

Динамика морфотопометрических характеристик и рентгеновской плотности T_{VI} позвонка у мужчин от первого периода зрелого до пожилого возраста

О.А. Чудинов, И.А. Баландина, А.А. Баландин

ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера»
Минздрава России (Пермь, Российская Федерация)

Аннотация

Цель – оценить динамику высоты, ширины, передне-заднего размера и рентгеновской плотности тела TVI позвонка у мужчин от первого периода зрелого до пожилого возраста по данным компьютерной томографии (КТ) грудной клетки.

Материал и методы. В основу работы положены результаты КТ пациентов, проходивших обследование органов грудной клетки. Определяли высоту, ширину, передне-задний размер и рентгеновскую плотность тела TVI позвонка. Выборку исследования составили лица с нормальной массой тела, мезоморфным типом телосложения, без травм и аномалий развития скелета в анамнезе. Из 78 обследуемых случайным образом были отобраны 60 пациентов так, чтобы в каждой группе было их одинаковое количество – 20 человек. Первая группа состояла из мужчин первого периода зрелого возраста (22–35 лет), вторая группа включала мужчин второго периода зрелого возраста (36–60 лет), третью группу составили мужчины пожилого возраста (61–75 лет).

Результаты. В ходе исследования установлена тенденция к снижению параметров высоты тела TVI позвонка к пожилому возрасту на 7,8%

($t=2,01$; $p>0,05$). Выявлена тенденция к увеличению параметров ширины тела TVI позвонка к пожилому возрасту на 2,18% ($t=0,54$; $p>0,05$). Наряду с этим определена тенденция к увеличению параметров передне-заднего размера тела TVI позвонка на 2,25% ($t=0,60$; $p>0,05$). Показатели рентгеновской плотности тела TVI позвонка характеризуются достоверным снижением параметров к пожилому возрасту ($p<0,001$).

Заключение. В результате проведенного прижизненного исследования получены новые данные о возрастной анатомии TVI позвонка у мужчин. Поскольку анатомические параметры позвонка не являются статичными величинами и изменяются с возрастом, полученные сведения будут востребованы в клинической практике у таких специалистов, как геронтологи, травматологи, вертебрологи, лучевые диагносты, врачи спортивной медицины и лечебной физкультуры.

Ключевые слова: позвонок TVI, возрастные изменения, морфометрия, КТ, рентгеновская плотность.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Чудинов О.А., Баландина И.А., Баландин А.А. Динамика морфотопометрических характеристик и рентгеновской плотности TVI позвонка у мужчин от первого периода зрелого до пожилого возраста. Наука и инновации в медицине. 2025;10(4):XX-XX. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM686493>

Сведения об авторах

Чудинов О.А. – аспирант кафедры нормальной, топографической и клинической анатомии, оперативной хирургии.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7022-8499>
E-mail: g89223641902@gmail.com

Баландина Ирина Анатольевна – д-р мед. наук, профессор, заведующая кафедрой нормальной, топографической и клинической анатомии, оперативной хирургии.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4856-9066>
E-mail: balandina_ia@mail.ru

Баландин А.А. – д-р мед. наук, доцент кафедры нормальной, топографической и клинической анатомии, оперативной хирургии.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3152-8380>
E-mail: balandinnauka@mail.ru

***Автор для переписки**

Получено: 01.07.2025

Одобрено: 27.09.2025

Опубликовано: 04.10.2025

Dynamics of morphotopometric characteristics and X-ray density of TVI vertebra in men from the first period of mature age to old age

Oleg A. Chudinov, Irina A. Balandina, Anatolii A. Balandin

Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner (Perm, Russia)

Abstract

Aim – to evaluate the dynamics of anteroposterior dimensions and X-ray density of the TVI vertebra in men from the first period of adulthood to old age according to computed tomography (CT) of the chest.

Material and methods. The work is based on the results of CT scans of patients undergoing chest examinations. The height, width, anteroposterior dimension, and X-ray density of the TVI vertebra body were measured. The study sample consisted of individuals with normal body weight, mesomorphic body type, without history of injuries and skeletal abnormalities. 60 patients were randomly selected from 78 subjects, so that each group had the same number of patients: 20 people. The first group consisted of men of the first period of adulthood (22-35 years of age), the second group included men of the second period of adulthood (36-60 years of age), the third group consisted of elderly men (61-75 years of age).

