

Заключение

диссертационного совета ДСУ 208.001.32 ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет) по диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук

аттестационное дело № 74.02-18/008-2024

решение диссертационного совета от 11 апреля 2024 года № 9

О присуждении Золотенкову Дмитрию Дмитриевичу, гражданину России, ученой степени кандидата медицинских наук.

Диссертация «Судебно-медицинская оценка возрастных изменений костно-хрящевых структур коленного сустава», в виде рукописи по специальности 3.3.5. Судебная медицина принята к защите 29 февраля 2024 г., протокол № 4/2 диссертационным советом ДСУ 208.001.32 ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, дом 8, строение 2 (Приказ ректора № 1951 от 26.12.2023 г.).

Золотенков Дмитрий Дмитриевич, 1994 года рождения, в 2018 году окончил ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), г. Москва, по специальности «лечебное дело».

В 2023 году окончил очную аспирантуру по основной профессиональной образовательной программе высшего образования подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по специальности 3.3.5. Судебная медицина при ФГАОУ ВО Первый Московский

государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

С 2020 года работает врачом по спортивной медицине в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства» по настоящее время.

Диссертация «Судебно-медицинская оценка возрастных изменений костно-хрящевых структур коленного сустава», по специальности 3.3.5. Судебная медицина выполнена на кафедре судебной медицины Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет).

Научный руководитель: член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор Пиголкин Юрий Иванович, ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), кафедра судебной медицины, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

– Божченко Александр Петрович, доктор медицинских наук, профессор, федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, кафедра судебной медицины и медицинского права, профессор кафедры

– Пинчук Павел Васильевич, доктор медицинских наук, доцент, «111 Главный государственный центр судебно-медицинских и криминалистических экспертиз» Министерства обороны Российской Федерации, начальник центра

– дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации г. Москва, в своем положительном заключении, составленным и подписанном доктором медицинских наук, профессором Ромодановским Павлом Олеговичем – заведующим кафедрой судебной медицины и медицинского права Научно-образовательного института клинической медицины им. Н.А. Семашко и утвержденным доктором медицинских наук, профессором, проректором Крихели Нателлой Ильиничной указала, что диссертационная работа Золотенкова Дмитрия Дмитриевича на тему «Судебно-медицинская оценка возрастных изменений костно-хрящевых структур коленного сустава», выполненная под руководством член-корреспондента РАН, доктора медицинских наук, профессора Пиголкина Юрия Ивановича и представленная на соискание ученой степени кандидата медицинских наук, является законченной научной квалификационной работой, содержащей решение важной научной задачи по совершенствованию судебно-медицинской диагностики возраста детей, подростков и молодых людей на основе изучения возрастной динамики эпифизарного синостозирования по данным компьютерной томографии изображений коленного сустава с использованием нейросетевых технологий, а внедрение предложенных новых, научно-обоснованных решений имеет важное теоретическое и практическое значение для судебной медицины.

По своей актуальности, научной новизне, объему выполненных исследований, практической значимости полученных результатов, диссертационная работа соответствует требованиям п. 16 Положения «О присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет)», утвержденного приказом ректора Сеченовского университета от 06.06.2022 № 0692/Р, предъявляемого к диссертациям на соискание ученой степени кандидата медицинских наук, а ее

автор достоин присуждения ученой степени кандидата медицинских наук по специальности 3.3.5. Судебная медицина (медицинские науки).

По результатам исследования автором опубликовано 15 работ, общим объемом 2,96 печатных листа, в том числе: 7 научных статей в журналах, индексируемых в международных базах (Web of Science, Scopus), они же включенные в Перечень рецензируемых научных изданий Сеченовского Университета / Перечень ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и 8 иных публикаций, в том числе в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Золотенков Д.Д., Огарев Е.В., Валетов Д.К., Нефедова С.М., Золотенкова Г.В., Пиголкин Ю.И. Оценка возраста с использованием КТ коленного сустава и нейросетевых технологий // Судебно-медицинская экспертиза. 2023. Т.66. №4. С.34-40. [Scopus, оригинальная, авторский вклад определяющий]**
2. **Полетаева М.П., Суворов А.Ю., Золотенков Д.Д., Золотенкова Г.В., Пиголкин Ю.И. Судебно-медицинская диагностика возраста по методу Cameriere // Судебно-медицинская экспертиза. 2023. Т.66. №4. С.41-45. [Scopus, оригинальная, авторский вклад определяющий]**
3. **Scendonì R., Giuseppe C., Zoplòtenkova G., Zolòtenkov D., Rosamaria De Vivo, D'Aguanno G., Recchia L., Cameriere R. Medico-legal indicators and cut-offs in different age classes through quantitative analysis of epiphyseal fusion segments on knee CT scans // Legal medicine. 2023;(65):102318 [Scopus, Web of Science, оригинальная, авторский вклад определяющий]**

