



Клинико–биохимические параметры, ассоциированные с изменением структуры ахиллова сухожилия у мужчин с атеросклерозом

DOI: 10.34687/2219-8202.JAD.2023.01.0004

© А.В. Аникина, М.Е. Амелин, Л.В. Щербакова, Ю.И. Рагино

Научно-исследовательский институт терапии и профилактической медицины - филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики СО РАН» (НИИТПМ — филиал ИЦиГ СО РАН), Новосибирск

Для цитирования: Аникина Анастасия Викторовна – ORCID 0000–0002–9086–6291, Амелин Михаил Евгеньевич – ORCID 0000–0002–5933–6479, Щербакова Лилия Валерьевна – ORCID 0000–0001–9270–9188, Рагино Юлия Игоревна – ORCID 0000–0002–4936–8362. Клинико–биохимические параметры, ассоциированные с изменением структуры ахиллова сухожилия у мужчин с атеросклерозом. *Атеросклероз и дислипидемии*. 2023;1(50):37–46. DOI: 10.34687/2219-8202.JAD.2023.01.0004

Абстракт

Цель исследования: определить клинико-биохимические параметры, ассоциированные с изменением структуры ахиллова сухожилия у мужчин с атеросклерозом.

Материал и методы. Включены данные 172 мужчин в возрасте 50–70 лет с атеросклерозом некоронарной локализации и уровнем ХС-ЛНП более 1,8 ммоль/л. Всем пациентам выполнялась мульти-спиральная компьютерная томография/ангиография (МСКТ) аорты и ее ветвей и МСКТ голеностопных суставов для оценки изменений ахиллова сухожилия. Обследование включало антропометрию, биохимические исследования.

Результаты. В группе с участками отложения кальция в структуре ахиллова сухожилия возраст, уровень диастолического давления, уровень общего холестерина крови были в 1,1 раза больше, чем в группе без отложений. Площадь сечения сухожилия, плотность сухожилия, уровень холестерина липопротеидов низкой плотности были в 1,2 раза больше, чем в группе без участков кальциноза. Уровень кальция крови также был выше в группе с участками отложения кальция в сухожилии.

В группе с участками отложения липидов в структуре ахиллова сухожилия вес был в 1,1 раза выше, а площадь сечения сухожилия в 1,2 раза больше, чем в группе без участков отложения липидов. У лиц с участками отложения липидов уровень общего холестерина был выше в 1,1 раза, чем в группе без участков отложения липидов. Уровень фосфора крови был ниже в группе с участками отложения липидов в сухожилии.

Обсуждение. Тендинопатия ахиллова сухожилия является распространенной проблемой, особенно у людей трудоспособного возраста, а также у пожилых людей. Течение тендинопатии может ухудшить наличие в ткани сухожилия патологических участков, таких как уплотнение ткани (кальциноз) и участки снижения плотности ткани сухожилия (отложение липидов в ткани сухожилия).

Заключение. В ткани ахиллова сухожилия мужчин с атеросклерозом, высоким уровнем ХС-ЛНП, кальция и фосфора крови микротравматизация может наступить при более низких нагрузках.

Ключевые слова: атеросклероз, клинико-биохимические параметры, плотность ахиллова сухожилия, площадь ахиллова сухожилия, мужчины.

Clinical and biochemical parameters associated with changes in the structure of the achilles tendon in men with atherosclerosis

A.V. Anikina, M.E. Amelin, L.V. Shcherbakova, Yu.I. Ragino
Research Institute of Internal and Preventive Medicine – branch of the Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (IIPM – Branch of IC&G SB RAS), Novosibirsk, Russia

Summary

Aim: To determine the clinical and biochemical parameters associated with changes in the structure of the Achilles tendon in men with atherosclerosis.

Material and methods. 172 men aged 50–70 years with non-coronary atherosclerosis and LDL-C level over 1.8 mmol/L were included. All patients underwent multislice computed tomography angiography (MSCT) of the aorta and its branches and MSCT of the ankle joints to assess changes in the Achilles tendon. The examination included anthropometry, biochemical studies.

Results. In the group with areas of calcium deposition in the structure of the Achilles tendon, age, diastolic pressure, and total blood cholesterol were 1.1 times higher than in the group without deposits. Tendon cross-sectional area, tendon density, low-density lipoprotein cholesterol levels were 1.2 times greater than in the group without calcification areas. Blood calcium levels were also higher in the group with calcium deposits in the tendon. In the group with lipid deposition areas in the structure of the Achilles tendon, the weight was 1.1 times higher, and the area of the tendon section was 1.2 times greater than in the group without lipid deposition areas. In individuals with areas of lipid deposition, the level of total cholesterol was 1.1 times higher than in the group without areas of lipid deposition. The blood phosphorus level was lower in the group with areas of lipid deposition in the tendon. Discussion. Achilles tendinopathy is a common problem, especially in people of working age and also in the elderly. The course of tendinopathy can be aggravated by the presence of pathological areas in the tendon tissue, such as thickening of the tissue (calcification), and areas of decreased density of the tendon tissue (deposition of lipids in the tendon tissue).

Conclusion. In the tissue of the Achilles tendon of men with atherosclerosis, high levels of LDL-C, calcium and phosphorus in the blood, microtrauma can occur at lower loads.

Keywords: clinical and biochemical parameters, Achilles tendon density, Achilles tendon area, male population.

