

Ударные волны высокой энергии при лечении медленно срастающихся или несрастающихся переломов

В.Д. Валчанов и П. Михайлов

Военная медицинская академия, София, Болгария

Резюме. Рассматривается лечение медленно срастающихся и несрастающихся переломов кости в ходе одного сеанса воздействия ударными волнами высокой энергии, сгенерированными в водной среде и сфокусированными на месте перелома. Ударные волны разрушают твердую костную ткань, образуя микротрещины и большое количество осколков кости. Эффект разрушения обусловлен разностью сопротивления кости (и камней) и мягких тканей. Происходит стимуляция остеогенеза, что в 70 из 82 случаев применения метода ударной волны привело к консолидации кости за разумный интервал времени. Лечение проводилось амбулаторно с применением региональной анестезии. Побочные эффекты и осложнения не наблюдались.

Введение

Исследования воздействия ударных волн высокой энергии на биологические системы, проводившиеся в последнее десятилетие, привели к созданию методов экстракорпорального разрушения камней в почках, мочеточнике и желчном пузыре [1]. Ударные волны высокой энергии образуются при микросекундном искровом разряде биполярного электрода высоковольтного конденсатора. Электрод размещен в геометрическом фокусе рефлектора эллипсоидной формы.

Высоковольтный разряд в водной среде приводит к взрывообразному испарению воды и генерации ударных волн. Волны, отражаясь от рефлектора эллипсоидной формы, направляются на вторичный фокус в биологической ткани, при этом охватывается объем ок. 1,5 см³ и создается давление в диапазоне приблизительно от 1000 до 1800 бар [2, 3].

Ударные волны не задерживаются водной средой и мягкими тканями человеческого организма, следовательно, не приводят к каким-либо повреждениям, т.к. акустическое сопротивление этих сред практически одинаково. Одновременно с этим волны оказывают разрушающее воздействие на кости и камни в теле, так как их акустическое сопротивление, как правило, в пять раз превышает акустическое сопротивление воды (см. Таблицу I) [5].

Таблица 1. Физические параметры тканей человеческого организма [5]

Материал плотность	Скорость	Удельная звука м/с г/см ²	Сопротивление г/см x 10
Легкие	650-1160	0,4	0,26-0,46
Жировая ткань	1476	0,928	1,37
Вода	1492	0,998	1,49
Почки	1570	1,04	1,63
Мышцы	1630	1,06	1,72
Костный мозг	1700	0,97	1,65
Кость	4100	1,8	7,38
Почечные камни	4000-6000	1,9-2,4	5,6-14,4
Железо	5100	7,9	40,3

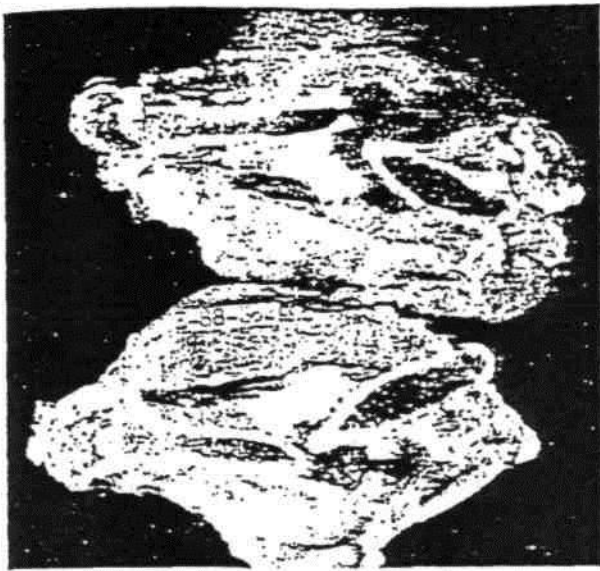


Рис. 1. Эффект воздействия ударных волн высокой энергии на бедренную кость кролика *in vivo*



Рис. 3. Фрагменты человеческой кости, образовавшиеся после ESWOR-воздействия *in vitro*

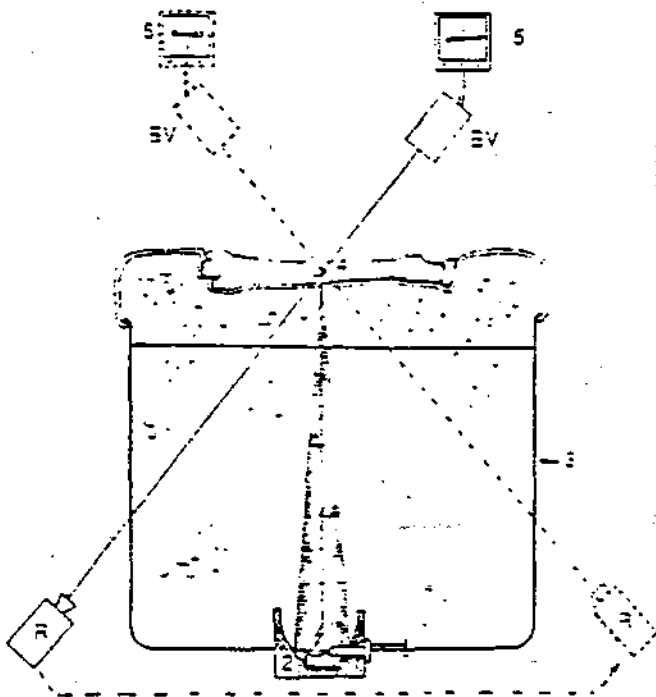


Рис. 2. Схема возникновения эффекта ESWOR в водной среде с рентгеновским визуальным контролем

