

СТРУКТУРА, БИОСИНТЕЗ И ФИБРИЛЛОГЕНЕЗ КОЛЛАГЕНА

**Фадеева К.А., студентка 2 курса факультета ветеринарной
медицины и биотехнологии**

**Научный руководитель - Фасахутдинова А. Н.,
кандидат биологических наук, доцент
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

***Ключевые слова:** коллаген, волокна, каркас, фибриллы, матрикс.*

Данная статья посвящена ознакомлению со структурой коллагеновых волокон, особенностями образования их в организме и типами, а также функциями данного белка.

Коллагены представляют собой семейство, состоящее более чем из 20 различных белков внеклеточного матрикса. Все коллагены организованы в тройные спирализованные «коллагеновые субъединицы», обладающие суперспиральной структурой и состоящие из трех отдельных полипептидов. Коллагеновые субъединицы выходят из клеток и затем, во внеклеточном пространстве, собираются в более крупные фибриллы и волокна [1].

Мутации в коллагеновых генах вызывают множество патологических состояний, начиная от появления морщин до развития хрупкости костей и таких тяжелых заболеваний, как образование кожных волдырей.

Почти все клетки животных синтезируют и секретируют по меньшей мере одну из форм коллагена. Коллагены обеспечивают тканям структурную поддержку и существуют во множественных формах, организованных в различные структуры. Все белки семейства коллагенов характеризуются одним общим свойством: они собраны в тонкие тройные спиральные суперспирализованные структуры, состоящие из трех субъединиц коллагеновых белков, которые удерживаются вместе ковалентными и нековалентными связями. Коллагеновые субъединицы собираются в тройные спиральные структуры, которые организуются в фибриллы или в сеть, где они связаны между собой другими белками

внеклеточного матрикса, включая коллагены, связанные с фибриллами [1,2].

Суперспирализованные структуры бывают трех типов — фибриллярные, слоистые и связанные с фибринами. В фибриллярных коллагенах суперспирализованные спирали организованы в фибриллы или «канаты», которые обеспечивают прочность структуры вдоль единственной оси. Когда эти фибриллы собраны в параллельно расположенные пучки, как в сухожилиях, они обеспечивают невероятную прочность структуры, которая способна противостоять усилиям, развиваемым мышцами, закрепленными на костях. Слоистые коллагены представляют собой сеть, состоящую из суперспирализованных спиральных структур. Они в меньшей степени устойчивы к мышечным усилиям, но гораздо лучше противостоят растяжению в нескольких направлениях. Сеть таких структур, например, характерна для кожи. Третий тип коллагена, известный как «фибриллярные связки», образует суперспирализованные спиральные структуры, связывающие коллагеновые фибриллы вместе. Независимо от организации, коллагены образуют основную каркасную структуру внеклеточного матрикса.

Для коллагенов характерна повторяющаяся последовательность аминокислот. Такая последовательность способствует плотной упаковке трех субъединиц и облегчает образование суперспиральной структуры. Субъединицы длиной 300 нм скрепляются вместе посредством ковалентных связей, которые образуются между N-концевым участком одной субъединицы и C-концевым участком примыкающей к ней. Суперспирализованные спиральные структуры располагаются параллельно, образуя между собой небольшие зазоры. Эти зазоры обеспечивают характерный вид (исчерченность) фибрилл, видимый в электронном микроскопе.

Коллагеновые белки подразделяются на четыре основные группы, которые отличаются по молекулярной формуле, характеру полимерных форм и по распределению в тканях. Полностью собранные коллагеновые структуры (фибриллярные или сетчатые) по размерам оказываются гораздо больше, чем сами клетки; некоторые фибриллы могут достигать нескольких миллиметров длины [2]. Таким образом, субъединицы коллагена синтезируются и секретируются в виде суперспирализованных спиральных структур, и окончательные этапы их

сборки происходят вне клетки. При синтезе коллагеновые белки направляются в гранулярный эндоплазматический ретикулум (ЭПР) при участии частиц, распознающих сигнал и связанного с ними белкового аппарата. Коллагеновые субъединицы синтезируются в виде крайне длинных полипептидов, которые называются проколлагены и содержат пропептиды, представляющие собой «хвосты», расположенные на аминокислотных концах.

Пропептиды препятствуют взаимодействию суперспирализованных спиралей друг с другом, тем самым предотвращая полимеризацию коллагена в клетке. Когда произошла секреция тройных спиралей проколлагена, ферменты, которые называются протеазы проколлагена, отщепляют пропептиды. Остающийся белок, известный под названием тропоколлагена, почти весь организован в тройную спираль и представляет собой основную структурную единицу коллагеновой фибриллы. Фибриллы собираются просто: боковые цепи лизина в тропоколлагене модифицируются при действии фермента лизилоксидазы, образуя аллизины. Эти модифицированные лизины образуют ковалентные сшивки, которые обеспечивают полимеризацию тропоколлагенов [2,3]. Лизилоксидаза представляет собой внеклеточный фермент, и эта стадия сборки фибрилл происходит только после выхода проколлагена из клетки. После сборки фибриллы могут объединяться, образуя большие пучки или волокна, характерные для фибриллярного коллагена.

Принимая во внимание всю важность коллагена в обеспечении структурной поддержки тканей, можно представить, какие тяжелые последствия для организма будет иметь нарушение процесса сборки фибрилл. Мутации в генах, кодирующих синтез коллагенов или ферментов, модифицирующих проколлаген, вызывают развитие множества генетических заболеваний, затрагивающих практически все ткани [3]. Например, коллаген типа I представляет собой основной структурный белок костной ткани. Мутации в коллагеновом гене типа IV приводят к нарушению сборки базальной ламины в большинстве эпителиальных тканей и к развитию такого кожного заболевания, как буллезный эпидермолиз.

Клетки связываются с коллагеном посредством специфических рецепторов, называемых интегринами. Эти рецепторы обеспечивают возможность обратимого связывания клеток с коллагенами по мере их движения по внеклеточному матриксу. Интегриновые рецепторы также

активируют пути передачи сигналов, так что связывание с коллагенами (и с другими белками внеклеточного матрикса) изменяет активность в клетке биохимических процессов и, таким образом, способствует контролю над ростом и дифференцировкой клеток.

Библиографический список:

1.Афанасьев, Ю.И. Гистология /Ю.И. Афанасьев, В.В. Юрина, В.В.Алешин и др. -М., 1989.- С.598.

2.Хохлова, С.Н. Учебная практика по анатомии животных: учебно-методическое пособие для студентов факультета ветеринарной медицины и биотехнологии очной и очно-заочной форм обучения /С.Н. Хохлова, М.А. Богданова, А.Н. Фасахутдинова. - 2-е изд.. - Ульяновск : УлГАУ, 2020. - 56 с.

3. Фасахутдинова, А.Н. Аспекты преподавания дисциплины «Цитология, гистология и эмбриология» /А.Н. Фасахутдинова, С.Н. Хохлова, М.А. Богданова // В сборнике: Инновационные технологии в высшем образовании. Материалы Национальной научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава. В 2-х частях. –Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет. - 2018. - С. 71-75.

**STRUCTURE, BIOSYNTHESIS AND FIBRILLOGENESIS OF
COLLAGEN**

Fadeeva K.A.

Keywords: *collagen, fibers, scaffold, fibrils, matri.*

This article is devoted to familiarization with the structure of collagen fibers, the peculiarities of their formation in the body and the types and functions of this protein.