

Биомеханические критерии функционального состояния конечностей у больных с дефектами костей голени

Т. И. Долганова, А. Ю. Чевардин, В. Д. Макушин, Д. В. Долганов

Biomechanical criteria of the limb functional condition in patients with leg bone defects

T. I. Dolganova, A. Yu. Chevardin, V. D. Makushin, D. V. Dolganov

ФГУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г. А. Илизарова»
Минздравсоцразвития РФ (директор — д. м. н. А. В. Губин)

Проводится сравнительная оценка биомеханических критериев функционального состояния конечности при дефект-псевдоартрозе и дефект-диастазе большеберцовой кости по данным динамометрии, сонографии, тонометрии, статических и динамических параметров ходьбы.

Ключевые слова: биомеханические критерии, дефект-псевдоартроз, дефект-диастаз, подография.

Comparative evaluation of the biological criteria of the limb functional condition for tibial defect-pseudoarthrosis and defect-diastasis has been made by the data of dynamometry, sonography, tonometry, walking statical and dynamical parameters.

Keywords: biomechanical criteria, defect-pseudoarthrosis, defect-diastasis, podography.

ВВЕДЕНИЕ

Нарушение целостности костей с дефицитом ее длины является тяжелой патологией, приводящей к потере опоры на конечность и трудоспособности [11].

Оценивая функциональное состояние конечности, общепринято описывать качественные клинические изменения опорно-двигательного аппарата: болевые ощущения в суставах, скелетных мышцах, наличие патологической подвижности и деформации, нарушение функции суставов, объем совершаемых движений [7, 13].

Однако количественные критерии функционального состояния конечности у этих больных исследованы мало, проведенные работы, в основном, касаются ее кровоснабжения. Это понятно, т. к. от него зависят

показания к операции, выбор ее метода и тактики, длительность послеоперационного восстановления, качество и полноценность репаративной регенерации тканей опорно-двигательного аппарата [1, 2, 3, 4, 8].

Проведенные ранее исследования показали, что для тестирования изменений функции и структуры заинтересованных мышц наиболее информативны электромиография, динамометрия и ультразвуковая сонография [6].

Цель исследования: провести сравнительный анализ биомеханических параметров функционального состояния у пациентов с дефект-псевдоартрозами и дефект-диастазами костей голени.

КОНТИНГЕНТ ОБСЛЕДОВАННЫХ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведено комплексное обследование двух групп больных.

I группа — пациенты с дефект-псевдоартрозами костей голени — 21 человек (средний возраст $36,54 \pm 14,08$). Из них нормопластическую форму отломков имели 6 человек, гиперпластическую — 10 больных, гипопластическую — 5. Не использовали дополнительные средства опоры 28% больных, использовали одну трость — 28% и костыли — 28%, не применяли дополнительные средства фиксации 76% ($n=16$), тутором пользовались 19% больных и 5% — компенсировали укорочение конечности ортопедической обувью.

II группа — пациенты с дефект-диастазами костей голени — 28 человек (средний возраст $25,71 \pm 13,1$ лет). Дополнительные средства опоры среди этих

больных не использовали 36% ($n = 10$) пациентов. Пользовались при ходьбе одной тростью 18% ($n = 5$), костылями — 46% ($n = 13$). Не применяли дополнительных средств фиксации конечности 28% ($n = 7$), тутором пользовались 42% ($n = 11$) и компенсировали укорочение конечности ортопедической обувью 30% ($n = 8$) пациентов. У 88% ($n = 25$) этих больных отмечена гипопластическая форма концов отломков и только у 12% ($n = 3$) — нормопластическая.

Оценка статических и динамических параметров ходьбы производилась с помощью комплекса «ДиаСлед-Скан» (С.-Петербург). Проходимая дистанция составляла 10 метров. Рассчитывалось давление на различные точки стопы при стоянии и при ходьбе. Во время ходьбы определялись временные и силовые параметры цикла шага, оценивалась максимальная

нагрузка (кг/см²) на отделы стопы, продольные и поперечные девиации шага.

