Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко
2024, №6, с. 13–22
https://doi.org/10.17116/neiro20248806113

Burdenko's Journal of Neurosurgery
2024, No. 6, pp. 13–22
https://doi.org/10.17116/neiro20248806113

Лечебно-диагностическая классификация дегенеративного спондилолистеза: валидация и мультицентровый межэкспертный консенсус

© Е.С. БАЙКОВ[1], А.Г. НАЗАРЕНКО[1], Н.А. КОНОВАЛОВ[2, 8], А.И. ВАСИЛЬЕВ[3], А.В. ЕВСЮКОВ[4], Д.М. КОЗЛОВ[5], А.С. НИКИТИН[6], Р.М. НАНАЕВ[7], А.Г. МАРТИКЯН[7], Ю.М. ПОЛУЭКТОВ[2], Е.С. БРИНЮК[2], С.Н. МАКАРОВ[1], А.А. КУЛЕШОВ[1], А.И. КОКОРЕВ[1], А.В. КРУТЬКО[1]

[1]ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова», Москва, Россия;
[2]ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия;
[3]ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования», Барнаул, Россия;
[4]ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, Курган, Россия;
[5]ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России, Чебоксары, Россия;
[6]ФГБУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России, Москва, Россия;
[7]Научно-образовательный институт клинической медицины им. Н.А. Семашко — ФГБУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России, Москва, Россия;
[8]ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Россия

Резюме

Цель исследования. Оценить внутри- и межэкспертную воспроизводимость предложенной рабочей лечебно-диагностической классификации дегенеративного спондилолистеза.

Материал и методы. По протоколу GRRAS была проведена валидация предложенной рабочей лечебно-диагностической классификации дегенеративного спондилолистеза путем ретроспективного анализа магнитно-резонансных томограмм, мультиспиральных компьютерных томограмм и рентгенографии позвоночника 20 пациентов. Внутри- и межэкспертная оценка воспроизводимости осуществлялась 11 экспертами из 6 федеральных учреждений России. В программе Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 21.0 («SPSS Inc.», США) были вычислены каппа Флейса и Кохена.

Результаты. Валидация проводилась в два этапа. Первый этап включал 3 экспертов одного клинического подразделения, межэкспертная воспроизводимость к (Флейса) составила 0,863 [0,786; 0,939]; внутриэкспертная — каппа Кохена >0,81 (эксперт 1 — к=0,931, эксперт 2 — к=0,908, эксперт 3 — к=0,862). Второй этап являлся мультицентровым и включал 11 экспертов. Межэкспертная воспроизводимость — к (Флейса) составила 0,792 [0,767; 0,817]. Проводилось сравнение воспроизводимости в зависимости от специальности у хирургов с сопоставимым опытом: травматологи-ортопеды — к=0,799 [0,774; 0,814]; нейрохирурги — к=0,791 [0,769; 0,817] (p=0,687). Стаж хирурга не влиял на воспроизводимость классификации: опыт менее 10 лет — к=0,781 [0,767; 0,798], опыт более 10 лет — к=0,808 [0,789; 0,817] (p=0,287).

Заключение. Представленная рабочая лечебно-диагностическая классификация дегенеративного спондилолистеза имеет существенный внутри- и межэкспертный мультицентровый и мультидисциплинарный консенсус. Интеграция классификации в клиническую практику позволит стандартизировать хирургическую тактику при дегенеративном спондилолистезе.

Ключевые слова: *дегенеративный спондилолистез, сагиттальный баланс, поясничный отдел позвоночника, классификация, валидность, межэкспертный консенсус.*

Информация об авторах:
Байков Е.С. — https://orcid.org/0000-0002-4430-700X
Назаренко А.Г. — https://orcid.org/0000-0003-1314-2887
Коновалов Н.А. — https://orcid.org/0000-0002-9976-948X
Васильев А.И. — https://orcid.org/0000-0002-0965-4137
Евсюков А.В. — https://orcid.org/0000-0001-8583-0270
Козлов Д.М. — https://orcid.org/0000-0003-3772-6529
Никитин А.С. — https://orcid.org/0000-0002-1755-1752
Нанаев Р.М. — https://orcid.org/0000-0001-7001-1344
Мартикян А.Г. — https://orcid.org/0000-0002-4831-4055
Полуэктов Ю.М. — https://orcid.org/0000-0002-9710-7490
Бринюк Е.С. — https://orcid.org/0000-0001-6184-7481
Макаров С.Н. — https://orcid.org/0000-0003-0406-1997
Кулешов А.А. — https://orcid.org/0000-0002-9526-8274
Кокорев А.И. — https://orcid.org/0000-0002-5829-6372
Крутько А.В. — https://orcid.org/0000-0002-2570-3066
Автор, ответственный за переписку: Байков Е.С. — e-mail: evgen-bajk@mail.ru

Как цитировать:
Байков Е.С., Назаренко А.Г., Коновалов Н.А., Васильев А.И., Евсюков А.В., Козлов Д.М., Никитин А.С., Нанаев Р.М., Мартикян А.Г., Полуэктов Ю.М., Бринюк Е.С., Макаров С.Н., Кулешов А.А., Кокорев А.И., Крутько А.В. Лечебно-диагностическая классификация дегенеративного спондилолистеза: валидация и мультицентровый межэкспертный консенсус. *Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко*. 2024;88(6):13–22. https://doi.org/10.17116/neiro20248806113

Therapeutic and diagnostic classification of degenerative spondylolisthesis: validation and multiple-center inter-observer agreement

© E.S. BAYKOV[1], A.G. NAZARENKO[1], N.A. KONOVALOV[2, 8], A.I. VASILIEV[3], A.V. EVSYUKOV[4], D.M. KOZLOV[5], A.S. NIKITIN[6], R.M. NANAEV[7], A.G. MARTIKYAN[7], YU.M. POLUEKTOV[2], E.S. BRINYUK[2], S.N. MAKAROV[1], A.A. KULESHOV[1], A.I. KOKOREV[1], A.V. KRUTKO[1]

[1]Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia;
[2]Burdenko Neurosurgical Center, Moscow, Russia;
[3]Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthetics, Barnaul, Russia;
[4]Ilizarov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia;
[5]Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthetics, Cheboksary, Russia;
[6]Russian University of Medicine, Moscow, Russia;
[7]Semashko Research Institute, Moscow, Russia;
[8]Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

Abstract

Object. To evaluate inter- and intra-observer agreement of the proposed diagnostic and treatment classification of degenerative spondylolisthesis.