На автореферат диссертации поступили отзывы от: доктора медицинских наук, профессора, главного внештатного специалиста по судебно-медицинской экспертизе Минздрава России, директора ФГБУ «Российский центр судебно-медицинской экспертизы» Минздрава России, г. Москва –

Макарова Игоря Юрьевича; доктора медицинских наук, профессора, заслуженного врача РФ, профессора кафедры судебной медицины и медицинского права научно-образовательного института клинической медицины им. Н.А. Семашко ФГБОУ ВО «Российский медицинский университет» Минздрава России, г. Москва – Баринаева Евгения Христофоровича; доктора медицинских наук, доцента, заведующего кафедрой судебной медицины ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, г. Москва – Ковалева Андрея Валентиновича.

Отзывы положительные, критических замечаний не содержат.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что оппоненты являются известными специалистами в данной области и имеют публикации по теме диссертации в рецензируемых журналах.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации г. Москва, выбран в качестве ведущей организации, так как оно известно своими достижениями в области судебной медицины и имеет ученых, являющихся безусловными специалистами по теме рассматриваемой диссертационной работы, а именно занимающихся проблемами судебно-медицинской диагностики возраста детей, подростков и молодых людей по возрастным изменениям костно-хрящевых структур коленного сустава.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработано решение актуальной для судебной медицины научной задачи по созданию метода судебно-медицинской диагностики возраста (возрастной группы) детей, подростков и молодых людей. Метод основан на количественной оценке сегментов эпифизарного сращения по данным КТ коленного сустава с использованием четко формализованных математических

процедур вычисления свойств эпифизарной линии, искусственных нейронных сетей и компьютерного зрения.

Получены количественные характеристики признаков возрастной динамики синостозирования дистального эпифиза бедренной, проксимальных эпифизов большеберцовой и малоберцовой костей по данным компьютерной томографии коленного сустава. Доказана связь расчетных показателей, характеризующих процесс синостозирования дистального эпифиза бедренной, проксимальных эпифизов большеберцовой и малоберцовой костей с возрастом. Возрастная динамика данных показателей имеет статистическую достоверность, что позволяет использовать их для решения вопросов судебно-следственных органов при оценке возраста подэкспертного. Сформирована база данных количественных характеристик эпифизарного синостозирования в зависимости от возраста. Доказана возможность расширения, пополнения и мониторинга с помощью предложенного метода оценки возраста доказательной базы экспертных исследований. Данный метод имеет высокую степень валидности, позволяет применять унифицированный подход, что уменьшает вероятность ошибки, обеспечивает возможность повторного (перекрестного) исследования.

Изучено влияние физической активности на возрастную динамику синостозирования дистального эпифиза бедренной, проксимальных эпифизов большеберцовой и малоберцовой костей.

Проанализирована корреляционная взаимосвязь метрических характеристик синостозирования по данным КТ коленного сустава и показателя, характеризующего стоматологический возраст (индекс третьего моляра). Полученные результаты использованы для создания алгоритма экспертной оценки целевой возрастной группы (<18 лет; >18 лет).

Изучена морфология линии синостозирования (эпифизарного рубца) и ее ассоциативная взаимосвязь с химическим составом костной ткани у лиц зрелого возраста.

Доказана высокая диагностическая точность разработанных судебно-медицинских критериев (FTF) для установления целевых возрастных групп $Acc=0.83-0.87$.

Установлено, что использование диагностического критерия с учетом пола подэкспертного повышает диагностическую точность: для лиц мужского пола $FTF > 2.17$, $Acc=0.95$, $Se = 0.95$, $Sp = 0.96$; для лиц женского пола $FTF > 2.5$, $Acc=0.90$, $Se = 0.92$, $Sp = 0.88$.