Комплексное обследование функционального состояния мышц включало тонометрию [12], динамометрию [10], ультразвуковое сканирование передней и задней группы мышц голени (*m. tibialis ant.*, *m. ext. digitorum long.*, *m. gastrocnemius lat.*, *m. soleus*) интактной и поврежденной конечностей. Анализировались следующие параметры: максимальный момент силы

мышц сгибателей и разгибателей стопы; характеристики эхоплотности (L) по данным постпроцессорной компьютерной обработки эхосигнала. Сонограммы регистрировались при единой шкале настройки изображения. Дополнительно определялась толщина мышечного слоя с расчетом величины атрофии мышц относительно интактной конечности и их контрактильность при проведении функциональной пробы (произвольное напряжение мышц) [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из критериев опороспособности конечности в статической биомеханике является величина асимметрии распределения веса тела на обе нижние конечности.

До лечения статическая нагрузка на поврежденную конечность у пациентов с дефект псевдоартрозами — была в полном объеме и составила $92,3 \pm 1,5\%$ ($n = 21$). Из-за длительного предшествовавшего лечения (6–9 месяцев) регистрировалось снижение показателя поперечной твердости мышц (тонуса) в 1,7 раза. Сила мышц сгибателей и разгибателей стопы составила соответственно $41,5 \pm 3,15 \text{ Н*м}$ и $13,1 \pm 1,09 \text{ Н*м}$ (35,2 % и 63,4% от значений интактной конечности), т. е. задняя группа мышц голени имела большие повреждения, чем передняя, что связано с преобладающим механизмом травмы (повреждающий удар сзади).

У всех пациентов с дефект-диастазом большеберцовой кости была значительно снижена статическая нагрузка на конечность до $49,5 \pm 4,15\%$ относительно значений интактной конечности и осуществлялась в основном за счет дополнительных средств фиксации.

Нужно отметить, что функциональная статическая нагрузка существенно зависела от величины дефекта (рис. 1). У больных с дефектом костной ткани голени не более 10% (до 2 см) и щелевидным диастазом отломков (дефект-псевдоартроз), нагрузка на большую конечность составила $59,7 \pm 4,1\%$ ($n = 21$).

У больных с величиной дефекта большеберцовой кости более 10 см и диастазом 3–6 см ($n = 28$) статическая нагрузка на конечность была значительно ниже и равнялась $28,7 \pm 4,8\%$.

У больных с дефект-псевдоартрозом костей голени при давности заболевания свыше 1 года поперечная твердость икроножной мышцы была снижена на поврежденной конечности относительно значений интактной конечности на 35%, у больных с дефект-диастазом — на 70% (табл. 1). Такое выраженное снижение тонуса у больных II группы сочетается со степенью атрофии мышц и снижения показателей их динамометрии.

У больных с дефектами костей голени до лечения снижены показатели динамометрии всех исследованных групп мышц и составляют в I группе для разгибателей стопы 14%, сгибателей стопы — 60%, во II группе — 60% и 87% соответственно относительно значений интактной конечности.

У больных с дефект-псевдоартрозами преобладало повреждение задней группы мышц голени, и силовой индекс антагонистов увеличивался в 2 раза. По данным подографии, при ходьбе без дополнительных

средств опоры снижена регистрация заднего толчка (рис. 2). У пациентов с дефект-диастазом отмечается уменьшение силового индекса антагонистов, что указывает на преобладающее повреждение передней группы мышц голени, которое зависит и от области повреждения площади прикрепления мышцы этой группы — на протяжении диафиза большеберцовой кости. По данным подографии, ограничена опорная реакция конечности и при ходьбе с использованием дополнительных средств опоры (рис. 3) отсутствует регистрация заднего толчка — опора только на пяточный отдел стопы, отсутствует тыльное сгибание в ГСС, отсутствует рессорная функция нижней конечности (табл. 2).

При величинах дефекта более 15 см функциональная дееспособность мышц отсутствовала, показатели динамометрии не регистрировались.

Ограничение диапазона сократительной способности мышц сочетается с данными сонографии: на больной конечности у больных обеих групп акустическая плотность мышечной ткани повышена на 20–50% и зависит от тяжести патологии. Атрофия мышечного слоя и снижение контрактильности как по передней, так и по задней группе мышц наиболее выражена у пациентов с дефект-диастазом костей голени. У них в 80% наблюдений выражена неоднородность внутримышечной структуры, в частности отсутствует характерная продольная исчерченность, исчезают разграничительные прослойки между порциями мышц, не представляется возможным отдифференцировать отдельные мышцы. В литературе данная картина трактуется как признак развития рубцовых и дегенеративно-деструктивных изменений мышечной ткани [9].