Material and methods. The proposed diagnostic and treatment classification of degenerative spondylolisthesis was validated according to the GRRAS protocol. For this purpose, we retrospectively analyzed MRI, CT and spinal radiography data in 20 patients. Inter- and intra-observer agreement was carried out by 11 experts from 6 federal institutions of Russia. Fleiss and Cohen's kappas were calculated using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), version 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Results. Validation was carried out in two stages. The first stage (3 experts from one clinical unit): inter-observer agreement k (Fleiss)=0.863 [0.786; 0.939]; intra-observer agreement — Cohen's kappa >0.81 (expert 1 — k=0.931, expert 2 — k=0.908, expert 3 — k=0.862). The second stage was multiple-center and included 11 experts. Inter-observer agreement k(Fleiss) was 0.792 [0.767; 0.817]. We compared agreement among surgeons with comparable experience depending on specialty: orthopedic — k=0.799 [0.774; 0.814]; neurosurgeons — k=0.791[0.769; 0.817] (p=0.687). Surgeon's experience did not affect significance of classification: <10-year experience — k=0.781 [0.767; 0.798], >10-year experience — k=0.808 [0.789; 0.817] (p=0.287).

Conclusion. The presented diagnostic and treatment classification of degenerative spondylolisthesis has significant inter- and intra-observer multiple-center and multidisciplinary agreement. Integration of classification into clinical practice will allow standardization of surgical tactics for degenerative spondylolisthesis.

Keywords: *degenerative spondylolisthesis, sagittal balance, lumbar spine, classification, validity, inter-observer consensus.*

Information about the authors:
Baykov E.S. — https://orcid.org/0000-0002-4430-700X
Nazarenko A.G. — https://orcid.org/0000-0003-1314-2887
Konovalov N.A. — https://orcid.org/0000-0002-9976-948X
Vasiliev A.I. — https://orcid.org/0000-0002-0965-4137
Evsyukov A.V. — https://orcid.org/0000-0001-8583-0270
Kozlov D.M. — https://orcid.org/0000-0003-3772-6529
Nikitin A.S. — https://orcid.org/0000-0002-1755-1752
Nanaev R.M. — https://orcid.org/0000-0001-7001-1344
Martikyan A.G. — https://orcid.org/0000-0002-4831-4055
Poluektov Yu.M. — https://orcid.org/0000-0002-9710-7490
Brinyuk E.S. — https://orcid.org/0000-0001-6184-7481
Makarov S.N. — https://orcid.org/0000-0003-0406-1997
Kuleshov A.A. — https://orcid.org/0000-0002-9526-8274
Kokorev A.I. — https://orcid.org/0000-0002-5829-6372
Krutko A.V. — https://orcid.org/0000-0002-2570-3066
Corresponding author: Baykov E.S. — e-mail: evgen-bajk@mail.ru

To cite this article:
Baykov ES, Nazarenko AG, Konovalov NA, Vasiliev AI, Evsyukov AV, Kozlov DM, Nikitin AS, Nanaev RM, Martikyan AG, Poluektov YuM, Brinyuk ES, Makarov SN, Kuleshov AA, Kokorev AI, Krutko AV. Therapeutic and diagnostic classification of degenerative spondylolisthesis: validation and multicenter inter-expert consensus. *Burdenko's Journal of Neurosergery*. 2024;88(6):13–22. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/neiro20248806113

Введение

Хирургическое лечение позволяет значимо улучшить качество жизни пациентов с дегенеративным спондилолистезом [1, 2]. Однако ввиду гетерогенности как морфологических изменений, так и клинических проявлений данной патологии оптимальная хирургическая тактика и выбор технологии до сих пор являются предметом дебатов. Ввиду отсутствия убедительной доказательной базы определенного единого подхода в диагностике и лечении, их результаты трудно систематизировать и предложить пути решения проблемы неудовлетворительных исходов, в том числе повторных хирургических вмешательств. Это диктует необходимость оптимизации хирургических тактик путем выделения клинико-морфологических критериев. Попытки реализации подобных подходов были предприняты в ряде лечебно-диагностических классификаций [3–7]. Однако каждая из них имеет свои ограничения, которые не позволяют использо-

вать их как самостоятельный практический инструмент [8]. К ним относятся отсутствие в системе одного или нескольких компонентов: превалирующего клиничесого синдрома, локальных изменений в виде стеноза или нестабильности, баланса позвоночника. В созданных классификациях использованы параметры [sagittal vertical axis (SVA), pelvic tilt (PT), pelvic incidence — lumbar lordosis (PI-LL)], которые были рассчитаны на общей когорте пациентов без учета типа поясничного лордоза по классификации Roussouly [9] и возраста пациента, являющиеся значимыми при расчете целевых показателей гармоничного баланса. Представляется важным, чтобы современная классификация содержала данные о превалирующем клиническом синдроме, морфологических изменениях, биомеханическом состоянии позвоночника и соответствующей хирургической тактике. Это позволит систематизировать данные и снизить частоту неудовлетворительных исходов при лечении пациентов с дегенеративным спондилолистезом.