Ударные волны высокой энергии были сфокусированы на интактном бедре кролика и вызвали перелом с образованием большого количества мелких осколков (0,1-3 мм) и гематомы (рис. 1) [4]. Лечение с использованием таких ударных волн известно под названием лечения с использованием ESWOR-эффекта (рис. 2). Экспериментальное применение ударных волн высокой энергии к костям человеческого организма *in vitro* привело к разрушению кромок кости, образованию микротрещин и мелких фрагментов кости (рис. 3) [4, 7].

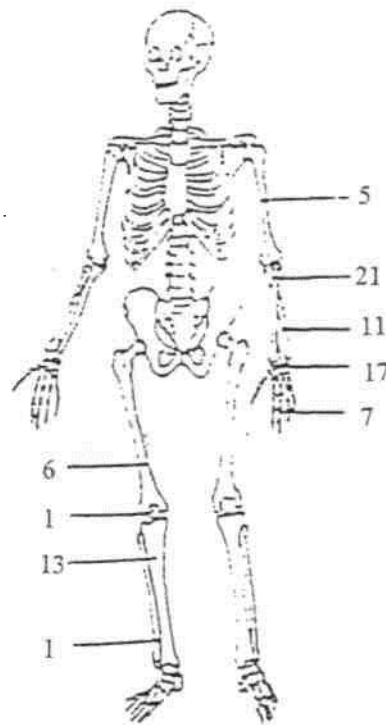


Рис. 4. Локализация 82 медленно срастающихся или несрастающихся переломов, для лечения которых использовался эффект ESWOR



Рис. 5. а Несрастающийся перелом лучевой кости 17 месяцев после перелома и двух ранее выполненных операций, б Через три месяца после выполнения ESWOR имела места консолидации, с через два года после лечения методом ESWOR

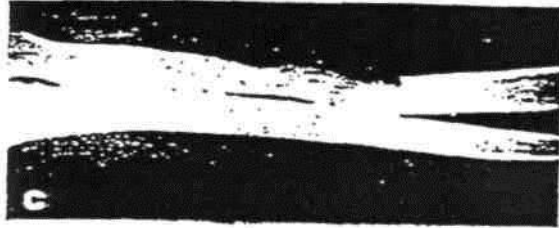
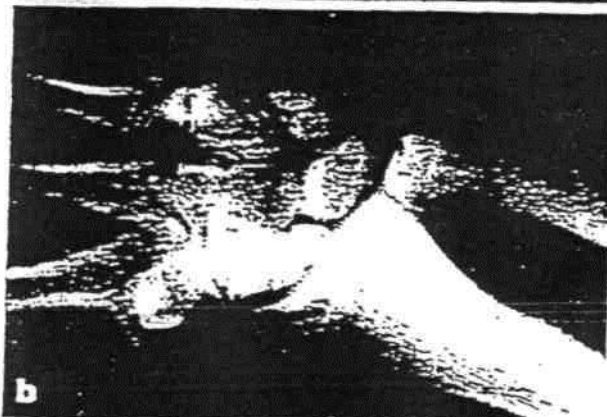
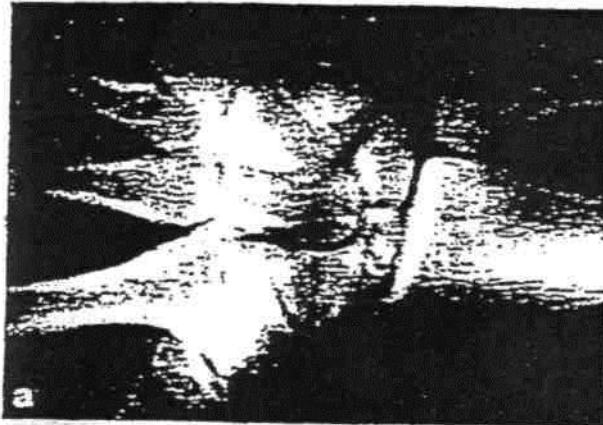


Рис. 6. а Несрастающийся перелом ладьевидной



кости 39 месяцев после перелома, б Консолидация через три месяца после выполнения ESWOR.

В статье представлены результаты лечения методом ударных волн высокой энергии медленно срастающихся или несрастающихся переломов костей.

