



РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЕ И КТ-ПРЕДИКТОРЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЗАДНЕГО СВЯЗОЧНОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ПЕРЕЛОМАХ ТЕЛ ПОЗВОНКОВ ГРУДОПОЯСНИЧНОГО ПЕРЕХОДНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

Систематический обзор и метаанализ

А.А. Афаунов^{1,2}, Н.С. Чайкин³, И.В. Басанкин², К.К. Тахмазян²

¹Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

²НИИ — Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Краснодар, Россия

³Ставропольская краевая клиническая больница, Ставрополь, Россия

Цель обзора — по литературным данным выделить наиболее достоверные рентгенологические и КТ-признаки повреждения заднего связочного комплекса (posterior ligamentous complex — PLC) при переломах тел позвонков груднопоясничного переходного отдела позвоночника, изначально трактуемых как тип А по классификации AOSpine. Систематический обзор выполнен согласно рекомендациям PRISMA. В базах данных PubMed, MEDLINE, Cochrane Library обнаружена 491 статья по соответствующей тематике. После реализации критериев включения и исключения для систематического обзора отобрано 7 оригинальных статей из рецензируемых научных журналов за последние 10 лет, 6 из которых вошли в метаанализ. Во всех статьях авторы выделяли по две группы пациентов: с повреждением и без повреждения PLC. Повреждения PLC подтверждали данными МРТ и интраоперационно. Были выделены рентгенологические и КТ-спондилометрические параметры, которые имели статистически значимые различия между группами. Для определения предикторов повреждения PLC значения этих параметров подвергали регрессионному анализу. После этого провели метаанализ моделей случайных и фиксированных эффектов в зависимости от однородности данных. Оценку статистической гетерогенности проводили с помощью критерия χ^2 с нулевой гипотезой об отсутствии значимых различий во всех исследованиях, а также индекса гетерогенности I^2 . Для графического отображения результатов были построены форест-графики. Локальный кифотический угол более 25°, угол Cobb более 16° и разница межостистых расстояний более 2,54 мм являются КТ-предикторами повреждения PLC. Параметры, характеризующие межостистые отношения, изучены не более чем в двух исследованиях, но при этом всегда имели статистически значимые отличия между группами с повреждениями и без повреждений PLC, поэтому их нельзя оставлять без внимания при диагностике. Параметры Anterior/posterior vertebral height ratio, Anterior vertebral height ratio, Sagittal index и suprajacent/subjacent не являются предикторами повреждения PLC.

Ключевые слова: позвоночник, травма, задний связочный комплекс, предикторы повреждения, систематический обзор, метаанализ. Для цитирования: Афаунов А.А., Чайкин Н.С., Басанкин И.В., Тахмазян К.К. Рентгенологические и КТ-предикторы повреждения заднего связочного комплекса при переломах тел позвонков груднопоясничного переходного отдела позвоночника: систематический обзор и метаанализ // Хирургия позвоночника. 2021. Т. 18. № 4. С. 55–67.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2021.4.55-67>.

X-RAY AND CT SCAN PREDICTORS OF DAMAGE TO THE POSTERIOR LIGAMENTOUS COMPLEX IN FRACTURES OF THE VERTEBRAL BODIES OF THE THORACOLUMBAR JUNCTION: SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS

A.A. Afaunov^{1,2}, N.S. Chaikin³, I.V. Basankin², K.K. Takhmazyan²

¹Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

²Research Institute — Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. Prof. S.V. Ochapovsky, Krasnodar, Russia

³Stavropol Regional Clinical Hospital, Stavropol, Russia

Objective of the review was to identify, basing on literature data, the most reliable X-ray and CT signs of damage to the posterior ligamentous complex (PLC) in fractures of the vertebral bodies of the thoracolumbar junction, initially interpreted as type A according to the AOSpine classification. The systematic review was carried out according to the recommendations of PRISMA. The search in PubMed, MEDLINE and Cochrane Library databases revealed 491 articles on relevant issues. Once the inclusion and exclusion criteria have been met, 7 original articles from peer-reviewed scientific journals for the last 10 years were selected for a systematic review, 6 of which were included in the meta-analysis. In all articles, the authors identified two groups of patients: with and without damage to the PLC. The PLC

damages were confirmed by MRI and intraoperatively. Radiographic and CT spondylometric parameters were identified, which had statistically significant differences between the groups. To determine predictors of PLC damage, the values of these parameters were subjected to regression analysis. This was followed by a meta-analysis of random and fixed effects models depending on the homogeneity of the data. Statistical heterogeneity was assessed using the X-square test with the null hypothesis of the absence of significant differences in all studies, as well as the heterogeneity index — I^2 . For the graphical display of the results, forest plots were built. Local kyphosis angle $>25^\circ$, Cobb angle $>16^\circ$ and difference between interspinous distances >2.54 mm are CT scan predictors of PLC damage. The parameters characterizing the interspinous relationship were studied in no more than two studies, but at the same time they always had statistically significant differences between the groups with and without PLC injuries, therefore, they cannot be ignored during diagnosis. Anterior/posterior vertebral height ratio, anterior vertebral height ratio, sagittal index and suprajacent/subjacent parameters are not the predictors of PLC damage.

Key Words: spine, injury, posterior ligamentous complex, injury predictors, systematic review, meta-analysis.

Please cite this paper as: Afaunov AA, Chaikin NS, Basankin IV, Takhmazyan KK. X-ray and CT scan predictors of damage to the posterior ligamentous complex in fractures of the vertebral bodies of the thoracolumbar junction: systematic review and meta-analysis. *Hir. Pozvonoc.* 2021;18(4):55–67. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2021.4.55-67>.

Роль заднего связочного комплекса (posterior ligamentous complex – PLC) в обеспечении стабильности позвоночника не подлежит сомнению [1]. При травмах нижнегрудного и поясничного отделов позвоночника МРТ позволяет с высокой точностью визуализировать повреждения PLC. Однако в ряде клинических ситуаций при повреждениях, изначально трактуемых как тип А по классификации AOSpine, МРТ не проводят. По данным литературы [2, 3], указанные обстоятельства могут приводить к диагностическим ошибкам в 30–41 % случаев, в которых повреждения типа В остаются нераспознанными. Для оптимизации диагностического процесса и исключения тактических ошибок в лечении данной категории больных было бы полезно предсказывать повреждение PLC с помощью КТ [4].

Цель исследования – выделить по литературным данным наиболее достоверные рентгенологические и КТ-признаки повреждения PLC при переломах тел позвонков грудного поясничного переходного отдела позвоночника, изначально трактуемых как тип А по классификации AOSpine.

Методология поиска и отбора публикаций. Систематический отбор литературы выполнен согласно рекомендациям PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) [5] в базах данных PubMed, MEDLINE, Cochrane Library. Ключевые слова поиска: «posterior

ligamentous complex injury», «prediction of posterior ligamentous complex injury», «correlation of posterior ligamentous complex injury», «assessment of posterior ligamentous complex injury». Также поиск проводили по библиографическим ссылкам и разделу similar article ключевых статей.

Критерии включения публикаций в обзор:

- даты публикации с 2010 по 2021г.;
- повреждения тел позвонков грудного поясничного переходного отдела позвоночника (Th_{11} – L_2), трактуемые как тип А по классификации AOSpine;
- сравнительные исследования;
- наличие рентгенографии или КТ травмированных позвоночно-двигательных сегментов (ПДС) с данными спондилометрических измерений;
- наличие описания МРТ или интраоперационной диагностики для контрольной оценки целостности PLC.

Критерии исключения: многоуровневая травма позвоночника; патологические переломы позвонков.

На первом этапе отбора после введения поисковых запросов в базах данных обнаружили 491 статью. Далее были удалены дублирующие исследования, в результате осталось 435 статей. На втором этапе проведен анализ аннотаций и после применения вышеуказанных критериев включения и исключения удалены 422 статьи. На третьем этапе изучены полнотекстовые варианты публикаций, после чего исключены еще 6 статей, не соответствующие критериям включения – исключения. В итоге в обзор отобрано

7 оригинальных статей из рецензируемых научных журналов за последние 10 лет.

Анализ отобранных статей.

