-6 нед. не сформирована. Видны единичные гладкие миоциты, имеющие косую ориентацию с углом наклона от 35° до 45°.

В предплодном периоде (7-12 нед.), особенно на его завершающей стадии, миокард желудочков значительно увеличивается в размерах. Увеличивается (до 5-6) количество идущих под разными углами наклона мышечных слоев, оплетающих желудочки со всех сторон. Углы их наклона в левом желудочке различны и нередко повторяются в обратном отображении в различных слоях стенки, создавая иллюзию разнонаправленных миофибрилл. Трабекулярный аппарат стенок левого желудочка количественно увеличивается согласно нарастанию массы сердца, качественно – начинает приобретать индивидуальность формы, локализации и размеров. Максимальная толщина трабекул достигает 0,125-0,14 мм, минимальная – 0,32-0,45 мм. Ширина межтрабекулярных пространств варьирует в пределах 0,35-0,87 мм. Среднюю степень глубины определить трудно из-за сильно выраженного разнообразия их формы и направления. Угол их наклона по отношению к оси желудочка начинает проявляться в большей степени и составляет 70-75°. Большая вариабельность глубины и ширины межтрабекулярных пространств, толщины, формы и разнонаправленности трабекул формируют вид губки. Она, расширяясь и сжимаясь, набирает в себя, а затем выталкивает поток крови по спирально ориентированным пространствам, раскручивая его в диастолу и закручивая его в систолу, а также выполняет роль

остаточной емкости желудочков, функционально важной для внутрисердечной гемодинамики.

В стенках сосудов в начале предплодного периода определяется интенсивное наращивание структурных компонентов и в большей степени у артерий крупного калибра. Гладкие мышечные клетки, располагающиеся в 3-4 слоя, имеют косо спиральную ориентацию с углом наклона от  $45^\circ$  до  $55^\circ$ . Толщина стенки и наружный диаметр их увеличиваются. К концу предплодного периода отмечается ускоренный рост сосудов в длину и диаметре, нарастание количества структурных компонентов всех их оболочек. Стенка представлена тремя четко различимыми оболочками, структурную и функциональную основу которой представляет средняя оболочка. Каркас ее состоит из плотных взаимоперпендикулярных переплетений коллагеновых и эластических волокон с "впаянными" в их промежутках гладкими мышечными клетками. Увеличение количества и слоев гладких миоцитов, имеющих спиральную ориентацию, определяет функциональную приспособляемость сосудистой стенки к изменяющимся в эти сроки гемодинамическим условиям.

В плодном периоде увеличиваются толщина миокарда, размеры трабекул и глубина межтрабекулярных борозд. Трабекулы левого желудочка приобретают разнообразную форму: пирамидальную, грибовидную, конусовидную, овальную; увеличиваются их размеры; имеют, на первый взгляд, хаотичное расположение. Разнообразие количества, форм и размеров трабекулярных выростов миокарда различных стенок левого желудочка определяет их функциональную значимость для сердечной гемодинамики в фазе систолы и диастолы. Наибольшее их количество, с меньшими размерами, большим разнообразием форм, определяется на наиболее функционально подвижных – передней и задней – стенках левого желудочка. На боковой стенке (межжелудочковая перегородка) они имеют несколько уплощенный вид, сглажены, ориентированы не четко. Межтрабекулярные пространства левого желудочка также значительно меняют свою форму, размеры и направление. Имея разнообразную величину просвета и в основном плоскую листовидную форму, они синусоидально изгибаются по отношению к продольной оси желудочка. Уменьшается до  $57-63^\circ$  и стабилизируется их угол наклона в различных исследуемых секторах. Выявляется их спиралевидный ход, направленный от верхушки сердца к артериальному конусу. К концу плодного периода нарастание количества и дифференциация миофибрилл миокарда левого желудочка продолжают. Волокна его уплотняются, приобретают компактный вид. Трабекулы формируют сложные переплетения различной толщины и формы, переходя в почти параллельно идущие гребни, достигающие в толщину у аортального конуса 1-1,5 мм. Межтрабекулярные пространства, имеющие листовидную или конусообразную форму у верхушки желудочка, у клапана аорты приобретают вид сходящихся борозд шириной 1-2 мм. Угол их наклона во всех исследуемых секторах и на различных стенках имеет обратную

зависимость, напоминая синусоидальную линию (спиралевидный вид).