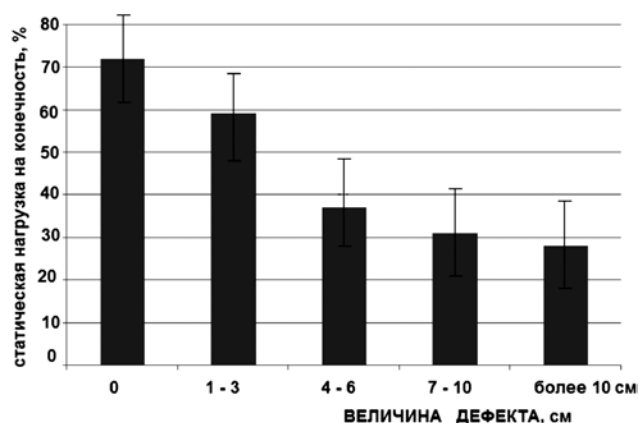


Рис. 1. Зависимость статической нагрузки на большую конечность от величины дефекта костей голени

Таблица 1

Структурные и функциональные характеристики мышц у больных с дефектами большеберцовой кости до лечения

Исследуемые мышцы	Интakтная конечность	Больная конечность	
		С дефект-псевдоартроом (n = 21)	С дефект-диастазом (n = 28)
m. tibialis ant.			
L (отн. ед)	23,9 ± 3,84	23,0 ± 0,82	32,1 ± 2,8*
Контрактильность (%)	18,6 ± 3,6	15,9 ± 6,61	6,8 ± 3,15*
Атрофия (%)	0	13,0 ± 4,0	21,0 ± 3,65
m. digitorum long.			
L (отн. ед)	33,4 ± 3,14	44,6 ± 3,91*	38,1 ± 1,69*
Контрактильность (%)	20,9 ± 4,05	20,3 ± 2,25	8,1 ± 2,58*
Атрофия (%)	0	7,0 ± 2,6*	10,0 ± 7,58
m. gasrocnemius			
L (отн. ед)	34,2 ± 3,09	41,6 ± 2,55*	44,1 ± 2,11*
Контрактильность (%)	25,6 ± 4,8	29,2 ± 4,44	12,8 ± 6,6*
Атрофия (%)	0	0 ±	26,0 ± 5,43
m. Solius			
L (отн. ед)	29,7 ± 2,31	34,6 ± 0,73*	37,2 ± 1,73*
Контрактильность (%)	16,2 ± 3,07	13,7 ± 3,83	7,9 ± 2,19*
Атрофия (%)	0	8,0 ± 2,7	12,1 ± 5,39
Поперечная твердость мышц (усл. ед.)	129 ± 9,22	85,3 ± 9,21*	39,0 ± 7,11*
Сила мышц разгибателей стопы (Н*м)	48,1 ± 8,08	41,5 ± 3,15*	3,71 ± 0,56*
Сила мышц сгибателей стопы (Н*м)	97,9 ± 15,9	39,5 ± 7,3*	14,4 ± 0,41*
Примечание: * — показана достоверность различия p < 0,05			

Таблица 2

Изменения количественных показателей подограммы у пациентов с дефект-диастазом и дефект-псевдоартрозом костей голени