Все 7 статей [6–12] по дизайну являлись ретроспективными исследованиями. Количество наблюдений в них варьировало от 40 до 314. Всем пациентам была выполнена лучевая диагностика с целью определения локализации и характера травмы: в четырех исследованиях это была КТ, в одном – обзорная рентгенография, в двух – рентгенография и КТ. Все случаи переломов позвонков после лучевой диагностики были включены в исследования и классифицировались как повреждения типа А. После этого в шести исследованиях с целью определения целостности PLC выполняли МРТ, в одном диагноз разрыва PLC устанавливали интраоперационно. По данным МРТ оценивали целостность заднего связочного комплекса по методике Naba et al. [13]. МРТ во всех исследованиях проводили в режимах T1- и T2-взвешенных изображений, а также в режиме STIR. После МРТ (или после операции) у некоторых пациентов выявлялись разрывы PLC. Эти повреждения были переклассифицированы в тип В и составили группу 1 (с разрывом PLC). Оставшиеся пациенты, у которых на МРТ или на операции не выявлены повреждения PLC, составили группу 2 (с интактным PLC).

Формирование базы данных. Данные, извлеченные из отобранных статей, были занесены в программу

Таблица 1

Общая характеристика публикаций, включенных в обзор

Авторы	Год	Дизайн исследования	Пациенты, n	Возраст пациентов, лет	Диагностика	Что оценивали	Интактная PLC, n	Разрыв PLC, n
Jiang et al. [6]	2018	Ретроспективный	60	50,73 ± 12,76	КТ и МРТ	SSL, ISL, LF, FL	33	27
Rajasekaran et al. [7]	2016	Ретроспективный	60	40,0 (15–66)	R, КТ и МРТ	SSL, ISL, LF, FL	35	25
Chen et al. [8]	2016	Ретроспективный	105	40,70 ± 11,94	R и МРТ	ISL и SSL	44	61
Hiyama et al. [9]	2014	Ретроспективный	40	47,7 ± 15,8	КТ и МРТ	ISL и SSL	15	25
Mi et al. [10]	2017	Ретроспективный	84	47,4	КТ и МРТ	SSL, ISL, LF	48	36
Radcliff et al. [11]	2012	Ретроспективный	46	43,5	КТ и МРТ	SSL, ISL, LF	30	16
Hartmann et al. [12]	2019	Ретроспективный	314	51,8 (20–88)	R и КТ, операция	PLC интраоперационно	225	89

Microsoft Excel (Office 2019 for Mac) в виде таблицы, в которой информация заполнялась по ячейкам: автор и год исследования, дизайн исследования, число пациентов, локализация перелома, виды диагностических исследований (рентген, КТ и МРТ), какие связки заднего связочного комплекса оценивали на МРТ: supraspinous ligament – SSL (надостистая связка), interspinous ligament – ISL (межостистая связка), ligamentum flavum – LF (желтая связка), facet ligament – FL (капсула сустава). Повреждение любой из указанных структур считали повреждением PLC. По материалам каждой из отобранных публикаций выделили две группы повреждений: 1 – с разрывом PLC, 2 – с интактным PLC. В каждой группе представлены данные о количестве наблюдений, методах диагностики, а также значения оцениваемых спондилометрических параметров.

Общая характеристика включенных в обзор публикаций по количеству наблюдений, дизайну исследования, методам диагностики представлена в табл. 1.

КТ-предикторы повреждения PLC. Для обеих групп провели расчет и сравнение спондилометрических параметров травмированных ПДС и выявили статистическую значимость различий между ними. Анали-

зировали только те параметры, которые у разных авторов были измерены по одинаковой методике. Кроме того, для удобства изложения параметрам, которые измерены одинаково в разных исследованиях, но имели разное обозначение, дана одна аббревиатура, как в исследовании Jiang et al. [6], в котором отражено максимальное количество параметров. Обозначения спондилометрических и КТ-параметров, которые представлены в каждой публикации, и методика их измерения представлены в табл. 2, 3, а также на рис. 1, 2.

Анализ отобранных публикаций показал, что во всех исследованиях авторы сначала определяли, какие параметры статистически значимо отличаются в группах 1 и 2. Для этого использовали параметрические и непараметрические методы определения значимости различий между группами в зависимости от типа распределения. Затем для выявления предикторов повреждения PLC использовали методы регрессионного анализа. Чтобы определить величину каждого параметра, при которой его можно будет считать предиктором повреждения PLC, вычисляли относительный риск.

Значения параметров, которые имели статистически значимые различия между группами, а также диа-

пазоны, при которых эти параметры могут считаться предикторами разрыва PLC, для каждого исследования приведены в табл. 4, 5.

Таким образом, из статистически значимых параметров наиболее часто встречается LK – в четырех исследованиях, CA – в трех, над- и межостистые расстояния (SSD, ISD) и их отношения в различных вариациях (ISD ratio, ISDM, ISDM2, SSD (suprajacent/subjacent) – в трех. Параметры AED, GA, GL, AEIEA, BFOFV, CC были изучены не более чем в двух исследованиях, но при этом всегда имели статистически значимые различия между группами с повреждением и без повреждений PLC.

Стоит отметить, что после использования регрессионных методов некоторые параметры, имеющие статистически значимые различия между группами, не являлись предикторами повреждения PLC, и наоборот.

Метаанализ. При проведении метаанализа мы руководствовались методическими рекомендациями, утвержденными приказом Центра экспертизы и контроля качества медицинской помощи Министерства здравоохранения Российской Федерации от 29.12.2017 г. № 181-од. Использовали сертифицированное программное обеспечение Review Manager 5.4

Таблица 2

Спондилометрические параметры, вошедшие в литературный обзор

Спондилометрические параметры, единицы измерения	Методика измерения
AVH, PVH, мм — Anterior (posterior) vertebral body height	Передняя (AVH) и задняя (PVH) высота тела поврежденного позвонка (рис. 1)
UAVH, LAVH, мм — Anterior vertebral body height of the upper (lower) adjacent vertebra	Передняя высота тела позвонка, краниального (UAVH) и каудального (LAVH) по отношению к перелому (рис. 1)
A/P ratio, % — Anterior/posterior vertebral height ratio	Отношение передней высоты тела поврежденного позвонка к задней: $A/P \text{ ratio} = AVH/PVH$ (рис. 1)
AVH ratio, % — Anterior vertebral height ratio	Отношение передней высоты тела поврежденного позвонка к средней сумме передней высоты тел краниального и каудального позвонков: $AVH \text{ ratio} = AVH/(UAVH + LAVH)/2$ (рис. 1)
LK, град. — Local kyphosis angle	Локальный кифотический угол (рис. 2)
RA, град. — Region angle	Регионарный кифотический угол (рис. 2)
GA, град. — Gardner angle	Угол Gardner (рис. 2)
SI, град. — Sagittal index	Сагиттальный (Gardner) индекс:
GI, град. — Gardner index	$SI (GI) = RA (GA)$ — нормальный кифотический контур, который равен $5^\circ, 0^\circ, -10^\circ$ для грудного, грудопоясничного и поясничного отделов позвоночника соответственно [14]
CA, град. — Cobb angle	Угол Cobb (рис. 2)
ISD, UI SD, LISD (мм) — Interspinous distance	Межостистые расстояния (рис. 1)
ISD ratio (%), ISDM (мм), ISDM2, мм	Межостистые отношения: $ISD \text{ ratio} = ISD/UI SD + LISD$; $ISDM = ISD - (UI SD + LISD)/2$; $ISDM2 = ISD - LISD$ (рис. 1)
ILD, SSD, ISD (suprajacent/subjacent), %	$ILD \text{ (suprajacent/subjacent)} = ILD/ILD^1$ $SSD \text{ (suprajacent/subjacent)} = SSD/SSD^1$ $ISD \text{ (suprajacent/subjacent)} = ISD/ISD^1$ (рис. 2)
ISA, UISA, LISA, град. — Interspinous angle	Межостистые углы, образованные ISD, UI SD, LISD (рис. 1)
AEIEA, град. — Anterior edge-inferior endplate angle	Угол между нижней и передней замыкательными пластинами сломанного позвонка [8]
AED, мм — anterior edge displacement	Смещение позвонка в сагиттальной плоскости [8]
BFOFV, % — bony fragment in front of the fractured vertebra	Наличие костного фрагмента под передней продольной связкой [8]
STR, % — sagittal transverse ratio	Отношение переднезаднего диаметра позвоночного канала к медиально-латеральному диаметру на уровне повреждения [11]
CC — canal compromise	Величина травматического стеноза позвоночного канала [10]

Таблица 3

Перечень исследуемых спондилометрических параметров в публикациях, вошедших в систематический обзор

Автор	Исследуемые параметры
Jiang et al. [6]	AVH, UAVH, LAVH, PVH, A/P ratio, AVH ratio, LK, RA, SI, GA, GI, CA, ISD, UI SD, LISD, ISD ratio, ISDM, ISA, UISA, LISA
Rajasekaran et al. [7]	LK, CA, AVH ratio, PVH ratio, ISDM2
Chen et al. [8]	AEIEA, AED, CA, SI, LK, A/P ratio, AVH ratio, BFOFV
Hiyama et al. [9]	CA, LK, AVH ratio, AED, STR, ILD и SSD и ISD (suprajacent/subjacent)
Mi et al. [10]	CC, AVH ratio, PVH ratio, LK, CA
Radcliff et al. [11]	LK, SI, A/P ratio, AED, STR, ISD
Hartmann et al. [12]	LK, CA, A/P ratio, SSD (suprajacent/subjacent)

(RevMan), разработанное Кокрановским сотрудничеством.