Получены результаты, доказывающие эффективность использования алгоритмов машинного обучения (Resnet101, Densenet121, Efficientnet-b0) и их ансамблей для решения задачи классификации определения целевой возрастной группы.

Разработан новый алгоритм судебно-медицинской оценки возраста по данным компьютерной томографии коленного сустава с использованием нейросетевых технологий и предложена структурно-функциональная конструкция для его реализации.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Изучена динамика синостозирования дистального эпифиза бедренной кости, проксимальных эпифизов большеберцовой и малоберцовой костей современной популяции России. Представлено обоснование выявленных общих закономерностей и отличительных особенностей данного процесса.

Выявлена корреляция между возрастом и показателями, характеризующими соотношение общей длины метаэпифизарного соединения дистального эпифиза бедренной, проксимальных эпифизов большеберцовой и малоберцовой костей к протяженности участка синостозирования. Проанализирована информационная значимость каждого показателя.

Установлены отличительные особенности количественных характеристик эпифизарного синостозирования в зависимости от возраста, пола, физической активности, взаимосвязь с показателем, устанавливающим зубной возраст (индекс третьего моляра).

Изложены доказательства позволяющие рассматривать метрическую характеристику сегментов эпифизарного сращения в качестве дополнительного информационно значимого диагностического критерия для установления возраста (целевой возрастной группы) детей подростков и молодых людей при проведении судебной медицинской экспертизы.

Установлена эффективность использования предложенного алгоритма судебно-медицинской оценки возраста по данным компьютерной томографии коленного сустава с применением искусственных нейронных сетей и компьютерного зрения.

Применительно к проблеме диссертации результативно использованы три нейросетевые архитектуры: Resnet101, Densenet121, Efficientnet-b0 и их ансамбли. Среднее гармоническое точности и полноты определения заданной возрастной группы для бинарной классификации составляет 0,88, при четырехклассовой – 0,87. В задаче бинарной классификации лучший результат дала архитектура Resnet101, для четырехклассовой – Densenet121; ансамблирование в обоих случаях улучшает показатели точности и полноты.

Для разработки и экспериментальной апробация алгоритма прогнозирования биологического возраста индивидуума на основе анализа компьютерных томограмм коленного сустава с применением искусственных нейронных сетей и компьютерного зрения результативно использовалась искусственная нейронная сеть модели YOLOv5.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

Разработан, внедрен и научно обоснован метод количественного анализа сегментов эпифизарного сращения по данным компьютерной томографии (КТ) коленного сустава для судебно-медицинской оценки возраста (возрастной группы) детей, подростков и молодых людей.

Полученные результаты внедрены в учебный процесс на кафедрах судебной медицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) и ФГБОУ ВО

«Дальневосточный государственный медицинский университет» Минздрава России; в практическую работу отделения медико-криминалистических исследований ГБУЗ «Бюро судебно-медицинской экспертизы Департамента здравоохранения города Москвы», практическую работу отдела судебно-медицинской экспертизы потерпевших, обвиняемых и других лиц, отделение медико-криминалистических исследований и отдела сложных экспертиз ГБУЗ СК «Краевое бюро судебно-медицинской экспертизы».

Полученные результаты могут быть использованы в практическом здравоохранении при экспертной оценке возраста, в учебном процессе в высших медицинских учебных заведениях, они также могут способствовать обеспечению доступности соответствующих экспертных знаний посредством создания и реализации дополнительных профессиональных образовательных программ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

Идея базируется на обобщении передового опыта в данной области, анализе экспертной практики, доступной научной и патентной информации о методике судебно-медицинской экспертной оценке возраста живых лиц и определяется необходимостью совершенствования научно-методического обеспечения экспертиз по установлению возраста детей, подростков и молодых людей в Российской Федерации: созданием обновленного, научно обоснованного каталога возрастных маркеров; разработке протокола их оценки, алгоритма экспертизы по установлению возраста.