Новая классификация должна быть одобрена компетентным сообществом с позиции теоретической приемлемости и протестирована на предмет надежности воспроизведения до внедрения ее в практическое применение. Это реализуется как самостоятельное или часть крупного исследования. Имеющиеся классификации дегенеративного спондилолистеза, хотя и были одобрены экспертным сообществом и прошли внутри- и межэкспертную оценку воспроизводимости [3—7], имеют ряд существенных ограничений, таких как малое число экспертов с разным опытом, монодисциплинарность экспертного сообщества, небольшое количество центров.

Цель исследования — оценка внутри- и межэкспертной воспроизводимости предложенной рабочей лечебно-диагностической классификации дегенеративного спондилолистеза, учитывающей клинико-морфологические особенности пациента и позволяющей персонифицировать хирургическую тактику.

Материал и методы

Для ретроспективного исследования методом случайной выборки были отобраны пациенты, оперированные по поводу клинических проявлений дегенеративного спондилолистеза в травматолого-ортопедическом отделении №12 ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» (ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова») в период с января 2022 г. по декабрь 2023 г. *Критерии включения*: 1) дегенеративный спондилолистез L_{IV}; 2) демографические данные (возраст старше 18 лет); 3) полный комплекс дооперационных инструментальных данных (магнитно-резонансная томография, мультиспиральная компьютерная томография, постуральная Rg позвоночника в двух проекциях). *Критерии исключения*: 1) коронарная деформация в поясничном отделе позвоночника, угол Cobb >10°; 2) сопутствующая недегенеративная патология позвоночника; 3) предшествующие хирургические вмешательства на позвоночнике.

Классификация

Разработанная классификация основывалась на 3 блоках: биомеханическом типе (сагиттальный баланс позвоночника), клиническом синдроме и хирургической тактике **(табл. 1)**. Для оценки сагиттального баланса позвоночника были использованы параметры: PI (pelvic incidence), SL (segmental lordosis), LL (lumbar lordosis), LDI [Lordosis distribution index=LL (L_{IV}–S_I)/LL (L_I–S_I)], IB (Index Barrey), PT, тип поясничного лордоза по классификации Roussouly. Они имеют значимую корреляцию с качеством жизни при хирургическом лечении, и их можно рассчитать индивидуально с учетом возраста [8, 10, 11]. Идеальные значения параметров устанавливались по следующим формулам:

$$SL\ (L_{IV}–L_V)=30—50\%\ LL\ (L_{IV}–S_I);$$

LDI при Roussouly I, II тип — 80—90%, III тип — 70—80%, IV тип — 60—70%;

$$LL\ (L_I–S_I)=31{,}1–0{,}15\ возраст+0{,}58\ PI;$$
$$PT=0{,}44\ PI-11\ [10, 12, 13].$$

Для определения биомеханического типа был разработан алгоритм, который с целью упрощения расчетов представлен в виде калькулятора (https://sites.google.com/view/baytactics) **(рис. 1**, **рис. 2)**.

Клинический синдром был представлен двумя видами: компрессии и нестабильности. Компрессионный синдром — это корешковый болевой синдром с неврологическим дефицитом или без него и (или) нейрогенная перемежающаяся хромота. Синдром нестабильности определяли как механический вертеброгенный болевой синдром в поясничном отделе позвоночника при интенсивности боли по VAS >5 баллов. При сочетании синдрома компрессии и нестабильности тактика лечения определялась согласно последнему.

Тактика хирургического лечения основывалась исходя из биомеханического типа и превалирующего клинического синдрома **(см. табл. 1)**.

В классификацию не был включен ряд факторов, который мог повлиять на хирургическую тактику. К ним относятся коморбидный статус и минеральная плотность костной ткани. Аргументами в пользу невключения данных параметров в классификацию стало то, что их оценка не стандартизирована. Таким образом, соматический статус и нарушение минеральной плотности костной ткани оцениваются вне рамок предложенной классификации. При невозможности проведения стабилизации и коррекции там, где они необходимы, по причине значимых откло-

Таблица 1. **Рабочая лечебно-диагностическая классификация дегенеративного спондилолистеза**

Тип	Рентгенологические критерии	Клинический синдром (превалирующий)	Хирургическая тактика
Тип I. Гармоничный	SL⩾SL (идеал.) LL=LL (идеал.)±10% Low LL (L_{IV}–S_I): – Roussouly I, II тип — 80—90% LL (идеал.) – Roussouly III тип — 70—80% LL (идеал.) – Roussouly IV тип — 60—70% LL (идеал.) PT⩽PT+10% (идеал.) IB<1,0	Компрессионный	Декомпрессия
		Компрессионный и (или) нестабильности	Моносегментарный спондилодез *in situ* с декомпрессией или без
Тип II. Сегментарный дисбаланс	SL < SL (идеал.) LL=LL (идеал.)±10% Low LL (L_{IV}–S_I): – Roussouly I, II тип — 80—90% LL (идеал.) – Roussouly III тип — 70—80% LL (идеал.) – Roussouly IV тип — 60—70% LL (идеал.) PT⩽PT+10% (идеал.) IB<1,0	Компрессионный	Декомпрессия
		Компрессионный и (или) нестабильности	Моносегментарный корригирующий спондилодез с декомпрессией или без
Тип III. Регионарный дисбаланс	LL⩽LL (идеал.)±10% PT (идеал.)⩽PT⩽PT (идеал.) Low LL (L_{IV}–S_I): – Roussouly I, II тип ⩽80—90% LL (идеал.) – Roussouly III тип ⩽70—80% LL (идеал.) – Roussouly IV тип ⩽60—70% LL (идеал.) IB<1,0	Компрессионный	Декомпрессия как основной этап при функциональном дисбалансе или 1-й этап при структуральном дисбалансе
		Компрессионный и (или) нестабильности	Моно- или короткосегментарный корригирующий спондилодез с обязательным восстановлением Low LL (L_{IV}–S_I) LL с декомпрессией или без Примечание: только декомпрессия при противопоказаниях к инструментализации и (или) высоком хирургическом риске
Тип IV. Глобальный дисбаланс	LL<LL (идеал.) — 10% Low LL (L_{IV}–S_I): – Roussouly I, II тип <80—90% LL (идеал.) – Roussouly III тип <70—80% LL (идеал.) – Roussouly IV тип <60—70% LL (идеал.) PT>PT (идеал.)+10% IB>1,0	Нестабильности	Коротко- или полисегментарный корригирующий спондилодез с восстановлением Low LL (L_{IV}–S_I) и LL
		Компрессионный и (или) нестабильности	Коротко- или полисегментарный корригирующий спондилодез с восстановлением Low LL (L_{IV}–S_I) и LL с декомпрессией или без Примечание: только декомпрессия при противопоказаниях к инструментализации и (или) высоком хирургическом риске