Из 7 публикаций, включенных в систематический обзор, в метаанализ вошли 6. Исследование Radcliff et al. [11] не вошло в количественный анализ по причине отсутствия всех необходимых для этого данных. После этого оценивали методологическое качество каждого исследования по русскоязычной версии шкалы Ньюкасл – Оттава [15]. На следующем этапе выполнили оценку статистической гетерогенности результатов исследований, включенных в метаанализ, с помощью критерия Хи-квадрат (χ^2) с нулевой гипотезой об отсутствии

Таблица 4

Значения спондилометрических параметров при поврежденном и неповрежденном PLC

Автор	Статистически значимый параметр	Группы		p value
		интактная PLC	разрыв PLC	
Jiang et al. [6]	GA, град.	11,98 ± 6,03	16,66 ± 6,02	0,004
	GI, град.	16,83 ± 5,64	20,18 ± 6,53	0,037
	ISD, мм	28,91 ± 3,50	30,81 ± 3,26	0,035
	ISD ratio, %	49,30 ± 3,72	51,96 ± 4,70	0,017
	ISDM, мм	-0,44 ± 2,18	1,11 ± 2,67	0,016
Rajasekaran et al. [7]	CA, град.	18,44 ± 7,03	22,96 ± 7,18	0,019
	ISDM2, мм	1,62 ± 1,16	3,10 ± 2,24	0,005
Chen et al. [8]	AEIEA, град.	76,65 ± 5,58	71,56 ± 6,79	0,049
	AEIEA < 70°, n (%)	9,00 (8,60)	26,00 (24,80)	0,017
	AED, мм	9,34 ± 3,36	9,89 ± 3,12	0,034
	LK, град.	15,55 ± 5,28	23,8 ± 5,88	0,021
	LK > 25°, n (%)	8,00 (7,60)	23,00 (21,90)	0,030
	BFOFV, %	18,10 (19,00)	40,00 (42,00)	0,009
Hiyama et al. [9]	CA, град.	12,60 ± 6,20	18,40 ± 8,00	0,027
	LK, град.	13,20 ± 5,00	17,90 ± 7,60	0,024
	LK > 20°, n (%)	1,00 (7,00)	14,00 (56,00)	0,002
	LK > 15°, n (%)	6,00 (4,00)	18,00 (72,00)	0,048
	SSD (suprajacent/subjacent), %	88,0 ± 24,3	118,80 ± 53,40	0,015
Mi et al. [10]	CC	0,11 ± 0,08	0,28 ± 0,15	<0,001
	LK, град.	9,30 ± 5,17	18,93 ± 5,37	<0,001
Radcliff et al. [11]	AED > 3,5 мм	Нет данных	Нет данных	0,029
Hartmann et al. [12]	LK, град.	11,10 ± 6,00	18,00 ± 7,40	<0,05
	CA	10,38 ± 7,81	16,85 ± 5,99	<0,05
	A/P ratio	0,73 ± 0,14	0,63 ± 0,24	<0,05



Рис. 1

Схема измерения высоты тел поврежденного и смежных позвонков, межостистых расстояний и межостистых углов

значимых различий во всех исследованиях. Пороговым значением критерия χ^2 для оценки статистической значимости принимали 0,10. Таким образом, $p < 0,10$ указывает на наличие статистически значимой гетерогенности, а при $p \geq 0,10$ статистически значимая гетерогенность отсутствует.

Также для результатов исследований рассчитывали индекс гетерогенности – I^2 . Интерпретацию оценки статистической гетерогенности проводили на основании руководства Кокрановского сотрудничества [16]:

- 0–40 % – незначительная гетерогенность;
- 30–60 % – умеренная гетерогенность;
- 50–90 % – значительная гетерогенность;
- 75–100 % – высокая гетерогенность.

Из всех оцениваемых показателей высокий индекс гетерогенности был выявлен в отношении LK ($I^2 = 84\%$), CA ($I^2 = 75\%$) и A/P ratio ($I^2 = 76\%$), в связи с чем для данных показателей

при проведении метаанализа была выбрана модель случайных эффектов. В случае если $p \geq 0,10$ в тесте χ^2 , но индекс гетерогенности $I^2 > 40\%$, при выборе математической модели

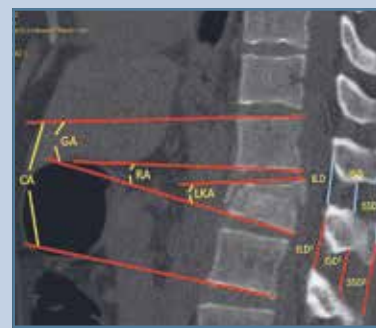


Рис. 2

Схема измерений CA, GA, RA, LKA и межостистых отношений

метаанализа, в первую очередь, принимали во внимание результаты оценки статистической гетерогенности согласно тесту χ^2 .

На пятом этапе проводили метаанализ по исходам, основанным на непрерывных данных, с использованием информации о средних значениях, их среднеквадратическом отклонении в двух группах сравнения (1-я – разрыв PLC и 2-я – интактная PLC) и общем количестве пациентов в соответствующих группах сравнения во всех включенных в метаанализ исследованиях. В качестве обобщенной меры исхода использовали разность средних. Так как в метаанализ было включено менее 10 исследований, оценку публикационного смещения не проводили.

В метаанализ включили параметры, которые встречались больше чем в одном исследовании, даже если они не имели статистически значимых различий между группами в каждом из исследований. Значения параметров, которые включены в метаанализ, представлены в табл. 6.

Результаты метаанализа приведены ниже. Значение статистической гетерогенности результатов и анализ объединенных данных представлены в табл. 7.

Для графического отображения результатов были построены форест-графики (рис. 3–8).

Таким образом, метаанализ объединенных данных показал, что статистическую значимость различий между двумя группами показали 3 параметра: LK, CA, ISDM2.

Данные, необходимые для определения RR (относительный риск), были извлечены только для параметра LK из четырех исследований: Jiang et al. [6], Chen et al. [8], Hiyama et al. [9], Mi et al. [10]. Границей параметра выбран угол $LK > 25^\circ$ как наиболее убедительный. Данные для $LK > 25^\circ$ представлены в двух исследованиях [6, 8]. В исследовании Mi et al. [10] данные, необходимые для расчета RR, представлены для $LK > 15^\circ$, в Hiyama et al. [9] – для $LK > 20^\circ$. Эти данные вклю-

Таблица 5

Спондилометрические параметры, являющиеся предикторами повреждений PLC (по данным публикаций)

Авторы	Предикторы разрыва PLC
Jiang et al. [6]	SI > 20°, GI > 24°, LK > 26°, ISD ratio > 56 %
Rajasekaran et al. [7]	CA > 20°, ISDM2 > 2 мм
Chen et al. [8]	AEIEA < 70°, BFOFV, LK > 25°
Hiyama et al. [9]	LK > 20°
Mi et al. [10]	CC > 0,19, LK > 14°
Radcliff et al. [11]	AED > 3,5 мм
Hartmann et al. [12]	CA + LK > 29°, CA ² > 170°, LK/SI > 25°

