

DOI: <https://doi.org/10.17816/1993-6508-2022-16-1-59-70>

НАУЧНЫЙ ОБЗОР



Сравнительная эффективность различных методов эпидурального введения глюкокортикостероидов при лечении корешковых болевых синдромов

Д.А. Фёдоров^{1,2}, В.В. Хиновкер^{1,2}, В.А. Корячкин³¹ Федеральний Сибирский научно-клинический центр, Красноярск, Российская Федерация;² Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, Красноярск, Российская Федерация;³ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Целью обзора было сравнить эффективность различных методов эпидурального применения глюкокортикостероидов в терапии боли, вызванной корешковым синдромом. Проведён литературный поиск в базах данных PubMed, MEDLINE, EMBASE, The Cochrane Library, Google Scholar, а также ручной поиск библиографий известных первичных и обзорных статей и тезисов научных совещаний в период с 2000 по 2020 г. В процессе поиска было выявлено 637 исследований, из которых 615 были исключены, т.к. не соответствовали теме статьи. Оставшиеся 22 исследования составили основу данного обзора.

Существует три принципиально разных метода введения препаратов в эпидуральное пространство: интерламинарный, трансфораминальный и сакроэпидуральный.

При люмбоишиалгии в 5 из 8 сравнительных рандомизированных контролируемых исследований трансфораминальный путь введения считается превосходящим по эффективности сакроэпидуральный или интерламинарный путь введения. В ряде исследований сакроэпидуральный путь введения был сравним по эффективности с трансфораминальным при низких грыжах дисков.

В случаях цервикобрахиалгии трансфораминальный путь введения признаётся большинством авторов небезопасным, имеющим риски случайного внутрисосудистого введения. В связи с этим на шейном уровне предпочтительным считается интерламинарный доступ. Кроме того, описаны различия между эпидуральным применением водорастворимых и дисперсных (не разрешённых для применения в РФ) глюкокортикостероидами.

В обзоре описаны техники различных доступов к эпидуральному пространству с их преимуществами и недостатками.

Различные методы требуют разного материального оснащения клиник. Сакральный доступ при сравнительно высокой эффективности допускает «слепое» применение, в отличие от трансфораминального доступа на поясничном уровне и интерламинарного на шейном, требующих рентгеновской навигации.

Ключевые слова: эпидуральные кортикостероиды; кортикостероиды; эпидуральные инъекции; лечение хронической боли; корешковый болевой синдром.

Как цитировать:

Фёдоров Д.А., Хиновкер В.В., Корячкин В.А. Сравнительная эффективность различных методов эпидурального введения глюкокортикостероидов при лечении корешковых болевых синдромов // Регионарная анестезия и лечение острой боли. 2022. Т. 16. № 1. С. 59–70.

DOI: <https://doi.org/10.17816/1993-6508-2022-16-1-59-70>

DOI: <https://doi.org/10.17816/1993-6508-2022-16-1-59-70>

REVIEW

Comparative effectiveness of various methods of epidural administration of glucocorticosteroids in treating root pain syndromes

Dmitry A. Fedorov^{1,2}, Vladimir V. Khinovker^{1,2}, Viktor A. Koryachkin³

¹ Federal Siberian Research Clinical Centre, Krasnoyarsk, Russian Federation;

² Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russian Federation;

³ Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, Saint-Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

This review aimed to compare the effectiveness of different methods of epidural glucocorticosteroid (GCS) use in the treatment of root syndrome pain according to literature over the past 20 years. A literary search was conducted in the databases of PubMed, MEDLINE, EMBASE, Cochrane Library, and Google Scholar, as well as a manual search of bibliographies of famous primary and review articles and abstracts of scientific meetings between 2000 and 2020. During the search, 637 studies were identified, of which 615 were excluded, as they did not correspond to the topic of the article. The remaining 22 studies were included in this review.

Scientific papers describe three ways to deliver glucocorticosteroids, namely, epidural–interlaminar injection, transforaminal injection, sacral–epidural injection.

For sciatica, 5 out of 8 comparative randomized controlled trials found the transforaminal route of administration to be superior to the sacroepidural or interlaminar route of administration. In a number of studies, the sacroepidural route of administration was comparable in efficiency with transforaminal with low herniated discs.

In cases of cervicobrachialgia, the transforaminal route of administration is recognized by most authors as unsafe, with risks of accidental intravascular injection. In this regard, at the cervical level, interlaminar access is considered preferable. In addition, the differences between the epidural use of water-soluble and dispersed (not approved for use in the Russian Federation) glucocorticosteroids are described.

The review describes the techniques of various approaches to the epidural space with their advantages and disadvantages.

Different methods require different material equipment of clinics. Sacral access, with relatively high efficiency, allows for “blind” use, in contrast to transforaminal access at the lumbar level and interlaminar access at the cervical level, which require X-ray navigation.

Keywords: epidural steroids; corticosteroids; epidural injections; chronic pain management; root pain syndrome.

For citation:

Fedorov DA, Khinovker VV, Koryachkin VA. Comparative effectiveness of various methods of epidural administration of glucocorticosteroids in treating root pain syndromes. *Regional Anesthesia and Acute Pain Management*. 2022;16(1):59–70. DOI: <https://doi.org/10.17816/1993-6508-2022-16-1-59-70>

В большинстве стран всё чаще применяется эпидуральное введение кортикостероидов с целью снятия локального воспаления [1].

Первые упоминания о введении растворов в эпидуральное пространство датируются 1885 г. Невропатолог по имени James Leonard Corning (Джеймс Л. Корнинг) неосознанно ввёл раствор кокаина между остистыми отростками позвонков собаке. Был описан спинальный блок с обратимым парапарезом.

В 1936 г. было открыто соединение под названием кортизон. Это соединение было использовано в 1950 г. Хенчем (Hench) и его коллегами. Они описали «временное улучшение ревматоидного артрита, ревматической лихорадки и некоторых других состояний» при использовании этого соединения.

В 1952 г. Робекки и Капра (Robecchi and Capra reported) сообщили о лечении грыжи поясничного диска путём введения гидрокортизона в околорадикулярное пространство. Это стало первым документированным эпидуральным применением стероидов с целью наибольшей концентрации препарата в месте воспаления. Позже, в 1960 г., Браун (Brown) сообщил о 100% эффективности лечения ишиаса, при условии добавления в вводимый раствор гидрокортизона или преднизолона [2]. В настоящее время эпидуральное применение кортикостероидов получило широкое распространение. Только в США с 318-миллионным населением в 2014 г. сообщалось о 2255668 эпидуральных инъекциях в службах боли, оплаченных Medicare [3].

Цель – сравнить эффективность различных методов эпидурального применения глюкокортикостероидов (ГКС) в терапии боли, вызванной корешковым синдромом, по данным литературы за последние 20 лет.