Введение

Подкожные разрывы ахиллова сухожилия являются одними из самых распространенных повреждений сухожилий и мышц, частота встречаемости таких разрывов может достигать до 47% [1]. Чаще всего данные разрывы встречаются у мужчин средней и старшей возрастной группы. Основным механизмом разрыва является чередование резких ускорений и остановок. Спонтанные разрывы ахиллова сухожилия чаще ассоциируют с наличием хронических заболеваний, длительным применением глюкокортикостероидов [2]. Точная причина спонтанного разрыва ахиллова сухожилия не установлена [3]. Одной из причин могут быть деструктивно-дистрофические изменения в суставе и ткани сухожилия. Согласно другим данным, разрыв сухожилия может произойти на фоне аутоиммунных, воспалительных, инфекционных, неврологических заболеваний и генетически обусловленного нарушения синтеза коллагена. Курение, хронические заболевания почек, гиперлипидемия, сахарный диабет также рассматриваются как факторы риска микротравматизации сухожилия. В литературе встречаются данные о гистологических признаках у пациентов, оперированных в первые сутки после травмы, дегенерации коллагена ахил-

лова сухожилия [4]. Ахиллово сухожилие имеет плохое кровоснабжение. Перфузия ахиллова сухожилия осуществляется сосудами паратенона [5]. С возрастом абсолютные показатели перфузии ахиллова сухожилия уменьшаются. Помимо этого, с возрастом изменяется и интенсивность перфузии в разных отделах сухожилия. При этом вне зависимости от возраста хуже всего кровоснабжается средняя часть ахиллова сухожилия [6]. В условиях физической нагрузки в ткани сухожилия повышается средняя температура, что способствует ухудшению эластичности и повышению травматизации [7]. Так, при исследованиях Theobald P., Bydder G. отметили, что наибольшая температура в 45 °С в толще сухожилия, достигавшаяся после семи минут бега трусцой, запускала каскад механизмов, приводящих к гибели теноцитов. В молодом возрасте хорошо кровоснабжаемое ахиллово сухожилие позволяет обеспечить температурный гомеостаз, охлаждая сухожилие. В свою очередь, в пожилом возрасте плохо кровоснабжаемые участки сухожилия подвержены более частым разрывам [8].

Целью нашего исследования было определить клинико-биохимические параметры, ассоциированные с изменением структуры ахиллова сухожилия у мужчин с атеросклерозом.

Материал и методы исследования

Набор пациентов в исследование проводился в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России (Новосибирск) в Отделении лучевой диагностики в период с 2017 по 2021 гг. Всего в исследование были отобраны 172 человека, находящихся на лечении в этом учреждении.

Критерии включения в исследование: мужской пол; возраст 50–70 лет; гемодинамически незначимый атеросклероз некоронарных артерий (стенозы 25–49%), то есть пациенты высокого риска (Российские рекомендации, 2020); уровень ХС-ЛНП $\geq 1,8$ ммоль/л для пациентов высокого риска (Российские рекомендации, 2020) [9].

Критерии исключения: ишемическая болезнь сердца; эндокринные заболевания (включая сахарный диабет); ишемический инсульт давностью менее полугодя; острые и хронические инфекционные заболевания; обострение хронических неинфекционных заболеваний; острая и хроническая почечная недостаточность; онкологические заболевания; занятие профессиональным спортом (раннее или в настоящий момент); наличие в анамнезе аллергических реакций на контрастные препараты; уровень клиренса креатинина менее 45 л/мин; отказ от подписания информированного согласия.

Далее группу исследования делили на подгруппы: 1) лица, у которых в структуре ахиллова сухожилия отсутствовали/присутствовали участки отложения кальция; 2) подгруппы в зависимости от наличия или отсутствия участков отложения липидов в ткани сухожилия.

Исследование одобрено комитетом по этике НИИТПМ – филиала ИЦиГ СО РАН (протокол № 126 от 29 ноября 2016 г.). Все пациенты заполняли форму Информированного согласия на участие в исследовании с выполнением процедур, связанных с проводимым исследованием (в том числе с применением контрастного препарата и лучевой нагрузкой), и обработку персональных данных.

МСКТ-обследование пациентов

Наличие и распространенность атеросклероза оценивалась по данным мультиспиральной компьютерной томографии/ангиографии грудного отдела и/или брюшного отдела аорты и их ветвей с введением контрастного препарата Омнипак (концентрация йода 350 мг/мл) на компьютерном томографе Siemens Healthcare Somatom Definition AS (Германия) в соответствии со стандартным протоколом. Напряжение на трубке составляло 120–140 кВ, время сканирования – 100–200 мс, толщина среза – 0,5 мм. Радиационная нагрузка составляла 15–20 мЗв. Обработка данных проводилась на рабочей станции томографа: для визуализации аорты и ее ветвей по всей длине выполнялись трехмерные и многоплоскостные реконструкции.

Сегменты сосудов с плохим качеством изображения были исключены из дальнейшего анализа.

Исследования коронарных артерий и артерий нижних конечностей не проводилось в связи с отсутствием клинических жалоб, диагноза ишемическая болезнь сердца и высокой дозовой нагрузкой.

Для подтверждения отсутствия изменений в других бассейнах выполнялось УЗИ-исследование сосудов в В-режиме с цветовым доплеровским картированием. Степень атеросклероза оценивали по (1) тяжести стеноза по шкале CAD-RADS 0–4 (минимальный <25%, легкий 25–50%, умеренный 50–70%, тяжелый >70%), (2) наличию смешанной бляшки, (3) наличию точечных кальцификаций в бляшке.

Оценка ахилловых сухожилий, их структуры, плотности, размеров проводилась по данным мультиспиральной компьютерной томографии. Так как наименее кровоснабжаемым отделом сухожилия является его средняя часть, оценка площади сечения сухожилия проводилась в этой области. После построения мультипланарной реконструкции в сагиттальной проекции был измерен вертикальный размер сухожилия от места его отхождения от камбаловидной мышцы до прикрепления к пяточному бугру. Этот размер делился пополам, и в этой точке измерялся сагиттальный и поперечный размер. Площадь сечения сухожилия определяли по формуле $S(\text{мм}^2) = \text{сагиттальный размер} \times \text{поперечный размер} \times \pi$. Если в сухожилии имелся участок локального утолщения, поперечный и сагиттальный размер оценивали в области наибольшего утолщения. Оценивалась средняя площадь обоих сухожилий. Плотность ткани сухожилия в единицах Хаунсфилда измеряли в нескольких участках, оценивали среднее значение.