Таблица 6

Спондилометрические параметры по данным статей, включенных в метаанализ

Параметры	Исследуемые группы		p value
	интактная PLC	разрыв PLC	
A/P ratio, %			
Jiang et al. [6]	58,37 ± 12,12	59,00 ± 9,62	0,829
Chen et al. [8]	57,53 ± 10,07	55,17 ± 10,68	0,255
Hartmann et al. [12]	73,00 ± 14,00	63,00 ± 24,00	0,050
AVH ratio, %			
Jiang et al. [6]	62,50 ± 13,03	65,73 ± 9,00	0,263
Hiyama et al. [9]	70,00 ± 14,00	63,10 ± 16,50	0,096
Mi et al. [10]	74,00 ± 13,00	71,00 ± 16,00	0,465
Rajasekaran et al. [7]	38,60 ± 13,70	40,73 ± 13,96	0,559
Chen et al. [8]	59,82 ± 91,36	56,27 ± 11,34	0,090
SI, град.			
Jiang et al. [6]	12,84 ± 4,58	14,02 ± 6,92	0,433
Chen et al. [8]	16,77 ± 6,65	17,64 ± 6,31	0,497
LK, град.			
Jiang et al. [6]	21,36 ± 6,70	20,66 ± 6,24	0,678
Hiyama et al. [9]	13,20 ± 5,00	17,90 ± 7,60	0,024
Mi et al. [10]	9,30 ± 5,17	18,93 ± 5,37	0,001
Rajasekaran et al. [7]	14,76 ± 7,64	18,38 ± 7,43	0,071
Chen et al. [8]	15,55 ± 5,28	23,98 ± 5,88	0,021
Hartmann et al. [12]	11,10 ± 6,00	18,00 ± 7,40	0,050
CA, град.			
Jiang et al. [6]	10,81 ± 7,05	12,54 ± 7,54	0,362
Hiyama et al. [9]	12,60 ± 6,20	18,40 ± 8,00	0,027
Mi et al. [10]	11,20 ± 5,61	12,53 ± 8,26	0,384
Rajasekaran et al. [7]	18,44 ± 7,03	22,96 ± 7,18	0,019
Chen et al. [8]	15,26 ± 6,59	15,73 ± 8,05	0,751
Hartmann et al. [12]	10,38 ± 7,81	16,85 ± 5,99	0,050
ISDM2, мм			
Jiang et al. [6]	-2,67 ± 0,20	-0,56 ± 0,54	Перерасчет
Rajasekaran et al. [7]	1,62 ± 1,16	3,10 ± 2,24	0,005

чены в анализ, так как если в данной выборке случился разрыв PLC

при $LK > 15^\circ$ и $LK > 20^\circ$, очевидно, и при $LK > 25^\circ$ он имел бы место.

Таблица 7

Результаты метаанализа для спондилометрических параметров

Параметры	Исследования, n	Гетерогенность	Разность средних	95 % ДИ	p
AVH ratio	5	Незначительная χ^2 с p = 0,34, I^2 = 12 %	0,09	[-3,27; 3,45]	0,96000
A/P ratio	3	Высокая χ^2 с p = 0,02, I^2 = 76 %	3,87	[-1,88; 9,62]	0,19000
Cobb angle	6	Значительная χ^2 с p = 0,0001, I^2 = 75 %	-3,41	[-5,86; -0,96]	0,00600
ISDM2	2	Умеренная χ^2 с p = 0,21, I^2 = 37 %	-2,08	[-2,29; -1,87]	<0,00001
LK	6	Высокая χ^2 с p < 0,00001, I^2 = 84 %	-5,67	[-8,39; -2,96]	<0,00010
SI	2	Незначительная χ^2 с p = 0,88, I^2 = 0 %	-1,00	[-2,94; 0,95]	0,31000

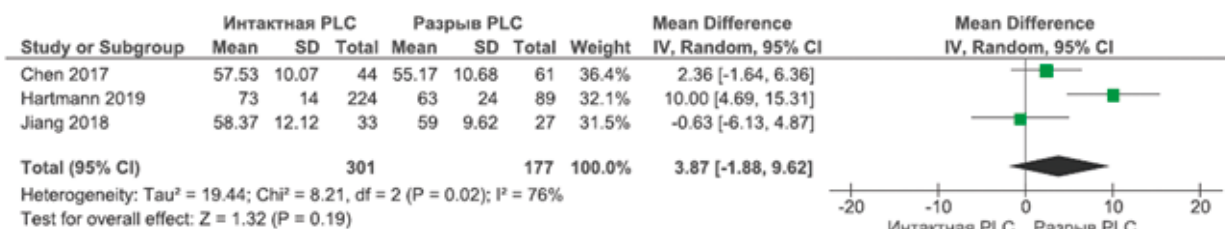


Рис. 3

Форест-график A/P ratio

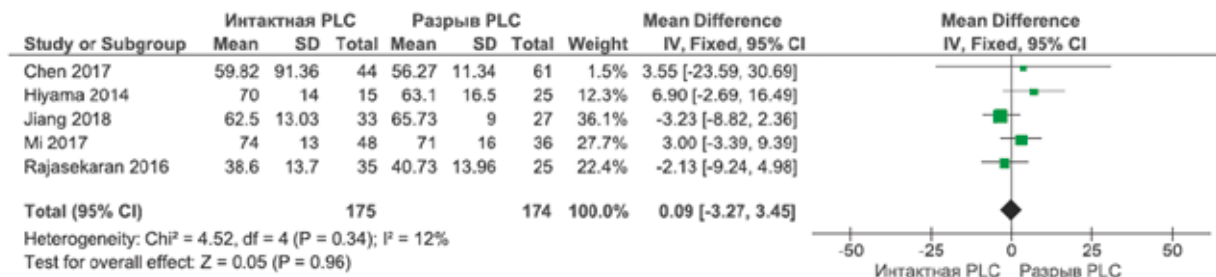


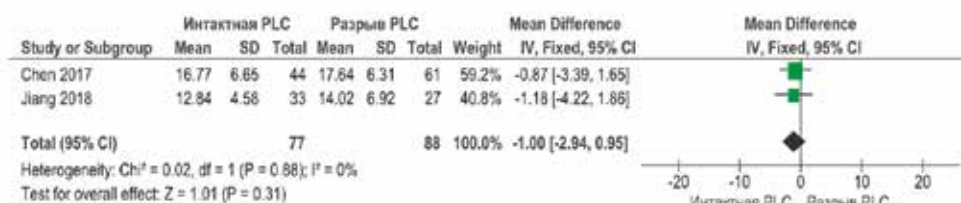
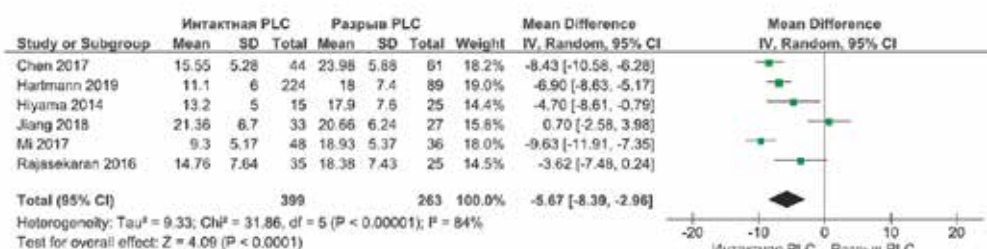
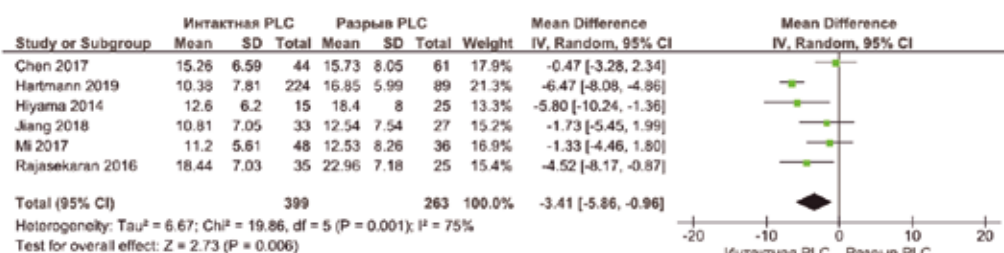
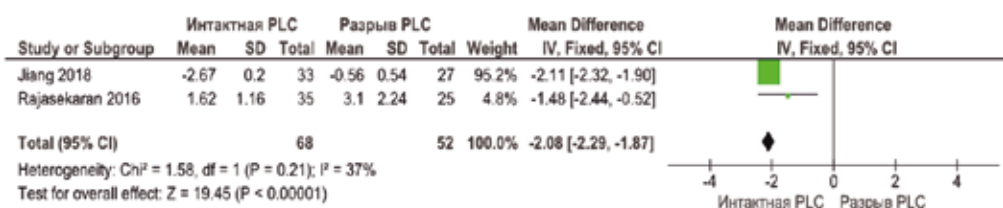
Рис. 4

Форест-график AVH ratio

Объединенные данные позволяют утверждать, что при значениях LK > 25° относительный риск неблагоприятного исхода составляет RR = 1,40 (95 %), доверительный интервал (ДИ)

[1,11; 1,78]. Соответственно можно утверждать, что значение LK более 25° является статистически значимым (p = 0,006) предиктором неблагоприятного исхода (разрыва PLC).

