

Минигазимов Р. С.

170

АДАПТАЦИЯ ФИБРОАРХИТЕКТониКИ СЕРОЗНЫХ ОБОЛОЧЕК К ИЗМЕНЕНИЯМ ИХ ДВУМЕРНОГО РЕЛЬЕФА

Башкирский государственный медицинский университет, г. Уфа, Россия

На протяжении серозных оболочек (СО) происходят изменения площади и рельефа ее поверхности. Эти изменения связаны с изменениями подобных показателей покрываемого СО субстрата (или с объемными изменениями тканевых элементов глубоких слоев самих оболочек). Каковы механизмы адаптации СО к изменениям площади и геометрической формы субстрата? В литературных источниках этот вопрос не рассматривается.

Целью нашего исследования является выявление закономерностей адаптации фиброархитектоники серозных и синовиальных оболочек к двух- и трехмерным изменениям рельефа субстрата.

Проведено исследование брюшины, плевры, перикарда и синовиальной оболочки коленного и тазобедренного суставов от 20 трупов лиц мужского и женского пола в возрасте 25–45 лет без признаков сопутствующих заболеваний и поражений исследуемых структур. Морфология указанных оболочек изучена методами трехмерной световой микроскопии [1, 2]. Результаты исследования поверхностного волнистого коллагенового слоя (ПВКС) СО сопоставлены с архитектурой коллагеновых волокон (КВ) покровного слоя синовиальных оболочек.

Изучение типовых элементов ПВКС позволяет подойти к рассмотрению наиболее существенного вопроса в контексте данного исследования — вопроса о механизме пространственного распределения ПВКС по субстрату. В отличие от механизмов диффузного распределения прерывных структур (наподобие клеточного покрова), или хаотично ориентированных волокон сетчатых структур, распределение ПВКС, отличающегося строгой параллельной организацией непрерывных по протяженности волокон, должен быть иным, особым.

Результаты и обсуждение

В фигурах дивергенции волн (ФДВ) появляется одна дополнительная волнистость КВ. Появление дополнительной спирали КВ является следствием удлинения их на длину шага одной спирали. Удлинение КВ связано с расширением площади поверхности СО. В свою очередь, контактный ряд дополнительных спиралей смежных КВ формирует дополнительную волну на рельефе ПВКС. Она имеет визуализированное начало в виде ФДВ и окончание в виде фигуры конвергенции волн (ФКВ). Эта же пара фигур определяет протяженность фронта волны, то есть протяженность волны по ее фронту. И, в итоге, эта дополнительная волна является волновым эквивалентом визуализированного дополнительного (новообразованного) участка площади ПВКС. Площадь подобного приращенного участка поверхности равняется произведению длины волны на длину ее фронта: $\Delta S = \lambda_{\text{в}} \times l_{\text{фв}}$, где ΔS — добавочная площадь поверхности, $\lambda_{\text{в}}$ — длина волны, $l_{\text{фв}}$ — протяженность фронта волны. Эти же выводы касаются и сужения площади поверхности при исчезновении волн. В свете изложенных предпосылок, основным ключом к исследованию адаптации ПВКС к вариациям рельефа субстрата на его протяжении является изучение регулярности волн на рельефе самого ПВКС.

Для поиска адаптивных изменений поверхности ПВКС к рельефу нами выбраны две альтернативные, в этом плане, оболочки — брюшина тонкой кишки и перикард. В составе обеих оболочек имеется ПВКС, в строении которого априорно заложены все изменения площади его поверхности. Тонкая кишка, как своеобразный контрольный вариант, характеризуется относительно постоянным, неизменным на протяжении диаметром. Развернутая поверхность цилиндрической формы брюшины тонкой кишки является двумерной и имеет относительно неизменные контуры и удельную площадь на протяжении кишки. Перикард же характеризуется постоянно и значительно изменяющимися параметрами формы и удельной площади поверхности на ее протяжении. То есть у перикарда имеются двумерные участки с расширяющейся и суживающейся на протяжении поверхностью.

Рельеф поверхности брюшины тонкой кишки и ее ПВКС характеризуется регулярной волнистостью (длиной волн $\lambda_{\text{в}} = 40,86 \pm 1,37 \text{ мкм}$ и высотой $h_{\text{в}} = 15,45 \pm 0,85 \text{ мкм}$).

Наиболее характерным визуальным признаком рельефа ПВКС брюшины тонкой кишки (рис. 1) является большая протяженность фронта волн ($l_{\text{фв}} = 1372 \pm 68 \text{ мкм}$, где $l_{\text{фв}}$ — длина фронта волны), отсутствие или немногочисленность фигур их слияния и расхождения.