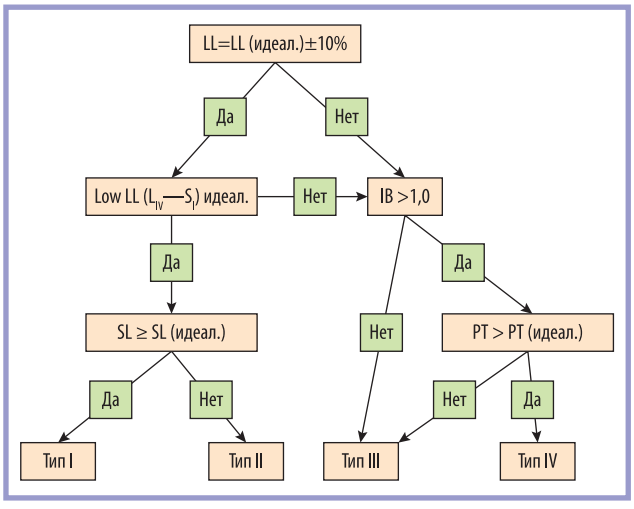

Рис. 1. **Алгоритм рабочей лечебно-диагностической классификации дегенеративного спондилолистеза.**

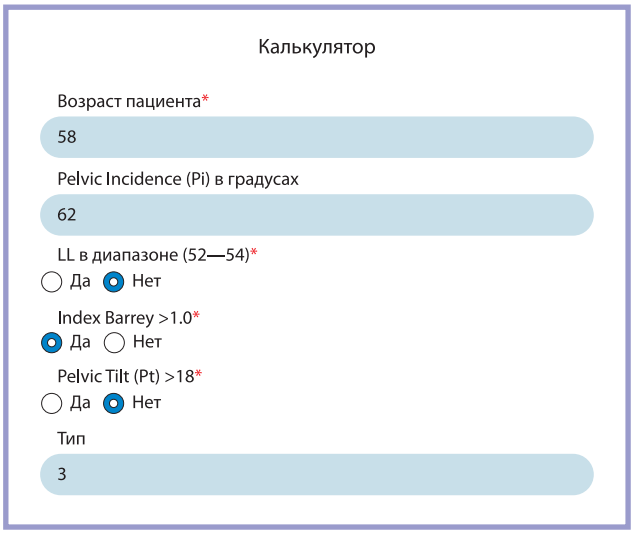

Рис. 2. **Калькулятор определения биомеханического типа.**

Таблица 2. **Межэкспертная воспроизводимость блоков рабочей лечебно-диагностической классификации дегенеративного спондилолистеза (3 эксперта, травматолого-ортопедическое отделение №12 ФГБУ «НМИЦ ТО им Н.Н. Приорова»)**

Параметр	Биомеханический тип	Клинический синдром	Хирургическая тактика
Каппа Флейса	0,778 [0,651; 0,904]	0,958 [0,821; 1,000]	0,707 [0,624; 0,853]

нений вышеописанных факторов объем хирургического вмешательства ограничивался декомпрессией интраканальных сосудисто-нервных образований.

Валидация классификации выполнялась согласно протоколу GRRAS [14]. Исследование не предполагало «ослепления» экспертов, но анализ данных проводился независимо друг от друга. Обучение экспертов техническим и методологическим аспектам исследования и обсуждение вопросов осуществлялись лично главным исследователем. Вычисление параметров сагиттального баланса проводилось на соответствующих программах.

Исследование состояло из двух этапов. На первом этапе проводилась оценка внутри- и межэкспертной воспроизводимости 3 специалистами травматолого-ортопедического отделения №12 ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова». В их состав вошли 2 травматолога-ортопеда (опыт работы <10 лет) и 1 нейрохирург (опыт >10 лет). Данные анализировались дважды с интервалом 2 нед. Второй этап заключался в оценке межэкспертной воспроизводимости классификации специалистами 7 федеральных учреждений России: ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России (нейрохирург, опыт <10 лет), ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» г. Барнаул (нейрохирург, опыт >10 лет), ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» г. Чебоксары (травматолог-ортопед, опыт >10 лет), ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России (нейрохирург, опыт >10 лет), ФГБУ «НМИЦ ТО им Н.Н. Приорова» (травматолого-ортопедическое отделение №14, травматолог-ортопед, опыт >10 лет), ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России (нейрохирург, опыт >10 лет), Научно-образовательный институт клинической медицины им. Н.А. Семашко (эксперт 1 (нейрохирург) — опыт >10 лет, эксперт 2 (нейрохирург) — опыт <10 лет).