Оценка статистической гетерогенности результатов исследований показала умеренную гетерогенность: χ^2 с p = 0,15, I^2 = 43 % (рис. 9).

Рис. 5
Форест-график SIРис. 6
Форест-график LKРис. 7
Форест-график САРис. 8
Форест-график ISDM2

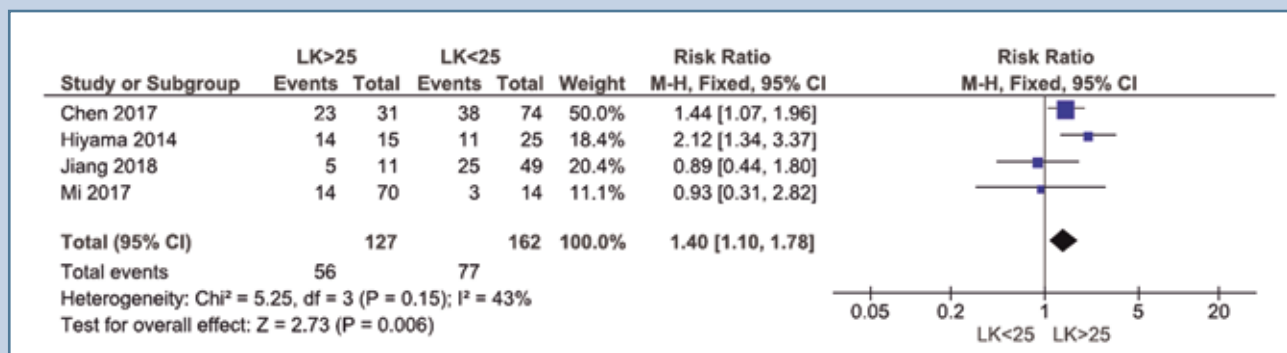


Рис. 9

Форест-график относительного риска LK > 25°

Для двух других параметров, которые имели статистическую значимость различий между двумя группами, данных для определения RR, в публикациях не было. Для них определены средние значения для всех исследований, которые составили для групп с интактной PLC и с разрывом PLC соответственно: CA – 13,1 и 16,5°, ISDM2 – 0,52 и 2,54 мм.

Обсуждение

Выбор метода хирургического лечения переломов позвонков нижнегрудного и поясничного отделов позвоночника зачастую определяется оценкой стабильности повреждения [17, 18]. При этом роль PLC в обеспечении стабильности не подлежит сомнению [1]. PLC, который защищает позвоночник от чрезмерной трансляции, ротации, сгибания и разгибания, состоит из FC, ISL, SSL и LF [19, 20]. Некоторые биомеханические исследования показали, что основной структурой PLC, поддерживающей стабильность в ПДС, является надостистая связка [21, 22].

Классификация Magerl et al. [23], предложенная в 1994 г., основывалась на нескольких базовых критериях, включающих целостность PLC. В 2005 г. Vaccaro et al. [24–26] предложили классификацию TLICS, которая впервые подчеркнула ключевую роль PLC с точки зрения планирования

хирургического лечения. Последняя классификация AOSpine для переломов грудного отдела позвоночника также включила повреждение PLC в ключевой критерий повреждений типа B [27]. В публикации Smith et al. [28] отмечено, что повреждение PLC не только делает травму нестабильной, но и влияет на выбор метода хирургического вмешательства. В исследовании Dahdaleh et al. [29] сделан вывод, что переломы, ассоциированные с травмой PLC, являются безусловным показанием к хирургической стабилизации травмированных ПДС.

STSG (Spine Trauma Study Group – исследовательская группа травмы позвоночника) пришла к выводу, что морфология перелома, функция спинного мозга и целостность PLC являются наиболее важными критериями определения тактики хирургического лечения. Были представлены различные варианты повреждений, при которых разрывы PLC являлись показанием к изолированной дорсальной стабилизации, либо в комбинации с вентральным корпородезом травмированных ПДС [30].

Пациенты с компрессионными переломами позвонков нижнегрудного и поясничного отделов и недиагностированным повреждением PLC, оперированные из вентральных доступов, имеют риск дестабилизации металлоконструкции и кифотической деформации с необходимостью последую-

щей задней фиксации [31]. Chen et al. [32] сообщают, что повреждение PLC является критерием показаний к задней фиксации после переднебоковой декомпрессии и вентральной стабилизации, поэтому в практической деятельности необходима оценка повреждения PLC для определения тактики хирургического лечения. Методы обследования PLC варьируют от физического до МРТ [33].

Пальпация межостистого промежутка имеет низкую чувствительность [34]. Лучевые методы исследования имеют решающее значение для выявления переломов и оценки тяжести травмы. Обзорная рентгенография является более удобным и экономически выгодным методом диагностики повреждений по сравнению с КТ, дает косвенные доказательства повреждения PLC, но ценность в предсказании повреждения PLC еще не достигла консенсуса [35, 36]. В исследовании Petersilge et al. [36] не было обнаружено значимой корреляции между рентгенологическим видом переломов и травмой PLC. КТ является более точным методом диагностики при травме позвоночника и в настоящее время считается золотым стандартом [37]. Некоторые исследования показали, что до 2/3 переломов, выявленных на КТ, были пропущены при рентгенографии [38].

Однако ценность КТ для диагностики разрыва PLC спорна. Иссле-

дование Barcelos et al. [39] показало, что КТ является надежной для оценки повреждения PLC при переломах грудного отдела позвоночника. Vassaro et al. [40] показали, что разногласия по поводу целостности PLC при КТ возникают чаще среди неврологически интактных пациентов, у которых повреждения PLC, по данным Hitchon et al. [41], составляют около 18 %.

Результаты проведенного в 2019 г. многоцентрового исследования с участием семи центров из Африки, Европы, Азии и Южной Америки показали, что КТ-параметры повреждений, ранее считавшиеся предикторами повреждений PLC, имеют значительную вариабельность, поэтому авторы предлагают выполнять МРТ во всех сомнительных случаях [42].

Leferink et al. [2] ретроспективно проанализировали 160 пациентов с 49 переломами типа В, которые были диагностированы до операции с помощью КТ. Интраоперационно авторы обнаружили, что примерно 30 % переломов типа В были неправильно диагностированы. Schnake et al. [3] отметили, что 41,9 % из 93 случаев травм типа В в группе из 361 пациента не были распознаны.

В исследовании Schweitzer et al. [43] члены STSG пришли к выводу, что диастаз в фасеточном суставе на КТ был наиболее достоверным показателем нарушения PLC (каппа = 0,395). Ganjeifat et al. [44] при травме PLC показали достоверную связь с диастазом фасеточных суставов, а также с увеличением межостистого расстояния и переломом остистого отростка.

Khurama et al. [45] определили, что трансляция тела позвонка, перелом ножки или дуги, расширение межостистого расстояния и перелом остистого отростка, как правило, связаны с повреждением PLC. Причем наличие двух или более из этих четырех параметров КТ с гораздо большей вероятностью указывало на повреждение PLC. Однако вышеуказанные КТ-признаки (смещение, перелом корня дуги позвонка, перелом остистого отростка, диастаз в фасеточном

суставе и выраженное увеличение межостистого промежутка) являются скорее явными и наиболее вероятными КТ-признаками повреждения PLC, при которых выполнение МРТ необязательно, особенно у неврологически интактных больных. При переломах типа А по классификации AOSpine, когда повреждены только передняя и средняя колонны ПДС, таких признаков может не быть, что не исключает повреждения PLC. Выполнение МРТ, особенно в режиме жироподавления, в таких случаях может быть полезным [13, 33, 34, 46–50].