Results. The study revealed a tendency for the TVI vertebral body height parameters to decrease by 7.8% in old age ($t=2.01$; $p>0.05$). A tendency for the

TVI vertebral body width parameters to increase by 2.18% in old age ($t=0.54$; $p>0.05$) was revealed. At the same time, a tendency for the anteroposterior size parameters of the TVI vertebral body to increase by 2.25% was determined ($t=0.60$; $p>0.05$). The X-ray density indices of the TVI vertebral body are characterized by a significant decrease in parameters with increasing age ($p<0.001$).

Conclusion. As a result of the conducted intravital study, new data on the age-related anatomy of the TVI vertebra in men were obtained. Since the anatomical parameters of the vertebra are not static values and change with age, this information will be useful in clinical practice of such specialists as gerontologists, traumatologists, vertebrologists, radiation diagnosticians, in sports medicine and in the work of exercise therapy doctors.

Keywords: vertebra TVI, age-related changes, morphometry, CT, X-ray density.

Conflict of interest: nothing to disclose.

Citation

Chudinov OA, Balandina IA, Balandin AA. **Dynamics of morphotopometric characteristics and X-ray density of TVI vertebra in men from the first period of mature age to old age.** *Science and Innovations in Medicine*. 2025;10(4):XX-XX. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM686493>

Information about authors

Oleg A. Chudinov – postgraduate student of the Department of Normal, Topographic and Clinical Anatomy, Operative Surgery.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7022-8499>

E-mail: g89223641902@gmail.com

Irina A. Balandina – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Head of the Department of Normal, Topographic and Clinical Anatomy, Operative Surgery.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4856-9066>

E-mail: balandina_ia@mail.ru

Anatolii A. Balandin – MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate professor of the Department of Normal, Topographic and Clinical Anatomy, Operative Surgery. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3152-8380>
E-mail: balandinnauka@mail.ru

***Corresponding Author**

Received: 01.07.2025

Received: 27.09.2025

Published: 04.10.2025

ВВЕДЕНИЕ

Грудной отдел позвоночного столба – крайне необычный и интересный регион человеческого тела для исследователей различных специальностей. Он представляет собой основу грудной клетки и является самой жесткой частью позвоночника, сохраняя при этом определенную степень подвижности, которая необходима для нормальной жизнедеятельности. Обычно биомеханическая стабильность и подвижность – противоположные друг другу характеристики: когда стабильность повышается, подвижность снижается. Однако грудной отдел позвоночника уникален тем, что сочетает оба свойства [1].

Предметом нашего исследования стал шестой грудной позвонок (TVI). Он является «центром» грудного отдела позвоночного столба, играя множество клинически значимых ролей. Он граничит с главными бронхами, формируя грудной кифоз и испытывая сложную схему нагрузки: задняя сторона основания остистого отростка этого позвонка в основном подвергается силам растяжения, а передняя сторона, наоборот, сжатию [2–4].

Мы исследовали изменения позвонка TVI в возрастном аспекте у мужчин. В научной литературе подобные данные практически отсутствуют, между тем они крайне необходимы по нескольким причинам. Во-первых, согласно медицинской статистике, мужчины пожилого и старческого возраста являются достаточно уязвимой категорией населения по отношению к травмам. На это влияет сразу несколько факторов: нарушение координации вследствие возраст-ассоциированных изменений структур головного мозга, вестибулопатии, малоподвижный образ жизни, а также избыточная масса тела [5–7]. Согласно результатам исследования ирландских ученых от 2022 года, нахождение в стационаре пациентов старше 65 лет с травмой позвоночника было в полтора раза дольше, нежели у молодых (21 день против 14 дней), а смертность в группе пожилых превышала более чем в 4 раза (4,6% против 0,97% у молодых) [8]. Во-вторых, мужчины даже пожилого возраста являются важным звеном в экономике развивающихся государств. Так, достаточно значимый процент среди них являются работающими, достаточно востребованными на рынке труда. Все вышеизложенное ставит глобальные задачи перед развитием персонифицированной медицины [9].

ЦЕЛЬ

Оценить динамику высоты, ширины, передне-заднего размера и рентгеновской плотности тела TVI позвонка у мужчин от первого периода зрелого до пожилого возраста по данным компьютерной томографии (КТ) грудной клетки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В основу работы положены результаты КТ пациентов, проходивших обследование органов грудной клетки в приемном отделении ГБУЗ ПК «Городская клиническая больница №3» в период 2023–2024 гг. Все пациенты дали согласие на исследование, проводимое для исключения вероятной патологии легких по показаниям.

