

Динамика асимметрии локальной температуры кожных покровов - показатель адаптационной перестройки структуры пространственно-временной организации функций после остеотомий длинных костей

Н.В. Корнилов, А.С. Аврунин, К.П. Белый

The asymmetry dynamics of local temperature of skin integuments is an index of adaptation change of the structure of spact-time organization functions after osteotomy of long bones

N.V. Kornilov, A.S. Avroonin, K.P. Belly

Российский НИИ травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена (директор - з.д.н. РФ, чл.-корр. РАМН, проф. Н.В.Корнилов)

На основании ежедневного двухмесячного исследования асимметрии локальной температуры кожных покровов в области спины и обонх бедер у 23-х белых беспородных крыс-самцов массой 180-220 г с единичными (13) и множественными (10) остеотомиями длинных костей в средней трети установлена циркасептанная периодичность изменения этого показателя. Выявлены сроки, соответствующие достижению промежуточного результата в биосистеме, которые совпадают по времени с началом преобладания формирования фиброзно-хрящевой мозоли, первичной костной, её ремоделированием, а также с моментом исчезновения линии перелома на рентгенограмме.

Ключевые слова: крысы-самцы, кожные покровы, длинные кости, остеотомия, температура.

Circaseptan periodicity of change of local temperature of skin integuments was established on the basis of two-month everyday studies of asymmetry concerning local temperature of skin integuments in the back and both femoris of 23 white mongrel male rats of 180-220 g mass, subjected to single (13) and multiple (10) osteotomies of long bones in the middle third. The periods consistent with achievement of intermediate results in the biosystem were revealed, which coincided in time with start of dominant formation of fibrocartilaginous callus, initial bone one, its remodelling and with the moment of fracture line disappearance by x-ray.

Keywords: male rats, skin integuments, long bones, osteotomy, temperature.

Циркасептанная¹ периодичность изменения степени асимметрии была впервые показана на примере обменных процессов в костной ткани при единичных и множественных остеотомиях длинных костей [2,4,12]. По-видимому, это связано с тем, что реализация различных функций в организме подчиняется закону перемежающейся активности, сформулированному Г.Н. Крыжановским (1973, 1987). Согласно этому закону происходит постоянное включение и выключение работающих структур, осуществляемое механизмами ауторегуляции. Данные процессы имеют существенное значение для поддержания динамического гомеостаза, особенно в условиях усиленной функциональной нагрузки. По нашему мнению, биоритмы асимметрии являются не только составным, но и одним из основополагающих элементов структуры пространственно-

временной организации функций² в организме, а степень асимметрии процессов меняется в пределах, обеспечивающих устойчивость этой структуры. Последнее соответствует концепции временной организации биологических систем, в соответствии с которой для оптимального состояния функций организма необходима согласованность их биоритмов. При этом высокая сложность пространственно-временной организации определяется не многочисленностью последних, а их "сцеплением" между собой [7], то есть биосистема - это не просто совокупность отношений между ними.

² Сущность понятия пространственно-временной организации функций связана с тем, что все элементы организма разделены пространственно, соответственно с чем дифференцированы и их функции. При этом их взаимодействие меняется во времени. Тем самым рассматриваемое понятие включает в себя законы, обеспечивающие не только целостность организма, но и изменение характера межфункциональных связей во времени.

¹ Циркасептанная периодичность - длина периода 7 ± 3 сут.

Экстремальное воздействие вызывает нарушение динамического равновесия и меняет характер асимметрии процессов во всей структуре пространственно-временной организации функций. Последнее связано с изменением нагрузки на элементы биосистемы, что приводит к формированию структурного следа адаптации [11].

Восстановление расстроеного динамического баланса происходит не сразу, а ступенчато, через последовательное достижение проме-

жуточных результатов [5, 6]. При этом достижение каждого последующего требует смены преобладания одних процессов на доминирование других [3], то есть наблюдается постепенная перестройка регуляторно-метаболических взаимодействий между структурами биосистемы, и по мере её развития последняя постепенно приближается к конечному результату.