Vassaro et al. [40], Rihn et al. [51] провели проспективное исследование для определения точности МРТ в диагностике повреждения PLC у пациентов с переломами нижнегрудного и поясничного отделов позвоночника и сравнили эти результаты с интраоперационными данными. В исследовании Vassaro et al. чувствительность к повреждению различных компонентов PLC колебалась от 79 до 90 %, а специфичность – от 53 до 65 %. В исследовании Rihn et al. чувствительность МРТ для различных элементов PLC колебалась от 80,4 до 100,0 %, специфичность – от 57,9 до 80,5 %. То есть МРТ имеет относительно низкую специфичность, что может привести к гипердиагностике повреждений PLC. Аналогичные данные получены в исследовании Mehta et al. [52]. Чувствительность и специфичность МРТ для диагностики повреждения PLC были ниже, чем те, о которых ранее сообщалось в литературе. Авторы пришли к выводу, что МРТ не должна использоваться изолированно для определения тактики лечения. Необходимо учитывать, что у пациентов могут быть противопоказания к МРТ (кардиостимуляторы или другие несовместимые имплантаты). Пациенты с политравмой могут быть недостаточно гемодинамически стабильны во время обследования, могут требовать интубации и мониторинга с помощью устройств, не совместимых с МРТ [53, 54].

Еще одним диагностическим инструментом для выявления повреж-

дений PLC у пациентов с переломами грудного отдела позвоночника является ультразвуковая диагностика [55]. Метаанализ, посвященный ультразвуковой диагностике повреждения PLC, показал, что ультразвук обладает высокой точностью. Исходя из этого, УЗИ можно рассматривать как полезную альтернативу МРТ, когда последняя недоступна или противопоказана или когда ее результаты неубедительны [56].

Schroeder et al. [57] провели анализ надежности и воспринимаемой важности травмы PLC при переломах типа А среди 529 хирургов-вертебрологов по всему миру. Результаты этого исследования показали, что существует незначительная надежность в определении целостности PLC при переломах типа А (каппа = 0,11). Хотя биомеханическая важность PLC не вызывала сомнений, неспособность надежно определить целостность PLC может ограничить полезность модификатора М1 в классификации AOSpine.

Заключение

Локальный кифотический угол более 25°, угол Cobb более 16° и разница межостистых расстояний более 2,54 мм являются КТ-предикторами повреждения PLC. Параметры, характеризующие межостистые отношения (ISD, ISD ratio, ISDM, AED, GA, GI, AEIEA, BFOFV, CC), изучены не более чем в двух исследованиях, но при этом всегда имели статистически значимые отличия между группами с повреждениями и без повреждений PLC, поэтому их нельзя оставлять без внимания при диагностике. Параметры Anterior/posterior vertebral height ratio (A/P ratio), Anterior vertebral height ratio (AVH ratio), Sagittal index (SI), и suprajacent/subjacent (SSD) не являются предикторами повреждения PLC.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

- Izzo R, Guarnieri G, Guglielmi G, Muto M. Biomechanics of the spine. Part I: spinal stability. *Eur J Radiol.* 2013;82:118–126. DOI: 10.1016/j.ejrad.2012.07.024.
- Leferink VJ, Veldhuis EF, Zimmerman KW, ten Vergert EM, ten Duis HJ. Classification problems in ligamentary distraction type vertebral fractures: 30 % of all B-type fractures are initially unrecognised. *Eur Spine J.* 2002;11:246–250. DOI: 10.1007/s00586-001-0366-6.
- Schnake KJ, von Scotti F, Haas NP, Kandziora F. [Type B injuries of the thoracolumbar spine: misinterpretations of the integrity of the posterior ligament complex using radiologic diagnostics]. *Unfallchirurg.* 2008;111:977–984. In German. DOI: 10.1007/s00113-008-1503-z.
- Tomycz ND, Chew BG, Chang YF, Darby JM, Gunn SR, Nicholas DH, Ochoa JB, Peitzman AB, Schwartz E, Pape HC, Spiro RM, Okonkwo DO. MRI is unnecessary to clear the cervical spine in obtunded/comatose trauma patients: the four-year experience of a level I trauma center. *J Trauma* 2008;64:1258–1263. DOI: 10.1097/TA.0b013e318166d2bd.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med.* 2009;6:e1000097. DOI: 10.1371/journal.pmed.1000097.
- Jiang L, Zhang H, Chen H, Wu Q. Kyphotic angle of the motion segment most accurately predicts injury to the ligamentous complex on computed tomography scan of thoracolumbar fractures. *World Neurosurg.* 2018;118:e405–e413. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.06.202.
- Rajasekaran S, Maheswaran A, Aiyer SN, Kanna R, Dumpa SR, Shetty AP. Prediction of posterior ligamentous complex injury in thoracolumbar fractures using non-MRI imaging techniques. *Int Orthop.* 2016;40:1075–1081. DOI: 10.1007/s00264-016-3151-1.
- Chen JX, Goswami A, Xu DL, Xuan J, Jin HM, Xu HM, Zhou F, Wang YL, Wang XY. The radiologic assessment of posterior ligamentous complex injury in patients with thoracolumbar fracture. *Eur Spine J.* 2017;26:1454–1462. DOI: 10.1007/s00586-016-4687-x.
- Hiyama A, Watanabe M, Katoh H, Sato M, Nagai T, Mochida J. Relationships between posterior ligamentous complex injury and radiographic parameters in patients with thoracolumbar burst fractures. *Injury.* 2015;46:392–398. DOI: 10.1016/j.injury.2014.10.047.
- Mi J, Sun XJ, Zhang K, Zhao CQ, Zhao J. Prediction of MRI findings including disc injury and posterior ligamentous complex injury in neurologically intact thoracolumbar burst fractures by the parameters of vertebral body damage on CT scan. *Injury.* 2018;49:272–278. DOI: 10.1016/j.injury.2017.12.011.
- Radcliff K, Su BW, Kepler CK, Rubin T, Shimer AL, Rihn JA, Harrop JA, Albert TJ, Vaccaro AR. Correlation of posterior ligamentous complex injury and neurological injury to loss of vertebral body height, kyphosis, and canal compromise. *Spine.* 2012;37:1142–1150. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318240fcd3.
- Hartmann F, Nusselt T, Mattyasovszky S, Maier G, Rommens PM, Gercek E. Misdiagnosis of thoracolumbar posterior ligamentous complex injuries and use of radiographic parameter correlations to improve detection accuracy. *Asian Spine J.* 2019;13:29–34. DOI: 10.3161/asj.2017.0333.
- Haba H, Taneichi H, Kotani Y, Terae S, Abe S, Yoshikawa H, Abumi K, Minami A, Kaneda K. Diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging for detecting posterior ligamentous complex injury associated with thoracic and lumbar fractures. *J Neurosurg.* 2003;99(1 Suppl):20–26. DOI: 10.3171/spi.2003.99.1.0020.
- Farcy JP, Weidenbaum M, Glassman SD. Sagittal index in management of thoracolumbar burst fractures. *Spine.* 1990;15:958–965. DOI: 10.1097/00007632-199009000-00022.
- Реброва О.Ю., Федяева В.К. Вопросник для оценки риска систематических ошибок в нерандомизированных сравнительных исследованиях: русскоязычная версия шкалы Ньюкасл-Оттава // Медицинские технологии. Оценка и выбор. 2016. Т. 25. № 3. С. 14–19. [The questionnaire to assess the risk of systematic bias in non-randomized comparative studies: the Russian-language version of the Newcastle-Ottawa scale. *Medical Technologies. Assessment and Choice.* 2016;25(3):14–19. In Russian].
- Cochrane handbook [Electronic resource]. URL: <http://handbook.cochrane.org>.
- Alvine GF, Swain JM, Asher MA, Burton DC. Treatment of thoracolumbar burst fractures with variable screw placement or Isola instrumentation and arthrodesis: case series and literature review. *J Spinal Disord Tech.* 2004;17:251–264. DOI: 10.1097/01.bsd.0000095827.98982.88.
- Briem D, Lehmann W, Ruecker AH, Windolf J, Rueger JM, Linhart W. Factors influencing the quality of life after burst fractures of the thoracolumbar transition. *Arch Orthop Trauma Surg* 2004;124:461–468. DOI: 10.1007/s00402-004-0710-5.
- Gillespie KA, Dickey JP. Biomechanical role of lumbar spine ligaments in flexion and extension: determination using a parallel linkage robot and a porcine model. *Spine.* 2004;29:1208–1216. DOI: 10.1097/00007632-200406010-00010.
- Alapan Y, Demir C, Kaner T, Guclu R, Inceoglu S. Instantaneous center of rotation behavior of the lumbar spine with ligament failure. *J Neurosurg Spine.* 2013;18:617–626. DOI: 10.3171/2013.3.SPINE12923.
- Wu CC, Jin HM, Yan YZ, Chen J, Wang K, Wang JL, Zhang ZJ, Wu AM, Wang XY. Biomechanical role of the thoracolumbar ligaments of the posterior ligamentous complex: a finite element study. *World Neurosurg.* 2018;112:e125–e133. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.12.171.
- Li Y, Shen Z, Huang M, Wang X. Stepwise resection of the posterior ligamentous complex for stability of a thoracolumbar compression fracture: An in vitro biomechanical investigation. *Medicine (Baltimore).* 2017;96:e7873. DOI: 10.1097/MD.00000000000007873.
- Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J.* 1994;3:184–201. DOI: 10.1007/BF02221591.
- Vaccaro AR, Lehman RA Jr, Hurlbert RJ, Anderson PA, Harris M, Hedlund R, Harrop J, Dvorak M, Wood K, Fehlings MG, Fisher C, Zeiller SC, Anderson DG, Bono CM, Stock GH, Brown AK, Kuklo T, Oner FC. A new classification of thoracolumbar injuries: the importance of injury morphology, the integrity of the posterior ligamentous complex, and neurologic status. *Spine.* 2005;30:2325–2333. DOI: 10.1097/01.brs.0000182986.43345.cb.
- Patel AA, Vaccaro AR, Albert TJ, Hilibrand AS, Harrop JS, Anderson DG, Sharan A, Whang PG, Poelstra KA, Arnold P, Dimar J, Madrazo I, Hegde S. The adoption of a new classification system: time-dependent variation in interobserver reliability of the thoracolumbar injury severity score classification system. *Spine.* 2007;32:E105–E110. DOI: 10.1097/01.brs.0000254107.57551.8a.
- Raja Rampersaud Y, Fisher C, Wilsey J, Arnold P, Anand N, Bono CM, Dailley AT, Dvorak M, Fehlings MG, Harrop JS, Oner FC, Vaccaro AR. Agreement between orthopedic surgeons and neurosurgeons regarding a new algorithm for the treatment of thoracolumbar injuries: a multicenter reliability study. *J Spinal Disord Tech.* 2006;19:477–482. DOI: 10.1097/01.bsd.0000211237.14211.21.
- Schnake KJ, Schroeder GD, Vaccaro AR, Oner C. AOSpine Classification Systems (Subaxial, Thoracolumbar). *J Orthop Trauma.* 2017;31 Suppl 4:S14–S23. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000947.

