

Оригинальная статья = Original articles = Оригінальна стаття

УДК 616.711-006.311.03

Баллонная кифопластика и чрескожная вертебропластика в хирургии переломов позвоночника вследствие остеопороза

Павлов Б.Б.

Центр Медицины Боли, Киев, Украина

Поступила в редакцию 01.09.16
Принята к публикации 19.09.16**Адрес для переписки:**

Павлов Борис Борисович, Центр Медицины Боли, ул. Григория Сковороды, 1, Киев, Украина, 04070, e-mail: doc.pavloff@ukr.net

Вступление. У пациентов пожилого возраста и в период менопаузы высока вероятность возникновения переломов позвоночника вследствие остеопороза, что проявляется болью, ограничением самообслуживания. Для лечения таких переломов применяют чрескожную вертебропластику (ЧВП) и баллонную кифопластику (БКП). Наряду с очевидной эффективностью, эти миниинвазивные методы обуславливают ряд осложнений.

Цель. Изучить частоту осложнений и динамику социальной адаптированности пациентов, оперированных по поводу компрессионных переломов позвоночника на фоне остеопороза, с применением ЧВП и БКП.

Материалы и методы. Проанализированы результаты лечения 43 пациентов по поводу неосложненных переломов груднопоясничного отдела позвоночника. У 19 больных (26 позвонков) произведена ЧВП, у 24 (28 позвонков) — БКП. Для оценки результатов операции использовали опросник Oswestry, осложнения оценивали с применением клинических и радиологических методов.

Результаты. У всех пациентов после операции отмечено уменьшение интенсивности болевого синдрома, большая социальная адаптированность. Частота осложнений в виде экстравертебрального истечения костного цемента больше после выполнения ЧВП (19,2%), чем после БКП (3,6%). Течение осложнения бессимптомное.

Выводы. Применение обоих миниинвазивных методов в равной мере позволило уменьшить выраженность болевого синдрома, улучшить социальную адаптацию пациентов. БКП является более безопасной, но более дорогостоящей процедурой.

Ключевые слова: остеопороз; компрессионный перелом позвоночника; баллонная кифопластика; чрескожная вертебропластика; осложнения.

Украинский нейрохирургический журнал. — 2016. — №4. — С.39-44.

Balloon kyphoplasty and percutaneous vertebroplasty in the surgery of osteoporotic vertebral fractures

Borys Pavlov

Pain Clinic, Kiev, Ukraine

Received, September 01, 2016
Accepted, September 19, 2016**Address for correspondence:**

Borys Pavlov, Pain Clinic, 1 Grygoriia Skovorody St, Kiev, Ukraine, 04070, e-mail: doc.pavloff@ukr.net

Introduction. The elderly and postmenopausal patients are likely to have a high risk of vertebral osteoporotic fracture associated with pain and self-maintenance limitations. These fractures are treated with percutaneous vertebroplasty (PVP) and balloon kyphoplasty (BKP). Along with the obvious efficiency, these minimally invasive techniques have a number of complications.

Objective. To study the incidence of complications and the dynamics of social adaptation of the patients operated for spinal compression fractures against osteoporosis using PVP and BKP.

Materials and methods. The results of treatment of 43 patients with uncomplicated thoracolumbar spine fractures were analyzed. In 19 patients (26 vertebrae) PVP was performed, 24 patients (28 vertebrae) underwent BKP. The operation results were estimated with Oswestry questionnaire; the complications were clinically and radiologically assessed.

Results. All patients showed a reduction in pain intensity and better social adaptability. The incidence of such complications as extravertebral bone cement leakage was higher in PVP group (19.2%) compared with BKP group (3.6%). Complications were asymptomatic.

Conclusion. Both minimal invasive methods reduced pain equally and improved social adaptation of the patients. BKP is more safe, but is more expensive procedure as well.

Keywords: osteoporosis; vertebral compression fracture; balloon kyphoplasty; percutaneous vertebroplasty; complications.

Ukrainian Neurosurgical Journal. 2016;(4):39-44.

Балонна кіфопластика і черезшкірна вертебропластика в хірургії переломів хребта внаслідок остеопорозу

Павлов Б.Б.

