

Влияние вертебропластики на прочностные характеристики тел позвонков (экспериментальное исследование)

А.К. Морозов, Е.В. Огарёв, Н.С. Гаврюшенко
ФГУ «ЦИТО им. Н.Н. Приорова»

В настоящее время в клинике травматологии-ортопедии все более широкое применение получает метод пункционной вертебропластики для лечения больных с разнообразными поражениями тел позвонков на почве остеопороза, травмы, опухолевого процесса [2, 3, 4, 8]. Считается, что пункционная вертебропластика (перкутанная цементопластика, перкутанная вертебропластика, транспедикулярная вертебропластика) является малоинвазивным методом обеспечения стабилизации и консолидации поврежденных тел позвонков с использованием костного цемента.

Смысл вмешательства заключается во введении костного цемента в тело пораженного позвонка, в результате чего полужидкий цемент распространяется по губчатой костной ткани и по мере полимеризации костного цемента обеспечивается укрепление пораженного позвонка и предупреждение развития компрессионного перелома. Считается, что введение стабилизирующего агента в тело позвонка приводит к значительному снижению выраженности болевого синдрома в 80–90% случаев [3, 4, 8].

По некоторым данным, чрескожная вертебропластика в 1,5–4% случаев может приводить к возникновению ряда осложнений: компрессии спинного мозга и его корешков вследствие утечки цемента в позвоночный канал, переломов ребер и отростков позвонка, эмболии цементом легочной артерии, кровотечения и др. Возможно, возникновение этих осложнений связано с неправильной техникой выполнения вертебропластики, методика которой мы попытались оптимизировать в эксперименте.

Вместе с тем в литературе практически нет данных экспериментальных исследований, подтверждающих эффективность транскutánной вертебропластики. Поэтому, чтобы объективно определить значение чрескожной вертебропластики для стабилизации тел позвонков в норме и при патологии (остеопорозе), нами было проведено настоящее исследование.

Целью настоящего исследования было изучение прочностных характеристик тел позвонков в норме и при остеопорозе до и после вертебропластики в корреляционной связи с лучевыми методами диагностики в эксперименте.

Материал и методы исследования

В качестве объектов исследования использовались секционные комплексы груднопоясничного отдела позвоночника. Всего было исследовано 45 препаратов. Возраст кадавров колебался от 36 до 100 лет (средний возраст составил 68,5 года). На первом этапе производилась обзорная рентгенография, компьютерная томография, денситометрия для оценки состояния позвоночного сегмента.

Поскольку прочность опорных структур скелета во многом определяется состояние костной ткани, для более точной оценки эффективности вертебропластики нами были изучены прочностные характеристики тел позвонков и позвоночных сегментов в норме, при остеопении и остеопорозе. Ведущее значение имело определение минеральной плотности кости

(МПК) поясничных позвонков методом двухфотонной рентгеновской абсорбциометрии (DEXA). DEXA выполнялась на аппарате LUNAR-Prodigy (USA). Согласно рекомендациям ВОЗ, сравнение производилось по пиковой плотности костной массы (Т-масштаб). При этом значения $+1$ S.D. (стандартных отклонений) расценивались как норма; значения, отклоняющиеся более чем на -1 S.D., но менее чем на $-2,5$ S.D., классифицировались как остеопения; значения с отклонением более чем на $-2,5$ S.D. — как остеопороз и при наличии компрессионного перелома хотя бы одного из позвонков — как тяжелая форма остеопороза [1].

Таким образом, нами были исследованы 14 секционных препаратов с нормой, 16 препаратов с остеопенией и 15 препаратов с остеопорозом (из них компрессионные переломы позвонков встретились в 4 случаях). Данные денситометрии соотносились с результатами обзорной рентгенографии и компьютерной томографии.

Далее определялись прочностные характеристики тел позвонков и позвоночных сегментов с помощью универсальной испытательной машины «ZWICK-1464». Предварительно анатомические препараты очищались от мягких тканей: при проведении эксперимента на телах отдельных позвонков с замыкательных пластинок полностью удалялись межпозвонковые диски; при исследовании целых позвонковых сегментов в местах контакта анатомического препарата с деталями машины удалялись остатки *disci intervertebrales* и паравerteбральные мышцы, но с сохранением всех связочных структур между позвонками. Во время проведения эксперимента определялись: предел прочности (в Н) тел позвонков и позвоночных сегментов, удельная прочность (в МПа, $1 \text{ МПа} = 1 \text{ Н/мм}^2$), область упругих и пластических деформаций. Точность определения показателей силы и деформаций находятся в пределах $\pm 1\%$. Скорость нагружения составляла 15 мм/мин. Использовался датчик силы 10 000 Н. Эксперименты проводились при комнатной температуре в испытательной лаборатории ЦИТО.

