

© Группа авторов, 2006

Феномен антиэнтропийного ускорения восстановления функционально-структурных свойств тканей травмированной голени

И.В. Щуров, В.П. Марфицын, С.И. Швед, О.В. Колчева

The phenomenon of anti-entropic acceleration of functional-and-structural property repair in injured leg tissues

I.V. Shchourov, V.P. Marfitsyn, S.I. Shved, O.V. Kolcheva

Курганский государственный университет,
Федеральное государственное учреждение науки

«Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова Росздрав», г. Курган
(директор — заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, д.м.н., профессор В.И. Шевцов)

Дается теоретическое обоснование феномена увеличения прочности металла при воздействии на него за очень малые промежутки времени с большой начальной энергией. Представленный график изменений в начале координат энтропийно-энергетической зависимости позволяет объяснить некоторые феномены поведения металлов в экстремальных условиях. С позиций исследованных эффектов рассматривается феномен ускорения заживления переломов костей голени при увеличении тяжести травмы у 80 детей и подростков. Выявлены условия появления эффекта стимулирующего влияния повреждения на восстановление сократительной способности мышц.
Ключевые слова: лечение переломов, функциональная реабилитация, динамометрия, энтропия.

The phenomenon of strength increase of metals under their influence with great initial energy within very short time intervals has been theoretically substantiated. The shown plot of the changes in the beginning of entropy-energy coordinates allows to explain some phenomena of metal behaviour in the extreme conditions. The phenomenon of the healing acceleration of leg bone fractures for injury severity increase is considered in 80 children and adolescents in reference to the effects studied. The conditions of the development of injury stimulating effect on muscular contractility recovery have been determined.

Keywords: fracture treatment, functional rehabilitation, dynamometry, entropy.

Некоторые явления в природе и технике происходят за очень малые промежутки времени с большой начальной энергией. В технике к этим процессам можно отнести тепловой удар при закалке, штамповку взрывом, когда одновременно происходят механическое и тепловое, а также радиационное воздействие на металл. В результате таких воздействий происходит увеличение прочности материала.

Такие внешние экстремальные механические воздействия сопровождаются эффектами, не укладывающимися в обычные рамки соотношений вероятности достижения предельного состояния. Рассмотрение этих явлений с позиции применения энтропийно-энергетического параметра позволяет понять их физический механизм.

Энтропийно-энергетический параметр имеет выражение [1]:

$$\Phi = \Delta U \cdot T_H / U_H \cdot T \quad (1),$$

где ΔU — приращение энергии в процессе нагрузки; T — абсолютная температура в процессе нагрузки; U_H — начальная энергия; T_H — абсолютная температура в начальный период нагрузки.

Энтропийно-энергетический параметр применяется при определении вероятности достижения предельного состояния [2]:

$$P = \exp \Delta U \cdot T_H / T \cdot U_H + \exp i\Phi_1 \quad (2),$$

где P — вероятность достижения предельного состояния; $\exp \Phi$ — энтропийный терм [3];

$\exp i\Phi_1$ — восстанавливающий терм [3].

Рабочая формула для определения вероятности достижения предельного состояния может быть записана в виде [4]:

$$P = \exp (\Delta U \cdot T_H / U_H \cdot T) - 1 \quad (3),$$

где (-1) — значение восстанавливающего терма в условиях близких к идеальным (равномерность химической и физической структуры металла). Значение (-1) получается, когда $\exp i\Phi_1 = \exp i\Phi = -1$. Значение соответствует энергетическому минимуму для идеально упругого тела [1].

Эта формула справедлива, когда эксплуатация или нагружение тела идет от момента времени τ , равного нулю, начиная с $\Delta U = 0$ и возрастающей постепенно в процессе эксплуатации.

Когда тело не нагружено или нагружено незначительно, в нем идут диффузионные процессы выравнивания неоднородности структуры, и тело может эксплуатироваться практически бес-

конечно долго, так как вероятность достижения предельного состояния близка к нулю. Это используется в практике изготовления корпусных деталей прецизионных станков, когда после изготовления они выдерживаются в ненагруженном состоянии около 20 лет. В случае облучения потоком нейтронов возникает феномен увеличения прочности металла, позволяющий увеличить его ресурс [6].