Центр Медицини Болю, Київ, Україна

Надійшла до редакції 01.09.16
Прийнята до публікації 19.09.16

Адреса для листування:

Павлов Борис Борисович, Центр Медицини Болю, вул. Григорія Сковороди, 1, Київ, Україна, 04070, e-mail: doc.pavloff@ukr.net

Вступ. У пацієнтів літнього віку і в період менопаузи висока ймовірність виникнення переломів хребта внаслідок остеопорозу, що проявляється болем, обмеженням самообслуговування. Для лікування таких переломів застосовують черезшкірну вертебропластику (ЧВП) і балонну кіфопластику (БКП). Поряд з очевидною ефективністю, ці мініінвазивні методи мають зумовлюють деякі ускладнення.

Мета. Вивчити частоту ускладнень і динаміку соціальної адаптованості пацієнтів, оперованих з приводу компресійних переломів хребта на тлі остеопорозу, з застосуванням ЧВП і БКП.

Матеріали і методи. Проаналізовані результати лікування 43 пацієнтів з приводу неускладнених переломів груднопоперекового відділу хребта. У 19 хворих (26 хребців) здійснено ЧВП, у 24 (28 хребців) — БКП. Для оцінки результатів операції використовували опитувальник Oswestry, ускладнення оцінювали за даними клінічних і радіологічних методів.

Результати. В усіх пацієнтів після операції відзначене зменшення інтенсивності больового синдрому, більша соціальна адаптованість. Частота ускладнень у вигляді екстравертебрального витікання кісткового цементу більша після виконання ЧВП (19,2%), ніж після БКП (3,6%). Перебіг ускладнення безсимптомний.

Висновки. Застосування обох мініінвазивних методів рівною мірою дозволило зменшити вираженість больового синдрому, поліпшити соціальну адаптацію пацієнтів. БКП — більш безпечна, проте, більш дорога процедура.

Ключові слова: остеопороз; компресійний перелом хребта; балонна кіфопластика; черезшкірна вертебропластика; ускладнення.

Український нейрохірургічний журнал. — 2016. — №4. — С.39-44.

Вступление. Переломы позвоночника на фоне остеопороза возникают у 20% пациентов старше 70 лет, у 16% женщин в период менопаузы. Основными симптомами таких переломов являются боль и кифотическая деформация позвоночника. Эти синдромы негативно влияют на функцию легких, кишечника, ограничивают самообслуживание, что ухудшает качество жизни пациентов, уменьшает ее продолжительность [1, 2]. Миниинвазивная хирургия является методом выбора при лечении таких пациентов. Метод ЧВП предложен в 1987 г. для лечения гемангиом [3]. В последующем нейрохирурги и ортопеды стали успешно применять его в лечении компрессионных переломов позвоночника. БКП как модифицированный метод вертебропластики разработана Reiley и соавторами в 1998 г., впервые успешно применена Belkoff в 2001 г. [4]. Оба метода предусматривают введение в тело пораженного позвонка полиметилметакрилата, что обеспечивает первичную стабилизацию сегмента и хорошее обезболивающее действие. Однако, помимо очевидной эффективности, оба миниинвазивных метода сопровождаются осложнениями: перелом ребер и смежных позвонков, пневмоторакс, образование межмышечной гематомы, раневая инфекция, токсичное действие композита [5–8]. Наиболее тяжелым, иногда фатальным осложнением является экстравертебральное истечение костного цемента. У большинства больных течение осложнения бессимптомное, но возможно возникновение радикулопатии, миелопатии, легочного эмболизма [9–12].

Цель исследования. Изучить частоту осложнений и динамику социальной адаптированности пациентов, оперированных по поводу компрессионных переломов груднопоясничного отдела позвоночника на фоне остеопороза, с применением ЧВП и БКП.

Материалы и методы исследования. Проанализированы результаты лечения 43 пациентов по поводу повреждения грудного и поясничного отделов позвоночника, оперированных в нейрохирургическом отделении ОТБ г. Донецка в 2011–2014 гг. и в Центре Медицины Боли г. Киева в 2014–2016 гг. Критерием включения в исследование было наличие неосложненного (ASIA E) [13] перелома позвоночника (Magerl A) [14] на фоне остеопороза.

