

ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИИ ТЕЛ ПОЗВОНКОВ В ДИАГНОСТИКЕ КОМПРЕССИОННЫХ ПЕРЕЛОМОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

© Петрайкин А.В.², Белая Ж.Е.¹, Гомболевский В.А.², Низовцова Л.А.², Сергунова К.А.², Абуладзе Л.Р.³, Артюкова З.Р.³, Сморгачева А.К.³, Яссин Л.Р.³, Феданов В.А.⁴, Киева И.Н.⁵, Соловьев А.В.⁶, Кондратенко В.А.⁷, Писов М.⁷, Захаров А.А.⁸, Морозов С.П.², Владимировский А.В.², Беляев М.Г.⁷

¹ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России

²ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ», г. Москва

³ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), г. Москва

⁴ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента Российской Федерации, г. Москва

⁵Российский Университет Дружбы Народов

⁶ГБОУ здравоохранения г. Москвы «НИИ скорой помощи им. Н.В.Склифосовского ДЗМ»

⁷АНО ОВО «Сколковский институт науки и технологий»

⁸ФГБУН Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН

Цель: Разработать алгоритм автоматического определения компрессионных переломов тел позвонков на основе анализа КТ исследований грудной клетки технологиями искусственного интеллекта (ИИ) и компьютерного зрения.

Материалы и методы:

В работе были использованы анонимизированные данные 103 пациентов которым были выполнены КТ исследования грудной клетки в стандартных режимах на задержке дыхания (свободный вдох). Всего было размечено 1336 позвонков восемью экспертами, общее число аннотаций составило 10446. Каждая разметка состоит из измерения трех размеров тел позвонков на уровнях Th1- L2. Этапы создания алгоритма включали: I) разработка программы для проведения разметки и создание внутреннего руководства для оценки размеров тел позвонков экспертами, II) разработка алгоритма поиска центров тел позвонков и позвоночного канала, на данном этапе были проанализированы 20 пациентов, разметка выполнялась двумя специалистами; III) оптимизация алгоритма ИИ: на данном этапе восемь экспертов разметили 103 пациентов, у 30 из которых отмечались компрессионные переломы.

В ходе объединения данных этапов работы был разработан алгоритм ИИ, позволяющий автоматически выполнить морфометрический анализ тел позвонков – детектировать отдельные позвонки и проводить измерения вентрального, среднего и дорсального размеров. Разработанный алгоритм работает в два этапа. На первом этапе при помощи глубокой сверточной нейронной сети для поиска кривых [M. Pison, 2019] проводится локализация оси позвоночника и последующая корректировка сколиотической и кифотической деформации позвоночного столба. Затем алгоритм детектирует отдельные позвонки и для каждого из них проводит измерения вентрального, среднего и дорсального размеров для отдельных позвонков. Данный алгоритм был реализован на языке программирования Python с использованием библиотек PyTorch [<https://pytorch.org>] и DeepPipe [https://github.com/neuro-ml/deep_pipe]. Общее время обучения итогового варианта алгоритма составило 12 часов на видеокарте Nvidia Tesla Titan X. Среднее время оценки трех размеров для всех позвонков в области интереса составляет 55 секунд для одного КТ исследования в формате DICOM.

Результаты и обсуждение

По разным данным компрессионные переломы тел позвонков при проведении лучевых методов исследования корректно диагностируется лишь в 20% [Prof. Willem Lems IOF вебинар 2018], 25% [L. Lenchik 2004]. По нашим данным, основанным на анализе 70 КТ исследований органов грудной клетки пациентов с компрессионными переломами, в заключении данный диагноз отмечен у 21 пациента (30%), при этом компрессионная деформация не упомянута ни в заключении ни в описании у 37 пациентов (53%).

За основу разрабатываемого подхода взята классификация компрессионных переломов тел по Genant [H.K. Genant et al 2003], которая предлагает разделение деформации на переднюю, среднюю и заднюю а также по степени тяжести переломов: 1-я (20-25%), 2-я (26-40%), 3-я (более 40%).

Качество работы алгоритма было оценено с помощью методики скользящего контроля на 103 КТ исследованиях грудной клетки. Точность детектирования всех позвонков составила 96.50%, 95% доверительный интервал (ДИ) 95.49-97.35. Для определения истинной локализации позвонка использовалась голосование по разметке экспертов. Ошибки первого рода (ложное определение позвонка) внесли основной вклад в размере 3.36% и за исключением единичных случаев наблюдались на позвонках, выходящих за пределы выбранных для разметки уровней Th1- L2.

Средняя абсолютная ошибка определения вентрального, срединного и дорсального размеров тел позвонков составила 0.90 (ДИ 0.87-0.93), 0.88 (ДИ 0.86-0.92), 1.03 (ДИ 1.00-1.06) миллиметров. При нормировке на соответствующий размер позвонка средние относительные ошибки принимают значения 4.80 (ДИ 4.62-4.97), 5.57 (ДИ 5.21-6.00), 4.8 (ДИ 4.68-4.96) процентов соответственно. При подсчете ошибки определения размеров использовалась усредненная разметка экспертов. была проведена оценка качества решения задач выявления позвонков

с переломами. В задаче отделения переломов любой степени тяжести от нормы площадь под ROC кривой (AUC) составила 0.83 (ДИ 0.810-0.845), а в задаче выявления 2й и 3й степени тяжести - 0.943 (ДИ 0.934-0.954).

Следующие этапы работы: оптимизация работы разработанного алгоритма и верификация работы данного программного обеспечения для диагностики компрессионных переломов на тестовой выборке.

Заключение:

На основе алгоритмов искусственного интеллекта и машинного зрения, создана программа, позволяющая определять вентральный, срединный и дорсальных размеры тел позвонков с целью оценки степени клиновидной деформации и диагностики компрессионных переломов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Остеопороз; компрессионный перелом; искусственный интеллект.

ASSESSMENT OF VERTEBRAL BODY DEFORMATION IN THE DIAGNOSIS OF COMPRESSION FRACTURES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS

© Petryaikin A.V.², Belaya Zh.E.¹, Gombolevskiy V.A.², Nizovtsova L.A.², Sergunova K.A.², Abuladze L.R.³, Artykova Z.R.³, Smorchkova, A.K.³, Yassin L.R.³, Fedanov V.A.⁴, Kieva I.N.^{5,6}, Soloviev A.V.⁶, Kondratenko V.A.⁷, Pisov M.⁷, Zakharov A.A.⁸, Morozov S.P.², Vladimirovsky A.V.², Belyaev M.G.⁷

¹ Endocrinology Research Center, Moscow

² Scientific and practical clinical center for diagnostics and telemedicine technologies, Moscow

³ I.M. Sechenov First Moscow state medical university (Sechenov University), Moscow

⁴ Central state medical Academy of the Presidential administration of the Russian Federation, Moscow

⁵ Peoples' Friendship University of Russia

⁶ Institute of Emergency Medical Care named after N. V. Sklifosovsky

⁷ SKOLKOVO Institute of science and technology

⁸ Institute for Information Transmission Problems of the Russian Academy of Sciences (Kharkevich Institute)

KEYWORDS: Osteoporosis; fractures; artificial intelligence.