

## ФОРМИРОВАНИЕ СУХОЖИЛЬНЫХ ХОРД ЖЕЛУДОЧКОВ СЕРДЦА ЧЕЛОВЕКА В РАННЕМ ЭМБРИОГЕНЕЗЕ

Ромбальская А. Р.

Белорусский государственный медицинский университет,  
кафедра нормальной анатомии  
г. Минск

**Ключевые слова:** эмбриогенез, человек, сердце, сухожильные хорды

**Резюме:** В статье изложены стадии развития и варианты фиксации сухожильных хорд желудочков сердца человека в раннем эмбриогенезе. По мере увеличения размеров сердца эмбриона человека створки предсердно-желудочковых клапанов и сосочковые мышцы отдаляются друг от друга и между ними появляются тяжи с мышечным компонентом – будущие сухожильные хорды. В процессе демускуляризации мышечная ткань в сухожильных хордах и створках предсердно-желудочковых клапанов замещается соединительной тканью и внутривентрикулярные образования приближаются к дефинитивному состоянию.

**Resume:** The article describes the stages of development and options for fixing the tendon chords of the ventricles of the human heart in early embryogenesis. As the size of the heart of a human embryo increases, the valves of the atrioventricular valves and papillary muscles move away from each other and strands with a muscular component appear between them - future tendinous chords. In the process of demuscularization, the muscle tissue in the tendon chords and cusps of the atrioventricular valves is replaced by connective tissue and the intraventricular formations approach the definitive state.

**Актуальность.** В настоящее время пристальное внимание уделяется диагностике врожденной патологии сердца и магистральных сосудов, которые часто являются причиной ранней инвалидизации и смерти детей, особенно первого года жизни. Предсердно-желудочковые клапаны правого и левого желудочков сердца человека состоят из створок (передней, задней и перегородочной в правом желудочке и передней и задней в левом), сухожильных хорд и сосочковых мышц (передней, задней и перегородочной в правом желудочке и передней и задней в левом). Их функция заключается в препятствии обратному току крови из желудочков в правое и левое предсердия сердца. При этом наличие врожденных дефектов предсердно-желудочковых клапанов, аномальное отхождение или прикрепление сухожильных хорд может сочетаться с тяжелыми нарушениями ритма сердца и проводимости, инфекционным эндокардитом, сердечной недостаточностью, что еще более усугубляет нарушения гемодинамики. Поэтому является целесообразным детально изучить сухожильные хорды желудочков сердца взрослого человека не только в плане строения, локализации и взаимосвязи с другими структурами клапанов сердца (в том числе аномальное расположение хорд), но и изучить развитие сухожильных хорд желудочков сердца в раннем эмбриогенезе человека.

Как известно, с помощью сухожильных хорд сосочковые мышцы желудочков сердца человека связаны со створками предсердно-желудочковых клапанов. Сухожильные хорды имеют вид тяжей круглой или лентообразной формы, покрытых эндокардом. Они отходят от боковых поверхностей и верхушек сосочковых мышц и прикрепляются к желудочковой поверхности и свободным краям створок

предсердно-желудочковых клапанов. Наличие сухожильных хорд увеличивает площадь поверхности присоединения сосочковых мышц к клапану и позволяет мышце лучше контролировать его деятельность. Во вторую фазу сердечного цикла (сокращение желудочков) натяжение сухожильных хорд препятствует выворачиванию клапанов в полость предсердий при повышении давления в желудочках [1;3;4].

По данным литературы сухожильные хорды развиваются в течение всего периода внутриутробной жизни, и формирование их к рождению еще не завершается [7]. Однако локализацию, варианты фиксации и отхождения от сосочковых мышц уже можно проследить: выделяют краевые сухожильные хорды, фиксирующиеся к краю створки, и париетальные, которые прикрепляются к желудочковой поверхности створки предсердно-желудочкового клапана [2]. По ходу от сосочковой мышцы к клапану различают следующие варианты сухожильных хорд:

- апикальные - исходят от верхушек сосочковых мышц и прикрепляются к желудочковой поверхности створок;

- латеральные - начинаются на боковых поверхностях сосочковых мышц и прикрепляются к свободному краю или к желудочковой поверхности створок [6].

При исследовании сердец плодов человека 3-5 и 7-9 мес. внутриутробной жизни и новорожденных отмечается постепенное возрастание количества сухожильных хорд, прикрепляющихся к желудочковой поверхности створок митрального клапана [5]. У плодов первой половины внутриутробной жизни описаны непосредственные (без помощи сухожильных хорд) прикрепления верхушек сосочковых мышц к краю створок митрального клапана, чего у новорожденных уже не наблюдалось. Авторы полагают, что непосредственное прикрепление верхушек сосочковых мышц к краям створок митрального клапана, является определенным этапом в развитии, в результате которого при дальнейшей дифференцировке возникает более совершенная связь с помощью сухожильных хорд.