У 19 пациентов (1-я группа) выполнена ЧВП, у 24 (2-я группа) — БКП. В 1-й группе было 3 (15,8%) мужчин и 16 (84,2%) женщин. Возраст пациентов от 48 до 85 лет, в среднем 70,7 года. Всего оперированы 26 позвонков. Поражение грудного отдела позвоночника выявлено у 8 больных, поясничного — у 18. У 68% больных отмечена одноуровневая компрессия, у 26% — двухуровневая, у 6% — трехуровневая. Унипедикулярный доступ использован 10 раз, бипедикулярный — 9 раз. Во 2-й группе было 4 (16,7%) мужчин и 20 (83,3%) женщин. Возраст пациентов от 48 до 85 лет, в среднем 69,2 года. Всего оперированы 28 позвонков. Поражение грудного отдела позвоночника обнаружено у 12 больных, поясничного — у 16. У 83% отмечена одноуровневая компрессия, у 17% — двухуровневая. Унипедикулярный доступ исполь-

зован 9 раз, преимущественно в грудном отделе, бипедикулярный — 19 раз.

Всем пациентам проведено обследование, включавшее спондилографию в двух проекциях, СКТ, МРТ, стандартное неврологическое исследование. По данным рентгенологического исследования выявлены характерные признаки остеопороза в виде симптома «рыбьих» позвонков (тела позвонков двояковыпуклые); симптом «рамки», возникающий при разрежении губчатой кости тела позвонка, на фоне хорошо выраженного наружного кортикального контура. Компьютерную томографию проводили шагом 1 мм с трехмерной реконструкцией. МРТ выполняли на оборудовании закрытого типа, сила магнитного поля не менее 1,5 Т. Очаговое изменение МР-сигнала было обусловлено отеком костной ткани при «свежем» переломе. Сигнал от губчатой ткани гиподенсивен на T1 взвешенном изображении (ВИ) и гиперденсивен — на T2 ВИ. Для оценки минеральной плотности костной ткани (МПКТ) применяли рентгеновскую двухэнергетическую денситометрию (DEXA). Числовым выражением диагноза остеопороза был Т-критерий — число стандартных отклонений (SD) от показателей МПКТ у молодых (20–39 лет) здоровых лиц. Отклонения Т-критерия на 1,0 SD считали нормой; 1–2,5 SD — диагностировали остеопению (состояние «предостеопороза»); более 2,5 SD от пиковых показателей (Т-критерий менее -2,5 SD) — остеопороз.

ЧВП выполняли с применением транспедикулярного доступа, использовали иглы G11, G13 [5]. Положение больного лежа на животе с реклинрующими валиками. После определения скелетотопических ориентиров осуществляли инфильтрационную анестезию кожи, подлежащих тканей и надкостницы в области корня дуги позвонка. Траектория проведения иглы проходила до передней трети тела позвонка. Затем шприцом высокого давления в губчатую кость нагнетали метакрилат. Предпочтение отдавали композитам высокой вязкости, при достаточной рентгеноконтрастности они характеризовались комфортной для хирургического пособия продолжительностью полимеризации. Постоянный радиологический контроль С-дугой обеспечивал корректность всех этапов манипуляции. Односторонний доступ применен в 10 наблюдениях, двусторонний — в 9.

Чрескожный транспедикулярный доступ при БКП осуществляли по схеме [15, 16]. Пункцию тела пораженного позвонка производили иглами G11. Направление продвижения иглы выбирали так, чтобы ее конец располагался в дистальной трети тела позвонка. Затем иглу меняли на более широкую рабочую канюлю. Специальной дрелью в теле позвонка подготавливали полость для установки баллона. Баллон заполняли рентгеноконтрастным раствором под давлением 12–25 атм. В зависимости от уровня поражения и степени компрессии использовали баллоны объемом 15 или 20 мм. Критерием достаточности наполнения было соприкосновение стенки баллона с одной из замыкательных пластин компримированного позвонка. Затем в сформированную полость вводили композит. Все этапы операции выполняли под радиологическим контролем С-дуги. Односторонний доступ применен в 9 наблюдениях, двусторонний — в 19. Костный цемент готовили путем смешивания порошка и жидкой составляющей.