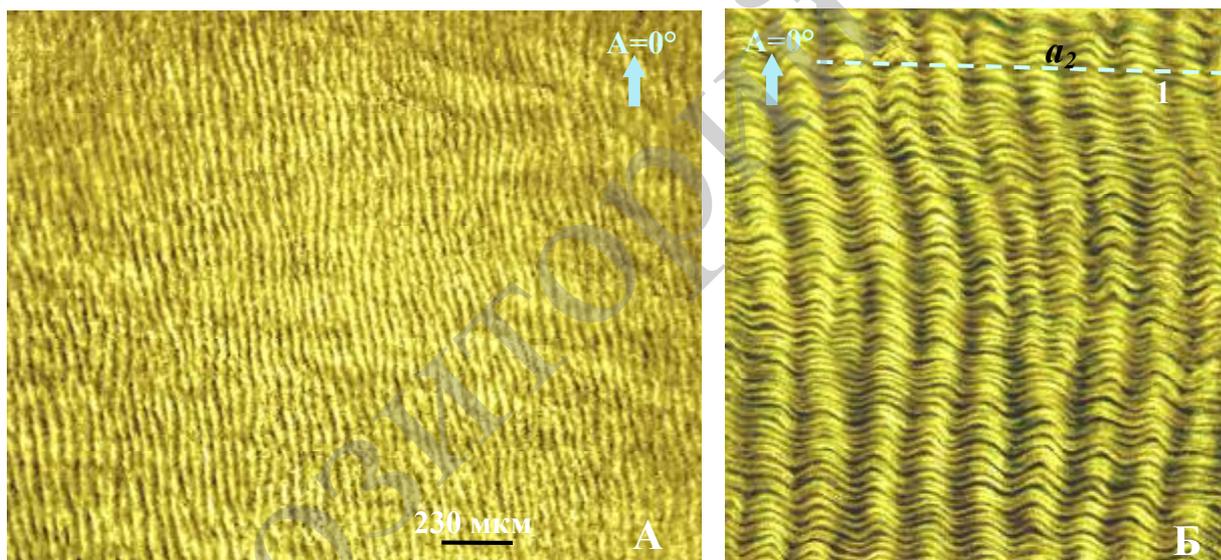


Рис. 1. Поверхностный волнистый коллагеновый слой (ПВКС) брюшины тонкой кишки. Трехмерная световая микроскопия (ТСМ).

А — обзорный снимок. ТСМ. Об. 6,3. Ок. 12,5. Волны параллельны друг к другу, линии фронтов волн ориентированы в одном направлении по $A = 0^\circ$.

Б — параллельные волны на поверхности ПВКС. Большинство волн в поле зрения (линейный размер его по $A = 0^\circ$ равен 450 мкм) не прерываются в фигурах дивергенции–конвергенции волн. Коллагеновые волокна ориентированы параллельно друг к другу (вдоль пунктирной линии 1) и примерно под прямым углом к линиям фронтов формируемых ими волн. ТСМ. Об. 25. Ок. 12,5

Картина волнистости ПВКС перикарда отличаются выраженной мозаичностью (рис. 2). Наиболее характерным признаком ее являются волны малой протяженностью распределения по фронту ($l_{\text{фв}} = 186,0 \pm 8,37 \text{ мкм}$), соответственно,

большое количество ФДКВ и большое количество волн на единице площади поверхности. Длина волн перикарда равна 40 мкм ($\lambda_{\text{в}} = 40,54 \pm 2,94$ мкм), высота волн в среднем 12 мкм ($h_{\text{в}} = 12,1 \pm 2,6$ мкм, min — 6 мкм, max — 18 мкм).

Интерпретация структурной адаптации ПВКС двумерного участка перикарда к изменениям его площади на протяжении показана на рис. 3.

На представленном изображении ПВКС (рис. 3) в направлении $A \approx 0^\circ$ шесть отмеченных волн преобразуются в девять волн. Это связано с увеличением его площади, в направлении расширения площади НРП₁ по биссектрисе ФДВ под цифрой 12, за счет удлинения КВ. ΔS_1 — площадь расширения ПВКС за счет удлинения КВ, равна сумме площадных эквивалентов, то есть проекций, ФДВ под цифрами 10, 11, 12 и новообразованных в них волн под цифрами 1₁, 4₁ и 6₁. $\Delta S_1 = S_{\text{ФДВ}10} + S_{\text{ФДВ}11} + S_{\text{ФДВ}12} + S_{\text{волны}1_1} + S_{\text{волны}4_1} + S_{\text{волны}6_1} = 28300 \text{ мкм}^2$

$\Delta S_2 = 1/2H \times B$, где ΔS_2 — расчетная приращенная площадь ПВКС (показана под цифрой 13); H — высота треугольника площади приращения (1 мм препарата = 5 мкм; B — длина основания треугольника. $\Delta S_2 = 5625 \text{ мкм}^2$.