Высоту, ширину, передне-задний размер и рентгеновскую плотность тела TVI позвонка определяли на компьютерном томографе Optima 660 (рисунки 1–3).

Анализ томограмм выполняли средствами специализированного программного обеспечения RadiAnt. Выборку исследования составили лица с нормальной массой тела, мезоморфным типом телосложения, без травм и аномалий развития скелета в анамнезе.

Из 78 обследуемых случайным образом были отобраны 60 пациентов так, чтобы в каждой группе было одинаковое количество пациентов – 20 человек. Первая группа состояла из мужчин первого периода зрелого возраста (22–35 лет), вторая группа включала мужчин второго периода зрелого возраста (36–60 лет), третью группу составили мужчины пожилого возраста (61–75 лет).

Статистический анализ проводили с помощью программы Microsoft Excel 2019. Результаты представили в виде значений средней арифметической величины (M) и стандартной ошибки (m), медианы, вариационного коэффициента.



Рисунок 1. Пример измерения ширины тела позвонка у мужчины 23 лет.

Figure 1. Example of width measurement of the vertebral body in a 23-year-old man.

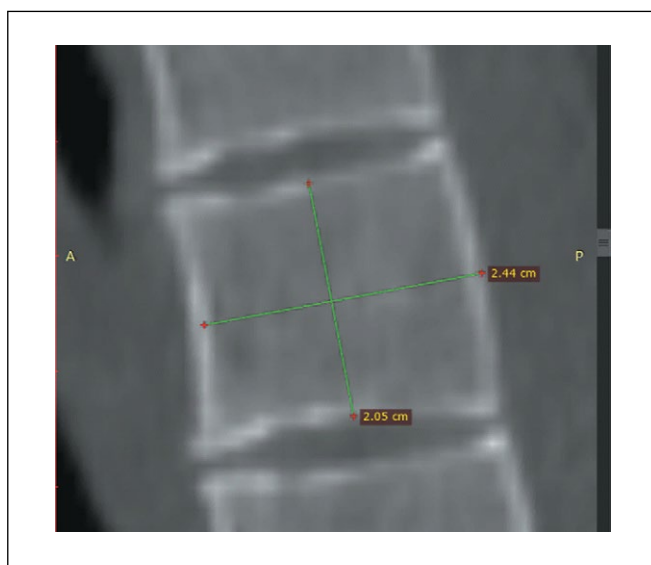


Рисунок 2. Пример измерения высоты и передне-заднего размера тела позвонка у мужчины 23 лет.

Figure 2. Example of height and anteroposterior size measuring of the vertebral body in a 23-year-old man.

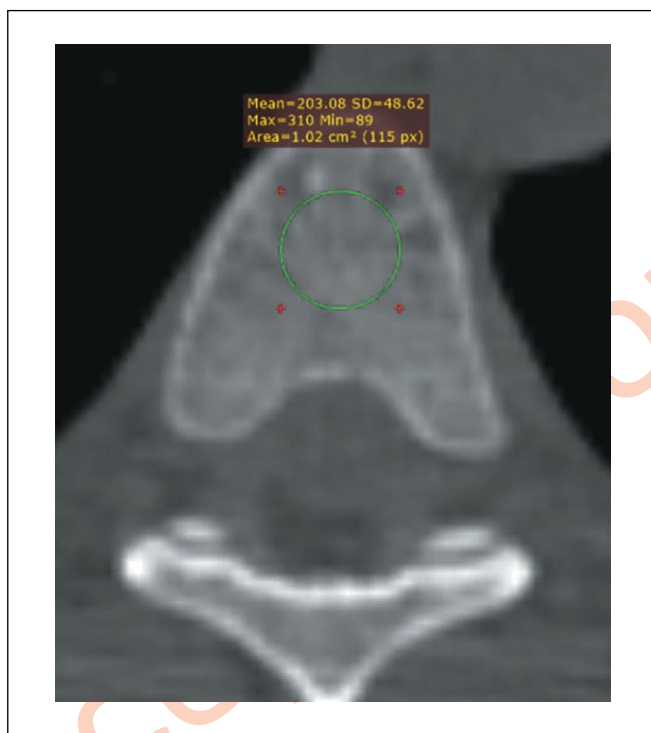


Рисунок 2. Пример измерения высоты и передне-заднего размера тела позвонка у мужчины 23 лет.

Figure 2. Example of height and anteroposterior size measuring of the vertebral body in a 23-year-old man.

