

© В.И. Шевцов, В.А. Щуров, 2007

Краниокаудальный градиент регенераторных способностей органов и тканей

В.И. Шевцов, В.А. Щуров

The craniocaudal gradient of the regenerative potentials of organs and tissues

V.I. Shevtsov, V.A. Shchourov

Федеральное государственное учреждение

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

При анализе максимальных регенераторных возможностей различных органов при лечении методом дистракционного остеосинтеза 54 больных из отделения вертебрологии, 164 больных с закрытыми переломами костей голени и бедра из отделения травматологии, 193 больных с отставанием в росте бедра и голени и 144 больных с ахондроплазией, а также 33 больных из отделения кисти и стопы выявлены сравнительно большие способности тканей дистальных частей тела. Дано теоретическое обоснование выявленному феномену и определены условия его появления.

Ключевые слова: краниокаудальный градиент, физиология развития, ортопедия.

Comparatively great potentials of the tissues of distal body parts have been revealed by the analysis of the maximal regenerative potentials of different organs during treatment of 54 patients from the department of vertebral surgery, 164 patients with closed fractures of leg and femur bones from the department of traumatology, 193 patients with growth retardation of leg and femur, 144 patients with achondroplasia and also 33 patients from the department of hand and foot which was performed by the method of distraction osteosynthesis. The phenomenon revealed has been substantiated theoretically, and the causes of its occurrence have been determined.

Keywords: craniocaudal gradient, developmental physiology, orthopaedics.

Правило краниокаудального градиента роста и дифференциации, сформулированное впервые К. Чайлдом в 1914 году, в настоящее время рассматривается морфологами, эмбриологами и антропологами как одна из основных закономерностей онтогенетического развития. Это правило, которому подчиняются все млекопитающие, выражается в том, что волна роста идет от головного конца зародыша к его хвостовому концу. Быстрый рост головного конца зародыша особенно ярко проявляется на ранних ступенях развития [1]. У новорожденных мышечные волокна голени и стопы тоньше и менее дифференцированы, чем плеча и предплечья.

Данные физиологов также свидетельствуют о том, что становление двигательной активности зародыша осуществляется по правилу градиента [2]. В постнатальном онтогенезе развитие систем и органов отклоняется от этого правила.

Со времен Ч. Дарвина известны 3 основных правила регенерации, действие которых ограничено определенными рамками, вследствие чего они так и не стали законом. Во-первых, при регенерации должна сохраняться специфичность тканей. Во-вторых, способность к регенерации по-

нижается с возрастом. В-третьих, способность к регенерации снижается в ходе эволюции животных организмов. Последнее положение известно также как правило Вейсмана-Пшибрама.

Безусловно, использование современных методов исследования позволило морфологам достигнуть впечатляющих успехов в изучении этих закономерностей. Однако накопленный специалистами разных областей опыт анализа пластической активности регенерирующих тканей убеждает, что создание общей теории пластической активности организма — дело не только молекулярной биологии и генетики, но и всей биологической науки в целом [3].

Приступая к анализу собственных наблюдений, мы исходили из того положения, что скорости естественного роста и регенерации тесно взаимосвязаны. Если в процессе развития зародыша у него сначала усиленно развивается краниальный конец, то после рождения быстрее растут дистальные отделы тела. Вот почему после рождения высота головы увеличивается только в 2 раза, длина корпуса — в 3 раза, рук — в 4 раза, а ног — в 5 раз.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В нашем институте коллективом сотрудников соответствующих подразделений накоплен уникальный опыт удлинения с помощью чрескостных аппаратов различных костей скелета, начиная от свода черепа и кончая кончиками пальцев. Для нас было важно оценить не только возможности такого удлинения, но и полноценность восстановления функции соответствующих органов.

Под наблюдением находились 54 больных из отделения вертебрологии, 164 больных с закрытыми переломами костей голени и бедра из отделения травматологии, 193 больных с отставанием в росте бедра и голени и 144 больных с ахондроплазией, а также 33 больных из отделения кисти и стопы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика дистракционного остеосинтеза позволяет производить удлинение различных сегментов конечностей на величины, превосходящие их исходные размеры. Однако получить при этом восстановление функции мышц обычно не удается. Поэтому особенностью представленного для анализа материала является то, что он базируется на результатах не просто максимального, а функционально обоснованного максимального удлинения органов и тканей. И в этих условиях оказывается, что по мере удаления от головного конца тела масштабы допустимого ортопедического вмешательства возрастают. Более того, выявляется возможность более раннего вмешательства на частях тела, расположенных каудально.