Материалы и методы

Методом ударных волн высокой энергии было проведено лечение 82 медленно срастающихся или несрастающихся переломов костей у 79 пациентов (см. рис. 4). Группа пациентов состояла из 71 пациента мужского пола и 8 пациентов женского пола, средний возраст составлял 28 лет (диапазон от 9 до 76 лет).

Среднее время от момента перелома и началом лечения составляло 20,2 месяца. Пятьдесят два пациента перенесли предварительно от I до 5 операций. Большинство больных получали лечение амбулаторно; региональная анестезия использовалась при лечении 64 переломов верхних конечностей, эпидуральная анестезия использовалась при лечении 18 переломов нижних конечностей. В ходе каждого лечения испускалось от 1000 до 4000 ударных волн, создающих давление в фокусе от 1000 до 1700 бар. Для иммобилизации большинства переломов использовалась гипсовая повязка. Гипсовая повязка носилась пациентами в среднем в течение 81 дня (диапазон от 20 до 120 дней).

Результаты

Рентгеновское обследование показало, что консолидация кости имела место в 70 случаях переломов (85,4%) (см. рис. 5 и 6). В 12 случаях переломов лечение не дало никакого эффекта. Эти 12 переломов включают в себя: одну медленно происходящую (замедленную) консолидацию бедренной кости и 11 несращений переломов: 4 ладьевидной кости, 3 большеберцовой кости, 2 лучевой кости, 1 локтевой кости и 1 надколенной чашечки.

У некоторых пациентов наблюдалось увеличение сыворотки щелочной фосфатазы с 92 до 120 миллиэквивалентов/литр и креатининфосфатазы с 49 до 66 миллиэквивалентов/литр. Такое увеличение мы относим за счет воздействия ударных волн высокой энергии на кости и мышцы. Беспокоящие побочные эффекты, указанные в других работах [10, 11], не отмечались.

Обсуждение

Мы считаем, что в ходе лечения методом ударных волн высокой энергии происходит разрушение твердых концов отломков кости и образование микротрещин, что способствует улучшению кровоснабжения. Образование отделенных от кости полностью или частично осколков, в свою очередь, дополнительно стимулирует процесс остеогенеза, приводящий к консолидации перелома.

Отсутствие положительного эффекта при лечении несрастающегося перелома запястной ладьевидной кости можно отнести за счет недостаточного кровоснабжения проксимального полюса, сложности фокусирования ударных волн высокой энергии и неадекватной иммобилизации после проведения вмешательства. В принципе рассмотренный метод может использоваться для стимуляции остеогенеза в местах перелома без выполнения открытых операций и, видимо, обладает преимуществами (см. [6, 8, 9]) относительно оперативных методов. Успешные результаты, о которых сообщается в настоящей статье, являются основанием для продолжения изучения, кроме того, можно полагать, что метод ударных волн высокой энергии может быть полезен при лечении медленно срастающихся или несрастающихся переломов костей; рассмотренный метод также может быть модифицирован для использования других задач ортопедии [7].

Благодарности

Авторы статьи выражают свою благодарность профессору И. Матеву за оказанную им моральную поддержку и содействие.

Статья была представлена на встрече Болгарского и Американского обществ хирургии руки, проходившей с 20 по 25 мая 1988 года в Албене, Болгария.

Литература

1. Chaussy CH, Brendel M, Schmiedt E (1980) Extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. *Lancet* 2:1265-1268
2. Chaussy CH (1986), Extracorporeal shock-wave lithotripsy. *Karger* 5-19.
3. Eisenberger F, Muller K (1987) *Urologische Steintherapie*, Thieme, Stuttgart New York, pp 26-30
4. Graff J, Pastor J., Richter KD (1987) Effect of high energy shock waves on bony tissues. 5th world congress on endurology and ESWL, Cairo, November 1-4, p 260
5. Habermann (1987) *Urologische Steintherapie*. Thieme, Stuttgart New York, p 30
6. Holevich Y (1973) *Operative Surgery*. Suppl 1: 250-252
7. Karpmann RR, Nagee FP, Gruen TWS, Mobley T (1987) Work in progress - the lithotripter and its potential use in the revision of total hip arthroplasty. *Orth Rev* 26:38-42
8. Judet R (1965) Decortication osteomusculaire. *Act Chir Hop Poincare* 5: 193-196
9. Kopchev IK (1976) Traumatology of locomotor system. *Medizina Phizkultura Publ*, p. 129-135, 137
10. Newman RC, Blackmore J, Hachett L, Ballinger WE, Brock KA, Feldman J, Sosnowski J., Finlayson B (1986) ESWL effect on canine spinal cord. 4th world congress on endurology and ESWL, Madrid 152
11. Kishimoto T, Yamamoto K, Sugimoto T, Yoshihara, Mackawa M (1986) Side effects of extracorporeal shock-wave exposures in patients treated by extracorporeal shock-wave exposures in patients treated by extracorporeal shock-wave lithotripsy for upper urinary tract stone. *Eur. Urol* 12:308-313