Для проверки на нормальность распределения вариационных рядов использовался критерий Колмогорова – Смирнова. Параметрический t-критерий Стьюдента использовали для проверки равенства средних значений в двух выборках. Достоверными считали отличия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Данные о линейных размерах и рентгеновской плотности тела TVI позвонка в исследуемых возрастных периодах представлены в **таблицах 1–4**.

Возрастной период	M±m	Max	Min	σ	Cv	Me
Первый период зрелого возраста (n=20)	19,09±0,27	20	17,5	0,76	0,04	19,3
Второй период зрелого возраста (n=20)	18,78±0,59	21,4	16	1,88	0,10	18
Пожилый возраст (n=20)	17,60±0,69	20,4	14,9	1,83	0,10	17,3

Таблица 1. Показатели высоты тела TVI позвонка у мужчин в исследуемых возрастных периодах по данным КТ, мм (n=60)

Table 1. Body height indicators TVI spine in men in the studied age periods according to CT-scans, mm (n=60).

Возрастной период	M±m	Max	Min	σ	Cv	Me
Первый период зрелого возраста (n=20)	27,92±0,94	32,7	25,3	2,65	0,09	28,1
Второй период зрелого возраста (n=20)	27,55±0,65	31,4	25,3	2,05	0,07	27,6
Пожилый возраст (n=20)	27,31±0,64	29,9	25,2	1,68	0,06	27,2

Таблица 2. Показатели ширины тела TVI позвонка у мужчин в исследуемых возрастных периодах по данным КТ, мм (n=60)

Table 2. Indicators of the body width of the TVI vertebra in men in the studied age periods according to CT-scans, mm (n=60).

Возрастной период	M±m	Max	Min	σ	Cv	Me
Первый период зрелого возраста (n=20)	26,27±0,64	28,3	23,6	1,80	0,07	27,3
Второй период зрелого возраста (n=20)	26,41±0,65	29,3	23,5	2,04	0,08	26,3
Пожилый возраст (n=20)	26,86±0,75	29,6	23,5	1,99	0,07	26,4

Таблица 3. Показатели передне-заднего размера тела TVI позвонка у мужчин в исследуемых возрастных периодах по данным КТ, мм (n=60)

Table 3. Indicators of anterior-posterior body size of the TVI vertebra in men in the studied age periods according to CT-scans, mm (n=60)

Возрастной период	M±m	Max	Min	σ	Cv	Me
Первый период зрелого возраста (n=20)	217,27±2,00	373	165	63,31	0,29	215
Второй период зрелого возраста (n=20)	206,00±1,07	296	143	30,48	0,15	205
Пожилый возраст (n=20)	194,13±2,48	253	104	65,77	0,34	186

Таблица 4. Показатели рентгеновской плотности тела TVI позвонка у мужчин в исследуемых возрастных периодах по данным КТ, HU (n=60)

Table 4. Indicators of X-ray body density of the TVI vertebra in men in the studied age periods according to CT-scans, HU (n=60)

В ходе исследования установлена тенденция к снижению параметров высоты тела TVI позвонка к пожилому возрасту на 7,8% ($t=2,01$; $p>0,05$). Выявлена тенденция к увеличению параметров ширины тела TVI позвонка к пожилому возрасту на 2,18% ($t=0,54$; $p>0,05$). Наряду с этим определена тенденция к увеличению параметров передне-заднего размера тела TVI позвонка на 2,25% ($t=0,60$; $p>0,05$). Показатели рентгеновской плотности тела TVI позвонка характеризуются достоверным снижением параметров к пожилому возрасту ($p<0,001$).

Иными словами, говоря о возрастной динамике, можно констатировать, что позвонок с возрастом уплощается, то есть высота становится меньше, а ширина и передне-задний размер, напротив, увеличиваются. Рентгеновская плотность к пожилому возрасту снижается.

ОБСУЖДЕНИЕ

Старение – процесс системный, со своими законами и изменениями, возникающими на молекулярно-клеточном

уровне. Старение организма можно определить как состояние прогрессирующего функционального снижения его тканей. Накопление повреждений клеток путем митохондриального окисления, нарушений в структурах молекул ДНК, «неправильными» белками с течением времени ухудшает работу их органелл. Следующие за этим изменения приводят к накоплению дисфункциональных клеток в тканях, что затрудняет поддержание гомеостатических механизмов, тем самым ограничивая регенеративный потенциал [10–12].