Вертебропластика выполнялась следующим образом: после удаления мягких тканей в тело позвонка транспедикулярно с помощью специального устройства (для создания высокого давления) через иглу диаметром 2–3 мм вводился костный цемент «Surgical simplex» в количестве 2–12 мл. Далее для полной полимеризации анатомические препараты оставались при комнатной температуре на одни сутки, после чего производились испытания на машине ЦВИК. После определения прочностных характеристик с целью описания полученных повреждений повторно выполнялись обзорная рентгенография и компьютерная томография с последующим проведением механорентгенологических сопоставлений.

Результаты исследования и их обсуждение

При изучении прочностных характеристик тел позвонков на уровне T_{v1} – L_v было установлено, что предел прочности вышележащего позвонка постепенно увеличивается к после-

дующему нижележащему с шагом у грудных позвонков 100-150 Н, а у поясничных — 500-1000 Н. Однако удельная прочность тел позвонков в грудном отделе практически в 1,5–2 раза была выше, чем в поясничном.

В результате проведенного исследования была определена четкая зависимость прочностных характеристик тел позвонков от минеральной плотности костной ткани. Так предел прочности тела L_{IV} позвонка в группе препаратов с нормальной МПК составил в среднем около 8700 Н. Удельная прочность в данной возрастной группе равнялась 6,8 МПа (Н/мм²). В группе с остеопенией они составили 6,3 МПа и 6125 Н, а в группе с остеопорозом — 1,7 МПа и 2275 Н соответственно.

Область упругих (обратимых) деформаций сохраняется при компрессии тела позвонка на 15% от исходной его высоты (3–4 мм в абсолютных величинах). Это было характерно как для группы с нормальной МПК, так и для групп с остеопенией и остеопорозом. Предел прочности тела позвонка наступает при дальнейшей компрессии до 20%, после чего сила сопротивления сжатию несколько уменьшается и остается примерно постоянной до компрессии тела позвонка на 50–60%.

Испытания на позвоночных сегментах показали, что задние опорные структуры не оказывают заметного стабилизирующего влияния на тела позвонков. Во всех исследуемых группах в первую очередь происходило разрушение тел позвонков. Компрессия при этом составляла от 7,5 до 11% (6–12 мм в абсолютных величинах) от первоначальной высоты сегмента и лишь когда она достигала 25% отметки начиналось разрушение задних опорных структур.

Вопреки ожиданиям, нам удалось установить, что пункционная вертебропластика не повышает предела прочности и удельную прочность тела позвонка, и не предотвращает тем самым возникновение компрессионного перелома. Как показали проведенные эксперименты, после введения костного цемента в тело позвонка и его полной полимеризации, предел прочности сопоставим с данными исследований на секционных препаратах, где вертебропластика не выполнялась. Различия заключались в следующем: в первой группе, где костный цемент не вводился, после начала разрушения тела позвонка сила сопротивления сжатию несколько уменьшалась и оставалась примерно постоянной. Во второй группе, где вертебропластика на препаратах выполнялась, при компрессии тела позвонка на 50% сила сопротивления сжатию резко возрастала в 5–8 раз, что и препятствовало дальнейшей компрессии тела позвонка. Это наблюдение не должно казаться парадоксальным, поскольку введение костного цемента в тело позвонка, с одной стороны, не предотвращает возникновение компрессионного перелома, но, с другой стороны, препятствует дальнейшей его компрессии. Этот значимый момент напрямую зависит от того, насколько хорошо губчатая кость тела позвонка заполнена костным цементом.

Во время выполнения настоящего исследования было установлено, что существенное значение для лучшего наполнения тела позвонка костным цементом является его консистенция в момент введения. Было отмечено, что при введении костного цемента сразу после смешивания компонентов (переход фазы смешивания в фазу склеивания) удержать его в теле позвонка не представляется возможным, так как происходит вытекание последнего наружу. Чтобы этого избежать, необходимо дожидаться потери текучести цемента и превращения массы его в пастообразное состояние (рабочая фаза). При этом вводимый костный цемент остается в теле позвонка, вытесняя оттуда жидкую кровь и костный мозг. Таким образом, мы согласны с мнением ряда авторов [2, 4, 8], что для вертебропластики следует использовать костные цементы высокой вязкости.

Очень важным моментом является определение количества костного цемента, необходимого для введения в тело позвонка. Здесь существенная роль принадлежит лучевым методам диагностики, которые позволяют определить либо объем очага, если речь идет об опухолевом процессе, либо объем тела позвонка,

если вертебропластика будет выполнена для стабилизации тела позвонка при остеопорозе. По данным литературы известно, что при остеопорозе возможно введение костного цемента в объеме до половины от объема тела позвонка [6].