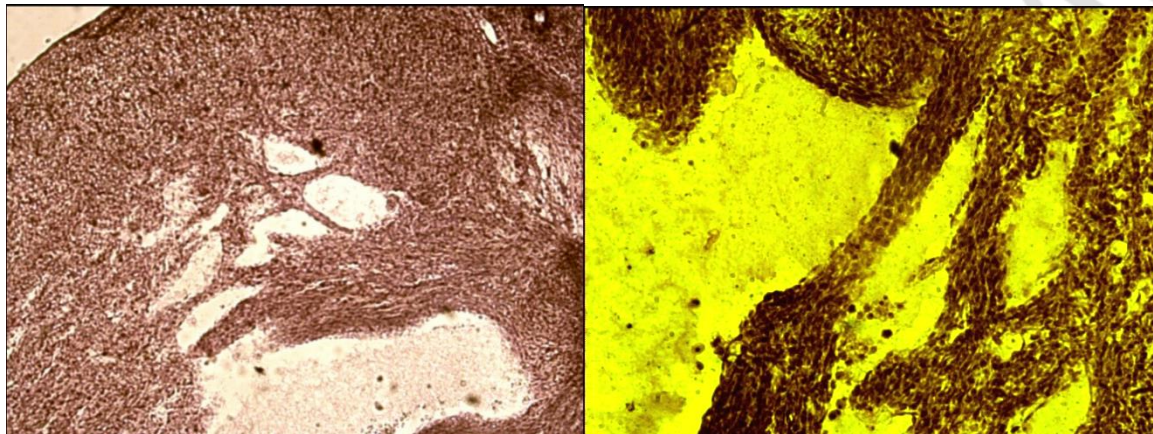
**Цель** – выявить особенности формирования сухожильных хорд, а также установить взаимосвязь их развития со створками атриовентрикулярных клапанов желудочков сердца и с внутрижелудочковыми структурами (мясистые трабекулы, сосочковые мышцы) сердца в раннем эмбриогенезе человека.

**Материалы и методы.** Материалом для исследования послужили серии сагиттальных, фронтальных и горизонтальных срезов 60 зародышей человека от 6 до 70 мм теменно-копчиковой длины (ТКД), что соответствует сроку от 25 до 81 суток внутриутробного развития, из эмбриологической коллекции кафедры нормальной анатомии БГМУ. Эмбрионы фиксированы в 10% растворе нейтрального формалина, импрегнированы солями азотнокислого серебра по методу Бильшовского-Буке. Часть зародышей окрашена гематоксилином и эозином и по Фельгину. Методы исследования: эмбриологический, морфометрический, статистический.

Исследование проводилось под микроскопом бинокулярным стереоскопическим МБС-9, МБС-1, МБИ-3 и аппаратно-программным комплексом «Bioskan AT+».

**Результаты и их обсуждение.**

В результате исследования установлено, что сухожильные хорды хорошо различимы у эмбрионов 18-19мм ТКД. В этот период видны сосочковые мышцы, формирующиеся из мясистых трабекул желудочков сердца, верхушки мышц из широких превращаются в конические и в связи с тем, что створки клапана с увеличением размеров сердца смещаются краниально, начинает происходить отдаление мышц от клапана с формированием будущих соединительнотканых образований – сухожильных хорд. Последние отходят от верхушки сосочковых мышц к створке предсердно-желудочкового клапана, и в своей структуре имеют



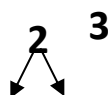
преимущественно не соединительную ткань, а мышечный компонент, происходящий из сосочковых мышц в связи с процессом их отдаления от створок атриовентрикулярных клапанов (рисунок 1 А и Б).

**Рис. 1** – Связь сосочковой мышцы со створкой предсердно-желудочкового клапана посредством будущей сухожильной хорды у зародыша человека 19 мм ТКД. Сагиттальный срез. Микрофотография. Окраска по Бильшовскому-Буке

1 – сосочковая мышца; 2 – кардиомиоциты в составе будущих сухожильных хорд; 3 – створка предсердно-желудочкового клапана