ΔS_3 — расчетная площадь сужения ПВКС (показана под цифрой 14) за счет уменьшения количества КВ на 3 волокна. $\Delta S_3 = 4875 \text{ мкм}^2$.

Участок ПВКС препарата по периметру $a-a_1-c_1-c-a$ представлен в виде его графической модели периметром $a_1-a_2-c_3-c_2-a_1$. Контуры участка проведены по «естественным границам»: контуры $a-a_1$ и $c-c_1$ проведены по границам групп КВ, а контуры $a-c$ и a_1-c_1 — по подошвам волн вдоль линии их фронтов. НРП₁ по $A = 335^\circ$ — направление расширения площади контура за счет внутриконтурного удлинения КВ (на длину шага их спиралей) на протяжении 3 фигур дивергенции волн (ФДВ) под цифрами 10, 11, 12. $\Delta S_1 \approx 28300 \text{ мкм}^2$ — приращенная за счет удлинения КВ площадь, равная сумме площадей проекций 3 ФДВ и 3 новообразованных в них волн под цифрами 1₁, 4₁, 6₁. $\Delta S_2 \approx 5600 \text{ мкм}^2$ — приращенная за счет новообразованных внутри контура $a-a_1-v_1-v-a$ (на модели: $a_1-a_2-v_3-v_2-a_1$) шести КВ (42–36) площадь, связанная с НРП по $A \approx 70^\circ$. $\Delta S_2 \approx 4900 \text{ мкм}^2$ — убывающая при исчезновении внутри контура $v-v_1-c_1-c-v$ (на модели: $v_2-v_3-c_3-c_2-v_2$) 3 КВ (20–17) площадь, связанная с направлением сужения площади (НСП) по $A \approx 75^\circ$. Прирастающая (в направлении $A \approx 70^\circ$) площадь ΔS_2 (13) и убывающая (в направлении $A \approx 75^\circ$) площадь ΔS_3 (14) с расчетными размерами, формами и направлениями изменений, вынесены за пределы изображения препарата.

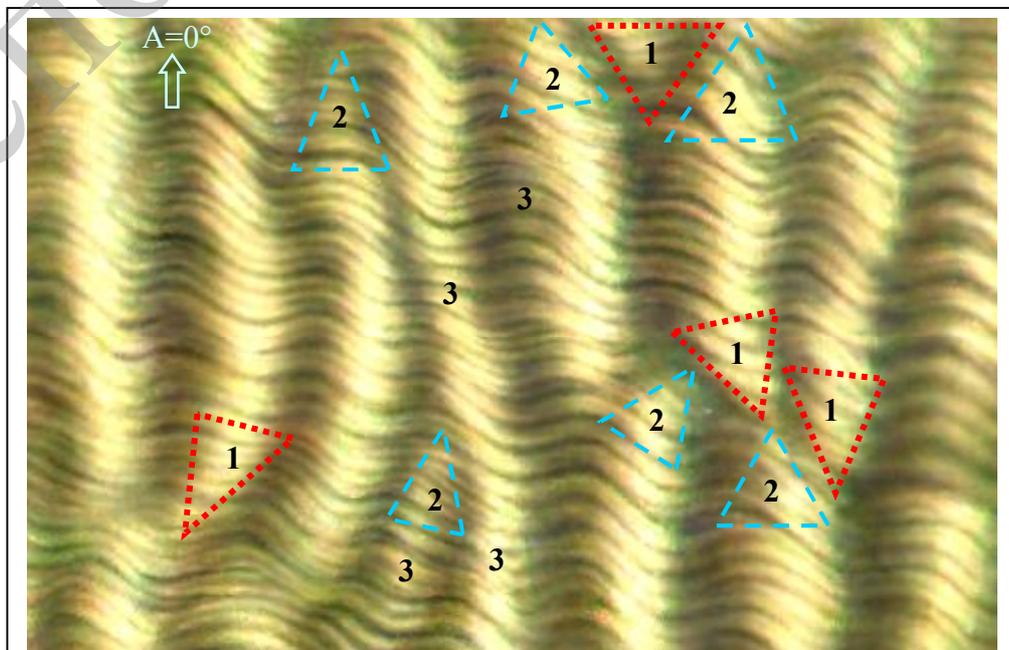


Рис. 2. Поверхностный волнистый коллагеновый слой перикарда. Участок выраженных преобразований волн. Трехмерная световая микроскопия. Об. 25. Ок. 25:
 1 — фигуры дивергенции волн; 2 — фигуры конвергенции волн; 3 — переходные формы волн