Экспериментальным путем мы установили, что объем тел нижнегрудных позвонков у лиц средней комплекции колеблется от 10 до 14 см³, а поясничных — от 25 до 36 см³. Для полного заполнения губчатой костной ткани тела позвонка с помощью специального устройства мы вводили в нижнегрудные позвонки не менее 4–5 мл костного цемента, а в поясничные — до 6–12 мл (при этом костный цемент оставался в теле позвонка).

Испытания, проведенные на целых позвоночных сегментах L_1 – L_{II} , показали, что введение в тела позвонков небольшого количества костного цемента (2–3 мл) не оказывает никакого стабилизирующего эффекта, поскольку разрушение его опорных структур, как и в случаях, где вертебропластика не производилась. Иная картина наблюдалась там, где мы добивались более плотного заполнения тел позвонков, когда вводилось от 6 до 12 мл костного цемента. При компрессии позвоночного сегмента в этом случае на 25% от его первоначальной высоты даже при наличии выраженного остеопороза, когда потеря МПК составляла 4 S.D. (стандартных отклонений), сила сопротивления сжатию достигала значения 12 000 Н, то есть около 1200 кг.

Ниже приводим пример (препарат 35).

Женщина, 74 лет. По данным обзорной рентгенографии отмечают типичные признаки остеопороза (повышение рентгенопрозрачности костной ткани, подчеркнутость замыкательных пластинок, усиление вертикальной исчерченности и др.). По данным денситометрии потеря МПК —4,1 S.D., что расценивается как выраженный остеопороз. Предел прочности L_{IV} позвонка составил 2380 Н (в среднем в группе с остеопорозом — 2275 Н). После выполнения вертебропластики (в тела позвонков введено по 6–8 мл костного цемента) при компрессии сегмента на 25% его первоначальной высоты сила сопротивления сжатию составила 12 000 Н (около 1200 кг), в то время как в контрольной группе (где вертебропластика не выполнялась) она не превышала 2400 Н.

Таким образом, проведенное исследование позволило объективно оценить возможности пункционной вертебропластики, оптимизировать методику ее выполнения с целью повышения ее эффективности.

Выводы

1. Пункционная вертебропластика не повышает предела прочности и удельную прочность тел позвонков и не предотвращает тем самым возникновение компрессионного перелома.
2. Стабилизирующий эффект вертебропластики заключается в значительном увеличении силы сопротивления сжатию при компрессии более 20%, препятствующей дальнейшей компрессии тела позвонка.
3. Чрескожная вертебропластика позволяет стабилизировать тела позвонков лишь при достаточном заполнении спонгиозной костной ткани костным цементом, когда в тела нижнегрудных позвонков вводится не менее 4–5 мл, а в поясничные 6–8 мл костного цемента.

Литература

1. Бурдизина Н.В. Минеральная плотность костной ткани по данным двухфотонной рентгеновской абсорбциометрии (*in vivo*) у жителей городов Москвы и Обнинска: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — М., 2000.
2. Педаченко Е.Г., Куцаев С.В. // Украинський нейрохірургічний журнал. — 2001. — №4. — С. 24–31.
3. Gotten A., Dewatre F., Cortet B. et al. // Radiology. - 1996. - Vol. 200. - P. 525–530.
4. Cyteval C., Sarrahere M.P., Roux J.O. et al. // American Journal of Roentgenology. - 1999. - Vol. - P. 1685–1690.
5. Deramond H., Depriester C., Galibert P., Le Gars D. // Radiologic Clinics of North America. - 1998. - Vol. 36. - P. 533–546.

Новый подход в лечении нестабильных оскольчатых переломов проксимального отдела плечевой кости

А.Ф. Лазарев, Э.И. Солод, В.Н. Харьков
ФГУ «ЦИТО им. Н.Н. Приорова»

Повреждения верхней конечности составляют до 6,6% от всех травм опорно-двигательной системы [14, 23, 3]. Переломы проксимального отдела плечевой кости наблюдаются в 45 % от переломов плечевой кости, а у лиц старше 40 лет достигают 76 % и по медико-социальной значимости занимают второе место после переломов шейки бедра [15].

Особую группу составляют нестабильные трех- и четырехфрагментарные переломы (здесь и далее по классификации Neer C.S.) [24, 25]. Данные повреждения характеризуются наибольшим удельным весом неудовлетворительных результатов лечения и осложнений.