В литературе встречается несколько достаточно интересных публикаций, посвященных биомеханическим особенностям стареющего позвоночника. М. Papadakis и соавт. (2011) в своей публикации представили краткий обзор патофизиологических процессов, происходящих в стареющем позвоночнике с описанием последствий этих изменений для биомеханики позвоночника. Согласно этому обзору, тело позвонков принимает на себя большую часть нагрузки, которой подвергается позвоночный столб. Все тело позвонка состоит из губчатой кости, которая с возрастом становится более плотной и твердой по периферии, образуя внешний слой, однако основным фактором, определяющим механическую прочность тела позвонка, является не этот внешний слой, а микроархитектура. Костные трабекулы, прилегающие к замыкательной пластинке и расположенные в задней части тела, гораздо крупнее, а их сеть более плотная. Напротив, центральная и передняя части тела позвонка имеют меньшую региональную плотность, более тонкие и менее упорядоченные трабекулы. При этом механические свойства тела позвонка напрямую связаны с его минеральной плотностью. Связь между плотностью кости и прочностью при его сжатии является экспоненциальной, поэтому небольшое снижение первой характеристики приводит к значительному снижению второй [13].

Существенно ранее появился обзор S.J. Ferguson and T. Steffen (2003). Согласно их данным, начиная с четвертого десятилетия жизни мужчины могут легко потерять до 30%, а женщины – до 50% костной массы. При этом исследователи также отмечают неоднородность в микроструктуре тел позвонков. Эти различия в механических свойствах они объясняют адаптацией к окружающей среде, а конкретно в случае позвоночного столба – более высокими осевыми нагрузками, передаваемым центральной областью, прилегающей к пульпозному ядру, в отличие от периферической области, прилегающей к фиброзному кольцу [14].

Также стоит обратить внимание на исследование швейцарских ученых, опубликованное в 2018 году. D. Ignasiak и соавт. изучали влияние возрастных изменений позвоночного столба на особенности его кинематики во время повседневной деятельности с учетом сегментарной нагрузки. Исследователи установили, что максимальные сжимающие нагрузки, прогнозируемые у пожилых людей, были ниже, чем у молодых на уровнях L2/L3 и L3/L4 поясничного отдела позвоночника во время сгибания и на верхних грудных уровнях во время перехода из положения «стоя» в положение «сидя» (T1/T2–T8/T9) и из положения «сидя» в положение «стоя» (T3/T4–T6/T7) [15].