Задачи:

1. Провести поиск литературных данных различных методов введения ГКС в эпидуральное пространство в терапии боли.
2. Оценить литературные данные эффективности различных методов эпидурального введения ГКС.
3. Сравнить различные методы эпидурального применения ГКС в противоболевой терапии корешковых синдромов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведён литературный поиск в базах данных PubMed, MEDLINE, EMBASE, The Cochrane Library, Google Scholar, а также ручной поиск библиографий известных первичных и обзорных статей и тезисов научных совещаний в период с 2000 по 2020 г. по ключевым словам: epidural steroid, caudal, transforaminal, corticosteroid, radiculopathy, radicular pain, sciatica, pain, low back, lumbar, thoracic, cervical, neck, spinal, spine, post-laminectomy syndrome, failed back surgery syndrome. Для включения в обзор были отобраны рандомизированные контролируемые

исследования, ретроспективные и проспективные исследования. Во всех источниках была изучена библиография с целью выявления ранее не обнаруженных публикаций. Дата последнего поискового запроса – 30 мая 2021 г. В процессе поиска было выявлено 637 исследований, из которых 615 были исключены, так как не соответствовали теме статьи. Оставшиеся 22 исследования составили основу данного обзора.

В лечении хронической боли описано принципиально три различных способа попадания в эпидуральное пространство с целью введения раствора местного анестетика и кортикостероида:

- интерламинарная (ИЛ) эпидуральная инъекция,
- трансфораминальная (ТФ) эпидуральная инъекция,
- каудальная (сакральная) эпидуральная (СЗ) инъекция.

Методика интерламинарного введения

На поясничном уровне; положение пациента – лежа на животе с валиками или подушками, расположенными так, чтобы оптимально увеличить пространство между остистыми отростками и дужками позвонков. Под контролем флюороскопа выводится на экран передне-задняя проекция (anterior-posterior, AP) для идентификации целевого уровня пункции. Для улучшения визуализации межостистого интервала используется наклон флюороскопа в каудальном или головном направлении по оси тела пациента, а косой угол от 5 до 15° используется для визуализации траектории для парамедиального подхода. После обезболивания кожи местным анестетиком в проекции межостного промежутка вводится эпидуральная игла Туохи. Игла вводится послойно до появления сопротивления жёлтой связки, тогда стилет удаляют, к игле присоединяют шприц низкого сопротивления, наполненный физиологическим раствором.

Эпидуральное пространство идентифицируется методом «потери сопротивления». Для верификации положения иглы в эпидуральное пространство в небольшом количестве вводится контрастное вещество, после чего на флюороскопе в AP проекции следует наблюдать асимметричное, вакуолизированное контрастное распространение, соответствующее эпидуральному пространству [4]. Если глубина введённой иглы недостаточная, то на рентгене может наблюдаться плотное пятно, в этом случае игла должна быть продвинута дальше. Быстро рассеивающийся сосудистый рисунок подразумевает внутрисосудистую инъекцию, и размещение должно быть скорректировано. Если игла была введена слишком глубоко, может наблюдаться симметричный, гладкий и слабый рисунок, указывающий на субдуральную инъекцию. В этом случае врач-клиницист должен вывести иглу и выбрать альтернативный уровень пункции.

В нашей клинике при выполнении ИЛ инъекции на шейном уровне также применяется подход с положением пациента лежа на животе. В данных литературных источников, положение лежа позволяет приблизиться



Рис. 1. Интерламинарная эпидуральная инъекция с типичным распространением контрастного вещества

Fig. 1. Interlaminar epidural injection with typical contrast agent spread

к уровню C₇-Th₁, несмотря на плечи, которые наслаиваются на флюороскопической картинке в боковом положении дуги флюороскопа (рис. 1). Использование техники «висячей капли», по данным различных авторов, в этом положении не подходит из-за положительного давления, создающегося в эпидуральном пространстве на шейном уровне позвоночника [5]. Наши же наблюдения показывают метод «висячей капли» эффективным для идентификации эпидурального пространства. По наблюдениям нашего центра, при попадании кончика иглы в эпидуральное пространство, при наличии раствора контрастного вещества в павильоне иглы, капля втягивается внутрь отрицательным давлением в эпидуральном пространстве в большинстве случаев (табл. 1).

Способы трансфораминальной эпидуральной инъекции (субпедикулярное введение и введение через треугольник Камбина)

Для ТФ инъекции рекомендованы и возможны различные технические подходы.

Классический метод осуществляется через безопасный треугольник (рис. 2). При боковом взгляде конечная точка должна располагаться перед межпозвонковым отверстием (кзади от тела позвонка или в субпедикулярном положении (точка, указанная цифрой 2 на рис. 2) или, наоборот, в задней части межпозвонкового отверстия (ретроневрального положение). Хотя конечное положение иглы в верхней части межпозвонкового отверстия позволяет избежать случайной травмы нервного корешка, и поэтому описывается в качестве стандартного метода в учебной литературе [6]. Существует большая вероятность встретить на пути иглы корешковую медуллярную (артерию Адамкевича) артерию в конечной точке (рис. 3) [7].

Для того чтобы предотвратить непреднамеренную пункцию и внутрисосудистое введение кортикостероида во время инъекции на уровне L₃ и выше, используется способ через треугольник Камбина, наклонная сторона которого образована отводящим нервным путём и является основанием для нижележащего позвонка, а боковая – верхним суставным отростком, поскольку артерия Адамкевича редко пересекает эту часть отверстия [7, 8]. Этот способ также называется ретродискальным, поскольку конечная точка расположена непосредственно за диском, имеется более высокая вероятность случайного его прокола диска [9].

Согласно ретроспективному обзору, проведённому в клинике Майо в Родчестере в 1998–2008 гг., у 248 пациентов, прошедших спинальную ангиографию, было обнаружено 120 радикулотомедуллярных артерий (артерия Адамкевича) [10]. Распределение артерий указано на рис. 4–6.

Пациент находится в положении лежа на животе с подушками под животом для уменьшения поясничного лордоза. Целевая область идентифицируется с помощью тени в виде скотч-терьера (Scotty dog shadow). Дуга флюороскопа должна быть отрегулирована и повернута на 15–30° в сторону места пункции, чтобы

Таблица 1. Частота положительного теста «висячей капли» при пункции эпидурального пространства на различных уровнях шейного отдела позвоночника

Table 1. Frequency of a positive «hanging drop» test when the epidural space is punctured at different levels of the cervical spine

Уровень пункции эпидурального пространства	Количество пациентов	Количество контрастного вещества, мл	Положительный результат метода «висячей капли»	Отрицательный результат метода «висячей капли»
C ₅ -C ₆	6	1,0	1	5
C ₆ -C ₇	17	1,0	15	2
C ₇ -Th ₁	23	1,0	21	2