28. Smith HE, Anderson DG, Vaccaro AR, Albert TJ, Hilibrand AS, Harrop JS, Ratliff JK. Anatomy, biomechanics, and classification of thoracolumbar injuries. *Seminars Spine Surg.* 2010;22:2–7. DOI: 10.1053/j.semss.2009.10.001.
29. Dahdaleh NS, Viljoen SV, Dalm BD, Howard MA, Grosland NM. Posterior ligamentous complex healing following disruption in thoracolumbar fractures. *Med Hypotheses.* 2013;81:117–118. DOI: 10.1016/j.mehy.2013.03.047.
30. Vaccaro AR, Lim MR, Hurlbert RJ, Lehman RA Jr, Harrop J, Fisher DC, Dvorak M, Anderson DG, Zeiller SC, Lee JY, Fehlings MG, Oner FC. Surgical decision making for unstable thoracolumbar spine injuries: results of a consensus panel review by the Spine Trauma Study Group. *J Spinal Disord Tech.* 2006;19:1–10. DOI: 10.1097/01.bsd.0000180080.59559.45.
31. Hitchon PW, He W, Dahdaleh NS, Moritani T. Risk factors for supplementary posterior instrumentation after anterolateral decompression and instrumentation in thoracolumbar burst fractures. *Clin Neurol Neurosurg.* 2014;126:171–176. DOI: 10.1016/j.clineuro.2014.09.005.
32. Chen J, Jia YS, Sun Q, Li JY, Zheng CY, Du J, Bai CX. Multivariate analysis of risk factors for predicting supplementary posterior instrumentation after anterolateral decompression and instrumentation in treating thoracolumbar burst fractures. *J Orthop Surg Res.* 2015;10:17. DOI: 10.1186/s13018-015-0155-2.
33. Lee JY, Vaccaro AR, Schweitzer KM Jr, Lim MR, Baron EM, Rampersaud R, Oner FC, Hurlbert RJ, Hedlund R, Fehlings MG, Arnold P, Harrop J, Bono CM, Anderson PA, Patel A, Anderson DG, Harris MB. Assessment of injury to the thoracolumbar posterior ligamentous complex in the setting of normal-appearing plain radiography. *Spine J.* 2007;7:422–427. DOI: 10.1016/j.spinee.2006.07.014.
34. Lee HM, Kim HS, Kim DJ, Suk KS, Park JO, Kim NH. Reliability of magnetic resonance imaging in detecting posterior ligament complex injury in thoracolumbar spinal fractures. *Spine.* 2000;25:2079–2084. DOI: 10.1097/00007632-200008150-00012.
35. Vaccaro AR, Lee JY, Schweitzer KM Jr, Lim MR, Baron EM, Oner FC, Hurlbert RJ, Hedlund R, Fehlings MG, Arnold P, Harrop J, Bono CM, Anderson PA, Anderson DG, Harris MB. Assessment of injury to the posterior ligamentous complex in thoracolumbar spine trauma. *Spine J.* 2006;6:524–528. DOI: 10.1016/j.spinee.2006.01.017.
36. Petersilge CA, Pathria MN, Emery SE, Masaryk TJ. Thoracolumbar burst fractures: evaluation with MR imaging. *Radiology* 1995;194:49–54. DOI: 10.1148/radiology.194.1.7997581.
37. Beckmann NM, West OC, Nunez D, Kirsch CFE, Aulino JM, Broder JS, Cassidy RC, Czuczman GJ, Demertzis JL, Johnson MM, Motamedi K, Reitman C, Shah LM, Than K, Ying-Kou Yung E, Beaman FD, Kransdorf MJ, Bykowski J. ACR appropriateness criteria ® suspected spine trauma. *J Am Coll Radiol.* 2019;16:S264–S285. DOI: 10.1016/j.jacr.2019.02.002.
38. Bailitz J, Starr F, Beecroft M, Bankoff J, Roberts R, Bokhari F, Joseph K, Wiley D, Dennis A, Gilkey S, Erickson P, Raksin P, Nagy K. CT should replace three-view radiographs as the initial screening test in patients at high, moderate, and low risk for blunt cervical spine injury: a prospective comparison. *J Trauma.* 2009;66:1605–1609. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181a5b0cc.
39. Barcelos AC, Joaquim AF, Botelho RV. Reliability of the evaluation of posterior ligamentous complex injury in thoracolumbar spine trauma with the use of computed tomography scan. *Eur Spine J.* 2016;25:1135–1143. DOI: 10.1007/s00586-016-4377-8.
40. Vaccaro AR, Rihn JA, Saravanja D, Anderson DG, Hilibrand AS, Albert TJ, Fehlings MG, Morrison W, Flanders AE, France JC, Arnold P, Anderson PA, Friel B, Malfair D, Street J, Kwon B, Paquette S, Boyd M, Dvorak MF, Fisher C. Injury of the posterior ligamentous complex of the thoracolumbar spine: a prospective evaluation of the diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging. *Spine.* 2009;34:E841–E847. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181bd11be.
41. Hitchon PW, Abode-Iyamah K, Dahdaleh NS, Shaffrey C, Noeller J, He W, Moritani T. Nonoperative management in neurologically intact thoracolumbar burst fractures: clinical and radiographic outcomes. *Spine.* 2016;41:483–499. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001253.
42. Maheswaran A, Aiyer SN, Farouk O, El-Sharkawi M, Park JB, O'Brien A, Oluwole I, Wang Y, Arruda AO, Rajasekaran S. Assessment of interobserver variability for CT scan-based evaluation of posterior ligament complex injury in thoracolumbar fractures: an international multicenter pilot study. *Global Spine J.* 2020;10:118–129. DOI: 10.1177/2192568219839414.
43. Schweitzer KM, Vaccaro AR, Harrop JS, Hurlbert J, Carrino JA, Rehtine GR, Schwartz DG, Alanay A, Sharma DK, Anderson DG, Lee JY, Arnold PM. Inter-rater reliability of identifying indicators of posterior ligamentous complex disruption when plain films are indeterminate in thoracolumbar injuries. *J Orthop Sci.* 2007;12:437–442. DOI: 10.1007/s00776-007-1155-9.
44. Ganjeifar B, Keykhosravi E, Bahadorkhan G, Mashhadinezhad H, Ehsaei MR, Samini F, Pishjoo M, Mahmoodi A, Rezaei H. Predictive value of computed tomography scan for posterior ligamentous complex injuries in patients with thoracolumbar spinal fractures. *Arch Bone Jt Surg.* 2019;7:321–324.
45. Khurana B, Prevedello LM, Bono CM, Lin E, McCormack ST, Jimale H, Harris MB, Sodickson AD. CT for thoracic and lumbar spine fractures: Can CT findings accurately predict posterior ligament complex injury? *Eur Spine J.* 2018;27:3007–3015. DOI: 10.1007/s00586-018-5712-z.
46. Pizones J, Zuniga I, Sanchez-Mariscal F, Alvarez P, Gomez-Rice A, Izquierdo E. MRI study of post-traumatic incompetence of posterior ligamentous complex: importance of the supraspinous ligament. Prospective study of 74 traumatic fractures. *Eur Spine J.* 2012;21:2222–2231. DOI: 10.1007/s00586-012-2403-z.
47. Pizones J, Sanchez-Mariscal F, Zuniga I, Alvarez P, Izquierdo E. Prospective analysis of magnetic resonance imaging accuracy in diagnosing traumatic injuries of the posterior ligamentous complex of the thoracolumbar spine. *Spine.* 2013;38:745–751. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31827934e4.
48. Crosby CG, Even JL, Song Y, Block JJ, Devin CJ. Diagnostic abilities of magnetic resonance imaging in traumatic injury to the posterior ligamentous complex: the effect of years in training. *Spine J.* 2011;11:747–753. DOI: 10.1016/j.spinee.2011.07.005.
49. Van Middendorp JJ, Patel AA, Schuetz M, Joaquim AF. The precision, accuracy and validity of detecting posterior ligamentous complex injuries of the thoracic and lumbar spine: a critical appraisal of the literature. *Eur Spine J.* 2013;22:461–474. DOI: 10.1007/s00586-012-2602-7.
50. Valentini MC, Busch R, Ferraris MM, Venturi F. The role of imaging in the choice of correct treatment of unstable thoracolumbar fractures. *Eur J Radiol.* 2006;59:331–335. DOI: 10.1016/j.ejrad.2006.04.025.
51. Rihn JA, Yang N, Fisher C, Saravanja D, Smith H, Morrison WB, Harrop J, Vaccaro AR. Using magnetic resonance imaging to accurately assess injury to the posterior ligamentous complex of the spine: a prospective comparison of the surgeon and radiologist. *J Neurosurg Spine.* 2010;12:391–396. DOI: 10.3171/2009.10.SPINE08742.
52. Mehta G, Shetty UC, Meena D, Tiwari AK, Nama KG, Aseri D. Evaluation of diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging in posterior ligamentum complex injury of thoracolumbar spine. *Asian Spine J.* 2021;15:333–339. DOI: 10.31616/asj.2020.0027.
53. Mirvis SE, Geisler FH, Jelinek JJ, Joslyn JN, Gellad F. Acute cervical spine trauma: evaluation with 1.5-T MR imaging. *Radiology.* 1988;166:807–816. DOI: 10.1148/radiology.166.3.3277249.
54. Jackson ER, Lador R, Ben-Galim PJ, Reitman CA, Hipp JA. Reference data for interpreting widening between spinous processes in the lumbar spine. *Spine J.* 2011;11:336–339. DOI: 10.1016/j.spinee.2011.02.005.