Методика замещения дефектов костей свода черепа была разработана д.м.н А.Н. Дьячковым в эксперименте и успешно применяется в клинике для стимуляции мозгового кровотока у больных с последствиями инсульта. До недавнего времени считалось, что у человека во взрослом состоянии кости свода черепа не регенерируют [4]. Однако в нашем Центре удается замещать дефекты, составляющие более 10 % площади костей свода черепа.

В удлинении корпуса тела у человека, по-видимому, есть необходимость при лечении тяжелой кифотической деформации грудного отдела позвоночника. Удлинение тела позвонка в два раза выполнено в экспериментальных условиях (докт. мед. наук К.П. Кирсанов). Длина поясничного отдела позвоночника увеличивается при этом на 20 % без нарушения функции спинного мозга.

Наиболее подробно нами сравнивалось восстановление функции мышц при лечении заболеваний и травм бедра и голени. Удлинение этих сегментов конечностей производится, в частности, при увеличении роста у больных с ахондроплазией. При этом бедренная кость удлиняется обычно в пределах 40 %, кости голени – 60 %. Возможно удлинение сегментов конечностей и на большие величины. Однако при этом остается существенно сниженной сократительная способность мышц, что ограничивает локомоторную активность пациентов [6]. Чтобы понять причины различной тактики ортопедов при лечении бедра и голени необ-

ходимо рассмотреть некоторые особенности реакции этих сегментов в различных ситуациях, связанных с лечением больных.

Нами подтверждено, что дефинитивные размеры сегментов конечностей пропорциональны их длине у детей 5-6 лет. Чем короче исходная длина голени, тем медленнее она растет. Исследование этой зависимости у больных с ахондроплазией и у больных с рудиментами конечностей позволили найти критическую исходную длину голени, при которой ее рост полностью прекращается. Эта длина составляет 12 см. Рост бедренной кости менее чувствителен к нарушению её исходных размеров. Критическая исходная длина бедра для остановки его роста оказалась в 2 раза меньше.

Зависимость скорости роста бедра от его длины в 5 лет у здоровых детей и больных с ахондроплазией описывается одним общим уравнением линейной регрессии:

$$V_f = -0,48 + 0,08 \cdot L; r = 0,917, p \leq 0,001.$$

Зависимость скорости роста голени от её длины в 5 лет у здоровых детей, больных с ахондроплазией и рудиментами нижней конечности описывается уравнением с относительно большим угловым коэффициентом:

$$V_g = -0,51 + 0,13 \cdot L; r = 0,989, p \leq 0,001.$$

Проведен анализ возрастной динамики сроков фиксации бедра и голени у больных с закрытыми переломами костей конечностей. При прочих равных условиях методики лечения длительность фиксации при повреждениях бедра больше, чем голени, на 10-20 % (рис. 1).

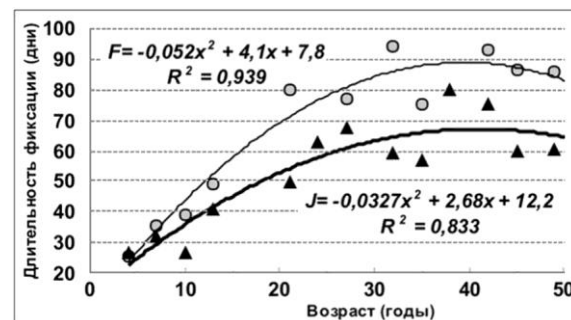


Рис. 1. Зависимость длительности фиксации переломов бедра и голени конечностей от возраста

Общая реакция организма при оперативном лечении больных с ложными суставами костей

голену меньше, чем при лечении больных с ложными суставами бедра, что позволяет больных с патологией дистального сегмента конечности без ущерба для функциональной реабилитации переводить на амбулаторный режим лечения.

Сравнивать длительность фиксации после билокального удлинения бедра и голени можно лишь при равных величинах удлинения каждого из сегментов. Так при удлинении бедра и голени на 5 см длительность фиксации голени была относительно меньше на 8,5 % (соответственно 11,9 и 10,9 дней на см).

После удлинения отстающей в росте голени на каждые 10 % исходной длины амплитуда движений в голеностопном суставе теряется в среднем на 15 % (рис. 2). С увеличением длины отстающего в росте бедра на такие же величины при одинаковой технологии лечения ограничение амплитуды движений в коленном суставе составляет 22 %. Уровень восстановления амплитуды движений в суставах зависит также от их исходной подвижности и снижается с увеличением возраста пациентов [5].