Трехфрагментарные переломы — это, как правило, сочетание перелома хирургической шейки плечевой кости и отрывного перелома большого бугорка. Четырехфрагментарные переломы — это сочетание перелома хирургической шейки плеча и отрывных переломов обоих бугорков. Особенность данных переломов заключается в том, что суставная поверхность головки плечевой кости остается интактной, т.е. линия перелома проходит по хирургической или анатомической шейке, но никогда не проходит через суставную поверхность.

Удельный вес неудовлетворительных результатов лечения трех- и четырехфрагментарных переломов до сих пор остается высоким и достигает 50–60% [7, 14].

До настоящего времени в травматологической практике основным методом лечения данных переломов является консервативный — гипсовой повязкой [5, 8, 9, 17]. Недостаток данного метода — невозможность стабильной фиксации отломков, большое количество вторичных смещений [13]. Гипсовая иммобилизация тяжело переносится пациентами, у пожилых приводит к нарушениям со стороны дыхательной и сердечно-сосудистой систем, а также провоцирует обострение сопутствующих заболеваний [12], и чаще всего непереносимо у пациентов с избыточным весом. Длительная иммобилизация сустава приводит к развитию контрактуры и необратимым изменениям в суставе [21, 28], удлинению сроков реабилитации и плохим функциональным результатам, что требует определенного лечения постиммобилизационного синдрома.

Другим методом консервативного лечения переломов проксимального отдела плечевой кости является функциональный метод по Древинг-Гориневской [4, 6, 8] с формированием неоартроза на месте перелома. Без осуществления репозиции отломков накладывается косыночная повязка, и с первых дней начинают проводить качательные движения в плечевом суставе. Функциональный подход к лечению позволяет в большинстве случаев вернуть пациентам возможность самообслуживания.

Среди имеющихся в настоящее время оперативных способов лечения переломов проксимального отдела плеча можно выделить закрытый чрескостный компрессионно-дистракционный остеосинтез (ЗЧКДО) аппаратами внешней фиксации. Преимущества данного метода, по сравнению с открытыми, в возможности закрытым путем устранить смещение отломков. На этом все преимущества заканчивают-

ся. В случаях внеочаговой фиксации, особенно стержневыми аппаратами, происходит грубое нанизывание мышечных масс, являющихся основным элементом стабилизации и функционирования плечевого сустава, что изначально приводит к ограничению подвижности сустава. У лиц старших возрастных групп наличие остеопороза зачастую приводит к прорезыванию спиц и расшатыванию стержней, а сниженный тургор кожных покровов и повышенная подвижность мягких тканей способствуют их воспалению. Наличие массивной внешней конструкции на плече, под действием тяжести, приводит к растяжению суставной капсулы и окружающих сустав мышц, дислокации головки плеча из суставной впадины лопатки с расположением головки в состоянии подвывиха. Для предотвращения подвывиха прибегают к дополнительной фиксации (подвеске) за ключицу, что приводит к полному блоку сустава. Возможность развития спинового остеомиелита при ЗЧКДО колеблется от 6,9 до 11,6%, а мягкотканые гнойные осложнения — от 16,7 до 50,1% [1]. Наличие внешней конструкции ограничивает санитарно-гигиенический режим, а иногда психологический комфорт пациента.

Оперативное лечение переломов проксимального отдела плечевой кости при использовании открытых методик позволяет произвести анатомическую репозицию и фиксацию фрагментов кости под контролем глаза. Непреодолимая тяга хирургов к анатомическому сопоставлению провоцирует девитализацию отломков и приводит к развитию асептических некрозов, повышает риск инфекционных осложнений.

Возраст свыше 50 лет, остеопения, сложный характер перелома отрицательно влияют на исходы остеосинтеза проксимального отдела плечевой кости множеством предложенных конструкций. Известно, что после любого оперативного вмешательства на кости, заканчивающегося постановкой металлического имплантата, вокруг последнего развивается потеря МПКТ с пиком в срок до 3-х месяцев, это проявление так называемого стрессового ремоделирования [2], что на фоне остеопороза представляет большие технические трудности из-за расшатывания имплантатов и нестабильности фиксации.

С целью снижения травматичности операций, в качестве фиксаторов при остеосинтезе предлагают использование спиц [16, 27].

В литературе есть сообщения о применении способов закрытого остеосинтеза с применением спиц Киршнера. По мнению многих авторов, закрытая репозиция и чрескожная фиксация спицами в лечении трех- и четырехфрагментарных переломов в проксимальном отделе плечевой кости более предпочтительны, так как они лишены недостатков открытых способов остеосинтеза [19, 20, 22, 18]. Предложенные методы фиксации спицами требуют дополнительной внешней иммобилизации на длительные сроки, не исключают возможности инфицирования кожных покровов вокруг спиц и часто осложняются миграцией спиц.