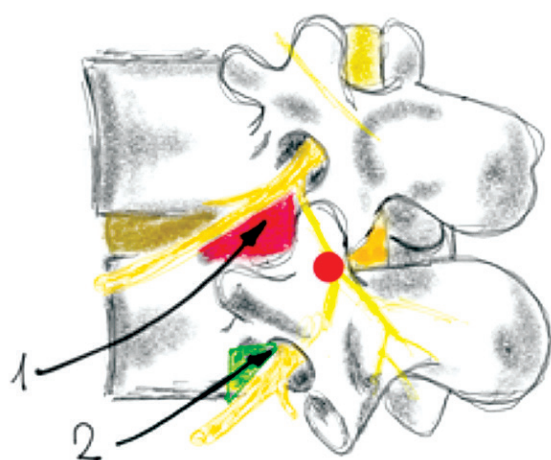


Рис. 2. Точки безопасной пункции. 1 – треугольник Камбина, 2 – субпедикулярное введение

Fig. 2. Safe puncture points. 1 – Kambin triangle, 2 – Subpedicular

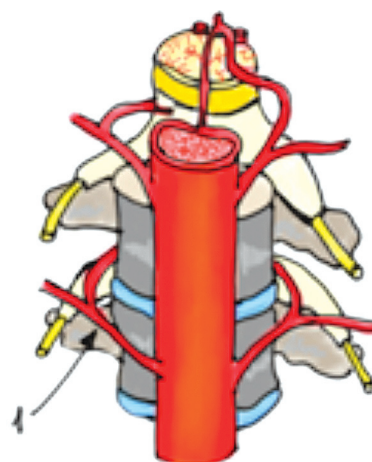


Рис. 3. Артерия Адамкевича

Fig. 3. Adamkevich artery



Рис. 4. Соотношение левосторонней и правосторонней локализации артерии Адамкевича

Fig. 4. Relation of left and right localization of Adamkevich artery

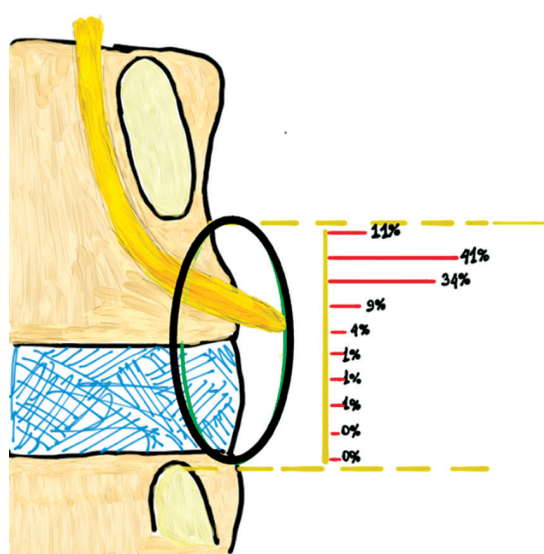


Рис. 6. Распределение артерии Адамкевича в межпозвоночном отверстии

Fig. 6. Distribution of Adamkevich artery in the foramen

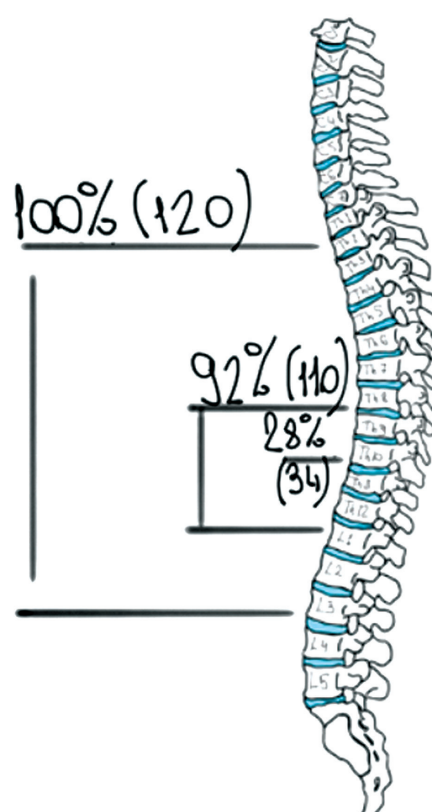


Рис. 5. Распределение артерий Адамкевича на разных уровнях позвоночного столба

Fig. 5. Distribution of Adamkevich arteries at different levels of the vertebral column

визуализировать тень скотч-терьера (рис. 7а), а верхний суставной отросток можно было видеть в середине межпозвоночного диска.

После обработки операционного поля раствором антисептика игла продвигается к области inferolateral interarticularis (безопасный треугольник) для верхнего

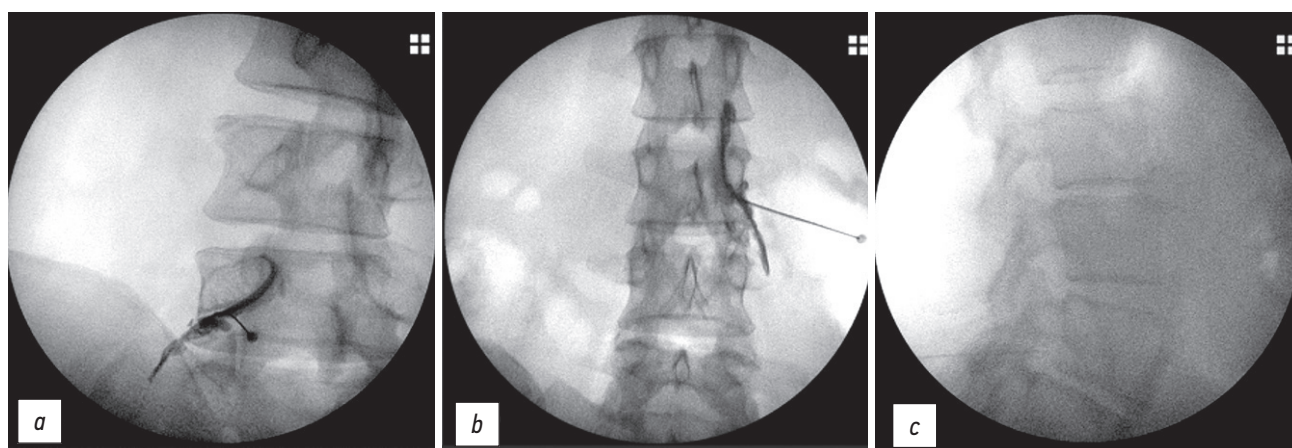


Рис. 7. Положение иглы при трансраминальном субпедикулярном ведении: *a* – в проекции 20°, *b* – в передне-задней проекции, *c* – в боковой проекции

Fig. 7. Needle position in transoraminial subpedicular control. *a* – in projection 20°, *b* – in anterior-posterior projection *b* – in lateral projection

межпозвоночного отверстия. Когда кончик иглы достигает нижнелатеральной границы (угол между нижней челюстью и шейю скотч-терьера), дуга флюороскопа должна быть повернута в боковую проекцию. Иглу постепенно необходимо продвигать к передней и верхней сторонам межпозвоночного отверстия. Когда игла достигнет конечного места, должен быть проведён аспирационный тест для проверки обнаружения крови, далее вводится 1 мл йодсодержащего контрастного вещества под рентгеноскопией в режиме реального времени, чтобы определить, было ли введено вещество в переднее эпидуральное пространство.