При экстремальных нагрузках, происходящих с большими скоростями, при $i\phi_1 \rightarrow 0$ второй терм в формуле (2) стремится к единице и наблюдается феномен увеличения прочности, изменяющий структуру материала.

Целью настоящей работы является попытка объяснения с позиций известного в физике твердых тел действия восстанавливающего энергетического параметра ускоренного восстановления структурно-функциональных свойств поврежденной конечности после мгновенного воздействия травмирующего фактора.

Безусловно, между поведением физических и биологических объектов в условиях воздействия экстремальных повреждающих факторов нет полной аналогии. В живых организмах во время внезапных травмирующих воздействий возникают повреждения мягких тканей и переломы костей. Связь между исходными параметрами и уровнем достижения структурами нового стационарного состояния носит характер, опосредованный длительным временным промежутком периода лечебной и функциональной реабилитации. Феномен заключается в том, что на появление этой энтропийной единицы живой организм отвечает дополнительной, антиэнтропийной защитной реакцией, вызывая негэнтропийные восстановительные силы.

На рисунке 1 показаны зависимости вероятности достижения предельного состояния для 3-х случаев: 1 – идеальный случай, 2 – случай с начальным дефектом, 3 – случай с восстанавливающим параметром. Из рисунка 1 видно, что время ресурса $\tau = f(\phi)$ возрастает с увеличением восстанавливающих факторов.

Исследование явлений, происходящих за малый промежуток времени с большой скоростью, то есть в начале координат нашей энтропийно-энергетической зависимости, объясняет некоторые указанные выше феномены поведения металлов в экстремальных условиях.

Живой организм представляет собой в высшей степени упорядоченную систему с низкой энтропией. Существование живого организма предполагает непрерывное поддержание энтропии системы на низком уровне, непрерывное противодействие разупрочняющим факторам, вызывающим заболевание. Любой живой организм – это незамкнутая система, активным образом взаимодействующая с окружающей средой, непрерывно черпающая из нее негэнтропию [7].

В живой природе имеется защитный энергетический механизм, реагирующий на экстремальные нагрузки. В момент травмы в действие вступают защитные механизмы – стресс-лимитирующие системы с развитием охранительного торможения – гипобиоза. После этого происходит мобилизация структурно-функциональных ресурсов, включение в работу одновременно большого количества резервных клеток, что сопровождается гипертрофией и гиперплазией соответствующих органов и тканей [8]. Этим процессам соответствует кривая 3 (рис. 1).

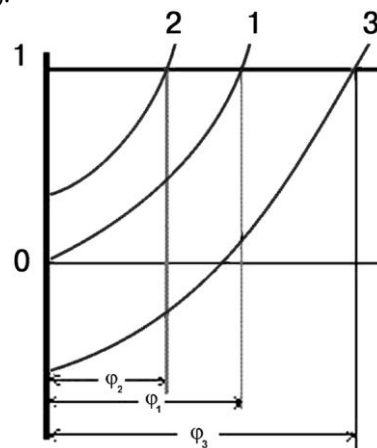


Рис. 1. Зависимости вероятности достижения предельного состояния: ϕ_1 – предельное значение энтропийно-энергетического параметра для идеального процесса, ϕ_2 – предельное значение энтропийно-энергетического параметра для тела с начальным дефектом структуры, ϕ_3 – значение энтропийно-энергетического параметра для восстановительного процесса

С этих позиций становится понятным механизм ускорения заживления переломов костей конечностей при сочетанной травме головного мозга, когда происходит мобилизация всех систем организма в ответ на травму, дополнительная выработка соматотропина, перераспределение необходимых для костеобразования минеральных веществ [9, 10, 11].

Нами обследованы 80 детей и подростков (от 3 до 17 лет) с закрытыми переломами костей голени, лечившиеся в клинике РНЦ «ВТО» по методу Илизарова. При этом оценивалось влияние возраста, характера перелома, длительности посттравматического болевого синдрома на сроки фиксации костей голени и на уровень восстановления сократительной способности мышц голени в отдаленные сроки после лечения.