Статистический анализ

Статистический анализ проводился в программе Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), версия 21.0 («SPSS Inc.», США). Для анализа была использована каппа (k): межэкспертная (interobserver reliability) — каппа Флейса, внутриэкпертная (intraobserver reliability) — каппа Кохена. Ранжирование каппы: 0,00—0,20 — очень низкая согласованность, 0,21—0,40 — неудовлетворительная, 0,41—0,60 — удовлетворительная, 0,61—0,80 — существенная, 0,81—1,00 — отличная. Непрерывные показатели были представлены в виде медианы [первый квартиль; третий квартиль]; бинарные показатели отображены как количество и процент [95% доверительный интервал (ДИ) для процента].

Результаты

В анализ были включены 20 пациентов. Средний возраст составил 63,5 [53; 68,5] года. Когорта пациентов состояла из 18 женщин и 2 мужчин. С учетом числа экспертов и кратности анализа магнитно-резонансно-томографические сканы были оценены 280 раз, компьютерно-томографические сканы — 280 раз, рентгенограммы — 560 раз.

Первый этап. Межэкспертная воспроизводимость классификационной системы была «существенной» ($\varkappa$=0,863 [0,786; 0,939]). Консенсус относительно блоков классификации представлен в **табл. 2**. В блоке «клинический синдром» межэкспертное соглашение соответствовало «отличному» воспроизведению; в блоках «биомеханический тип» и «хирургическая тактика» — «существенному».

Внутриэкспертная воспроизводимость у всех 3 экспертов была «отличная» (каппа Кохена >0,81): эксперт 1 — $\varkappa$=0,931, эксперт 2 — $\varkappa$=0,908, эксперт 3 — $\varkappa$=0,862.

Второй этап являлся мультицентровым с участием 11 экспертов. Воспроизводимость классификации была «существенной» ($\varkappa$=0,792 [0,767; 0,817]). Присутствовали лишь случайные изменения в повторной интерпретации, без систематической предвзятости или путаницы между различными биомеханическими типами, клиническим синдромом и хирургической тактикой, на что указывает средняя матрица ошибок **(табл. 3)**. Наибольшая согласованность между экспертами достигнута в блоке «клинический синдром» ($\varkappa$=0,850 [0,791; 0,909]), консенсус в блоках «биомеханический тип» и «хирургическая тактика» соответствовал «существенной» воспроизводимости ($\varkappa$=0,717 [0,675; 0,758] и 0,685 [0,652; 0,701] соответственно).

С целью определения значимости опыта и специальности эксперта в воспроизводимости классификации было выполнено ее сравнение между вра-

Таблица 3. **Средняя матрица ошибок воспроизводимости рабочей лечебно-диагностической классификации дегенеративного спондилолистеза 11 экспертами**

Пациент	Биомеханический тип				Клинический синдром			Хирургическая тактика			
	I	II	III	IV	компрессионный	нестабильности	декомпрессия	моносегментарный спондилодез *in situ* с декомпрессией или без	моносегментарный корригирующий спондилодез с декомпрессией или без	моно- или короткосегментарный корригирующий спондилодез с обязательным восстановлением Low LL (L_{IV}–S_I) с декомпрессией или без	коротко- или полисегментарный корригирующий спондилодез с восстановлением Low LL (L_{IV}–S_I) и LL с декомпрессией или без
1	0	0	1	10	10	1	1	0	0	1	9
2	1	0	10	0	2	9	1	0	1	9	0
3	0	0	10	1	1	10	0	0	2	9	0
4	0	1	8	2	11	0	9	0	1	0	0
5	0	0	11	0	2	9	1	1	1	8	0
6	0	0	10	1	1	10	1	0	2	8	0
7	0	7	4	0	2	9	1	1	4	5	0
8	0	0	10	1	0	11	0	1	2	8	0
9	0	0	1	10	0	10	0	0	1	2	7
10	4	0	3	5	11	0	11	0	0	0	0
11	0	0	11	1	11	0	10	0	0	0	0
12	0	0	9	2	9	1	9	1	0	0	0
13	0	0	10	0	0	10	0	0	0	11	0
14	2	0	9	0	10	1	10	0	0	1	0
15	0	0	11	0	0	11	1	1	0	9	0
16	0	0	0	11	0	11	2	1	1	2	5
17	0	0	8	3	0	11	1	0	2	5	3
18	0	1	9	1	10	1	9	0	1	1	0
19	2	0	7	2	11	0	11	0	0	0	0
20	0	0	0	11	11	0	10	0	0	0	1

чами, имеющими стаж работы менее и более 10 лет, а также отдельно между нейрохирургами и травматологами-ортопедами, опыт работы которых более 10 лет. В качестве условного «золотого стандарта» использовались данные главного исследователя. Воспроизводимость классификации хирургами со стажем работы <10 лет была меньше ($\varkappa$=0,781 [0,767; 0,798]), чем более опытных коллег ($\varkappa$=0,808 [0,789; 0,817]), однако эти данные были незначимы (p=0,287). Аналогичные данные получены при анализе роли специальности хирургов: травматологи-ортопеды — $\varkappa$=0,799 [0,774; 0,814], нейрохирурги — $\varkappa$=0,791 [0,769; 0,817] (p=0,687).