Для попадания в треугольник Камбина (перед основанием уха скотч-терьера) игла направляется к латеральной нижней части верхнего суставного отростка параллельно рентгеновской проекции, далее, упиравшись в суставной отросток, игла направляется латерально и продвигается на 2–3 мм. Затем игла вводится медиально в направлении 5 часов верхней ножки на переднезаднем плане (рис. 8). Далее вводится 4 мл препарата (0,5% лидокаин 2 мл + дексаметазон 8 мг).

Методика каудальной (сакральной) эпидуральной инъекции

СЭ инъекцию можно провести тремя способами: слепой методикой; с использованием аппарата УЗИ; с использованием флюороскопа.

Каудальный блок под ультразвуковым контролем был впервые описан Клоке и его коллегами в 2003 г. и с тех пор приобрёл всё большую популярность [11]. В ряде исследований, проведённых в различных этнических группах населения, неоднократно сообщалось об очень высоких успешных показателях (96,9–100%) ультразвуковой каудальной инъекции [12–15]. Пациент может лежать на животе или на боку.

Из-за неточности слепой методики многие авторы рекомендуют проводить СЭ инъекцию под флюороскопическим контролем [16, 17]. Пациент обычно помещается в положение лежа на животе. При боковом взгляде рентгеноскопии крестцовый просвет можно определить как резкое выпадение в конце пластинки S_4 [18]. Траекторию иглы можно визуализировать и направлять в крестцовый канал. При введении контрастного вещества под рентгеноскопией можно верифицировать положение кончика иглы в крестцовом эпидуральном пространстве.

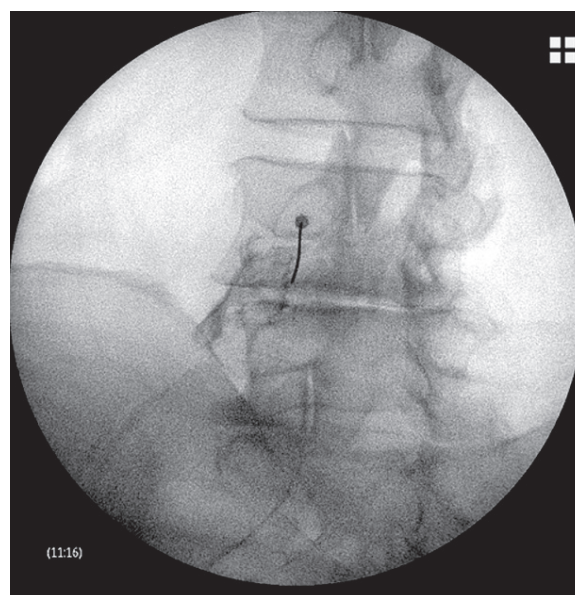


Рис. 8. Расположение иглы при ТФ введении через треугольник Камбина

Fig. 8. Location of the needle during transforaminal administration through the Kambin triangle

Во время СЭ инъекции внутрисосудистая инъекция регистрировалась в 3–14% случаев при обычной рентгеноскопии даже после отрицательной аспирации. Использование флюороскопии повысило эффективность проведения каудальной эпидуральной блокады и в настоящее время считается золотым стандартом при выполнении каудальной блокады [16, 17, 20].

Визуализация при помощи введения контрастного вещества обязательна для эпидуральных инъекций, т.к. метод «потери сопротивления» до 25% на поясничном уровне является ложноположительным, а также для того, чтобы предотвратить пункцию сосуда и внутрисосудистое введение, что случается в 2% случаев на шейном уровне позвоночника и в 3% на уровне поясничного отдела [21, 22]. Данных о пункции сосудов в грудном отделе позвоночника нет. Так, по данным клинических исследований, при введении контраста во время ИЛ эпидуральной инъекции, ТФ и парамедиальной, сосудистый рисунок был обнаружен в 3, 8,9 и 2% случаях соответственно [23]. По данным другого исследования, при проведении эпидуральной инъекции ТФ доступом на поясничном уровне частота встречаемости сосудистого рисунка составляет между 11,2 и 15,5% [24, 25]; на шейном уровне – 19,4% [26]. Вероятность внутрисосудистого введения ТФ доступом на уровне S1 корешка 21,3%, в сравнении с другими корешками на поясничном уровне – 8,1% [24].

Выбор метода эпидурального доступа в зависимости от уровня введения

На шейном уровне не доказано ТФ преимущество введения раствора кортикостероида перед ИЛ, хотя существует теоретическая база в пользу такого пути введения. Но вероятные положительные терапевтические эффекты нивелируются возможными серьёзными неврологическими осложнениями при использовании дисперсных кортикостероидов [27, 28]. Таким образом, ТФ введение дисперсных растворов на шейном уровне считается нецелесообразным и рискованным. Однако и в случае применения дексаметазона в ряде случаев также регистрируются осложнения, в том числе и в связи с прямой травмой корешка иглой [29, 30].

На поясничном уровне в 5 из 8 сравнительных рандомизированных контролируемых исследований ТФ путь введения. Одно исследование из 8 недостаточно достоверно, ещё в одном отмечена тенденция к лучшему результату в сравнении с альтернативными путями введения [31]. Таким образом, на сегодняшний день ТФ путь введения ГКС в эпидуральное пространство на поясничном уровне большинством авторов признаётся приоритетным.

Высокая частота успешных пункций, относительная простота методики и лёгкая обучаемость её выполнения делают метод СЭ инъекций очень привлекательным

в условиях ограниченных материальных возможностей и, возможно, оптимальным для низких корешковых синдромов по соотношению простота–эффективность [17].

Что касается ИЛ введения кортикостероидов на грудном уровне позвоночника, нами найдено только одно рандомизированное клиническое исследование, показывающее незначительное превосходство введения кортикостероидов в сравнении с введением только местного анестетика. Ограничением данного исследования является отсутствие плацебо-группы [32]. Также найдено одно ретроспективное исследование, описывающее технику и показывающее эффективность ТФ методики введения кортикостероида на грудном уровне позвоночника [33]. Исследований, сравнивающих эти две методики, нами не найдено.

Сравнительная эффективность различных методик эпидурального введения кортикостероидов представлена в табл. 2. Обращаем внимание читателей, что в Российской Федерации для эпидурального введения из ГКС разрешен только дексаметазон.