У всех пациентов анализировали неврологический и соматический статус, результаты рентгенологических исследований до и после операции. Степень социальной адаптации объективизировали с помощью опросника Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire (по J. Fairbank, 1980) [17].

Результаты и их обсуждение. После операции все пациенты отметили значительное уменьшение интенсивности болевого синдрома. Инфекционных, эмболических осложнений, пневмоторакса не было. Пациенты активизированы через 4–6 ч после операции. Швы снимали на 7–9-е сутки.

Основным критерием оценки результатов лечения является динамика социальной адаптированности. Заслуживающими внимания, на наш взгляд, являются данные, полученные при работе с опросником Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire (по J. Fairbank, 1980). Опросник не только освещает аспекты болевого синдрома и зависимости от анальгетиков, но и дает информацию о том, насколько боль в спине нарушает деятельность пациента в повседневной жизни. Общая тенденция этих показателей представлена на **рис. 1, 2**.

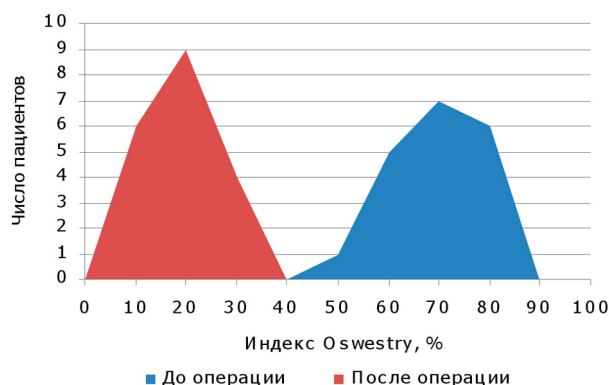


Рис. 1. Распределение пациентов в зависимости от уровня социальной адаптированности по данным опросника Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire (по J. Fairbank, 1980) до и после выполнения ЧВП.

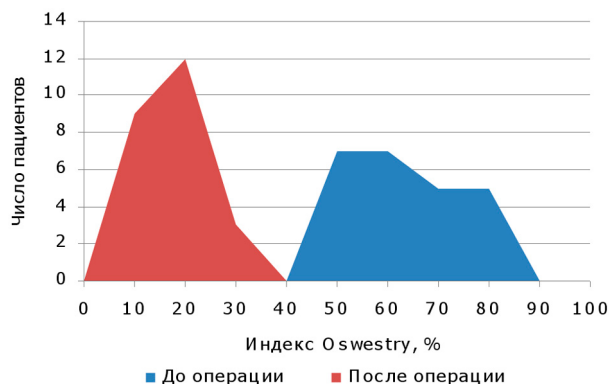


Рис. 2. Распределение пациентов в зависимости от уровня социальной адаптированности по данным опросника Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire (по J. Fairbank, 1980) до и после выполнения БКП.

При детальном анализе показателей установлено, что большинство пациентов непосредственно после операции значительно дольше могли сохранять вертикальное положение. Они получили возможность обслуживать себя без применения анальгетиков. Значительное число пациентов отметили нормализацию сна. Эти показатели были идентичны в обеих группах.

Проведен детальный анализ осложнений, возникших после выполнения оперативных вмешательств (рис. 3). Инфекционных и эмболических, а также полостных осложнений в виде гемо- и пневмоторакса, образования межмышечных гематом не было.

Экстравертебральное истечение костного цемента отмечено в 1-й группе в 5 (19,2%) наблюдениях, в том числе в 3 — интраканальное (рис. 4, 5), в 1 — паравертебральное (рис. 6, 7), в 1 — внутривидеальное (рис. 8, 9). Во 2-й группе наблюдали паравертебральное истечение костного цемента у 1 (3,6%) больного.