Показатели	Дефект-псевдоартроз	Дефект-диастаз
Использование дополнительных средств опоры	Ходьба без дополнительных средств опоры или с тростью	Ходьба только с использованием дополнительных средств опоры — 2 костыля
Длительность цикла шага (сек)	Соответствует норме	Свыше 1,00
Период переката через стопу (сек)	Увеличение асимметрии до 15%	Увеличение асимметрии свыше 15%
Одноопорный период шага (сек)	Относительное уменьшение длительности периода на пораженной конечности менее 30% цикла шага, увеличение асимметрии — свыше 15%	
Главный минимум нагрузки (% от веса)	Снижен до 10%	Отсутствует на больной конечности
Передний толчок (% от веса)	Соответствует норме	Снижен на больной конечности, асимметрия свыше 50%
Задний толчок (% от веса)	Снижен на больной конечности, асимметрия до 50%	Отсутствует на больной конечности
Соотношение задний/передний толчок	На больной конечности — менее 1,0, асимметрия до 40%	Отсутствует на больной конечности
Вариабельность траектории ЦД (% от ширины стопы)	Увеличение асимметрии до 30–50%	Увеличение асимметрии до 60–80%
Длина траектории ЦД (% от длины стопы)	Уменьшение до 50%, увеличение асимметрии до 20%	Уменьшение до 30%, увеличение асимметрии до 50%
Асимметрия нагрузки на стопы в статике (кг/кв. см)	Соответствует норме	Увеличение асимметрии до 40%
Асимметрия нагрузки на стопы при ходьбе (кг/кв. см)	Увеличение асимметрии до 30%	Увеличение асимметрии до 75%

ВЫВОД

Биомеханические параметры функционального состояния конечности отражают тяжесть патологии у пациентов с дефект-диастазом костей голени.

По данным динамометрии, сонографии, тонометрии у больных с дефект-псевдоартрозами преобладает повреждение задней группы мышц, силовой ин-

декс антагонистов увеличивается в 2 раза. У пациентов с дефект-диастазом отмечается уменьшение силового индекса антагонистов — преобладает повреждение передней группы мышц голени, которое зависит от области повреждения площади прикрепления мышцы этой группы — на протяжении диафиза большеберцовой кости.