55. Zhao JW, Liu Y, Yin RF, Wang JC, Yang YH, Liu P. Ultrasound assessment of injury to the posterior ligamentous complex in patients with mild thoracolumbar fractures. J Int Med Res. 2013;41:1252–1257. DOI: 10.1177/0300060513483407.
56. Gabriel AC, Angel JP, Juan JG, Luis RM, Hernando RA, Ruben SB. Diagnostic accuracy of ultrasound for detecting posterior ligamentous complex injuries of the thoracic and lumbar spine: A systematic review and meta-analysis. J Craniovertebr Junction Spine. 2013;4:25–31. DOI: 10.4103/0974-8237.121621.

Адрес для переписки:

Афаунов Аскер Алиевич
350063, Россия, Краснодар, ул. Митрофана Седина, 4,
Кубанский государственный медицинский университет,
afaunovkr@mail.ru

Статья поступила в редакцию 02.09.2021

Рецензирование пройдено 11.10.2021

Подписано в печать 15.10.2021

57. Schroeder GD, Kepler CK, Koerner JD, Oner FC, Fehlings MG, Aarabi B, Dvorak MF, Reinhold M, Kandziora F, Bellabarba C, Chapman JR, Vialle LR, Vaccaro AR. A worldwide analysis of the reliability and perceived importance of an injury to the posterior ligamentous complex in AO type A fractures. Global Spine J. 2015;5:378–382. DOI: 10.1055/s-0035-1549034.

Address correspondence to:

Afaunov Asker Alievich
Kuban State Medical University,
4 Mitrofana Sedina str., Krasnodar, 350063, Russia,
afaunovkr@mail.ru

Received 02.09.2021

Review completed 11.10.2021

Passed for printing 15.10.2021

Аскер Алиевич Афаунов, д-р мед. наук, проф., травматолог-ортопед, нейрохирург, заведующий кафедрой ортопедии, травматологии и ВПХ, Кубанский государственный медицинский университет, Россия, 350063, Краснодар, ул. Митрофана Седина, 4; врач нейрохирургического отделения № 3, Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, ORCID: 0000-0001-7976-860X, afaunovkr@mail.ru;

Никита Сергеевич Чайкин, нейрохирург, врач нейрохирургического отделения, Ставропольская краевая клиническая больница, Россия, 355029, Ставрополь, ул. Семашко, 1, ORCID: 0000-0003-4297-6653, ch.nik92@yandex.ru;

Игорь Вадимович Басанкин, д-р мед. наук, травматолог-ортопед, нейрохирург, заведующий нейрохирургическим отделением № 3, Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167; ассистент кафедры хирургии № 1, Кубанский государственный медицинский университет, Россия, 350063, Краснодар, ул. Митрофана Седина, 4, ORCID: 0000-0003-3549-0794, basankin@rambler.ru;

Карпет Карпетович Тахмязян, травматолог-ортопед, нейрохирург, врач нейрохирургического отделения № 3, Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, ORCID: 0000-0002-4496-2709, dr.karpo@gmail.com.

Asker Alievich Afaunov, DMSc, Prof., trauma orthopedist, neurosurgeon, Head of the Department of Orthopedics, Traumatology and Field Surgery, Kuban State Medical University, 4 Mitrofana Sedina str., Krasnodar, 350063, Russia; Neurosurgical Department No 3, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. Prof. S.V. Ochapovsky, 167 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350086, Russia, ORCID: 0000-0001-7976-860X, afaunovkr@mail.ru;

Nikita Sergeyevich Chaikin, neurosurgeon, Neurosurgical Department, Stavropol Regional Clinical Hospital, 1 Semashko str., Stavropol, 350086, Russia, ORCID: 0000-0003-4297-6653, ch.nik92@yandex.ru;

Igor Vadimovich Basankin, DMSc, trauma orthopedist, Head of Neurosurgery Department No. 3, Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. Prof. S.V. Ochapovsky, 167 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350901, Russia; Assistant of the Department of Surgery No. 1, Kuban State Medical University, 4 Mitrofana Sedina str., Krasnodar, 350063, Russia, ORCID: 0000-0003-3549-0794, basankin@rambler.ru;

Karapet Karapetovich Takhmazyan, MD, trauma orthopedist, Neurosurgical Department No 3, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. Prof. S.V. Ochapovsky, 167 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350086, Russia, ORCID: 0000-0002-4496-2709, dr.karpo@gmail.com.