Теория основана на поиске корреляционных связей между возрастом и стадиями синостозирования дистального эпифиза бедренной, проксимальных эпифизов большеберцовой и малоберцовой костей, оценка которых осуществлялась количественным методом на КТ снимках коленного сустава. Теория диссертации построена на известных, проверяемых фактах и согласуется с имеющимися в настоящее время научно-исследовательскими и практическими данными о возможности использования динамики эпифизарного сращения для прогнозирования возраста (возрастной группы)

по данным рентгенологических методов исследования коленного сустава. Проведено сопоставление авторских и литературных (зарубежных и отечественных) данных, полученных ранее по изучаемой проблематике; аналогов не имеется.

Математическая обработка результатов проводилась адекватными задачам исследования методами интеллектуального анализа (нейросетевые технологии, алгоритмы классификации и уменьшения размерности, линейная и логистическая регрессия). Достоверность результатов диссертационной работы не вызывает сомнений, обусловлена достаточным объемом исследования (общее количество изученных отчетных форм – 646; КТ-снимков – 714) и использованием современных высокоинформативных методов сбора и анализа данных (метрика F1-score, графики Pairplot, матрицы ошибок, ROC-кривые).

Установлено, что морфологическое исследование динамики синостозирования по данным КТ коленного сустава с использованием количественной оценки (метрический анализ линий метаэпифизарного соединения, длины участка синостозирования и расчет их соотношения), может использоваться для прогнозирования возрастной группы детей, подростков и молодых людей. Научно доказано, что разработанный алгоритм интеллектуальной системы оценки возраста индивидуума, базирующийся на вычислении посредством компьютерного зрения свойств эпифизарной линии на исходных данных КТ коленного сустава, повышает диагностическую точность и объективность экспертных выводов.

Примененные методики позволяют экстраполировать результаты проведенного исследования на большую часть популяции.

Личный вклад соискателя заключается в следующем:

Автор самостоятельно определил цель работы, задачи исследования, разработал дизайн. Исследование сведений данных отчетов бюро судебно-медицинской экспертизы проведены автором лично. Диссертантом самостоятельно проводился набор материала, формирование групп,

морфометрическое исследование, межгрупповое сравнение количественных показателей возрастной динамики синостозирования. Автор лично выполнил статистическую обработку материала в электронной базе данных и интерпретацию полученных результатов. Автором самостоятельно выполнена разметка дата-сетов, визуализация и кластеризация данных с использованием алгоритмов машинного обучения; ему принадлежит ведущая роль в выборе и обучении нейросетей; оценке точности и эффективности решаемой задачи классификации; создании алгоритма оценки возраста по данным КТ коленного сустава с использованием нейросетевых технологий и структурно-функциональной организации интеллектуальной системы для его реализации. Интерпретация полученных данных представлена автором в докладах и научных публикациях.

Диссертация не содержит недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации и полностью соответствует требованиям п. 16 «Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)», утвержденным приказом ректора от 06.06.2022г. №0692/Р, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

В ходе защиты диссертации соискатель Золотенков Дмитрий Дмитриевич дал развернутый ответ на вопрос оппонента о том, насколько готов разработанный им алгоритм оценки возраста по данным компьютерной томографии коленного сустава с использованием нейросетевых технологий и компьютерного зрения для создания промышленного образца.

Соискатель Золотенков Д.Д. также привел результаты собственных исследований влияния физической активности на динамику возрастных изменений костно-хрящевых структур (эпифизарного синостоза) дистального

эпифиза бедренной, проксимальных эпифизов большеберцовой и малоберцовой костей.

На заседании 11 апреля 2024 года диссертационный совет принял решение: за решение важной научной задачи по совершенствованию судебно-медицинской диагностики возраста (целевой возрастной группы), в ходе решения которой на основании количественного анализа сегментов синостозирования по данным компьютерной томографии коленного сустава, определены судебно-медицинские диагностические критерии для установления целевых возрастных групп, разработан алгоритм экспертной оценки возраста с использованием искусственных нейронных сетей, компьютерного зрения и четко формализованных математических процедур вычисления свойств эпифизарной линии и предложен структурный функционал для его реализации, присудить Золотенкову Дмитрию Дмитриевичу ученую степень кандидата медицинских наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, присутствовавших на заседании, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, утвержденного приказом ректора, проголосовали: за присуждение ученой степени – 15, против присуждения ученой степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета



Ачкасов Евгений Евгеньевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

Конева Елизавета Сергеевна

«11» апреля 2024 года