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного прижизненного исследования получены новые данные о возрастной анатомии TVI позвонка у мужчин. Поскольку анатомические параметры позвонка не являются статичными величинами и изменяются с возрастом, эти сведения будут востребованы в клинической практике у таких специалистов как геронтологи, травматологи, вертебрологи, лучевые диагносты, а также важны для врачей спортивной медицины и лечебной физкультуры. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Этическая экспертиза. Получено положительное решение ЛЭК (№ 9 от 23.10.2024 г.).	Ethics approval: Approval of the LEC is obtained (No. 9 dated 23.10.2024).
Источник финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.	Study funding. The study was the authors' initiative without external funding.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
Участие авторов. Баландин А.А., Чудинов О.А. – сбор материала, анализ данных, написание текста статьи. Баландина И.А., Баландин А.А. – дизайн исследования, интерпретация результатов, редактирование статьи. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	Contribution of individual authors. Balandin A.A., Chudinov O.A.: collection of material, data analysis, writing of the text of the article. Balandina I.A., Balandin A.A.: study design, interpretation of results, editing of the article. All authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.
Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).	Statement of originality. No previously published material (text, images, or data) was used in this work.
Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.	Data availability statement. The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.
Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.	Generative AI. No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали 2 внешних рецензента.	Provenance and peer review. This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved 2 external reviewers.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Määttä J, Takatalo J, Leinonen T, et al. Lower thoracic spine extension mobility is associated with higher intensity of thoracic spine pain. *J Man Manip Ther.* 2022;30(5):300-308. DOI: [10.1080/10669817.2022.2047270](https://doi.org/10.1080/10669817.2022.2047270)
2. Szpinda M, Baumgart M, Szpinda A, et al. Morphometric study of the T6 vertebra and its three ossification centers in the human fetus. *Surg Radiol Anat.* 2013;35(10):901-916. DOI: [10.1007/s00276-013-1107-3](https://doi.org/10.1007/s00276-013-1107-3)
3. Sran MM, Boyd SK, Cooper DM, et al. Regional trabecular morphology assessed by micro-CT is correlated with failure of aged thoracic vertebrae under a posteroanterior load and may determine the site of fracture. *Bone.* 2007;40(3):751-757. DOI: [10.1016/j.bone.2006.10.003](https://doi.org/10.1016/j.bone.2006.10.003)
4. Gille O, Skalli W, Mathio P, et al. Sagittal Balance Using Position and Orientation of Each Vertebra in an Asymptomatic Population. *Spine (Phila Pa 1976).* 2022;47(16):E551-E559. DOI: [10.1097/BRS.0000000000004366](https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000004366)
5. Balandin AA, Zheleznov LM, Balandina IA. Age-related alterations in the inferior semilunar lobule of cerebellum in men. *Science of the young (Eruditio Juvenium).* 2020;8(3):337-344. [Баландин А.А., Железнов Л.М., Баландина И.А. Возрастные изменения в нижней полулунной дольке мозжечка у мужчин. *Наука молодых (Eruditio Juvenium).* 2020;8(3):337-344]. DOI: [10.23888/HMJ202083337-344](https://doi.org/10.23888/HMJ202083337-344)
6. Kashirskaya EI, Svetlichkina AA, Dorontsev AV, Kargin AI. Motor activity and injuries in men in the first five years of old age. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(3):159-165. [Каширская Е.И., Светличкина А.А., Доронцев А.В., Каргин А.И. Двигательная активность и травматизм у мужчин в первые пять лет пожилого возраста. *Человек. Спорт. Медицина.* 2023;23(3):159-165]. DOI: [10.14529/hsm230321](https://doi.org/10.14529/hsm230321)
7. Dyhrfeld-Johnsen J, Attali P. Management of peripheral vertigo with antihistamines: New options on the horizon. *Br J Clin Pharmacol.* 2019;85(10):2255-2263. DOI: [10.1111/bcp.14046](https://doi.org/10.1111/bcp.14046)
8. Nagassima Rodrigues Dos Reis K, McDonnell JM, et al. Changing Demographic Trends in spine trauma: The presentation and outcome of Major Spine Trauma in the elderly. *Surgeon.* 2022;20(6):e410-e415. DOI: [10.1016/j.surge.2021.08.010](https://doi.org/10.1016/j.surge.2021.08.010)
9. Grinin LE, Grinin AL. Global ageing and the future of the global world. *Age of Globalization.* 2020;1(33):3-20 [Гринин Л.Е., Гринин А.Л. Глобальное старение и будущее глобального мира. Век глобализации. 2020;1(33):3-20]. DOI: [10.30884/vglob/2020.01.01](https://doi.org/10.30884/vglob/2020.01.01)
10. Balandina IA, Terekhin AS, Balandin AA, Klimets AV. Age-related changes of pubic symphysis parameters in men in the early adulthood, early and middle old age according to computed tomography data. *Science and Innovations in Medicine.* 2024;9(2):84-87. [Баландина И.А., Терехин А.С., Баландин А.А., Климец А.В. Возрастная динамика параметров лобкового симфиза мужчин в первом периоде зрелого возраста, в пожилом и старческом возрасте по данным компьютерной томографии. *Наука и инновации в медицине.* 2024;9(2):84-87]. DOI: [10.35693/SMI462760](https://doi.org/10.35693/SMI462760)
11. da Silva PFL, Schumacher B. Principles of the Molecular and Cellular Mechanisms of Aging. *J Invest Dermatol.* 2021;141(4S):951-960. DOI: [10.1016/j.jid.2020.11.018](https://doi.org/10.1016/j.jid.2020.11.018)
12. Harman D. Aging: overview. *Ann N Y Acad Sci.* 2001;928:1-21. DOI: [10.1111/j.1749-6632.2001.tb05631.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2001.tb05631.x)
13. Papadakis M, Sapkas G, Papadopoulos EC, Katonis P. Pathophysiology and biomechanics of the aging spine. *Open Orthop J.* 2011;5:335-342. DOI: [10.2174/1874325001105010335](https://doi.org/10.2174/1874325001105010335)
14. Ferguson SJ, Steffen T. Biomechanics of the aging spine. *Eur Spine J.* 2003;12(2):S97-S103. DOI: [10.1007/s00586-003-0621-0](https://doi.org/10.1007/s00586-003-0621-0)
15. Ignasiak D, Rüeger A, Sperr R, Ferguson SJ. Thoracolumbar spine loading associated with kinematics of the young and the elderly during activities of daily living. *J Biomech.* 2018;70:175-184. DOI: [10.1016/j.jbiomech.2017.11.033](https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2017.11.033)