Цель: определить моменты, в которые биосистема достигает промежуточных результатов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследованы 23 белые беспородные крысы-самца массой 180-220 г с единичными (13) и множественными (10) остеотомиями длинных костей в средней трети. Отломки фиксировали интрамедуллярно металлическим стержнем. Методика операции описана ранее [1]. У животных ежедневно в 9 часов утра в течение двух месяцев электротермометром ТМЭМ-60 на протяжении одной минуты регистрировали локальную температуру кожных покровов (ЛТКП) в области спины и обоих бедер (рис.). Крысы были в спокойном состоянии и находились в руках экспериментатора. В результате получали динамические ряды ежедневных наблюдений.

Для определения нормальных значений в каждой зоне интереса осуществляли многократные измерения температуры у интактных животных. Установлено, что в области спины температура соответствует 37,6°C ($\sigma = 1,0^\circ\text{C}$), бедер - 36,9°C ($\sigma = 0,9^\circ\text{C}$). Чтобы нивелировать эти различия, результаты исследования были нормированы и центрированы (аналогично расчету Т-критерия при оценке минеральной плотности костной ткани) по следующей формуле:

$$\eta_i = \frac{M_i - M_N}{\sigma_N}, \text{ где}$$

η_i - нормированная и центрированная величина показателя; M_i - измеренное значение показателя; M_N - среднее значение данного показателя в норме; σ_N - среднее квадратичное отклонение данного показателя в норме.

Степень асимметрии ЛТКП у каждого животного выражали в виде разностного показателя сопоставляемых участков (правого и левого бедер, правого бедра и спины, левого бедра и спины).

В качестве математической модели динамики асимметрии был выбран сглаживающий полиномиальный сплайн четвертого порядка (кубический сплайн). Сравнение математических моделей для выделения сроков, в которые они различаются ($P < 0,05$), проводили по формуле, полученной по аналогии с применяющейся в математике (так называемые пространства Соболева) [13, 1]. Это позволило оценивать степень различия двух сплайнов, учитывая не только абсолютные значения показателей, но также скорость и ускорение их изменения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении настоящего исследования мы исходили из следующей гипотезы: достижение биосистемой промежуточных результатов характеризуется отсутствием существенных различий динамики асимметрии ($P < 0,05$) одноименных показателей. Эта гипотеза основывается на принципе эквифинальности, сформулированном Л. Бергаланфи (1969). По его мнению, момент восстановления подвижного равновесия, нарушенного экстремальным воздействием, не зависит от времени, исходных условий, а определяется только её параметрами.

Трудности выделения моментов достижения промежуточных результатов связаны с тем, что изменение каждого показателя есть функция огромного количества факторов, роль которых оценить невозможно. В их числе - характер воздействия, его сила, состояние организма в

данный конкретный момент, особенности функционирования интересующих нас механизмов, индивидуальные свойства организма и т.д. Для исключения влияния всех этих факторов работа выполнялась в несколько этапов.

На первом этапе были построены математические модели динамики асимметрии ЛТКП. Установлено, что независимо от тяжести травмы (число остеотомий) изменение этого показателя происходит в колебательном режиме вокруг тренда с околонеделной или кратной ей длиной волны (см. рис.).

На втором этапе сравнивали динамику асимметрии ЛТКП у каждого животного в отдельности, сопоставляя математические модели по принципу "каждая с каждой", и нашли, что у всех животных различия отсутствовали ($P < 0,05$) на 5-6-е, 21-22-е, 34-е, 37-е, 45-46-е, 48-50-е и с

53-х по 55-е сут.

На третьем этапе проводили аналогичное сопоставление результатов исследования в одноименных зонах в группах с изолированной и множественной травмой в отдельности. При подобном варианте сопоставлений различия не выявлялись ($P < 0,05$) на 5-6-е, 21-23-е, 34-е, 45-46-е, 49-е, 51-е и с 53-х по 56-е сут.

