

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АНИЗОТРОПИИ ТЕКСТУРЫ МЫШЦ ПРИ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ И В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ РЕГУЛЯРНЫХ ТРЕНИРУЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Л.А. Гребенюк<sup>1</sup>, А.В. Грязных<sup>2</sup>, М.М. Киселева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова МЗ РФ, г. Курган, Россия,

<sup>2</sup>Югорский государственный университет, гуманитарный институт североведения, г. Ханты-Мансийск, Россия,

<sup>3</sup>Курганский государственный университет, г. Курган, Россия

**Цель** исследования – изучить в сравнительном аспекте особенности анизотропии текстуры мышц у лиц с врожденной аномалией развития голени, и у спортсменов – бегунов на средние дистанции и борцов греко-римского стиля. **Материал и методы.** Исследование основано на анализе результатов эхографии скелетных мышц конечностей у пациентов с врожденным укорочением одной из нижних конечностей (группа 1, n = 11) и легкоатлетов – бегунов на средние дистанции, являющихся мастерами или кандидатами в мастера спорта (группа 2, n = 11). В третью группу вошли борцы греко-римского стиля (n = 10). Возраст всех трех групп обследованных составил 18–24 г. С помощью эхографии исследовали структуру передней группы мышц голени у пациентов с укорочением сегмента и у бегунов и борцов греко-римской стили. Также определяли моменты силы мышц. **Результаты.** Установлено, что индекс анизотропии текстуры (ИАТ) m. extensor digitorum longus пораженной голени был достоверно ниже показателя на интактном сегменте ( $p \leq 0,05$  по критерию Манна – Уитни). Для m. tibialis anterior укороченного и интактного сегмента этот параметр составил 0,29–0,30. После удлинения голени выявлено повышение ИАТ m. extensor digitorum longus на 83,3 %, и достигшего 0,33 ( $p \leq 0,01$ ). У бегунов индекс анизотропии для m. extensor digitorum longus левой голени составил 0,10, а для m. tibialis anterior – 0,2. Это свидетельствуют об умеренно сниженной структурной анизотропии мышц у бегунов. Асимметрии по этому критерию у бегунов не наблюдалось. В группе борцов установлена асимметрия анизотропии текстуры m. extensor digitorum longus обеих голени. Выявлено снижение указанного индекса m. extensor digitorum longus на 36 % на правой голени относительно показателя на левом сегменте. **Заключение.** До оперативного удлинения голени анизотропия текстуры m. extensor digitorum longus умеренно снижена. Установлены различия в характере анизотропии текстуры мышц у спортсменов, связанные с реактивными изменениями на регулярные повышенные тренировки у бегунов-средневики и у борцов.

**Ключевые слова:** анизотропия текстуры мышц, врожденное укорочение, спортсмены, нижняя конечность, метод Илизарова, эхография.

**Введение.** Проблема изучения реактивных изменений в скелетных мышцах остается актуальной, так как наличие адекватной ежедневной двигательной активности, определяемое состоянием нервно-мышечного аппарата, – важнейшие факторы сохранения здоровья и увеличения продолжительности жизни. К настоящему времени сформированы различные научные подходы в оценке структуры мышц. Это продиктовано необходимостью выявления патологических изменений в них по мере старения [10], срывов адаптации в

спортивной физиологии и ряда нервно-мышечных заболеваний. Новые диагностические возможности неинвазивного исследования скелетных мышц предоставляют современные методы визуализации. Среди них наибольшее распространение получил метод эхографии (ЭХ) или ультразвуковые исследования (УЗИ). В последние годы развивается новый подход в изучении мышечной структуры, получивший название «анализ анизотропии текстуры». В его основу положены математическая обработка полученных результа-

тов при ЭХ или магнитно-резонансной томографии (МРТ). Так, по данным G. Nketiah et al. (2015), при МРТ выявлены различия текстуры различных мышц у спортсменов по сравнению с контрольной группой [2]. Авторам впервые удалось проследить взаимосвязь специфической физической нагрузки с показателями текстуры мышц. Хотя у лиц, занимающихся пауэрлифтингом, достоверных различий изучаемых параметров текстуры мышц по сравнению с контрольной группой установлено не было [2]. Информативным указанный подход оказался и для диагностики патологических изменений в скелетных мышцах – при болезни Дюшена [5], миопатии, полимиозите, боковом амиотрофическом склерозе [13, 17].