Ультразвуковое сканирование сонных артерий, брюшного отдела аорты было выполнено в В-режиме с цветовым доплеровским картированием потоков линейным датчиком 7 МГц на ультразвуковой системе Siemens Acuson (Германия). Артерии обследовали в продольной и поперечной проекциях с целью выявления сечения, в котором атеросклеротическая бляшка имела наибольший размер. Процент стеноза определяли в зоне максимального сужения просвета артерии. Гемодинамически значимым считали стеноз $\geq 50\%$ диаметра. В В-режиме определяли толщину интима-медиального комплекса в трех точках на отрезке в 1,0 см с вычислением среднего значения. Нормальными значениями считали ТИМ <0,9 мм.

Биохимические и антропометрические исследования

Однократный забор крови из локтевой вены проводился натощак через 12 ч после приема пищи. Показатели в крови липидного профиля (общий ХС, ТГ, ХС-ЛВП), глюкозы измеряли энзиматическим методом с использованием стандартных реактивов Termo Fisher на автоматическом биохимическом анализаторе Konelab 30i (Финляндия). Показатель

ХС-ЛНП рассчитывали по формуле Фридвальда. Пересчет глюкозы сыворотки крови в глюкозу плазмы натощак (ГПН) осуществлялся по формуле: глюкоза плазмы (ммоль/л) = $-0,137 + 1,047 \times$ глюкоза сыворотки (ммоль/л).

Измерение АД проводилось трижды с интервалом в две минуты на правой руке в положении сидя после 5-минутного отдыха с помощью автоматического тонометра Omron M5-I с регистрацией среднего значения трех измерений. Расчет индекса массы тела (ИМТ) проводился по формуле: масса тела (кг), деленная на квадрат роста (m^2).

Статистическая обработка

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного пакета SPSS (версия 13.0). Для проверки гипотезы о нормальном распределении показателей использовался критерий Шапиро-Уилка. Непрерывные переменные представлены в виде Me (медианы) и [25%; 75%], где 25% – 1-й квартиль; 75% – 3-й квартиль; сравнение в группах производилось с помощью критерия Манна-Уитни (в силу ненормального распределения показателей и небольшого количества наблюдений в подгруппах). Категориальные переменные представлены в виде абсолютных и относительных частот (n (%)); соотношение долей оценивалось с использованием теста χ^2 Пирсона. Для оценки корреляционной связи использовался критерий Спирмана. Был выполнен ROC-анализ с целью определения оптимального порога отсечения (optimal cut-off value) уровней кальция, фосфора, ХС-ЛНП для идентификации наличия участков отложения кальция и участков отложения липидов в структуре сухожилия. Для оценки изменения структуры ахиллова сухожилия была применена модель многофакторного логистического анализа, где в качестве зависимой переменной были взяты наличие/отсутствие участков отложения кальция; наличие/отсутствие участков отложения липидов; а в качестве независимых показателей были взяты возраст, ИМТ, ХС-ЛНП, ГПН, Са, Р. Были проанализированы модели множественной линейной регрессии, где в качестве зависимых показателей были взяты изменения структуры ахиллова сухожилия, такие как площадь сечения сухожилия и плотность сухожилия, а в качестве независимых переменных были взяты возраст, ИМТ, уровни в крови общего ХС, ХС-ЛВП, ГПН, Са, Р. Уровень статистической значимости различий определялся при $p < 0,05$.

В группе с участками отложения кальция в структуре ахиллова сухожилия возраст был в 1,1 раза больше, чем в группе без отложений ($p=0,001$) (табл. 1). Уровень диастолического давления был в 1,1 раза выше в группе с наличием отложений кальция в структуре ахиллова сухожилия ($p=0,004$). Площадь сечения сухожилия была в 1,2 раза больше в группе с участками кальцификации, чем в группе без участков кальциноза ($p=0,001$). Плот-

ность ахиллова сухожилия была больше у мужчин второй группы, чем у мужчин первой группы в 1,2 раза ($p=0,001$). У лиц с участками отложения кальция уровень общего холестерина был выше в 1,1 раза, чем в группе без участков обызвествления ($p=0,001$) и уровень липопротеидов низкой плотности в 1,2 раза выше, чем в группе без отложения кальция в структуре сухожилия ($p=0,003$). Уровень кальция крови также был выше в группе с участками отложения кальция в сухожилии ($p=0,001$).

В группе с участками отложения липидов в структуре ахиллова сухожилия возраст был одинаков в обеих группах (табл. 2). Вес был в 1,1 раза выше в группе с наличием отложений липидов в структуре ахиллова сухожилия ($p=0,035$). Площадь сечения сухожилия была в 1,2 раза больше в группе с участками жировой плотности, чем в группе без участков отложения липидов ($p=0,001$). У лиц с участками отложения липидов уровень общего холестерина был выше в 1,1 раза, чем в группе без участков отложения липидов ($p=0,005$). Уровень фосфора крови был ниже в группе с участками отложения липидов в сухожилии ($p=0,001$).

После проведенного однофакторного ROC-анализа был определен оптимальный порог отсечения для уровня холестерина липопротеидов низкой плотности в 3,5 ммоль/л, который с чувствительностью 64% и специфичностью 61% свидетельствует о наличии участков отложения кальция в ахилловом сухожилии (площадь под кривой 0,628, $p=0,003$). Оптимальный порог отсечения для уровня кальция крови в 2,2 ммоль/л, который с чувствительностью 77% и специфичностью 51% будет показателем наличия участков отложения кальция в сухожилиях (площадь под кривой 0,647, $p=0,001$ (рис. 1).

Далее по проведенному однофакторному ROC-анализу был определен оптимальный порог отсечения для уровня фосфора крови в 1,35 ммоль/л, который с чувствительностью 62% и специфичностью 64% свидетельствует о наличии участков отложения липидов в ахилловом сухожилии (площадь под кривой 0,626, $p=0,001$). О качестве данных моделей можно судить по значению AUC: по экспертной шкале значения AUC в пределах 0,6–0,7 говорит о среднем качестве модели (рис. 2).