Предварительно проанализировав 432 истории болезни пациентов с закрытыми переломами костей голени, мы установили, что с увеличением возраста пациентов (**В**, годы) длительность лечения в аппарате Илизарова (**Т**, дни) возрастала:

$$T = 1,1043B + 26,0; R=0,412 \quad (5).$$

Такой расчет позволил установить, что минимально возможный срок фиксации, необходимый для сращения сломанной большеберцовой кости, равен 26 дням. С увеличением возраста детей на

каждый год этот срок возрастает немногим более, чем на 1 день. Учитывая этот фактор, мы привели все показатели длительности лечения к условному возрасту 17 лет. Кроме того, при косых и винтообразных переломах срок фиксации короче, чем при поперечных и оскольчатых (соответственно $39 \pm 1,6$ и $44 \pm 2,0$ дня).

При оценке влияния длительности посттравматического болевого синдрома, оцениваемого по длительности применения обезболивающих препаратов, на сроки сращения большеберцовой кости оказалось, что эти сроки минимальные при кратковременном синдроме и при болях, продолжающихся более 3 суток. Снижение сроков сращения при более длительном болевом синдроме может быть следствием более полной мобилизации защитно-приспособительных резервов организма.

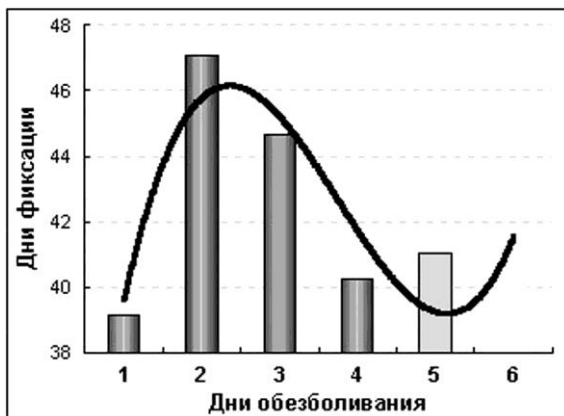


Рис. 2. Зависимость длительности фиксации костных отломков от длительности посттравматического болевого синдрома

Среди больных детей и подростков половину составили пациенты с переломом одной большеберцовой кости. Несмотря на то, что перелом одной кости чаще встречался у больных с винтообразными и косыми переломами, это не привело к существенному сокращению длительности фиксации (соответственно $39 \pm 1,5$ и $43 \pm 1,5$ дней). Если при переломах двух костей длительность фиксации увеличивалась по мере утяжеления вида перелома, то при переломе одной кости выявилась обратная зависимости от площади поверхности концов отломков (рис. 3). При минимальной площади (косопоперечные и поперечные переломы) сроки лечения были больше, чем при относительно большей площади (оскольчатые, винтообразные переломы).

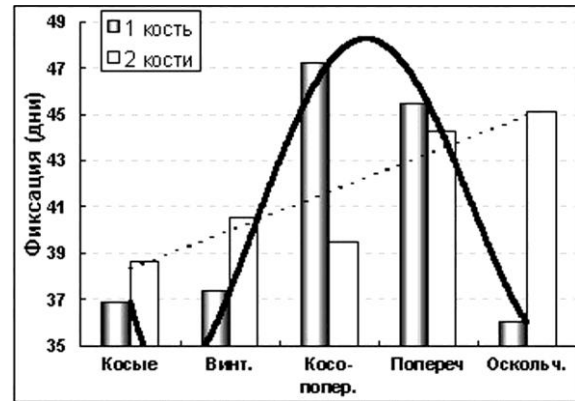


Рис. 3. Зависимость срока фиксации кости от вида перелома у больных с повреждением одной и обеих костей голени

После окончания лечения детей и подростков сократительная способность мышц поврежденной конечности приближалась к уровню показателей интактной. Для нас важно было посмотреть, как повлияло на уровень восстановления сократительной способности мышц подошвенных сгибателей стопы длительность посттравматического болевого синдрома (рис. 4).