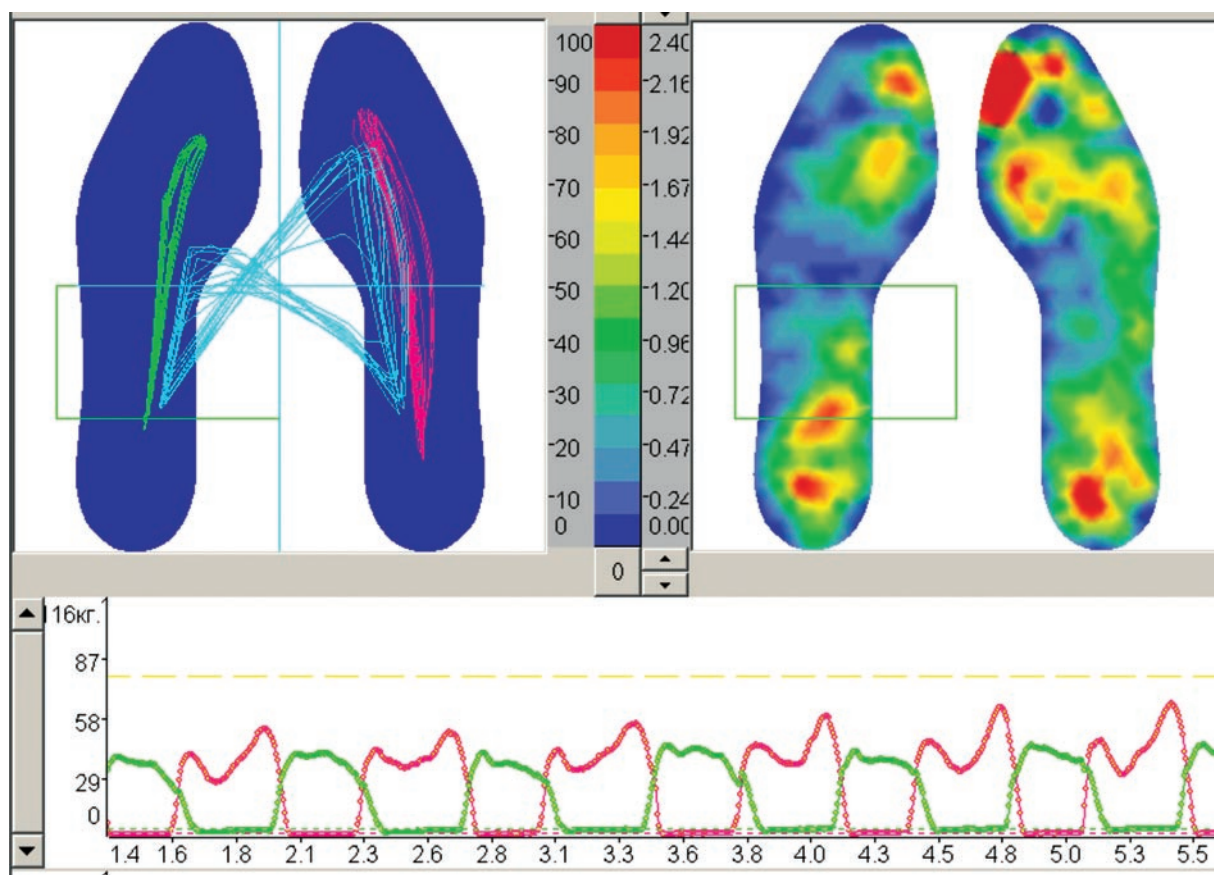


Рис. 2. Подограмма больного Н., 35 лет. Диагноз: посттравматический дефект-псевдоартроз нижней трети левой голени. Ходьба без дополнительных средств опоры

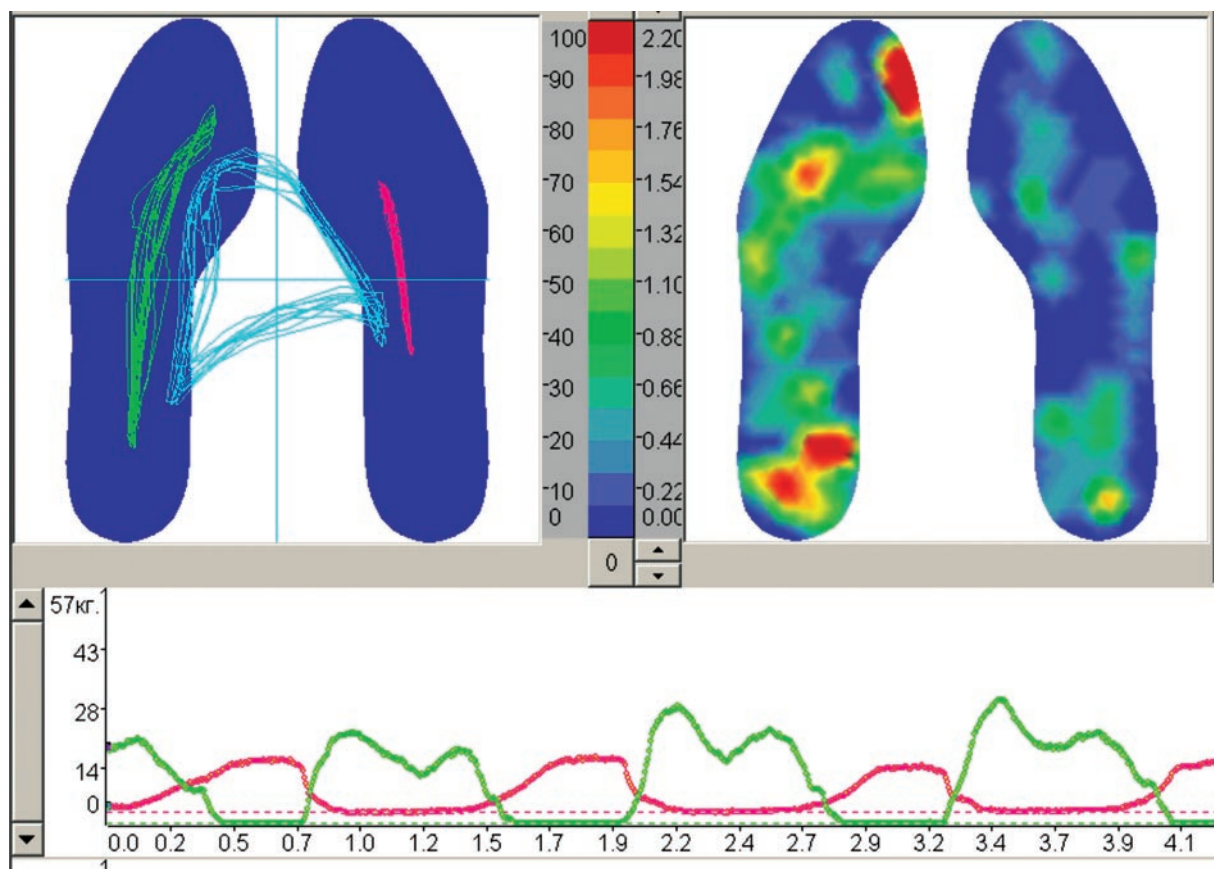


Рис. 3. Подограмма больного А., 42 лет. Диагноз: посттравматический дефект-диастаз костей правой голени. Ходьба с опорой на 2 костыля