Проведенный далее многофакторный логистический регрессионный анализ подтверждает результаты ROC-анализа. Многофакторный логистический регрессионный анализ показал, что повышение уровня холестерина липопротеидов низкой плотности крови повышает шанс наличия участков отложения кальция в сухожилиях (ОШ=1,574, 95% ДИ: 1,097–2,259, $p=0,014$), такая же ассоциация прослеживается с возрастом (ОШ=1,080, 95% ДИ: 1,035–1,127; $p=0,001$) и уровнем кальция крови (ОШ=1,558, 95% ДИ: 1,184–2,047; $p=0,002$) (табл. 3).

Анализ результатов многофакторного логистического анализа, где наличие/отсутствие липидов в сухожилиях взято в качестве зависимой пере-

Таблица 1. Клинико-биохимические показатели у мужчин в группе с наличием участков отложения кальция в сухожилиях и без (Ме [25%; 75%])

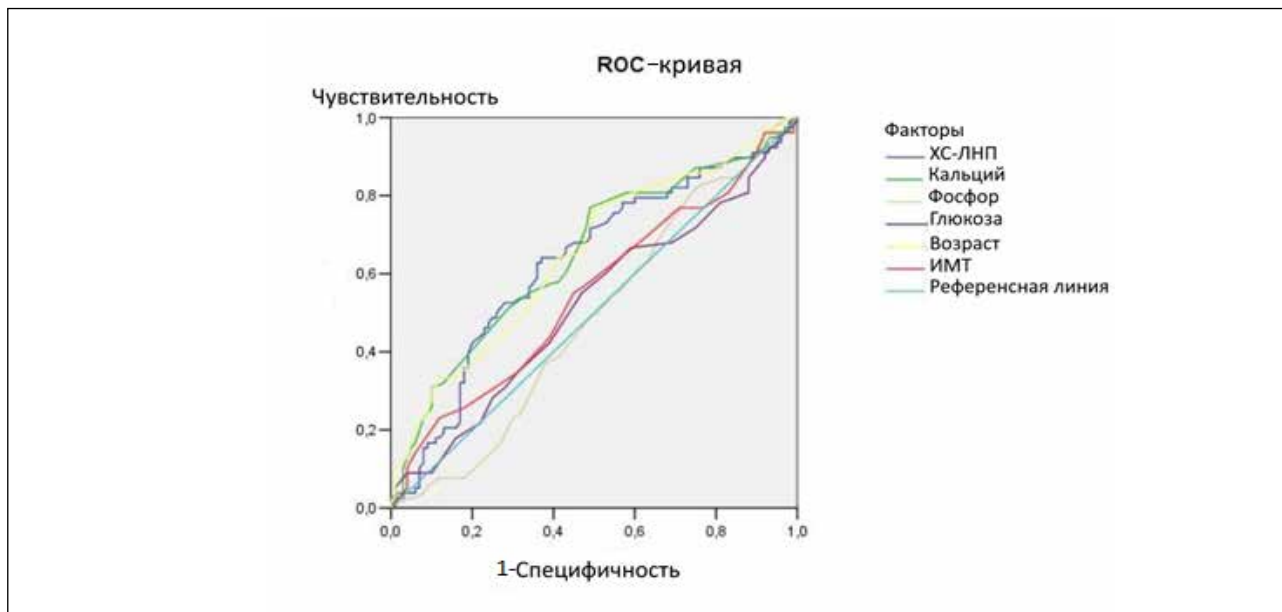
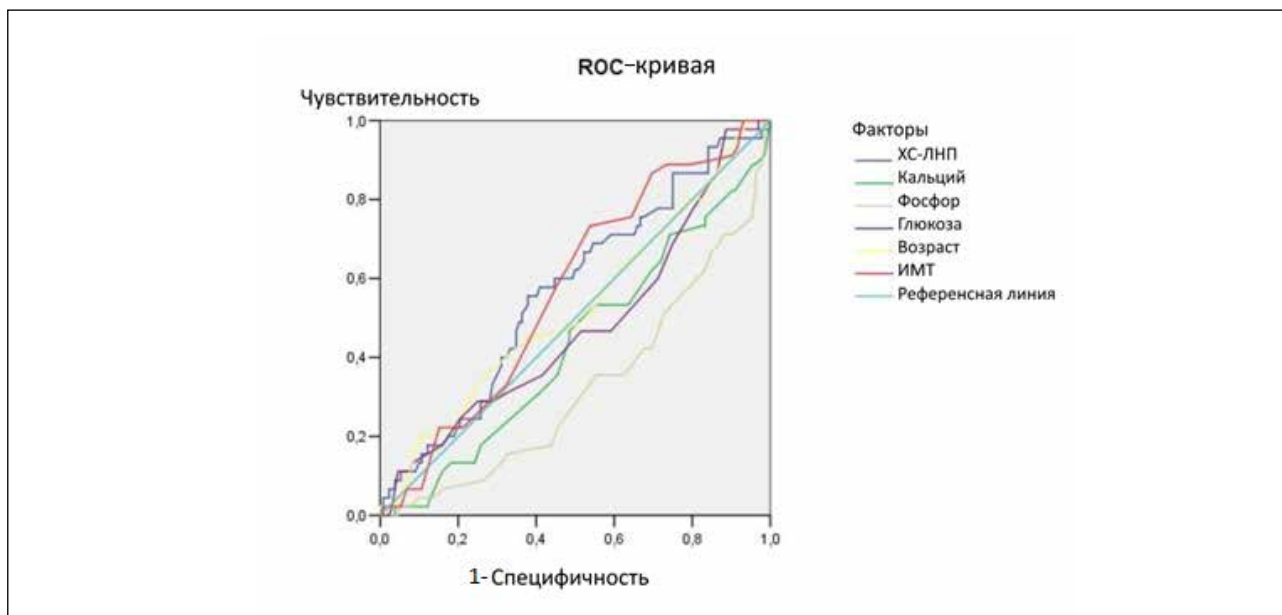
Показатели	Группа без участков отложений кальция в сухожилиях	Группа с участками отложений кальция в сухожилиях	P
Возраст, годы	60,5 [58,0; 65,0]	64,0 [61,0; 73,3]	0,001
Вес, кг	85,0 [76,0; 95,8]	89,0 [76,5; 100,0]	0,197
ИМТ, кг/м ²	29,0 [26,0; 33,0]	31,0 [27,0; 34,0]	0,259
ОТ, см	97,0 [86,0; 102,0]	98,5 [86,0; 105,0]	0,413
ОБ, см	105,0 [99,0; 110,0]	105,0 [101,0; 110,0]	0,739
САД, мм рт.ст.	126,5 [115,0; 151,0]	143,0 [117,8; 155,3]	0,61
ДАД, мм рт.ст.	80,5 [74,0; 93,0]	90,0 [75,8; 99,3]	0,004
Площадь сечения сухожилия, мм ²	330,5 [228,4; 398,3]	406,6 [351,7; 536,9]	0,001
Плотность ткани, ед. X	53,0 [47,0; 62,5]	66,0 [61,5; 74,0]	0,001
ОХС, ммоль/л	5,4 [5,0; 6,1]	6,1 [5,7; 6,6]	0,001
ХС-ЛВП, ммоль/л	1,1 [0,9; 1,4]	1,1 [0,9; 1,6]	0,366
ТГ, ммоль/л	1,6 [1,2; 2,0]	1,8 [1,5; 2,3]	0,052
ХС-ЛНП, ммоль/л	3,3 [2,7; 3,9]	3,8 [3,2; 4,5]	0,003
Са, ммоль/л	2,2 [2,1; 2,3]	2,3 [2,2; 2,3]	0,001
P, ммоль/л	1,2 [1,1; 1,3]	1,2 [1,1; 1,3]	0,740
ГПН, ммоль/л	5,6 [5,2; 6,1]	5,7 [5,2; 6,1]	0,692