В табл. 3 сравниваются особенности методик эпидурального введения кортикостероидов. Очевидным становится, что при ТФ доступе за высокую эффективность метода мы платим необходимостью использовать дорогое рентгеновское оборудование и риском специфических осложнений. В то же время СЭ и ИЛ инъекции при достаточной эффективности на поясничном уровне могут выполняться у худых пациентов вслепую либо под УЗ-контролем.

Табл. 4 демонстрирует, что наличие в службе боли дополнительного оборудования, такого как УЗ или С-дуга, существенно расширяет ареал безопасных эпидуральных техник. В то же время СЭ и ИЛ инъекции могут осуществляться без дополнительного оборудования, что позволяет выполнять при необходимости эпидуральные инъекции даже в условиях обычной палаты интенсивной терапии при соблюдении правил асептики и антисептики.

ВЫВОДЫ

Анализ литературных источников, описывающих различные методы введения ГКС эпидурально для лечения корешкового болевого синдрома, демонстрирует высокую популярность и эффективность данного метода лечения корешковых болевых синдромов. Существует три способа доставить ГКС эпидурально – ИЛ, ТФ, СЭ доступами.

На шейном уровне безопаснее использовать ИЛ доступ. На грудном эффективны как ИЛ, так и ТФ способы. Для поясничного уровня безопасны все три доступа, но ТФ доступ имеет преимущества с точки зрения эффективности, а СЭ доступ может быть оптимальным по соотношению простота–эффективность.

Таблица 2. Сравнительная эффективность различных методик эпидурального введения**Table 2.** Comparative efficacy of various epidural techniques

Исследование (год)	Дизайн	Тип пациентов	Сравниваемые методы	Результаты	Комментарии к исследованию
Ackerman and Ahmad (2007) [40]	Слепое рандо-мизи-рованное	90 пациентов с радикулопатией S ₁ при наличии грыжи диска	ТФ: 40 мг триамцинолона + 4 мл физраствора. ИЛ: 40 мг триамцинолона + 4 мл физраствора. СЭ: 40 мг триамцинолона + 19 мл физраствора	ТФ>ИЛ или СЭ в течение 24 нед	ТФ инъекции имели лучшие результаты
Gharibo et al. (2011) [34]	Рандо-мизи-рованное	42 пациента с односторонней радикулопатией, связанной с дегенерацией диска, продолжительностью менее года	ТФ: 40 мг триамцинолона + 1 мл 0,25% раствора бупивакаина. ИЛ: 80 мг триамцинолона + 2 мл 0,25% раствора бупивакаина	ТФ>ИЛ в течение последующих 2 нед	Короткий период наблюдения
Rados et al. (2011) [35]	Рандо-мизи-рованное	64 пациента с хронической односторонней радикулопатией на уровне ПОП	ТФ: 40 мг метилпреднизолона + 3 мл 0,5% раствора лидокаина ИЛ: 80 мг метилпреднизолона + 8 мл 0,5% раствора лидокаина	Нет разницы между ТФ и ИЛ в последующие 6 мес	ТФ инъекции содержали 50% дозы стероида в сравнении с ИЛ и меньшее количество МА
Lee et al. (2009) [36]	Ретро-спек-тивное	233 пациента с радикулопатией на уровне пояснично-крестцового отдела позвоночника со стенозом позвоночного канала либо грыжей диска	ТФ малый объём: 40 мг триамцинолона + 2 мл 0,5% раствора лидокаина ТФ большой объём: 40 мг триамцинолона + 8 мл 0,5% раствора лидокаина ИЛ: 40 мг триамцинолона + 8 мл 0,5% раствора лидокаина СЭ: 40 мг триамцинолона + 15 мл 0,5% раствора лидокаина	Оценка удовлетворённости по шкале оценки боли: ТФ>ИЛ>СЭ в течение последующих 2 мес Восстановление функций: ТФ>ИЛ>СЭ	Объём инъекций не стандартизирован, более выраженное восстановление функций в течение первых 2 нед
Mendoza-Lattes et al. (2009) [37]	Ретро-спек-тивное контролируемое	93 пациента с преимущественно низкими грыжами диска	СЭ: до 3 инъекций с 2 мл 40 мг/мл депо-метилпреднизолона или 3 мл 6 мг/мл бетаметазона ТФ: до 3 инъекций в соотношении 1:1 1,5–2 мл 0,25% бупивакаина смешанного с депо-метилпреднизолоном или бетаметазоном	СЭ=ТФ через 2 года наблюдения	16 пациентов не контролировались, низкие объёмы, используемые для каудальной инъекции, некоторые пациенты не подходящие под модель (стеноз, спондилолистез)

Примечание. ИЛ – интраламинарный доступ, ТФ – трансфораминальный доступ, СЭ – сакрально-эпидуральный доступ.

Note. IL, intralaminar approach; TF, transforaminal approach; SE, sacral epidural approach.

Таблица 3. Сравнительные характеристики различных методик эпидурального введения кортикостероидов**Table 3.** Comparative characteristics of various methods of epidural administration of corticosteroids

Доступ	Эффек-тивность	Осложнения	Простота метода	Необходимость в дополнительном оборудовании	Необходимость контрастирования
ИЛ	+	Непреднамеренная пункция твёрдой мозговой оболочки. Эпидуральная гематома	+	Возможность слепых инъекций. Возможность использования УЗИ и флюороскопа	Возможность применения метода без контрастирования
ТФ	+	Травматизация иглой корешка спинномозгового нерва. Внутрисосудистое введение, повреждение и эмболизация артерии Адамкевича. Непреднамеренная пункция твёрдой мозговой оболочки	-	Обязательное использование флюороскопа	Обязательное контрастирование
СЭ	+	Непреднамеренная пункция твёрдой мозговой оболочки	+	Возможность слепых инъекций. Возможность использования УЗИ и флюороскопа	Возможность применения метода без контрастирования

Таблица 4. Методы визуализации, применяемые при различных методиках эпидурального введения кортикостероидов**Table 4.** Imaging methods used in various methods of epidural administration of corticosteroids

Методы	Каудальная инъекция	Трансфораминальная инъекция	Интерламинарная инъекция
УЗИ	+	-	+/-
Флюороскопия	+	+	+
Слепые инъекции	+	-	+

Использование методов визуализации расширяет арсенал эпидуральных методов введения. ТФ способ возможен только при наличии рентгеновского контроля. СЭ доступ может также выполняться под ультразвуковым контролем. Слепые инъекции допускаются для СЭ и ИЛ доступов, однако они сопровождаются большей частотой неудач.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFO

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Author contribution. All authors confirm the compliance of their authorship, according to international ICMJE criteria (all authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. U.S. Food and Drug Administration. Epidural steroid injections (ESI) and the risk of serious neurologic adverse reactions. In: Anesthetic and Analgesic Drug Products Advisory Committee, ed. Anesthetic and Analgesic Drug Products Advisory Committee: Briefing Document. Silver Spring, MD: U.S. Food and Drug Administration, 2014. P. 8–56.
2. Nelson D.A., Landau W.M. Intraspinal steroids: history, efficacy, accidentality, and controversy with review of United States Food and Drug Administration reports // J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2001. Vol. 70, N 4. P. 433–443. doi: 10.1136/jnnp.70.4.433
3. Manchikanti L., Pampati V., Hirsch J.A. Retrospective cohort study of usage patterns of epidural injections for spinal pain in the US fee-for-service Medicare population from 2000 to 2014 // BMJ Open. 2016. Vol. 6, N 12. P. e013042. doi: 10.1136/bmjopen-2016-013042
4. Pena E., Moroz L., Singh D. Lumbar Epidural Steroid Injections // JBJS Essent Surg Tech. 2016. Vol. 6, N 3. P. e25. doi: 10.2106/JBJS.ST.0.00058
5. Moon J.Y., Lee P.B., Nahm F.S., et al. Cervical epidural pressure measurement: comparison in the prone and sitting positions // Anesthesiology. 2010. Vol. 113, N 3. P. 666–671. doi: 10.1097/ALN.0b013e3181e898e8
6. Gil N.S., Lee J.H., Yoon S.Z., et al. Comparison of thoracic epidural pressure in the sitting and lateral decubitus positions // Anesthesiology. 2008. Vol. 109, N 1. P. 67–71. doi: 10.1097/ALN.0b013e31817b80df
7. Murthy N.S., Maus T.P., Behrns C.L. Intraforaminal location of the great anterior radiculomedullary artery (artery of Adamkiewicz): a retrospective review // Pain Med. 2010. Vol. 11, N 12. P. 1756–1764. doi: 10.1111/j.1526-4637.2010.00948.x
8. Riew K.D., Yin Y., Gilula L., et al. The effect of nerve-root injections on the need for operative treatment of lumbar radicular pain. A prospective, randomized, controlled, double-blind study // J Bone Joint Surg Am. 2000. Vol. 82, N 11. P. 1589–1593. doi: 10.2106/00004623-200011000-00012
9. Levi D., Horn S., Corcoran S. The Incidence of Intradiscal, Intrathecal, and Intravascular Flow During the Performance of Retrodiscal (Infraneural) Approach for Lumbar Transforaminal Epidural Steroid Injections // Pain Med. 2016. Vol. 17, N 8. P. 1416–1422. doi: 10.1093/pm/pnv067
10. Alleyne C.H., Jr., Cawley C.M., Shengelaia G.G., Barrow D.L. Microsurgical anatomy of the artery of Adamkiewicz and its segmental artery // J Neurosurg. 1998. Vol. 89, N 5. P. 791–795. doi: 10.3171/jns.1998.89.5.0791
11. Klocke R., Jenkinson T., Glew D. Sonographically guided caudal epidural steroid injections // J Ultrasound Med. 2003. Vol. 22, N 11. P. 1229–1232. doi: 10.7863/jum.2003.22.11.1229
12. Chen C.P., Wong A.M., Hsu C.C., et al. Ultrasound as a screening tool for proceeding with caudal epidural injections // Arch Phys Med Rehabil. 2010. Vol. 91, N 3. P. 358–363. doi: 10.1016/j.apmr.2009.11.019
13. Nikooseresht M., Hashemi M., Mohajerani S. A., et al. Ultrasound as a screening tool for performing caudal epidural injections // Iranian Journal of Radiology. 2014. Vol. 11, N 2. doi: 10.5812/iranradiol.13262.e13262

14. Blanchais A., Le Goff B., Guillot P., et al. Feasibility and safety of ultrasound-guided caudal epidural glucocorticoid injections // *Joint Bone Spine*. 2010. Vol. 77, N 5. P. 440–444. doi: 10.1016/j.jbspin.2010.04.016
15. Yoon J.S., Sim K.H., Kim S.J., et al. The feasibility of color Doppler ultrasonography for caudal epidural steroid injection // *Pain*. 2005. Vol. 118, N 1–2. P. 210–214. doi: 10.1016/j.pain.2005.08.014
16. Barham G., Hilton A. Caudal epidurals: the accuracy of blind needle placement and the value of a confirmatory epidurogram // *Eur Spine J*. 2010. Vol. 19, N 9. P. 1479–1483. doi: 10.1007/s00586-010-1469-8
17. Renfrew D.L., Moore T.E., Kathol M.H., et al. Correct placement of epidural steroid injections: fluoroscopic guidance and contrast administration // *AJNR Am J Neuroradiol*. 1991. Vol. 12, N 5. P. 1003–1007. PMC8333499
18. Landers M.H., Aprill C.N. Epidural steroid injections. In: Lennard T.A., Vivian D.G., Walkowski S.D., Singla A.K., editors. *Pain Procedures in Clinical Practice*. 3rd. Elsevier Health Sciences, 2011. P. 313–356.
19. Sullivan W.J., Willick S.E., Chira-Adisai W., et al. Incidence of intravascular uptake in lumbar spinal injection procedures // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000. Vol. 25, N 4. P. 481–486. doi: 10.1097/00007632-200002150-00015
20. Manchikanti L., Cash K.A., Pampati V., et al. Evaluation of fluoroscopically guided caudal epidural injections // *Pain Physician*. 2004. Vol. 7, N 1. P. 81–92.
21. Bartynski W.S., Grahovac S.Z., Rothfus W.E. Incorrect needle position during lumbar epidural steroid administration: inaccuracy of loss of air pressure resistance and requirement of fluoroscopy and epidurography during needle insertion // *AJNR Am J Neuroradiol*. 2005. Vol. 26, N 3. P. 502–505. PMC7976494
22. Manchikanti L., Cash K.A., Pampati V., et al. Evaluation of lumbar transforaminal epidural injections with needle placement and contrast flow patterns: a prospective, descriptive report // *Pain Physician*. 2004. Vol. 7, N 2. P. 217–223.
23. Stretanski M.F., Chopko B. Unintentional vascular uptake in fluoroscopically guided, contrast-confirmed spinal injections: a 1-yr clinical experience and discussion of findings // *Am J Phys Med Rehabil*. 2005. Vol. 84, N 1. P. 30–35. doi: 10.1097/01.phm.0000150791.90086.3a
24. Furman M.B., O'Brien E.M., Zgleszewski T.M. Incidence of intravascular penetration in transforaminal lumbosacral epidural steroid injections // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000. Vol. 25, N 20. P. 2628–2632. doi: 10.1097/00007632-200010150-00014
25. Hong J.H., Lee Y.H. Comparison of incidence of intravascular injections during transforaminal epidural steroid injection using different needle types // *Korean J Anesthesiol*. 2014. Vol. 67, N 3. P. 193–197. doi: 10.4097/kjae.2014.67.3.193
26. Furman M.B., Giovanniello M.T., O'Brien E.M. Incidence of intravascular penetration in transforaminal cervical epidural steroid injections // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003. Vol. 28, N 1. P. 21–25. doi: 10.1097/00007632-200301010-00007
27. Anderberg L., Annertz M., Persson L., et al. Transforaminal steroid injections for the treatment of cervical radiculopathy: a prospective and randomised study // *Eur Spine J*. 2007. Vol. 16, N 3. P. 321–328. doi: 10.1007/s00586-006-0142-8
28. Engel A., King W., MacVicar J. Standards Division of the International Spine Intervention S. The effectiveness and risks of fluoroscopically guided cervical transforaminal injections of steroids: a systematic review with comprehensive analysis of the published data // *Pain Med*. 2014. Vol. 15, N 3. P. 386–402. doi: 10.1111/pme.12304
29. Rathmell J.P., Michna E., Fitzgibbon D.R., et al. Injury and liability associated with cervical procedures for chronic pain // *Anesthesiology*. 2011. Vol. 114, N 4. P. 918–926. doi: 10.1097/ALN.0b013e31820fc7f2
30. Fitzgibbon D.R., Posner K.L., Domino K.B., et al. Chronic pain management: American Society of Anesthesiologists Closed Claims Project // *Anesthesiology*. 2004. Vol. 100, N 1. P. 98–105. doi: 10.1097/00000542-200401000-00018
31. Cohen S.P., Bicket M.C., Jamison D., et al. Epidural steroids: a comprehensive, evidence-based review // *Reg Anesth Pain Med*. 2013. Vol. 38, N 3. P. 175–200. doi: 10.1097/AAP.0b013e31828ea086
32. Manchikanti L., Cash K.A., McManus C.D., et al. Thoracic interlaminar epidural injections in managing chronic thoracic pain: a randomized, double-blind, controlled trial with a 2-year follow-up // *Pain Physician*. 2014. Vol. 17, N 3. P. E327–338.
33. Rosas H.G., Gilula L.A. Performing thoracic transforaminal injections: a new technique // *Radiology*. 2010. Vol. 254, N 2. P. 595–600. doi: 10.1148/radiol.09082085
34. Gharibo C.G., Varlotta G.P., Rhame E.E., et al. Interlaminar versus transforaminal epidural steroids for the treatment of subacute lumbar radicular pain: a randomized, blinded, prospective outcome study // *Pain Physician*. 2011. Vol. 14, N 6. P. 499–511.
35. Rados I., Sakic K., Fingler M., Kapural L. Efficacy of interlaminar vs transforaminal epidural steroid injection for the treatment of chronic unilateral radicular pain: prospective, randomized study // *Pain Med*. 2011. Vol. 12, N 9. P. 1316–1321. doi: 10.1111/j.1526-4637.2011.01213.x
36. Lee J.H., Moon J., Lee S.H. Comparison of effectiveness according to different approaches of epidural steroid injection in lumbosacral herniated disk and spinal stenosis // *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2009. Vol. 22, N 2. P. 83–89. doi: 10.3233/BMR-2009-0220
37. Mendoza-Lattes S., Weiss A., Found E., et al. Comparable effectiveness of caudal vs. trans-foraminal epidural steroid injections // *Iowa Orthop J*. 2009. Vol. 29. P. 91–96. PMC2723700