Обсуждение

Учитывая клиническую и морфологическую гетерогенность дегенеративного спондилолистеза, на сегодняшний день подходы к хирургическому лечению пациентов противоречивы [15]. С целью решения данного вопроса за прошедшую декаду был создан ряд лечебно-диагностических классификаций, направленных на улучшение согласованности между экспертами в отношении диагностики и хирургических тактик [3—7]. Первой была предложена классификация O. Gille и соавт., базировавшаяся на оценке сагиттального профиля позвоночника с использованием модификаторов деформаций позвоночника взрослых, таких как SVA, LL, SL, PI и PT [4, 16]. Система предполагает выделение трех типов изменений сагиттального баланса, определяющих хирургическую тактику. Однако референсные значения используемых модификаторов были определены без учета возраста и типа Roussouly, которые являются важными при восстановлении гармоничного сагиттального профиля, влияющего на исход лечения [10, 17]. Параметры PI-LL, SVA и PT отличаются у пациентов с разным PI, тем самым шаблонное использование их референсных значений может отражаться на некорректной хирургической тактике с увеличением частоты механических осложнений [10, 12]. С этой позиции правомерен критический взгляд и на классификацию H. Kobayashi и соавт., основанную на оценке SVA [5]. Представленные системы не учитывают зависимые от возраста изменения параметров сагиттального профиля при планировании хирургической коррекции [17]. Другие две классификации акцентированы только на сегментарных изменениях в зоне спондилолистеза, без учета регионарных и глобальных нарушений [3, 7]. Система DSIC [7] предлагает хирургическую стратегию, акцентирующуюся исключительно на оценке стабильности позвоночно-двигательного сегмента, без учета других структурных и клинических данных, которые влияют на исход хирургического лечения. Классификация CARDS [3] вообще не предполагает хирургическую тактику. Данные факты были учтены в предложенной нами системе. В нее заложен принцип персонифицированного расчета целевых показателей параметров сагиттального баланса, исходя из значений PI, типа Roussouly и возраста. Эти данные позволяют вычислить идеальные значения LL, LowLL (L_{IV}–S_I), SL, PT. В зависимости от степени несоответствия фактических и расчетных значений параметров были выделены 4 типа биомеханических нарушений, определяющих объем стабилизации и коррекции, необходимые для гармонического восстановления сагиттального профиля.

Хирургическое вмешательство при дегенеративном спондилолистезе направлено на купирование превалирующего клинического синдрома. Но этот важный компонент либо не представлен в описанных классификациях, либо ему уделяется минимальное значение. В предложенной нами системе превалирующий клинический синдром, наряду с рентгенологическими данными, имеет решающее значение в выборе хирургической тактики.

Наиболее подробной является классификация A. Kulkarni и соавт., которая учитывает ряд морфологических и клинических данных [6]. Она базируется на балльной оценке каждого фактора (боль, возраст, двигательная активность, сегментарный кифоз, динамическая трансляция, высота диска, синовит, ориентация фасеточных суставов в сагиттальной плоскости). В случае превышения значений >5,5 балла рекомендуется проведение спондилодеза. Но в классификации нет указаний на восстановление сагиттального профиля. Она имеет «жесткую» структуру, которая не учитывает различные комбинации факторов с одинаковым совокупным баллом и значимость каждого конкретного фактора при их комбинации.

Внедряемая лечебно-диагностическая классификация должна быть проста в понимании и легко воспроизводима. Это проверяется путем проведения внутри- и межэкспертной воспроизводимости. Для валидации мы применяли протокол GRRAS [14]. Для исследования были привлечены специалисты разных центров с достаточным профессиональным опытом. Из описанных ранее классификаций наиболее изученной была система O. Gille [4]. На основании данных 99 пациентов проведена ее внутри- и межэкспертная воспроизводимость, которая показала почти идеальный консенсус (каппа Кохена >0,89, каппа Флеиса — 0,82). Однако эти данные правомерно считать завышенными, в пользу чего выступают данные о проведении анализа только 3 экспертами с опытом работы от 4 лет. В нашем исследовании на первом этапе оценена внутри- и межэкспертная воспроизводимость 3 экспертами в рамках одного центра, в результате чего был получен «существенный» консенсус (каппа Флеиса — 0,863 [0,786; 0,939], каппа Кохена — 0,862—0,931). Хотелось бы отметить, что даже при вы-

соком коэффициенте надежности или согласия могут возникнуть клинически неприемлемые разногласия. Значения 0,60—0,80 часто используются в качестве минимальных стандартов коэффициентов надежности [14]. Для повышения ценности исследования был проведен мультицентровый анализ с привлечением врачей разных специальностей из 7 федеральных учреждений. Как и ожидалось, межэкспертная согласованность снизилась, однако это изменение было незначительным, его уровень соответствовал «существенному» ($\varkappa$=0,792 [0,767; 0,817]). Кроме того, определено влияние опыта и специальности на степень воспроизводимости. Отмечено, что у хирургов с большим стажем работы сопоставимость данных была выше, чем у менее опытных коллег ($\varkappa$=0,808 [0,789; 0,817] и $\varkappa$=0,781 [0,767; 0,798] соответственно), однако это было статистически незначимо (p=0,287). Также данные существенно не различались у травматологов-ортопедов и нейрохирургов (p=0,687), что указывает на простоту воспроизводимости этой системы.

Таким образом, предложенная классификация включает три блока: два диагностических («клинический» и «рентгенологический») и один лечебный («хирургическая тактика»). Это позволяет считать ее полноценным клиническим инструментом. При разработке классификации мы основывались на научно обоснованных данных. Купирование превалирующего клинического синдрома является главной составляющей в лечении пациентов с дегенеративной патологией. Поэтому в классификации определены два основных синдрома — «компрессионный» и «нестабильности». При первом проводится только декомпрессия интраканальных сосудисто-нервных образований. При втором необходима стабилизация в функционально выгодном положении. Для достижения этой цели в классификацию были интегрированы параметры сагиттального баланса, значимо влияющие на результаты хирургического лечения и которые возможно рассчитать индивидуально. В зависимости от степени нарушения позвоночно-тазовых взаимоотношений стабилизация может выполняться *in situ* или с коррекцией. Все это позволяет заключить, что она может быть внедрена в практическое здравоохранение после проведения исследования по оценке ее клинической значимости, что обеспечит научно обоснованный стандартизированный подход к лечению пациентов с дегенеративным спондилолистезом.