Примечания: ИМТ – индекс массы тела, ОТ – окружность талии, ОБ – окружность бедер, САД – систолическое артериальное давление, ДАД – диастолическое артериальное давление, ОХС – общий холестерин, ХС-ЛВП – липопротеиды высокой плотности, ТГ – триглицериды, ХС-ЛНП – липопротеиды низкой плотности, Са – кальций, P – фосфор, ГПН – глюкоза плазмы натощак.

Таблица 2. Клинико-биохимические показатели у мужчин в группе с наличием участков отложения липидов в сухожилиях и без (Ме [25%; 75%])

Показатели	Группа без участков отложений липидов в сухожилиях	Группа с участками отложений липидов в сухожилиях	P
Возраст, годы	63,0 [59,0; 65,8]	62,0 [59,0; 65,8]	0,590
Вес, кг	85,0 [75,0; 98,0]	93,0 [81,5; 100,0]	0,035
ИМТ, кг/м ²	29,0 [25,0; 33,0]	31,0 [27,5; 33,0]	0,153
ОТ, см	97,0 [86,0; 103,8]	98,0 [89,5; 103,0]	0,571
ОБ, см	105,0 [99,0; 110,0]	106,0 [102,0; 111,0]	0,495
САД, мм.рт.ст.	127,0 [115,3; 154,0]	131,0 [115,0; 155,5]	0,547
ДАД, мм.рт.ст.	84,0 [75,0; 98,0]	84,0 [74,0; 94,0]	0,399
Площадь сечения сухожилия, мм ²	351,7 [239,2; 422,3]	412,9 [352,1; 507,1]	0,001
Плотность ткани, ед. X	58,0 [49,0; 67,0]	63,0 [54,0; 72,5]	0,122
ОХС, ммоль/л	5,7 [5,1; 6,2]	6,1 [5,6; 6,7]	0,005
ХС-ЛВП, ммоль/л	1,1 [0,9; 1,4]	1,1 [0,9; 1,6]	0,470
ТГ, ммоль/л	1,7 [1,4; 2,1]	1,7 [1,4; 2,2]	0,672
ХС-ЛНП, ммоль/л	3,5 [2,8; 4,3]	3,8 [3,0; 4,4]	0,167
Са, ммоль/л	2,3 [2,1; 2,3]	2,3 [2,1; 2,3]	0,170
P, ммоль/л	1,2 [1,1; 1,3]	1,1 [1,0; 1,2]	0,001
ГПН, ммоль/л	5,7 [5,2; 6,1]	5,5 [5,2; 6,2]	0,657

Примечания: ИМТ – индекс массы тела, ОТ – окружность талии, ОБ – окружность бедер, САД – систолическое артериальное давление, ДАД – диастолическое артериальное давление, ОХС – общий холестерин, ХС – ЛВП-липопротеиды высокой плотности, ТГ – триглицериды, ХС-ЛНП – липопротеиды низкой плотности, Са – кальций, P – фосфор, ГПН – глюкоза плазмы натощак.

Рисунок 1. ROC-анализ для идентификации наличия кальцификатов в ахилловом сухожилии**Рисунок 2.** ROC-анализ для идентификации наличия липидов в ахилловом сухожилии

менной, показал, что повышение уровня общего холестерина крови на 1 ммоль/л повышает шанс наличия участков отложения липидов в сухожилиях (ОШ=1,835, 95% ДИ: 1,119–3,011, $p=0,016$), а повышение уровня фосфора на 0,1 ммоль/л (ОШ=0,014, 95% ДИ: 0,001–0,219; $p=0,002$) снижает шанс их наличия (табл. 4).

Далее был проведен многофакторный линейный регрессионный анализ, где в качестве зависимых показателей взяты площадь сечения сухожилия, плотность ахиллова сухожилия. Результаты многофакторного линейного регрессионного анализа показали, что площадь сечения сухожилия прямо ассоциирована с уровнем общего холестерина

крови ($B=39,43$, $p=0,001$), с возрастом ($B=3,134$; $p=0,004$), с уровнем триглицеридов ($B=26,3$; $p=0,009$) и обратно ассоциирована с уровнем глюкозы плазмы натощак ($B=-28,687$; $p=0,039$) и уровнем фосфора крови ($B=-134,869$; $p=0,022$) (табл. 5).