REFERENCES

1. U.S. Food and Drug Administration. Epidural steroid injections (ESI) and the risk of serious neurologic adverse reactions. In: *Anesthetic and Analgesic Drug Products Advisory Committee, ed. Anesthetic and Analgesic Drug Products Advisory Committee: Briefing Document*. Silver Spring, MD: U.S. Food and Drug Administration; 2014. P:8–56.
2. Nelson DA, Landau WM. Intraspinal steroids: history, efficacy, accidentality, and controversy with review of United States Food and Drug Administration reports. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2001;70(4):433–443. doi: 10.1136/jnnp.70.4.433
3. Manchikanti L, Pampati V, Hirsch JA. Retrospective cohort study of usage patterns of epidural injections for spinal pain in the US fee-for-service Medicare population from 2000 to 2014. *BMJ Open*. 2016;6(12):e013042. doi: 10.1136/bmjopen-2016-013042
4. Pena E, Moroz L, Singh D. Lumbar Epidural Steroid Injections. *JBJS Essent Surg Tech*. 2016;6(3):e25. doi: 10.2106/JBJS.ST.0.00058

5. Moon JY, Lee PB, Nahm FS, et al. Cervical epidural pressure measurement: comparison in the prone and sitting positions. *Anesthesiology*. 2010;113(3):666–671. doi: 10.1097/ALN.0b013e3181e898e8
6. Gil NS, Lee JH, Yoon SZ, et al. Comparison of thoracic epidural pressure in the sitting and lateral decubitus positions. *Anesthesiology*. 2008;109(1):67–71. doi: 10.1097/ALN.0b013e31817b80df
7. Murthy NS, Maus TP, Behrns CL. Intraforaminal location of the great anterior radiculomedullary artery (artery of Adamkiewicz): a retrospective review. *Pain Med*. 2010;11(12):1756–1764. doi: 10.1111/j.1526-4637.2010.00948.x
8. Riew KD, Yin Y, Gilula L, et al. The effect of nerve-root injections on the need for operative treatment of lumbar radicular pain. A prospective, randomized, controlled, double-blind study. *J Bone Joint Surg Am*. 2000;82(11):1589–1593. doi: 10.2106/00004623-200011000-00012
9. Levi D, Horn S, Corcoran S. The Incidence of Intradiscal, Intrathecal, and Intravascular Flow During the Performance of Retrodiscal (Infraneural) Approach for Lumbar Transforaminal Epidural Steroid Injections. *Pain Med*. 2016;17(8):1416–1422. doi: 10.1093/pm/pnv067
10. Alleyne CH, Jr., Cawley CM, Shengelaia GG, Barrow DL. Microsurgical anatomy of the artery of Adamkiewicz and its segmental artery. *J Neurosurg*. 1998;89(5):791–795. doi: 10.3171/jns.1998.89.5.0791
11. Klocke R, Jenkinson T, Glew D. Sonographically guided caudal epidural steroid injections. *J Ultrasound Med*. 2003;22(11):1229–1232. doi: 10.7863/jum.2003.22.11.1229
12. Chen CP, Wong AM, Hsu CC, et al. Ultrasound as a screening tool for proceeding with caudal epidural injections. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010;91(3):358–363. doi: 10.1016/j.apmr.2009.11.019
13. Nikooseresht M, Hashemi M, Mohajerani SA, et al. Ultrasound as a screening tool for performing caudal epidural injections. *Iranian Journal of Radiology*. 2014;11(2). doi: 10.5812/iranradiol.13262.e13262
14. Blanchais A, Le Goff B, Guillot P, et al. Feasibility and safety of ultrasound-guided caudal epidural glucocorticoid injections. *Joint Bone Spine*. 2010;77(5):440–444. doi: 10.1016/j.jbspin.2010.04.016
15. Yoon JS, Sim KH, Kim SJ, et al. The feasibility of color Doppler ultrasonography for caudal epidural steroid injection. *Pain*. 2005;118(1–2):210–214. doi: 10.1016/j.pain.2005.08.014
16. Barham G, Hilton A. Caudal epidurals: the accuracy of blind needle placement and the value of a confirmatory epidurogram. *Eur Spine J*. 2010;19(9):1479–1483. doi: 10.1007/s00586-010-1469-8
17. Renfrew DL, Moore TE, Kathol MH, et al. Correct placement of epidural steroid injections: fluoroscopic guidance and contrast administration. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1991;12(5):1003–1007. PMC8333499
18. Landers MH, Aprill CN. Epidural steroid injections. In: Lennard TA, Vivian DG, Walkowski SD, Singla AK, editors. *Pain Procedures in Clinical Practice*. 3rd. Elsevier Health Sciences; 2011. P:313–356.
19. Sullivan WJ, Willick SE, Chira-Adisai W, et al. Incidence of intravascular uptake in lumbar spinal injection procedures. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000;25(4):481–486. doi: 10.1097/00007632-200002150-00015
20. Manchikanti L, Cash KA, Pampati V, et al. Evaluation of fluoroscopically guided caudal epidural injections. *Pain Physician*. 2004;7(1):81–92.
21. Bartynski WS, Grahovac SZ, Rothfus WE. Incorrect needle position during lumbar epidural steroid administration: inaccuracy of loss of air pressure resistance and requirement of fluoroscopy and epidurography during needle insertion. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2005;26(3):502–505. PMC7976494