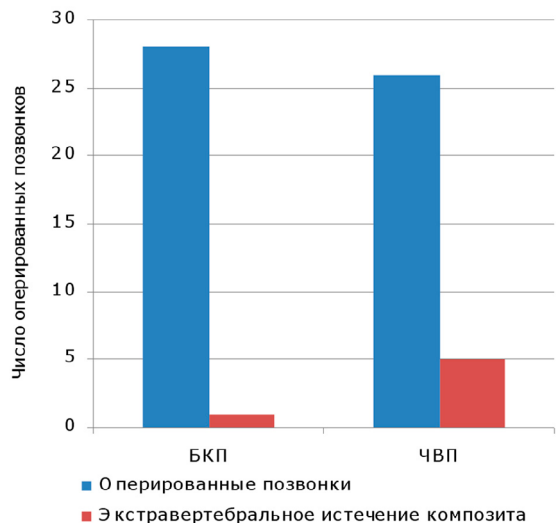


Рис. 3. Отношение частоты экстравертебрального истечения цемента к общему числу оперированных позвонков.

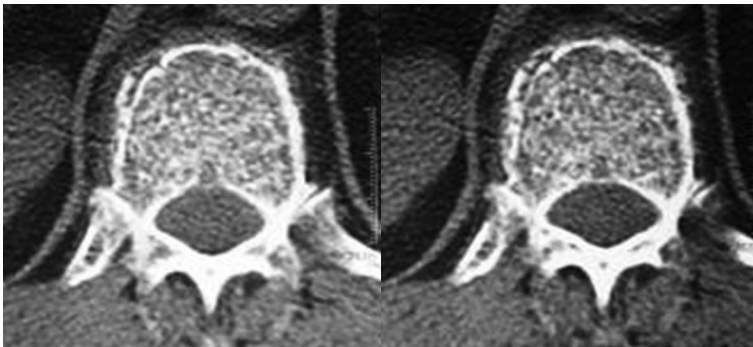


Рис. 4. Фотоотпечатки СКТ пациентки Р., 73 лет. Компрессионный перелом T_{XII} позвонка на фоне остеопороза.

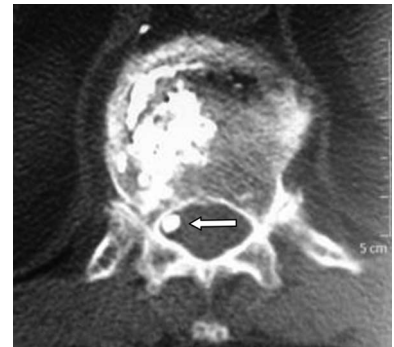


Рис. 5. Фотоотпечатки СКТ той же пациентки после ЧВП по поводу компрессионного перелома T_{XII} позвонка. Интраканальный выход цемента (указан стрелкой).



Рис. 6. Фотоотпечатки МРТ пациентки И., 77 лет. Компрессионные переломы L_I , L_{II} , L_{III} позвонков на фоне остеопороза.

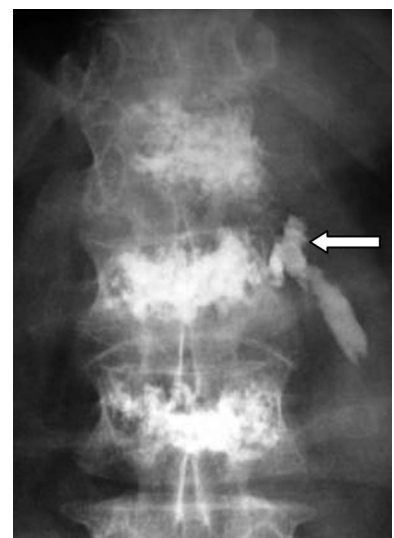


Рис. 7. Фотоотпечатки спондилограмм той же пациентки после ЧВП по поводу компрессионных переломов L_I , L_{II} , L_{III} позвонков. Паравертебральный выход цемента (указан стрелкой).

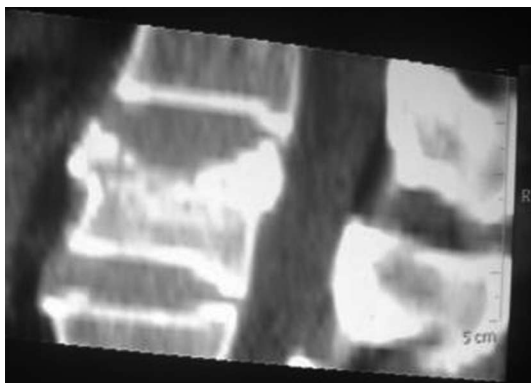


Рис. 8. Фотоотпечатки СКТ пациента Е., 67 лет. Компрессионный перелом L_{II} позвонка на фоне остеопороза.