Рис. 2. Динамика восстановления амплитуды движений в коленном и голеностопном суставах после удлинения соответственно бедра и голени

В ближайший год после удлинения отстающих в росте бедра и голени у детей и подростков момент силы мышц бедра отставал от исходных значений в среднем на 21 %, а голени – на 14 %. В отдаленные 2-4 года после лечения восстановление силы мышц голени шло быстрее, ее показатель оказался выше исходных значений (табл. 1).

При необходимости оперативного удлинения бедра и голени у взрослых больных с ахондроплазией для увеличения роста тела по частоте вмешательств и по достигаемым абсолютным

размерам предпочтение отдается голени, максимальный прирост размеров которой при сохранении функции мышц больше на 20 %. По-видимому, решающим аргументом для ортопеда в выборе сегмента для удлинения конечности является то, что после удлинения бедра снижение силы мышц на 40 % приводит к нарушению локomotorной функции, а при таком же снижении силы мышц голени эта функция не нарушается.

Таблица 1
Момент силы мышц пораженной конечности (М±m)

Этап лечения	n	Сила мышц голени		Сила мышц бедра	
		ТСС	ПСС	СГ	РГ
До лечения	26	15±2,7	35±5,5	42,4±6,2	47,8±7,5
Первый год после удлинения	14	13±1,5	33±5,4	34,9±3,9	36,5±5,6
Отдаленные сроки после лечения	29	20±3,1	50±9,0	40,8±4,0	46,6±5,2

Примечание: ТСС – тыльные сгибатели стопы, ПСС – подошвенные сгибатели стопы, СГ – сгибатели голени, РГ – разгибатели голени.

За последние десятилетия достигнуты существенные успехи в лечении больных с ортопедической патологией стопы. В частности, при оперативном воссоздании недостающих отделов стопы возможно удлинение переднего и заднего отделов более, чем на 100 %. При этом восстанавливается функциональная нагрузка на передний отдел стопы [10].

Еще более впечатляющие результаты получены при удлинении фаланг пальцев. Дистальные фаланги отстающих в росте пальцев оказались возможным удлинить в 3 раза (рис. 3).



Рис. 3. Максимально допустимые величины удлинения различных частей тела с помощью метода дистракционного остеосинтеза и прирост длины частей тела в процессе роста

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Существование краниокаудального градиента регенераторных способностей тканей в постнатальном онтогенезе можно было предположить давно. Однако практически он не обнаруживается в условиях незначительных повреждений, например, кожных покровов различных частей тела. При более тяжелых заболеваниях и травмах, связанных с опасностью для жизни, выявляются признаки обратного градиента, свя-

занного с тенденцией к централизации минутного объема кровотока. Например, при оперативном лечении больных с облитерирующим атеросклерозом периферических артерий, при лечении больных с множественными травмами и при удлинении одновременно бедра и голени выявляется синдром «обкрадывания» периферического сосудистого русла. При сравнении темпов продольного роста и возможностей уд-

линия частей тела выявляются неадекватно большие величины возможного удлинения дистальных сегментов конечностей. Предполагается, что эти сегменты конечностей сохраняют нереализованные резервы роста. Такое предположение подтверждается при наблюдении больных с гигантизмом дистальных отделов нижних конечностей при врожденных аномалиях сосудистого русла конечностей, например, при синдромах Клиппеля-Треноне и Пакса-Вебера [9].

По-видимому, в краниокаудальном направлении уменьшается жесткость ограничивающих рамок регуляторных механизмов программы роста. Такой вывод вполне согласуется с данными антропометрических наблюдений, показывающих, что при улучшении условий жизни населения процессы акселерации приводят к ускорению, в первую очередь, роста конечностей, особенно голени и стопы.

До рождения плода существует обратный краниокаудальный градиент роста (по мере удаления от головного конца тела темпы роста частей тела ниже). При этом бурно растущая голова является частью тела весьма чувствительной к изменению условий развития. Так, ухудшение качества питания у беременных женщин, занятых на производстве, может привести к избирательной задержке роста головы плода (рис. 4).