22. Manchikanti L, Cash KA, Pampati V, et al. Evaluation of lumbar transforaminal epidural injections with needle placement and contrast flow patterns: a prospective, descriptive report. *Pain Physician*. 2004;7(2):217–223.
23. Stretanski MF, Chopko B. Unintentional vascular uptake in fluoroscopically guided, contrast-confirmed spinal injections: a 1-yr clinical experience and discussion of findings. *Am J Phys Med Rehabil*. 2005;84(1):30–35. doi: 10.1097/01.phm.0000150791.90086.3a
24. Furman MB, O'Brien EM, Zgleszewski TM. Incidence of intravascular penetration in transforaminal lumbosacral epidural steroid injections. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000;25(20):2628–2632. doi: 10.1097/00007632-200010150-00014
25. Hong JH, Lee YH. Comparison of incidence of intravascular injections during transforaminal epidural steroid injection using different needle types. *Korean J Anesthesiol*. 2014;67(3):193–197. doi: 10.4097/kjae.2014.67.3.193
26. Furman MB, Giovanniello MT, O'Brien EM. Incidence of intravascular penetration in transforaminal cervical epidural steroid injections. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28(1):21–25. doi: 10.1097/00007632-200301010-00007
27. Anderberg L, Annertz M, Persson L, et al. Transforaminal steroid injections for the treatment of cervical radiculopathy: a prospective and randomised study. *Eur Spine J*. 2007;16(3):321–328. doi: 10.1007/s00586-006-0142-8
28. Engel A, King W, MacVicar J, Standards Division of the International Spine Intervention S. The effectiveness and risks of fluoroscopically guided cervical transforaminal injections of steroids: a systematic review with comprehensive analysis of the published data. *Pain Med*. 2014;15(3):386–402. doi: 10.1111/pme.12304
29. Rathmell JP, Michna E, Fitzgibbon DR, et al. Injury and liability associated with cervical procedures for chronic pain. *Anesthesiology*. 2011;114(4):918–926. doi: 10.1097/ALN.0b013e31820fc7f2
30. Fitzgibbon DR, Posner KL, Domino KB, et al. Chronic pain management: American Society of Anesthesiologists Closed Claims Project. *Anesthesiology*. 2004;100(1):98–105. doi: 10.1097/0000542-200401000-00018
31. Cohen SP, Bicket MC, Jamison D, et al. Epidural steroids: a comprehensive, evidence-based review. *Reg Anesth Pain Med*. 2013;38(3):175–200. doi: 10.1097/AAP.0b013e31828ea086
32. Manchikanti L, Cash KA, McManus CD, et al. Thoracic interlaminar epidural injections in managing chronic thoracic pain: a randomized, double-blind, controlled trial with a 2-year follow-up. *Pain Physician*. 2014;17(3):E327–338.
33. Rosas HG, Gilula LA. Performing thoracic transforaminal injections: a new technique. *Radiology*. 2010;254(2):595–600. doi: 10.1148/radiol.09082085
34. Gharibo CG, Varlotta GP, Rhame EE, et al. Interlaminar versus transforaminal epidural steroids for the treatment of subacute lumbar radicular pain: a randomized, blinded, prospective outcome study. *Pain Physician*. 2011;14(6):499–511.
35. Rados I, Sakic K, Fingler M, Kapural L. Efficacy of interlaminar vs transforaminal epidural steroid injection for the treatment of chronic unilateral radicular pain: prospective, randomized study. *Pain Med*. 2011;12(9):1316–1321. doi: 10.1111/j.1526-4637.2011.01213.x
36. Lee JH, Moon J, Lee SH. Comparison of effectiveness according to different approaches of epidural steroid injection in lumbosacral herniated disk and spinal stenosis. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2009;22(2):83–89. doi: 10.3233/BMR-2009-0220
37. Mendoza-Lattes S, Weiss A, Found E, et al. Comparable effectiveness of caudal vs. trans-foraminal epidural steroid injections. *Iowa Orthop J*. 2009;29:91–96. PMC2723700

ОБ АВТОРАХ

***Хиновкер Владимир Владимирович**, к.м.н.;

адрес: Россия, 660037, Красноярский край, Красноярск, Коломенская ул., д. 26, к. 2;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3162-6298>;

eLibrary SPIN: 8640-9591;

e-mail: vhinov@hotmail.com

Фёдоров Дмитрий Андреевич, анестезиолог-реаниматолог;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1860-4609>;

eLibrary SPIN: 6912-7740;

e-mail: 293333666fedorov@gmail.com

Корячкин Виктор Анатольевич, д.м.н., профессор;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3400-8989>;

eLibrary SPIN: 6101-0578;

e-mail: vakoryachkin@mail.ru

AUTHORS INFO

***Vladimir V. Khinovker**, MD, Cand. Sci. (Med.);

address: 26, 2, Kolomenskaya st., Krasnoyarsk, 660037, Russia;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3162-6298>;

eLibrary SPIN: 8640-9591;

e-mail: vhinov@hotmail.com

Dmitry A. Fedorov, anesthesiologist;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1860-4609>;

eLibrary SPIN: 6912-7740;

e-mail: 293333666fedorov@gmail.com

Viktor A. Koriachkin, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3400-8989>;

eLibrary SPIN: 6101-0578;

e-mail: vakoryachkin@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author