А - Увеличение об. 10х

Б - Увеличение об. 20х



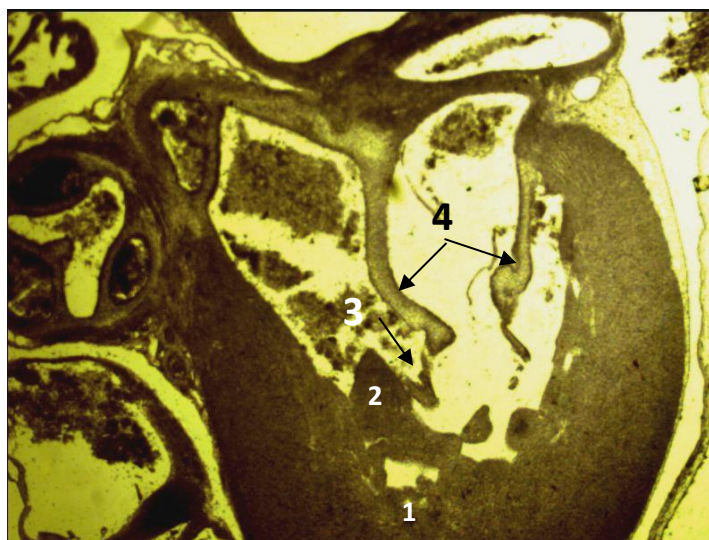
У эмбрионов 24-28мм сухожильные хорды удлиняются и становятся тоньше, в них появляются участки **Б** не содержащие пучков кардиомиобластов, начинается процесс демускуляризации.

Сухожильные хорды у эмбрионов 31-36мм ТКД уже практически не имеют мышечного компонента, последний четко определяется только в области верхушки сосочковой мышцы - месте отхождения хорд.

На некоторых срезах **А** брионов 41-50мм ТКД можно наблюдать сухожильные хорды, которые направляются к створкам предсердно-желудочкового клапана не только от сосочковых мышц, но и от мясистых трабекул. В этих хордах также наблюдается процесс демускуляризации.

Для внутрижелудочковых образований сердца эмбрионов 65 и 70мм ТКД характерны черты дефинитивного их строения (рисунок 2). В результате процесса демускуляризации пучки кардиомиобластов из будущих сухожильных хорд и створок предсердно-желудочкового клапана практически исчезают и сохраняются только в области отхождения сухожильных хорд от сосочковых мышц. Иногда по ходу хорды встречаются очаги мышечной ткани.





**Рис. 2** – Внутрижелудочковые образования сердца зародыша человека 70 мм ТКД. Сагиттальный срез. Микрофотография. Увеличение об. 2,5х. Окраска по Бильшовскому-Буке  
1 – мясистые трабекулы; 2 – сосочковая мышца; 3 – сухожильные хорды; 4 – створки предсердно-желудочкового клапана

**Выводы.** Таким образом, основываясь на результатах эмбриологического исследования, в формировании сухожильных хорд сердца в эмбриогенезе человека можно выделить следующие стадии:

- 1) мышечных тяжей – будущих сухожильных хорд – эмбрионы 18 – 23 мм ТКД;
- 2) демускуляризации – эмбрионы 24 – 64 мм ТКД;
- 3) окончательного формирования и близкого по строению к дефинитивному состоянию сухожильных хорд сердца человека – эмбрионы 65 – 70 мм ТКД.

В процессе демускуляризации мышечная ткань в сухожильных хордах и створках предсердно-желудочковых клапанов сердца у зародышей 24 – 64 мм ТКД замещается соединительной тканью и внутрижелудочковые образования приближаются к дефинитивному состоянию.

#### Литература:

1. Агеев, Ю.К. Макроскопическая анатомия сердца / Ю.К. Агеев. – Тирасполь: РИО ПГПУ, 1994. – 68 с.
2. Копейкин, Н.Г. Возрастные особенности сухожильных струн сердца / Н.Г. Копейкин // Материалы 9-й науч. конф. по возрастной морфологии, физиологии и биохимии, Москва, апр., 1969г. – М.: изд-во НИИ физиологии детей и подростков АПН СССР, 1969. – С. 222.
3. Acker, M.A. Clinical results with the Acorn cardiac restraint device with and without mitral valve surgery / M.A. Acker // Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg. – 2005. – Vol. 17, № 4. – P. 361–363.
4. Gotoh, T. Infrastructure of the rat papillary muscle chorda tendineae function / T. Gotoh / J. Electron Micros. – 1994. – Vol. 43, № 3. – P. 151–154.
5. Grzybiak, M. Kształtowanie się połączeń mięśni brodawkowatych z zastawką dwudzielną serca w rozwoju osobniczym i rodowym / M. Grzybiak, H. Szostakiewicz // Monogr., podr., skr. AWF Poznaniu. Ser. monogr. – 1981. – № 199. – S. 63–68.
6. Grzybiak, M. Morphology of the tendinous chords in the left ventricle of human heart / M. Grzybiak // Folia Morphol. – 1985. – Vol. 44, № 3–4. – P. 223–231.
7. Grzybiak, M. Number of the tendinous cords in the human left ventricle during fetal and postnatal period / M. Grzybiak // Folia Morphol. – 1986. – Vol. 45, № 3. – P. 158–168.