Линейный многофакторный регрессионный анализ показал, что плотность ахиллова сухожилия прямо ассоциирована с возрастом мужчин ($B=0,553$; $p=0,001$) (табл. 6).

Обсуждение

Сухожилие представляет собой плотную оформ-

Таблица 3. Результаты логистического регрессионного анализа ассоциации факторов риска с шансом наличия отложения кальция в ахилловом сухожилии

Показатели	ОШ	95% ДИ		P
		Нижний	Верхний	
Возраст, на 1 год	1,080	1,035	1,127	0,001
ХС-ЛНП, на 1 ммоль/л	1,574	1,097	2,259	0,014
ИМТ, на 1 кг/м ²	1,012	0,944	1,085	0,734
ГПН, на 1 ммоль/л	0,856	0,521	1,405	0,537
Са, на 0,1 ммоль/л	1,558	1,184	2,047	0,002

Примечания: ИМТ – индекс массы тела, Са – кальций, ХС-ЛНП – холестерин липопротеидов низкой плотности, ГПН – глюкоза плазмы натощак, ОШ – отношение шансов, ДИ – доверительный интервал, p – степень статистической значимости.

Таблица 4. Результаты логистического регрессионного анализа ассоциации факторов риска с шансом наличия отложения липидов в ахилловом сухожилии

Показатели	ОШ	95% ДИ		P
		Нижний	Верхний	
Возраст, на 1 год	1,016	0,969	1,066	0,503
ОХС, на 1 ммоль/л	1,835	1,119	3,011	0,016
ХС-ЛВП, на 1 ммоль/л	2,367	0,783	7,157	0,127
ТГ, на 1 ммоль/л	1,180	0,781	1,784	0,432
ИМТ, на 1 кг/м ²	1,015	0,936	1,101	0,715
ГПН, на 1 ммоль/л	0,661	0,369	1,183	0,163
Са, на 0,1 ммоль/л	0,168	0,007	3,784	0,261
P, на 0,1 ммоль/л	0,014	0,001	0,219	0,002

Примечания: ОХС – общий холестерин, ТГ – триглицериды, ИМТ – индекс массы тела, ХС-ЛВП – холестерин липопротеидов высокой плотности, Са – кальций, P – фосфор; ГПН – глюкоза плазмы натощак, ОШ – отношение шансов, ДИ – доверительный интервал, p – степень статистической значимости.

ленную соединительную ткань, содержащую прослойки рыхлой волокнистой ткани. На поперечном и продольном разрезах сухожилия видно, что оно состоит из параллельно расположенных коллагеновых волокон, образующих пучки различного порядка. Сухожилие окружено по периферии тонкой соединительнотканной прослойкой – эпителием. Сосуды и нервы, обеспечивающие трофику и иннервацию сухожилия, проходят в прослойках рыхлой волокнистой соединительной ткани. Биомеханические свойства сухожилия, основную роль в которых играют коллагеновые волокна, обеспечены в том числе за счет эластических волокон, гликопротеинов и особенностей цитоархитектоники клеток [11; 12]. При формировании ткани сухожилия протеогликаны связывают друг с другом коллагеновые волокна, обеспечивая их взаимную стабилизацию [13].

Тендинопатия ахиллова сухожилия является распространенной проблемой, особенно у людей

трудоспособного возраста, а также у пожилых людей. [14]. В течение жизни ткань сухожилия претерпевает определенные изменения, связанные как с внутренними факторами, в том числе под влиянием генетической предрасположенности, так и с внешними. В метаанализе Козловой А.С., отмечено, что нарушения работы опорно-двигательного аппарата у спортсменов, как правило, инициированы генами, кодирующими белки структурных компонентов опорно-двигательного аппарата, а также факторами роста и белками внеклеточного матрикса [15]. В работе Vafek E.C. и др. показано, что биомеханические показатели структуры ахиллова сухожилия крыс изменяются с возрастом и влияют на стресс-релаксационную реакцию. На основании этого можно предположить, что в тканях ахиллова сухожилия пожилых животных микротравматизация наступит при более низких нагрузках по сравнению с более молодыми животными [16]. Michikura M. и др. доказали, что увеличение возраста было

Таблица 5. Ассоциации изучаемых признаков с площадью сечения ахиллова сухожилия

Показатели	B	CO	P
Возраст, на 1 год	3,134	1,076	0,004
ОХС, на 1 ммоль/л	39,43	11,085	0,001
ХС-ЛВП, на 1 ммоль/л	10,577	26,006	0,685
ТГ, на 1 ммоль/л	26,3	9,982	0,009
ИМТ, на 1 кг/м ²	0,376	1,833	0,838
ГПН, на 1 ммоль/л	-28,687	-0,149	0,039
Са, на 0,1 ммоль/л	-1,461	1,530	0,528
P, на 0,1 ммоль/л	-1,633	1,502	0,022

Примечания: ОХС – общий холестерин, ИМТ – индекс массы тела, ХС-ЛВП – холестерин липопротеидов высокой плотности, ТГ – триглицериды, Са – кальций, P – фосфор; ГПН – глюкоза плазмы натощак, p – степень статистической значимости, B – регрессионный коэффициент, CO – стандартное отклонение регрессионного коэффициента.

Таблица 6. Ассоциации изучаемых признаков с плотностью ахиллова сухожилия

Показатели	B	CO	P
Возраст, на 1 год	0,553	0,105	0,001
ХС-ЛНП, на 1 ммоль/л	1,122	0,924	0,226
ИМТ, на 1 кг/м ²	0,174	0,181	0,337
ГПН, на 1 ммоль/л	-1,263	1,349	0,350
Са, на 0,1 ммоль/л	2,026	6,924	0,770
P, на 0,1 ммоль/л	-1,099	5,753	0,849
Са, на 0,1 ммоль/л	-1,461	1,530	0,528
P, на 0,1 ммоль/л	-1,633	1,502	0,022

Примечания: ИМТ – индекс массы тела, Са – кальций, ХС-ЛНП – холестерин липопротеидов низкой плотности, P – фосфор, ГПН – глюкоза плазмы натощак, p – степень статистической значимости, B – регрессионный коэффициент, CO – стандартное отклонение регрессионного коэффициента.