Ограничение исследования. В классификацию не интегрированы такие морфологические изменения, как стеноз позвоночного канала, его протяженность, выраженность и роль в развитии функционального дисбаланса, а также характеристики нестабильности позвоночно-двигательного сегмента. В настоящее время отсутствует единое критериально определенное понятие «нестабильности». Ее характеристики по данным как нейровизуализации, так и рентгенографии нестандартизированы и имеют большие допуски, что вносит существенную путаницу при инструментальной диагностике этого состояния. Протяженность и степень стеноза не имеют значимого влияния на дооперационный клинический статус и исход хирургического лечения [18]. Роль стеноза в развитии функционального сагиттального дисбаланса подтверждается лишь косвенно за счет восстановления регионарных и глобальных изменений позвоночника при только декомпрессии [19]. В совокупности это явилось аргументом в пользу невключения освещенных морфологических изменений.

Заключение

Представленная рабочая лечебно-диагностическая классификация дегенеративного спондилолистеза имеет «существенный» внутри- и межэкспертный мультицентровый и мультидисциплинарный консенсус, и ее интеграция в клиническую практику позволит стандартизировать хирургическую тактику, направленную на уменьшение количества неудовлетворительных результатов, в том числе реопераций.

Участие авторов:
Концепция и дизайн исследования — Байков Е.С., Назаренко А.Г., Коновалов Н.А., Крутько А.В.
Сбор и обработка материала — Байков Е.С., Васильев А.И., Евсюков А.В., Козлов Д.М., Никитин А.С., Коновалов Н.А., Полуэктов Ю.М., Макаров С.Н., Кулешов А.А., Кокорев А.И., Нанаев Р.М., Мартикян А.Г., Бринюк Е.С.
Написание текста — Байков Е.С., Васильев А.И., Евсюков А.В., Крутько А.В.
Редактирование — Назаренко А.Г., Коновалов Н.А., Кулешов А.А., Крутько А.В.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Karsy M, Bisson EF. Surgical Versus Nonsurgical Treatment of Lumbar Spondylolisthesis. *Neurosurgery Clinics of North America*. 2019;30(3):333-340. https://doi.org/10.1016/j.nec.2019.02.007
2. Oster BA, Kikanloo SR, Levine NL, Lian J, Cho W. Systematic Review of Outcomes Following 10-Year Mark of Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT) for Degenerative Spondylolisthesis. *Spine*. 2020;45(12):820-824. https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000003485
3. Kepler CK, Hilibrand AS, Sayadipour A, Koerner JD, Rihn JA, Radcliff KE, Vaccaro AR, Albert TJ, Anderson DG. Clinical and radiographic degenerative spondylolisthesis (CARDS) classification. *Spine Journal*. 2015;15(8):1804-1811. https://doi.org/10.1016/j.spinee.2014.03.045
4. Gille O, Challier V, Parent H, Cavagna R, Poignard A, Faline A, Fuentes S, Ricart O, Ferrero E, Ould Slimane M; French Society of Spine Surgery (SFCR). Degenerative lumbar spondylolisthesis: cohort of 670 patients, and proposal of a new classification. *Orthopaedics and Traumatology: Surgery and Research*. 2014;100(6 Suppl):S311-315. https://doi.org/10.1016/j.otsr.2014.07.006
5. Kobayashi H, Endo K, Sawaji Y, Matsuoka Y, Nishimura H, Murata K, Takamatsu T, Suzuki H, Aihara T, Yamamoto K. Global sagittal spinal alignment in patients with degenerative low-grade lumbar spondylolisthesis. *Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*. 2019;27(3):2309499019885190. https://doi.org/10.1177/2309499019885190
6. Kulkarni AG, Kunder TS, Dutta S. Degenerative Spondylolisthesis: When to Fuse and When Not to? A New Scoring System. *Clinical Spine Surgery*. 2020;33(8):E391-E400. https://doi.org/10.1097/BSD.0000000000000970
7. Simmonds AM, Rampersaud YR, Dvorak MF, Dea N, Melnyk AD, Fisher CG. Defining the inherent stability of degenerative spondylolisthesis: a systematic review. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2015;23(2):178-189. https://doi.org/10.3171/2014.11.SPINE1426
8. Bari TJ, Heegaard M, Bech-Azeddine R, Dahl B, Gehrchen M. Lordosis Distribution Index in Short-Segment Lumbar Spine Fusion — Can Ideal Lordosis Reduce Revision Surgery and Iatrogenic Deformity? *Neurospine*. 2021;18(3):543-553. https://doi.org/10.14245/ns.2040744.372
9. Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *European Spine Journal*. 2011;20 Suppl 5(Suppl 5):609-618. https://doi.org/10.1007/s00586-011-1928-x
10. Le Huec JC, Thompson W, Mohsinaly Y, Barrey C, Faundez A. Sagittal balance of the spine. *European Spine Journal*. 2019;28(9):1889-1905. https://doi.org/10.1007/s00586-019-06083-1
11. Protopsaltis TS, Soroceanu A, Tishelman JC, Buckland AJ, Mundis GM Jr, Smith JS, Daniels A, Lenke LG, Kim HJ, Klineberg EO, Ames CP, Hart RA, Bess S, Shaffrey CI, Schwab FJ, Lafage V; International Spine Study Group (ISSG). Should Sagittal Spinal Alignment Targets for Adult Spinal Deformity Correction Depend on Pelvic Incidence and Age? *Spine*. 2020;45(4):250-257. https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000003237
12. Pizones J, Moreno-Manzanaro L, Sánchez Pérez-Grueso FJ, Vila-Casademunt A, Yilgor C, Obeid I, Alanay A, Kleinstück F, Acaroglu ER, Pellisé F; ESSG European Spine Study Group. Restoring the ideal Roussouly sagittal profile in adult scoliosis surgery decreases the risk of mechanical complications. *European Spine Journal*. 2020;29(1):54-62. https://doi.org/10.1007/s00586-019-06176-x
13. Le Huec JC, Hasegawa K. Normative values for the spine shape parameters using 3D standing analysis from a database of 268 asymptomatic Caucasian and Japanese subjects. *European Spine Journal*. 2016;25(11):3630-3637. https://doi.org/10.1007/s00586-016-4485-5
14. Kottner J, Audigé L, Brorson S, Donner A, Gajewski BJ, Hróbjartsson A, Roberts C, Shoukri M, Streiner DL. Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies (GRRAS) were proposed. *Journal of Clinical Epidemiology*. 2011;64(1):96-106. https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.03.002
15. Rangwalla K, Filley A, El Naga A, Gendelberg D, Baldwin A, Maziad A, Arora A, Wague A, O'Donnell J, Chryssikos T, Kasir R, Shah J, Theologis A, Tan L, Mummaneni P, Alamin T, Berven SH. Degenerative lumbar spondylolisthesis: review of current classifications and proposal of a novel classification system. *European Spine Journal*. 2024;33(5):1762-1772. https://doi.org/10.1007/s00586-023-07818-x
16. Schwab F, Ungar B, Blondel B, Buchowski J, Coe J, Deinlein D, DeWald C, Mehdian H, Shaffrey C, Tribus C, Lafage V. Scoliosis Research Society-Schwab adult spinal deformity classification: a validation study. *Spine*. 2012;37(12):1077-1082. https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31823e15e2
17. Lafage R, Schwab F, Challier V, Henry JK, Gum J, Smith J, Hostin R, Shaffrey C, Kim HJ, Ames C, Scheer J, Klineberg E, Bess S, Burton D, Lafage V; International Spine Study Group. Defining Spino-Pelvic Alignment Thresholds: Should Operative Goals in Adult Spinal Deformity Surgery Account for Age? *Spine*. 2016;41(1):62-68. https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000001171
18. Yamamoto T, Yagi M, Suzuki S, Takahashi Y, Nori S, Tsuji O, Nagoshi N, Ogawa J, Matsumoto M, Nakamura M, Watanabe K. Multilevel Decompression Surgery for Degenerative Lumbar Spinal Canal Stenosis Is Similarly Effective With Single-level Decompression Surgery. *Spine*. 2022;47(24):1728-1736. https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000004447
19. Salimi H, Toyoda H, Terai H, Yamada K, Hoshino M, Suzuki A, Takahashi S, Tamai K, Hori Y, Yabu A, Nakamura H. Mid-term changes in spinopelvic sagittal alignment in lumbar spinal stenosis with coexisting degenerative spondylolisthesis or scoliosis after minimally invasive lumbar decompression surgery: minimum five-year follow-up. *Spine Journal*. 2022;22(5):819-826. https://doi.org/10.1016/j.spinee.2021.11.012