Плодный период характеризуется наращиванием и дифференциацией всех структурных компонентов стенок исследуемых сосудов. Характерно отметить гетерохронию параметров роста морфологических показателей сосудов в различных возрастных периодах. В первой его половине (13-28 нед.) отмечается интенсивный рост диаметров и толщины стенки почечных и, в меньшей степени, брыжеечных артерий. А для второй половины (29-40 нед.) характерен рост аорты, общих сонных и подвздошных артерий. Стенка артерий приобретает четкое трехслойное строение. Во внутренней оболочке клетки эндотелия косо ориентированы по длине сосуда. Средняя оболочка представлена переплетениями коллагеновых и эластических волокон с "впаянными" в их промежутках от 8 до 20 слоев гладких мышечных клеток, имеющих косо-циркулярную ориентацию в двух направлениях. Угол их наклона составляет от 35° до 50°. В наружной оболочке коллагеновые волокна располагаются рыхло, имеют различную толщину. Увеличиваются наружный и внутренний диаметры исследуемых сосудов.

Таким образом, формирование трабекул на 5-6 нед. определяется на всех стенках левого желудочка. Толщина трабекул и межтрабекулярных борозд варьирует, угол их наклона по отношению к продольной оси незначителен, но выявляется тенденция к спиральной ориентации.

На протяжении предплодного и плодного периодов развития увеличиваются размеры трабекул и глубина межтрабекулярных борозд, увеличивается и стабилизируется угол их наклона, выявляется пологая спираль, направленная от верхушки сердца к артериальному конусу. К концу плодного периода трабекулы формируют сложные переплетения различной толщины, переходя в параллельно идущие гребни. Межтрабекулярные пространства приобретают плоскую листовидную форму у верхушки сердца и клапана аорты.

Выявлены принципиальные различия в процессе роста аорты, сонных, подвздошных, почечных и брыжеечных артерий. Существенно отличается становление спиральной ориентации структур стенки исследуемых артерий: ее функциональная основа представлена "гладкомышечной спиралью", основные параметры (диаметр, шаг и угол наклона) которой на ранних сроках пренатального периода онтогенеза имеют определенную обратно пропорциональную зависимость.

#### Литература

1. Адыширин-Заде Э.А., Габаин Л.И. Особенности рельефа внутренней поверхности желудочков сердца и "сосуды Вьессена-Тезезия" // *Арх. анат.* – 1984. – № 10. – С. 54-59.
2. Углов Ф.Г., Зубцовский В.Н., Большаков О.Н. Топография рельефа внутренней поверхности стенки левого желудочка в фазе диастолы // *Арх. анат.* – 1985. – Т. 87, № 9. – С. 33-40.
3. Асфандияров Р.И., Моталин С.Б., Куртусунов Б.Т. Морфогенез трабекул и межтрабекулярных пространств желудочков сердца человека в пренатальном онтогенезе // *Всеросс. научн. конф. АГЭ "Законом. морфоген. и регул. ткан. проц. в норм., эксперим. и патол. условиях"*. – Тюмень,

1998. – С. 123. 4. Асфандияров Р.И., Моталин С.Б. Формирование системы обеспечения закрученных потоков крови на этапах онтогенеза // Тр. АГМА "Теоретич. вопр. соврем. мед., биол. и обществ. здоровья". – Астрахань, 2001. – Т. 20 (XLIV). – С. 81-86. 5. Курриянов В.В. Спиралевидное расположение мышечных элементов в стенке кровеносных сосудов и его значение для гемодинамики // Арх. анат. – 1983. – Т. 85, № 9. – С. 46-54. 6. Mc Culloch A., Waldman L., Rogers J., Giccion J. Large-scale finite element analysis of the beating heart // Crit. Rev. Biomed. End. – 1992. – V. 20, № 5-6. – P. 27-49.