связано со снижением плотности ахиллова сухожилия, а избыточный вес наоборот был связан с его уплотнением. Были выявлены значимые обратные корреляции между плотностью сухожилия и толщиной интима-медиального комплекса общей сонной артерии. В многофакторном линейном регрессионном анализе была выявлена достоверная связь между плотностью и максимальным ИМТ. В логистическом регрессионном анализе, скорректированном на возраст, пол и традиционные сердечно-сосудистые факторы риска (история курения, наличие гипертонии, наличие сахарного диабета, избыточный вес, ЛНП-холестерин, ЛВП-холестерин и \log триглицериды), повышение плотности ахилловых сухожилий ассоциировалось с наличием сердечно-сосудистых заболеваний [17].

В литературе также встречаются данные, говорящие о том, что дегенеративно-дистрофические изменения в ахилловых сухожилиях протекают совместно с дегенеративными заболеваниями других областей, с метаболическими нарушениями

и нарушениями кровоснабжения. Так, в ткани ахиллова сухожилия пациентов с диабетом 2 типа выявлены большие дегенеративные изменения, чем в контрольной группе, сопоставимой по полу и возрасту. Изменения структуры ахиллова сухожилия – встречаются значительно чаще у мужчин, чем у женщин с сахарным диабетом 2 типа [18]. Таких данных немного.

Основной причиной изучения структуры и плотности сухожилия является семейная гиперхолестеринемия. Утолщение ахиллова сухожилия один из наиболее ранних признаков проявления ксантомы ахиллова сухожилия. Взаимосвязь между толщиной ахиллова сухожилия и уровнями ХС-ЛНП, а также факторами риска утолщения ахиллова сухожилия у пациентов с гиперхолестеринемией до сих пор была плохо изучена. Утолщение ахиллова сухожилия может служить ценным вспомогательным диагностическим признаком гиперхолестеринемии и использоваться для оценки и лечения сердечно-сосудистых заболеваний [19]. Squier K.

и др. доказали, что у лиц с семейной гиперхолестеринемией была более низкая плотность ахиллова сухожилия по сравнению с контрольной группой. Авторы обнаружили, что люди с семейной гиперхолестеринемией снижают нагрузку на сухожилие при движении. Эти данные показывают, что накопление холестерина в сухожилии может способствовать снижению функции ахиллова сухожилия, потенциально увеличивая вероятность его травмы [20]. Эти же данные продемонстрировали Matsumoto I. и др. у пациентов с утолщением ахиллова сухожилия [21].

Отмечается, что снижение уровня фосфора крови вызывает более частое наличие участков отложения липидов в сухожилии и его утолщение. Это объясняется определенным сходством патогенеза остеопороза и атеросклероза. При повреждении моноцитарные клетки в сосудистой стенке дифференцируются в «пенистые» клетки, в костной ткани – в остеокласты. Помимо этого, сосудистый кальцификат представлен теми же элементами, что и костная ткань: солями кальция, фосфатами, остеопонтином, коллагеном типа I, остеонектином, остеокальцином и др. [22, 23].

Заключение

Исходя из данных компьютерной томографии, можно предполагать, что в ткани ахиллова сухожилия пожилых мужчин с атеросклерозом, высоким

уровнем холестерина липопротеидов низкой плотности, кальция и фосфора крови, будут более часто возникать участки отложения кальция или липидов, что в свою очередь снизит функцию сухожилия и микротравматизация у этих пациентов наступит при более низких нагрузках.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

Финансирование

Работа выполнена в рамках бюджетной темы «Эпидемиологический мониторинг состояния здоровья населения и изучение молекулярно-генетических и молекулярно-биологических механизмов развития распространенных терапевтических заболеваний в Сибири для совершенствования подходов к их диагностике, профилактике и лечению» Рег. № 122031700094–5.

Список литературы / References

1. Kotelnikov GP, Kim YD, Sbitikov DS, Filatov EY. Variants of the causes of subcutaneous rupture of the Achilles tendon. *Modern problems of science and education*. 2015;2-1. In Russian. (Котельников Г.П., Ким Ю.Д., Шутиков Д.С., Филатов Е.Ю. Варианты причин подкожного разрыва ахиллова сухожилия. *Современные проблемы науки и образования*. 2015;2-1.)
2. Kader D, Saxena A, Movin T, Maffulli N. Achilles tendinopathy: some aspects of basic science and clinical management. *Br J SportsMed*. 2002;36(4):239-249. doi: 10.1136/bjism.36.4.239.
3. Goldina IM, Trofimova EY, Klyukvin IY, Malygina MA, Sakharova OM. Possibilities of emergency ultrasound diagnosis of subcutaneous injury of the Achilles tendon. *Diagnostic and interventional radiology*. 2014;8(4):21-30. In Russian. (Гольдина И.М., Трофимова Е.Ю., Клюквин И.Ю., Мальгина М.А., Сахарова О.М. Возможности неотложной ультразвуковой диагностики подкожной травмы ахиллова сухожилия. *Диагностическая и интервенционная радиология*. 2014;8(4):21-30).
4. Sereda AP. Chronic ruptures of the Achilles tendon – how to treat them and is spontaneous union possible? Results of shortening tenoplasty. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2018;24(2):59-69. In Russian. (Середа А.П. Застарелые разрывы ахиллова сухожилия – как их лечить и возможно ли спонтанное сращение? Результаты укорачивающей тенопластики. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(2):59-69).
5. Zantor T, Tillmann B, Petersen W, Tillmann B, Petersen W. Quantitative assessment of bloodvessels of the human Achilles tendon: An immunohistochemical cadaver study. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2008;123:501-504.
6. Pichler W, Tesch NP, Grechenig W, Leithgoeb O, Windisch G. Anatomic variations of the musculotendinous junction of the soleus muscle and its clinical implications. *Clin Anat*. 2007;20(4):444-447.
7. Cretnik A, Frank A. Incidence and outcome of rupture of the Achilles tendon. *Wien Klin Wchenschr*. 2009;116:33-38.
8. Theobald P, Bydder G, Dent C, Nokes L, Pugh N, Benjamin M. The functional anatomy of Kager's fat pad in relation to retrocalcaneal problems and other hindfoot disorders. *J Anat*. 2006;208:91-97.
9. Kukharchuk VV, Ezbov MV, Sergienko IV, Arabidze GG, Bubnova MG, Balakhonova TV. Diagnosis and correction of lipid metabolism disorders in order to prevent and treat atherosclerosis. *Russian recommendations, VII revision*. 2020;1(38):7-42. In Russian. (Кухарчук В.В., Езов М.В., Сергиенко И.В., Арабидзе Г.Г., Бубнова М.Г., Балахонова Т.В. Диагностика и коррекция нарушений липидного обмена с целью профилактики и лечения атеросклероза. *Российские рекомендации, VII пересмотр*. 2020;1(38):7-42. doi: 10.34687/2219-8202.JAD.2020.01.0002).