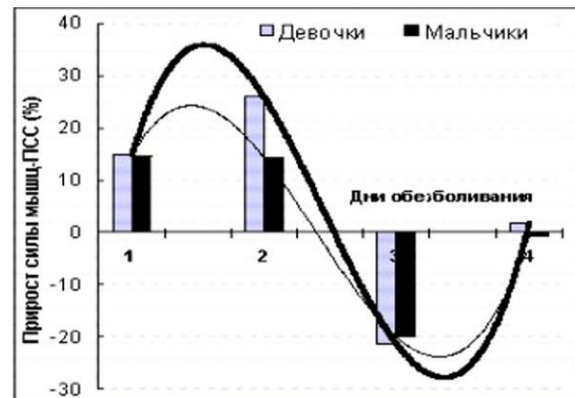


Рис. 4. Соотношение (в %) момента силы мышц поврежденной и интактной голени у больных разного пола в отдаленные сроки после лечения при разной длительности посттравматического болевого синдрома

Обнаружено, что при длительности болей в пределах 2 дней восстановление мышц осуществляется лучше, чем при длительности более 3 дней. При этом отсутствие болевого фактора не сопровождается компенсаторной гипертрофией мышц. В отличие от влияния на темпы сращения кости, оптимум влияния продолжительности болевого синдрома сдвинут в сторону снижения до 1,5 суток.

ВЫВОД

Проведенное количественное исследование влияния степени повреждения конечности у детей и подростков на темпы регенераторного процесса кости и уровень восстановления сократительной способности мышц позволило выявить феномен стимулирующего эффекта увеличения

тяжести повреждения. При этом речь идет о закрытых травмах у молодых людей, лечение которых проходило в условиях точной репозиции и надежной фиксации костных отломков. Подтверждена гипотеза о значении энтропийно-энергетического параметра в травматологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. К вопросу повышения сопротивляемости материалов в условиях энергетического минимума / С. В. Марфицын [и др.] ; Курганский госуниверситет. – Курган, 1996. Рукопись деп. в ВИНТИ № 1883-B96.
2. О возможности учета трещин при оценке ресурса корпусов арматуры / С. В. Марфицын [и др.] ; Курганский госуниверситет – Курган, 1996. Рукопись депонирована в ВИНТИ № 2304-B97.
3. Схема учета энтропийно-энергетических комплексных соотношений при оценке ресурса / В. К. Коротовских [и др.] ; Курганский госуниверситет. – Курган, 2001. Рукопись депонирована в ВИНТИ № 1958-B2001.
4. К вопросу вероятностной оценки ресурса сосудов под давлением и арматуры с использованием энтропийно-энергетических критериев / В. И. Макаров [и др.] ; Курганский госуниверситет. – Курган, 1996. Рукопись депонирована в ВИНТИ № 1882-B96.
5. Справочник машиностроителя в 6 томах. – М. : Машгиз, 1955. – Т. 5. – С. 100.
6. Коротовских, В. К О применимости энтропийно-энергетических критериев при оценке ресурса сталей с радиационным повреждением / В. К. Коротовских [и др.] ; Курганский госуниверситет. – Курган, 2004. Рукопись депонирована в ВИНТИ № 1250-B2004.
7. Тарасов, А. В. Мир, построенный на вероятности / А. В. Тарасов. – М. : Просвещение, 1984. – 141 с.
8. Масютин, В. А. Возможность оценки функциональных резервов организма в раннем посттравматическом периоде / В. А. Масютин, Р. В. Вашетко, Д. М. Широков // Травматология и ортопедия России. – 1994. – № 6. – С. 86-88.
9. Галкин, В. В. Актуальные аспекты проблемы прогнозирования в травматологии / В. В. Галкин, Г. И. Назаренко // Ортопед., травматол. – 1988. – № 1. – С. 1-5.
10. Особенности консолидации переломов длинных трубчатых костей при травматическом поражении головного мозга / В. Е. Крылов [и др.] // Современные аспекты чрескостного остеосинтеза по Илизарову : материалы науч. конф. – Казань, 1991. – С. 95-96.
11. Особенности репаративного остеогенеза длинных костей, сочетанного с мозговой травмой : тез. докл. 4 конгр. Междунар. ассоциац. Морфол. / В. А. Литовченко [и др.] // Морфология. – 1988. – Т. 113, № 3. –С. 71-72.

Рукопись поступила 15.02.06.