На четвертом этапе сопоставляли результаты исследования одноименных зон между животными с единичной и животными с множественными остеотомиями. Различия не наблюдались ($P < 0,05$) на 7-е, 21-е, 33-34-е, с 45-х по 50-е и с 52-х по 56-е сут.

На пятом этапе посредством комплексной оценки было установлено, что отсутствие различий ($P < 0,05$) при всех вариантах сопоставлений наиболее часто встречается на 6-е, 21-е, 33-34-е, с 46-х по 49-е и с 53-х по 55-е сут., то есть к концу первой, третьей, пятой, седьмой, восьмой недель. Таким образом, начиная с конца первой недели, затем через каждые две недели и в конце срока наблюдения снова через неделю, биосистема достигает промежуточных результатов. Для подтверждения этого предположения полученные данные были сопоставлены с рентгенологическими показателями репаративного ос-

теогенеза, опубликованными ранее [1, 3].

Оказалось, что с 7-х суток как при изолированной, так и при множественной травме начинают преобладать процессы формирования фиброзно-хрящевой мозоли, с 23-24-х - первичной костной, на 31-32-е сут. перестает визуализироваться линия остеотомии, на 44-53-е появляются признаки перестройки периостальной мозоли в функционально зрелую костную ткань.

Необходимо, однако, подчеркнуть, что при определенных условиях биосистема, достигнув промежуточного результата, может прекратить дальнейшее развитие, и процесс остановится на этом уровне, о чем свидетельствуют клинические наблюдения динамики репаративного остеогенеза. Так, например, при нагноении в области операционной раны возможны стабилизация процесса и его хронизация, а задержка на стадии формирования фиброзно-хрящевой мозоли означает образование ложного сустава. Если стабилизация происходит после исчезновения линии перелома, то нагрузка на кость приводит к рефрактуре. Прекращение развития процесса перед началом ремоделирования характеризуется наличием массивной периостальной мозоли на многие годы.