Рис. 9. Фотоотпечатки СКТ того же пациента после ЧВП по поводу компрессионного перелома L_{II} позвонка. Внутридисковый выход композита (указан стрелкой).

Частота осложнений в обеих группах не превышала таковую по данным мета-анализа зарубежных исследований [18–20]. У всех пациентов течение осложнений бессимптомное, не сопровождалось неврологическими нарушениями. Анализ этих осложнений привел нас к заключению, что они возникли вследствие неверно подобранной вязкости костного цемента либо неоправданно высокой скорости его введения. Все они выявлены на начальном этапе внедрения миниинвазивных процедур в практику клиники. Пациенты находились под наблюдением в течение 12 мес после операции. Симптомов миелорадикулопатии, переломов смежных позвонков не было.

Выводы. 1. Как ЧВП, так и БКП являются эффективными миниинвазивными методами лечения переломов позвоночника вследствие остеопороза. Они в одинаковой степени уменьшают выраженность болевого синдрома, улучшают социальную адаптацию пациентов.

2. Частота осложнений при выполнении ЧВП больше, чем при БКП. Вместе с тем, стоимость более безопасной БКП несколько больше, что делает ее менее доступной.

Список литературы

1. Riggs B.L. 3rd. The worldwide problem of osteoporosis: insights afforded by epidemiology / B.L. Riggs 3rd, L.J. Melton // *Bone*. — 1995. — V.17, N5. — P.505–511.
2. Management of the elderly with vertebral compression fractures / C.L. Goldstein, N.B. Chutkan, T.J. Choma, R.D. Orr. // *Neurosurgery*. — 2015. — V.77, N4. — P.33–45.
3. Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty / P. Galibert, H. Deramond, P. Rosat, D. Le Gars // *Neurochirurgie*. — 1987. — V.33, N2. — P.166–168.
4. Chandra R.V. Vertebral augmentation: update on safety, efficacy, cost effectiveness and increased survival? / R.V. Chandra, A.J. Yoo, J.A. Hirsch // *Pain Phys*. — 2013. — V.16, N4. — P.309–320.
5. Педаченко Е.Г. Пункционная вертебропластика / Е.Г. Педаченко, С.В. Кушаев. — К.: А.Л.Д., 2005. — 520 с.
6. Primary and secondary osteoporosis' incidence of subsequent vertebral compression fractures after kyphoplasty / J.S. Harrop, B. Prpa, M.K. Reinhardt, I. Lieberman // *Spine*. — 2004. — V.29, N19. — P.2120–2125.
7. The incidence of new vertebral compression fractures in women after kyphoplasty and factors involved / E.S. Moon, H.S. Kim, J.O. Park, S.H. Moon, H.M. Lee, D.E. Shin, J.W. Ha, E.K. Ahn, D.J. Shim, J.Y. Chung // *Yonsei Med. J.* — 2007. — V.48, N4. — P.645–652.