ЛИТЕРАТУРА

1. Восстановление сосудистого русла в пораженном сегменте у больных с дефектами костей голени, осложненными хроническим остеомиелитом / А. М. Аранович [и др.] // Хирургия. 1990. № 9. С. 36–40.
2. Долганова Т. И. Кровообращение и биомеханические свойства конечностей у больных с дефектами костей голени при лечении по методу Илизарова: автореф. дис... д-ра мед. наук. Новосибирск, 1993. 17 с.
3. Крупаткин А. И. Функциональные исследования периферического кровообращения и микроциркуляции тканей в травматологии и ортопедии: возможности, перспективы // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. 2000. №1. С. 66–69.
4. Оценка транспортной функции сосудистого русла тканей конечности при замещении врожденного дефекта большеберцовой кости полилокальным замещением отломка / Д. В. Долганов, Л. М. Куфтырев, Д. Ю. Борзунов, Т. И. Долганова // Гений ортопедии. 1998. № 3. С. 25–28.
5. Оценка тяжести повреждений мягких тканей у больных с закрытыми переломами костей голени: пособие для врачей / РНЦ «ВТО»; сост.: В. А. Щуров [и др.]. Курган, 2001. 23 с.
6. Проблемы и перспективы комплексного тестирования структурно-функционального статуса скелетных мышц у ортопедотравматологических больных / А. П. Шенн, Т. И. Долганова, Д. В. Долганов, А. Е.-Х. Югай // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. 1994. № 1–2. С. 128–130.
7. Результаты лечения псевдоартрозов большеберцовой кости при погружном и внеочаговом остеосинтезе / С. Е. Шафит [и др.] // Хирургия. 1999. № 9. С. 58–60.
8. Структура и функция мышц голени у больных с «острыми» посттравматическими дефектами большеберцовой кости / Т. И. Долганова, М. С. Сайфутдинов, И. И. Мартель, Д. В. Долганов // Гений ортопедии. 2006. № 1. С. 57–62.
9. Ультразвуковая диагностика повреждений и заболеваний мягких тканей опорно-двигательного аппарата: учеб. пособие / Под ред. С. А. Горбатенко; МЗ СССР, Центр. ин-т усоверш. врачей. М., 1991. 28 с.
10. Устройство для ангулодинамометрии: пат. 2029536 Рос. Федерация. № 5042260/14; заявл. 15. 05. 92; опубл. 27. 02. 95, Бюл. № 6.
11. Шевцов В. И., Макушин В. Д., Куфтырев Л. М. Дефекты костей нижней конечности. Курган: Зауралье, 1996. 504 с.
12. Щуров В. А. Физиологические основы эффекта стимулирующего влияния растяжения тканей на рост и развитие при удлинении конечностей по Илизарову: автореф. дис... д-ра мед. наук. Пермь, 1993. 32 с.
13. Edmonds J., Bertouch J. The core curriculum: history and examination // J. Rheumatol. Suppl. 1999. Vol. 55. P. 33–34.

Рукопись поступила 12. 07. 10.

Сведения об авторах:

1. Долганова Тамара Игоревна — ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова» Минздравсоцразвития России, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии, д. м. н.
2. Чевардин Александр Юрьевич — ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова» Минздравсоцразвития России, старший научный сотрудник лаборатории патологии суставов, к. м. н.
3. Макушин Вадим Дмитриевич — ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова» Минздравсоцразвития России, г. н. с. лаборатории патологии суставов, д. м. н., профессор.
4. Долганов Дмитрий Владимирович — старший научный сотрудник лаборатории физиологии, к. б. н.