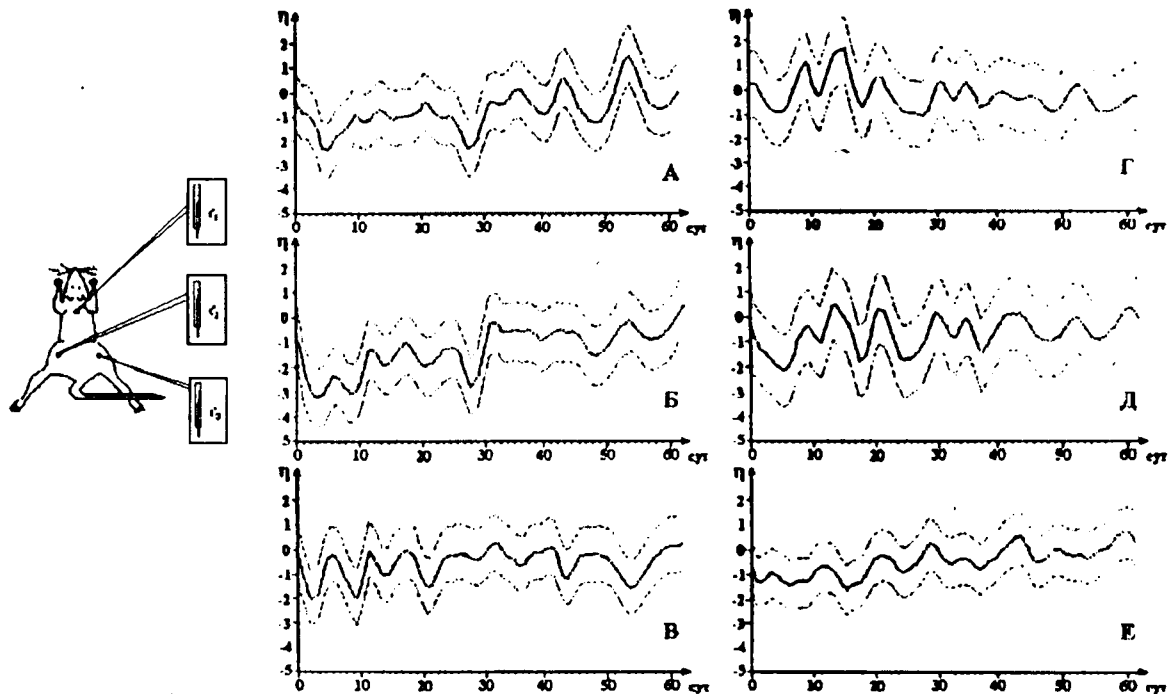


Рис. Примеры математического моделирования асимметрии ЛТПК при единичных и множественных остеотомиях. По горизонтальной оси - время от момента операции (сут), по вертикальной оси - степень асимметрии нормированной и центрированной ЛТПК.

На графиках: А, Б, В - динамика асимметрии ЛТПК у крысы с остеотомией правого бедра; Г, Д, Е - динамика асимметрии ЛТПК у крысы с множественными остеотомиями; А, Г - динамика асимметрии ЛТПК правого и левого бедер; Б, Д - динамика асимметрии ЛТПК правого бедра и спины; В, Е - динамика асимметрии ЛТПК левого бедра и спины.

Обозначения:

----- сглаживающий сплайн (параметры математической модели $P = 0,7$);

..... полуширина доверительной полосы ($1,96 \sigma$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Аврунин А.С. Механизмы развития адаптационного ответа организма на нарушение целостности костей и пути превентивной профилактики послеоперационных осложнений: Автореф. дис... д-ра мед. наук. - Самара, 1998. - 32с.
2. Динамика процессов репаративной регенерации при диафизарных переломах длинных трубчатых костей / А.С. Аврунин, Н.В. Корнилов, А.М. Смирнов и др. // Травматол. ортопед. России - 1994. - № 2. - С. 111-112.
3. Аврунин А.С., Корнилов Н.В., Суханов А.В. Этапы и стадии восстановления динамического равновесия в организме при нарушении целостности длинных трубчатых костей (экспериментально-теоретическое исследование) // Травматол. ортопед. России. - 1995. - № 4. - С.46-52.
4. Аврунин А.С., Макулов В.Б. Пространственно-временные характеристики формирования биоминеральных структур по данным компьютерной планиметрии рентгенограмм после множественных переломов у крыс // Биоминералогия-92: Тезисы 1-ой межгосударственной конференции. - Луцк, 1992. - С.37-38.
5. Анохин П.К. Теория функциональных систем // Успехи физиол. наук. - 1970. - № 1. - С.19-54.
6. Берталанфи Л. Общая теория систем - краткий обзор // Исследования по общей теории систем. - М., 1969. - С. 23-82.
7. Комаров Ф.И., Романов Ю.А., Моисеева Н.И. Хрономедицина - новое направление в медико-биологической науке и практике // Хронобиология и хрономедицина. - М., 1989. - С.5-17.
8. Крыжановский Г.Н. Биологические ритмы и закон структурно-функциональной дискретности биологических процессов // Биологические ритмы в механизмах компенсации нарушенных функций. - М., 1973. - С.20-34.
9. Крыжановский Г.Н. Расстройство нервной регуляции // Патология нервной регуляции функций. - М., 1987. - С. 5-42.
10. Меерсон Ф.З. Адаптационная медицина: концепция долговременной адаптации. - М.: Дело, 1993. - 301 с.
11. Меерсон Ф.З. Адаптационная медицина: механизмы и защитные эффекты адаптации. - М: Нурохиа medical ltd., 1993. - 331 с.
12. Паршин В.А. Изолированная и множественная скелетная травма. Хронобиологические характеристики асимметрии адаптивной реакции: Автореф. дис... канд. мед. наук. - СПб, 1998. - 22с.
13. Соболев С.Л. Некоторые применения функционального анализа в математической физике. - Л.: ЛГУ, 1950. - 255 с.

Рукопись поступила 23.11.99.