10. Macb F, Baigent C, Catapano AL, Koskinas KC, Casula M, Badimon L, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes: The Task Force for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes of the European Society of Cardiology (ESC) In Russian. (2019 Рекомендации ESC/EAS по лечению дислипидемий: модификация липидов для снижения сердечно-сосудистого риска. Российский кардиологический журнал. 2020;25(5):3826. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-3826>).
11. Lychagin AV, Aliev RI, Bogatov VB, Churbanov SN, Timashev PS, Muzychenkov AV, et al. The use of the tendon of the long peroneal muscle in plastic surgery of the anterior cruciate ligament: biomechanical properties of the graft, correlation relationships. Russian Journal of Biomechanics. 2020;24(4): 505-512. In Russian. (Лычагин А.В., Алиев Р.И., Богатов В.Б., Чурбанов С.Н., Тимашев П.С., Музыченко А.В., Гаркави А.В., Петров П.И., Лутина М.М. Применение сухожилия длинной малоберцовой мышцы при пластике передней крестообразной связки: биомеханические свойства трансплантата, корреляционные взаимосвязи. Российский журнал биомеханики. 2020;24(4): 505-512.) doi: 10.15593/RZhBiomeh/2020.4.08.
12. Pimentel SB, Carvalho HF Cellular aspects of elastogenesis in the elastic tendon of the chicken wing. Cell Biol Int. 2003;27(7):579-586.
13. Strelkov NS, Kildiyarova RR, Mingazova DF, Lapteva RF. Connective tissue in children in normal and pathological conditions. Kuban Scientific Medical Bulletin. 2009;6(111):74-75. In Russian. (Стрелков Н.С., Кильдиярова Р.Р., Мингазова Д.Ф., Лантева Р.Ф. Соединительная ткань у детей в норме и при патологии. Кубанский научный медицинский вестник. 2009;6(111):74-75).
14. Darrieutort-Laffite C, Soslowsky LJ, Le Goff B. Molecular and Structural Effects of Percutaneous Interventions in Chronic Achilles Tendinopathy. Int J Mol Sci. 2020;21(19):7000. doi: 10.3390/ijms21197000.
15. Kozlova AS, Ryatibrat AO, Vuznik GV, Melnov SB, Shabanov PD. Possible molecular genetic predictors of the development of the pathology of the locomotor system during extreme physical exertion. Reviews of clinical. pharmacol. and lek. terapii. 2015. No. 3 p.53-62. In Russian. (Козлова А.С., Пятибрат А.О., Бузник Г.В., Мельнов С.В., Шабанов П.Д. Возможные молекулярно-генетические предикторы развития патологии локомоторной системы при экстремальных физических нагрузках. Обзоры по клинич. фармакол. и лек. терапии. 2015;3:53-62.) doi: 10.17816/RCF13353-62.
16. Vafeke EC, Plate JF, Friedman E, Mannava S, Scott AT, Danelson KA. The effect of strain and age on the mechanical properties of rat Achilles tendons. MusclesLigamentsTendons J. 2018;7(3):548-553. doi: 10.11138/mltj/2017.7.3.548.
17. Michikura M, Ogura M, Hori M, Matsuki K, Makino H, Hosoda K, Harada-Shiba M. Association between Achilles Tendon Softness and Atherosclerotic Cardiovascular Disease in Patients with Familial Hypercholesterolemia. J Atheroscler Thromb. 2022;29(11):1603-1612. doi: 10.5551/jat.63151.
18. Afolabi BI, Idowu BM, Onigbinde SO. Achilles tendon degeneration on ultrasound in type 2 diabetic patients. J Ultrason. 2021;20(83):e291-e299. doi: 10.15557/JoU.2020.0051.
19. Wang B, Zhang Q, Lin L, Pan LL, He CY, Wan XX, et al. Association of Achilles tendon thickness and LDL-cholesterol levels in patients with hypercholesterolemia. Lipids Health Dis. 2018;17(1):131. doi: 10.1186/s12944-018-0765-x.
20. Squier K, Scott A, Hunt MA, Brunbam LR, Wilson DR, Screen H, Waugh CM. The effects of cholesterol accumulation on Achilles tendon biomechanics: A cross-sectional study. PLoS One. 2021;16(9):e0257269. doi: 10.1371/journal.pone.0257269.
21. Matsumoto I, Kurozumi M, Namba T, Takagi Y. Achilles Tendon Thickening as a Risk Factor of Cardiovascular Events after Percutaneous Coronary Intervention. J Atheroscler Thromb. 2022 Jul 17. doi: 10.5551/jat.63607.
22. Dhanwal DK, Dennison EM, Harvey NC, Cooper C. Epidemiology of hip fracture: worldwide geo-graphic variation. Indian J Orthop. 2011;45(1):15-22. doi: 10.4103/0019-5413.73656.
23. von Mühlen D, Allison M, Jassal SK, Barrett-Connor E. Peripheral arterial disease and osteoporosis in older adults: the Rancho Bernardo Study. Osteoporos Int. 2009;20(12):2071-2078. doi: 10.1007/s00198-009-0912-3.