Поступила/Received 29.02.2024
Принята к печати/Accepted 20.09.2024

Комментарий

У взрослого населения смещение позвонка с неврологической симптоматикой и без нее является одной из наиболее частых причин инвалидизирующей поясничной боли. Биомеханически прогрессирование смещения при спондилолистезе зависит от величины сдвиговой составляющей гравитационной силы, действующей на поясничный позвонок, и от неспособности опорных элементов люмбосакрального сегмента противостоять этим силам вследствие их дегенерации. Риск прогрессирования и тяжесть спондилолистеза тем больше, чем выше тяжесть дегенерации и больше сдвиговые нагрузки, которые в свою очередь зависят от состояния позвоночно-тазового баланса. По мнению ряда авторов, измерение наклона таза относительно головок бедер (PI) следует считать константной величиной, характеризующей анатомию таза, а наклон крестца (SS), отклонение таза от вертикали (PT) — переменными величинами. В качестве величин, характеризующих центрирование позвоночника, используют кривизну поясничного лордоза (GLL) и грудной кифоз (TK). Величина GLL увеличивается по мере возрастания наклона таза. Значения PI, SS, GLL, PT значительно выше у пациентов со спондилолистезом по-

ясничного позвонка, что позволяет предположить, что анатомия таза оказывает прямое влияние на прогрессирование спондилолистеза, в том числе дегенеративного. Авторы проанализировали показатели сагиттального баланса и отклонения таза от вертикальной линии при спондилолистезах, предложив новую лечебно-диагностическую классификацию дегенеративных спондилолистезов, основанную на 3 блоках — сагиттальном балансе, ведущем клиническом синдроме и хирургическом методе лечения. Стратегия хирургической тактики должна быть направлена на восстановление физиологического позвоночно-тазового баланса, который определяется не только коррекцией нестабильности, но и снижением PT, что является лучшим показателем стабильности таза. Таким образом, исследования, направленные на проведение изучения параметров коррекции нестабильности смещенного поясничного позвонка, позвоночно-тазового баланса в аспекте коксовертебрального комплекса, являются очень важными в вертебрологии и ортопедии, а предложенная классификация и алгоритм выбора вариантов хирургического лечения, одобренный рядом экспертных клиник, подтвердивших валидность и воспроизводимость данного подхода, являются предметом для публикации и обсуждения специалистов.

А.О. Гуща (Москва)