8. Analysis of risk factors causing new symptomatic vertebral compression fractures after percutaneous vertebroplasty for painful osteoporotic vertebral compression fractures: a 4-year follow-up / D.G. Lee, C.K. Park, C.J. Park, D.C. Lee, J.H. Hwang // *J. Spin. Disord. Tech.* — 2015. — V.28, N10. — P.578–583.
9. Pulmonary embolism of polymethyl methacrylate during percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty / D.H. Choe, E.M. Marom, K. Ahrar, M.T. Truong, J.E. Madewell // *Am. J. Roentgenol.* — 2004. — V.183, N4. — P.1097–1102.
10. An in vivo comparison of the potential for extravertebral cement leak after vertebroplasty and kyphoplasty / F.M. Phillips, F. Todd Wetzel, I. Lieberman, M. Campbell-Hupp // *Spine*. — 2002. — V.27, N19. — P.2173–2178.
11. Vertebroplasty: cement leakage into the disc increases the risk of new fracture of adjacent vertebral body / E.P. Lin, S. Ekholm, A. Hiwatashi, P.L. Westesson // *Am. J. Neuroradiol.* — 2004. — V.25, N2. — P.175–180.
12. Effect of the location of endplate cement extravasation on adjacent level fracture in osteoporotic patients undergoing vertebroplasty and kyphoplasty / M.K. Jesse, B. Petersen, D. Glueck, S. Kriedler // *Pain Phys*. — 2015. — V.18, N5. — P.805–814.
13. International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury / F.M. Maynard Jr., M.B. Bracken, G. Creasey, J.F. Jr. Ditunno, W.H. Donovan, T.B. Ducker, S.L. Garber, R.J. Marino, S.L. Stover, C.H. Tator, R.L. Waters, J.E. Wilberger, W. Young. // *Am. Spinal Inj. Assoc. Spinal Cord*. — 1997. — V.35, N5. — P.266–274.
14. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries / F. Magerl, M. Aebi, S.D. Gertzbein, J. Harms, S. Nazarian // *Eur. Spine J.* — 1994. — V.3, N4. — P.184–201.
15. Kyphoplasty: Indications, contraindications and technique / S. Masala, R. Fiori, F. Massari, G. Simonetti // *Radiol. Med.* — 2005. — V.110, N1-2 — P. 97–105.
16. Huang Z. Treatment of osteoporotic vertebral compressive fractures with percutaneous kyphoplasty and oral Zishengukang / Z. Huang, L. Zhang // *J. Tradit. Chin. Med.* — 2012. — V.32, N4. — P.561–564.
17. Белова А.Н. Шкалы, тесты и опросники в неврологии и нейрохирургии / А. Н. Белова. — М: Антидор, 2004. — 432 с.
18. Taylor R.S. Balloon kyphoplasty in the management of vertebral compression fractures: an updated systematic review and meta-analysis / R.S. Taylor, P. Fritzell, R.J. Taylor // *Eur. Spine J.* — 2007. — V.16, N8. — P.1085–1100.
19. Comparison of percutaneous vertebroplasty and balloon kyphoplasty for the treatment of single level vertebral compression fractures: a meta-analysis of the literature / H. Wang, S.S. Sribastav, F. Ye, C. Yang, J. Wang, H. Liu, Z. Zheng // *Pain Phys*. — 2015. — V.18, N3. — P.209–221.