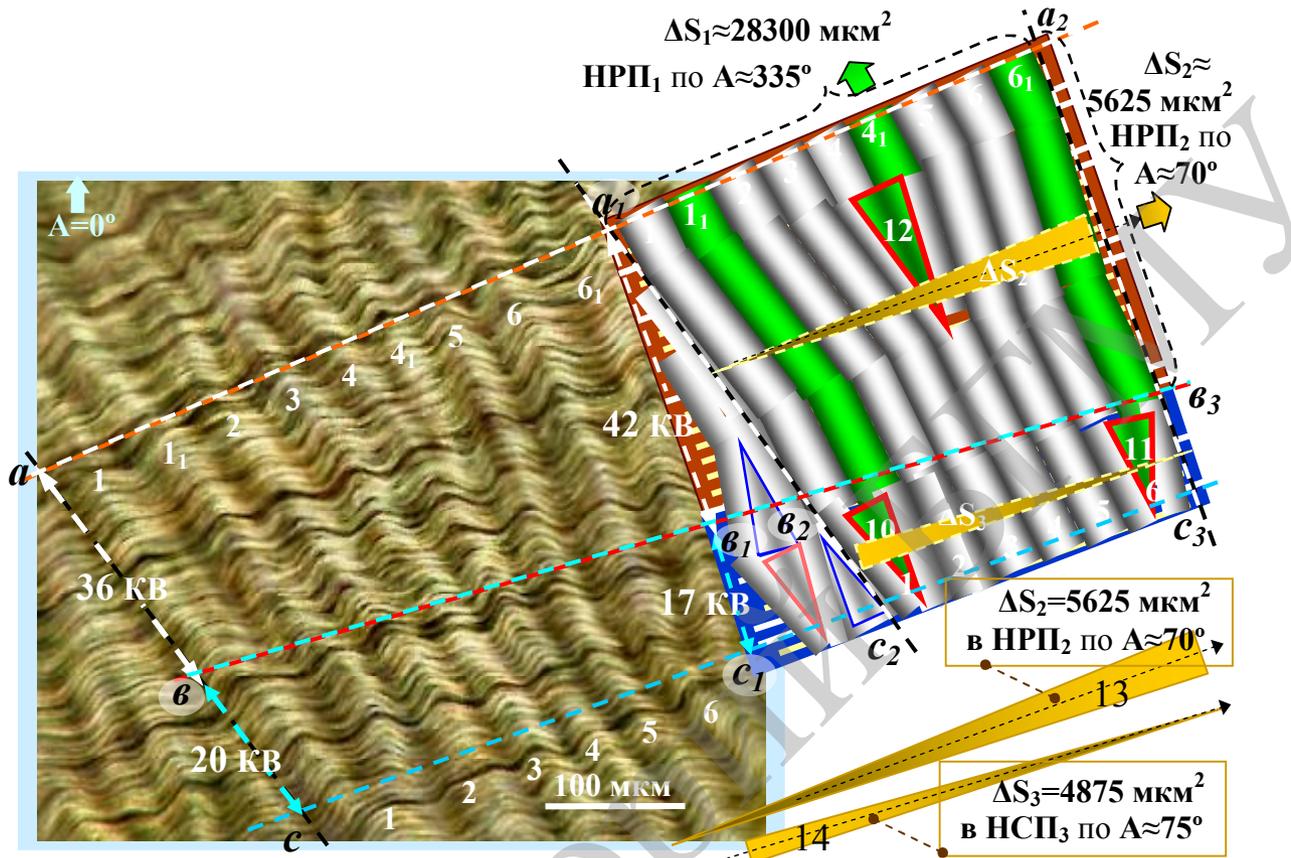


Рис. 3. Поверхностный волнистый коллагеновый слой (ПВКС) перикарда (трехмерная световая микроскопия, об. 25) и графическая интерпретация его волнистости. Длина волн $\lambda_w \approx 40$ мкм, диаметр коллагеновых волокон (КВ) $D_{КВ} \approx 3$ мкм, расстояние между КВ $L_{мкв} \approx 5$ мкм