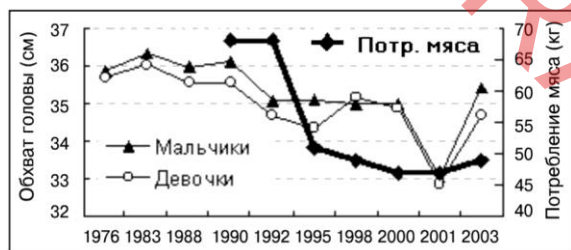


Рис. 4. Влияние годового потребления мяса населением на динамику относительных размеров головы новорожденных города Кургана

При анализе зависимости размеров головы 3000 новорожденных города Кургана от качества питания населения за последние 29 лет нами обнаружено, что снижение потребления мясных продуктов населением на одну треть приводит к снижению обхвата головы новорожденных, отнесенного к длине тела, от уровня нормы, равного 0,68-0,71, до 0,63. Впрочем, этот феномен был известен ещё в первобытном обществе, когда применялась система ограничений беременных женщин в питании, чтобы предотвратить достижение больших размеров головки плода [11]. Нами показано также, что даже при нормальном рационе питания предшествующее занятие женщин профессиональным спортом приводит к уменьшению размеров головы новорожденных (у мастеров спорта в пределах 10 %).

Таким образом, в условиях функционально оптимального оперативного удлинения костей выявлено существование краниокаудального градиента регенераторных способностей органов. Это понятие относится скорее не к отдельным тканям, а к способности органов восстанавливать свои функциональные свойства. В том же краниокаудальном направлении снижается функциональная значимость частей тела для сохранения его жизнеобеспечения и повышается устойчивость тканей к недостатку кислорода.

Поэтому в практической травматологии и ортопедии при оценке реакции различных сегментов конечности на повреждение и оперативное вмешательство следует учитывать как местную реакцию, так и реакцию центральных регуляторных механизмов. И чем более тяжелая ситуация, особенно при сочетанных повреждениях, тем в меньшей степени можно надеяться на лучшие регенераторные способности дистально расположенных частей тела. По-видимому, именно это обстоятельство в значительной степени скрывает большие регенераторные способности тканей дистальных отделов конечностей.

ЛИТЕРАТУРА

- Семенова, Л. К. Краниокаудальный градиент в развитии опорно-двигательного аппарата человека / Л. К. Семенова // Известия академии педагогических наук. - М., 1967. - Вып. 142. - С. 3-13.
- Светлов, П. Г. Физиология (механика) развития / П. Г. Светлов. - Л., 1978. - 261 с.
- Студицкий, А. Н. Учение о регенерации на подъеме / А. Н. Студицкий // Регуляторные механизмы регенерации. - М., 1973. - С. 3-15.
- Полежаев, Л. В. Утрата и восстановление регенераторных возможностей органов и тканей у животных / Л. В. Полежаев. - М., 1968.
- Татаев, Г. С. Восстановление подвижности в суставах после одновременного удлинения бедра и голени по Илизарову / Г. С. Татаев, А. В. Попков, В. А. Щуров // Лечение повреждений и заболеваний опорно-двигательного аппарата методом Илизарова. - Казань, 1991. - С. 41-45.
- Особенности естественного продольного роста конечности у больных ахондроплазией / В. И. Шевцов [и др.] // Гений ортопедии. - 1998. - № 1. - С. 17-21.
- Шевцов, В. И. Теоретические предпосылки и практические последствия увеличения длины нижних конечностей у больных с ахондроплазией / В. И. Шевцов, Т. И. Менщикова, В. А. Щуров // Рос. журнал биомеханики. - 2000. - Т. 4., № 3. - С. 74-79.
- Щуров, В. А. Особенности продольного роста голени у больных ахондроплазией / В. А. Щуров, Т. И. Менщикова // Физиология человека. - 1999. - Т. 25, № 2. - С. 114-118.
- Щуров, В. А. Неравномерный рост и кровоснабжение конечностей / В. А. Щуров // Материалы XXIV научно-практ. конф. врачей Курганской области. - Курган, 1992. - С. 86-88.
- Щуров, В. А. Особенности роста и кровоснабжения пальцев у больных с гипоплазией кисти при лечении методом Илизарова / В. А. Щуров, Г. Р. Исмаилов, Т. Е. Козьмина // Гений ортопедии. - 1997. - № 1. - С. 19-23.
- Jelliffe, D. B. Culture, social change and infant feeding. Current trends in tropical regions / D. B. Jelliffe // Amer. J. Clin. Nutr. - 1962. - Vol. 1. - P. 19-45.

Рукопись поступила 29.08.05.