20. Treatment of osteoporotic vertebral compression fractures: applicability of appropriateness criteria in clinical practice / R.Schupfner, H.J.Stoevelaar, T.R.Blattert, D.Fagan, P.Fransen, S.Marcia, F.Schils, M.Siddiqi, G.C.Anselmetti // Pain Phys. – 2016. - V.19, N1. – P.113-120.

References

1. Riggs BL 3rd, Melton LJ. The worldwide problem of osteoporosis: insights afforded by epidemiology. *Bone*. 1995;17(5):505-11. doi:10.1016/8756-3282(95)00258-4. PMID:8573428.
2. Goldstein CL, Chutkan NB, Choma TJ, Orr RD. Management of the elderly with vertebral compression fractures. *Neurosurgery*. 2015;77(4):33-45. doi:10.1227/NEU.0000000000000947. PMID:26378356.
3. Galibert P, Deramond H, Rosat P, Le Gars D. Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty. *Neurochirurgie*. 1987; 33(2):166-8. French. doi:10.1016/s0033-8389(05)70042-7. PMID:3600949.
4. Chandra RV, Yoo AJ, Hirsch JA. Vertebral augmentation: update on safety, efficacy, cost effectiveness and increased survival? *Pain physician*. 2013;16(4):309-20. doi:10.1001/2013.6761. PMID:23877447.
5. Pedachenko EG, Kuschaev SV. [Punktsionnaya vertebroplastika [Percutaneous vertebroplasty]. Kiev: A.L.D.; 2005. Russian.
6. Harrop JS, Prpa B, Reinhardt MK, Lieberman I: Primary and secondary osteoporosis' incidence of subsequent vertebral compression fractures after kyphoplasty. *Spine*. 2004;29(19):2120-5. doi:10.1097/01.brs.0000141176.63158.8e. PMID:15454702.
7. Moon ES, Kim HS, Park JO, Moon SH, Lee HM, Shin DE, Ha JW, Ahn EK, Shim DJ, Chung JY. The incidence of new vertebral compression fractures in women after kyphoplasty and factors involved. *Yonsei Med J*. 2007;48:645-52. doi:10.3349/ymj.2007.48.4.645. PMID:17722237.
8. Lee DG, Park CK, Park CJ, Lee DC, Hwang JH. Analysis of risk factors causing new symptomatic vertebral compression fractures after percutaneous vertebroplasty for painful osteoporotic vertebral compression fractures: a 4-year follow-up. *J Spinal Disord Tech*. 2015;28(10):578-583. doi:10.1097/BSD.000000000000043. PMID:24189482.
9. Choe DH, Marom EM, Ahrar K, Truong MT, Madewell JE. Pulmonary embolism of polymethyl methacrylate during percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty. *Am J Roentgenol*. 2004;183(4):1097-1102. doi:10.2214/ajr.183.4.1831097. PMID:15385313.
10. Phillips FM, Todd Wetzel F, Lieberman I, Campbell-Hupp M. An in vivo comparison of the potential for extravertebral cement leak after vertebroplasty and kyphoplasty. *Spine*. 2002;27(19):2173-8. doi:10.1097/00007632-200210010-00018. PMID:12394934.
11. Lin EP, Ekholm S, Hiwatashi A, Westesson PL. Vertebroplasty: cement leakage into the disc increases the risk of new fracture of adjacent vertebral body. *Am J Neuroradiol*. 2004;25(2):175-80. doi:10.1080/02841850410005615. PMID:14970015.
12. Jesse MK, Petersen B, Glueck D, Kriedler S. Effect of the location of endplate cement extravasation on adjacent level fracture in osteoporotic patients undergoing vertebroplasty and kyphoplasty. *Pain Physician*. 2015;18(5):805-14. PMID:26431134.
13. Maynard FM Jr, Bracken MB, Creasey G, Ditunno JF Jr, Donovan WH, Ducker TB, Garber SL, Marino RJ, Stover SL, Tator CH, Waters RL, Wilberger JE, Young W. International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury. *American Spinal Injury Association. Spinal Cord*. 1997; 35(5): 266-74. doi: 10.1038/sj.sc.3100432. PMID: 9160449.
14. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S: A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur. Spine J*. 1994; 3(4):184-201. doi: 10.1007/bf02221591. PMID: 7866834.
15. Masala S, Fiori R, Massari F, Simonetti G. Kyphoplasty: indications, contraindications and technique. *Radiol. Med*. 2005; 110(1-2): 97-105. doi: 10.1097/01.phm.0000137319.22908.eb. PMID:16163144.
16. Huang Z, Zhang L. Treatment of osteoporotic vertebral compressive fractures with percutaneous kyphoplasty and oral Zishengukang. *J. Tradit. Chin. Med*. 2012; 32(4): 561-564. doi: 10.1016/s0254-6272(13)60071-0. PMID: 23427389
17. Belova AN. Shkaly, testy i oprosniki v nevrologiyi i neyrochirurgiyi [Scale, tests and questionnaires in neurology and neurosurgery]. Moscow: Iz-vo Antidor.; 2004. Russian.
18. Taylor RS, Fritzell P, Taylor RJ: Balloon kyphoplasty in the management of vertebral compression fractures: an updated systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J*. 2007; 16(8): 1085-1100. doi: 10.1007/s00586-007-0308-z. PMID: 17277923.
19. Wang H, Sribastav SS, Ye F, Yang C, Wang J, Liu H, Zheng Z. Comparison of percutaneous vertebroplasty and balloon kyphoplasty for the treatment of single level vertebral compression fractures: a meta-analysis of the literature. *Pain Physician*. 2015; 18(3): 209-221. PMID: 26000665.
20. Schupfner R, Stoevelaar HJ, Blattert TR, Fagan D, Fransen P, Marcia S, Schils F, Siddiqi M, Anselmetti GC. Treatment of osteoporotic vertebral compression fractures: applicability of appropriateness criteria in clinical practice. *Pain Physician* 2016; 19(1): 113-120. PMID: 26752479.