**Цель:** изучение с помощью эхографии особенностей анизотропии текстуры мышц нижней конечности у лиц с врожденным укорочением и у спортсменов высокого спортивного мастерства – бегунов на средние дистанции и борцов греко-римского стиля.

**Материал и методы.** Исследование основано на анализе результатов эхографии скелетных мышц конечностей у пациентов с врожденным укорочением одной из нижних конечностей (группа 1, n = 11) и легкоатлетов – бегунов на средние дистанции, являющихся мастерами или кандидатами в мастера спорта (группа 2, n = 11). В третью группу вошли борцы греко-римского стиля (n = 10). Возраст обследованных во всех трех группах составил 18–24 г.

Для комплексной оценки функционального состояния конечности тестировали также моменты силы мышц тыльных сгибателей стопы (ТСС), для чего использовали динамометрический стенд (разработка Центра им. Илизарова). Оценивали анизотропию мышц голени с помощью расчетных показателей – индекса анизотропии текстуры (ИАТ) ткани [8]. Для выполнения таких расчетов эхографию мышечного брюшка осуществляли поперечно и продольно относительно анатомической оси конечности. Применяли линейные датчики 7,5–12,0 МГц. Использовали разработанный нами критерий анизотропии текстуры мышц (АТМ), рассчитываемый по формуле:

$$ATM = [M(long) - M(transv)] / M(long),$$

где M(long) – показатель модального значения уровня эхогенности, отражаемый на гистограммах при продольной ориентации в усл. ед. серой шкалы; M(transv) – указанный показатель при поперечной ориентации датчика. Проводили также антропометрию. У спортсменов оценивали продолжительность спортивной деятельности.

**Результаты исследования.** Анализ антропометрических данных выявил статистически значимое снижение массы тела и роста в группе пациентов относительно показателей у спортсменов (табл. 1).

Площадь поперечного сечения ТСС пораженной конечности в первой группе составила  $7,38 \pm 0,15 \text{ см}^2$ , что на 22,1 % ниже показателей у легкоатлетов и на 36,9 % ниже

Таблица 1  
Table 1

Антропометрические показатели трех групп обследованных лиц, M ± m  
Anthropometric data of the people examined, M ± m

Группа Group	Число, n Number, n	Возраст, лет Age, years	S попер. сеч., см <sup>2</sup> C/s area, cm <sup>2</sup>	Масса тела, кг Body weight, kg	Длина тела, см Body length, cm	Длина голени, см Lower limb length, cm	Срок деятел., лет Activity duration, years
Пациенты, поражен- ные инт. голень Patients, affected / unaffected lower limb	11	19,9 ± 4,31	7,38 ± 0,2 / 10,44 ± 2,4*	45,7 ± 3,76*	153,3 ± 3,03*	31,8 ± 0,06 / 35,7 ± 2,98*	–
Легкоатлеты Runners	11	19,9 ± 2,0	9,47 ± 2,0 / 9,54 ± 1,9	55,6 ± 2,1*	166,2 ± 4,1	38,5 ± 1,2 / 39,5 ± 1,3	6,1
Борцы Wrestlers	10	20,2 ± 1,2	11,7 ± 1,8 / 11,3 ± 1,3*	71,4 ± 3,8*	170,7 ± 3,4	39,6 ± 0,9 / 39,6 ± 0,8	7,9

Примечание. Принятые обозначения: M ± m – среднее значение ± стандартная ошибка; S попер. сеч. – площадь поперечного сечения мышц ТСС; \* – достоверность различий по критерию Манна – Уитни  $p \leq 0,05$ .

Note. M ± m – average value ± standard deviation; C/s area – cross-sectional area – dorsal flexors of the foot; \* – significance of differences according to the Mann–Whitney test  $p \leq 0.05$ .

Параметры эхографии мышц – тыльных сгибателей стопы и расчетные значения анизотропии их текстуры в группе (n = 11) с врожденным укорочением нижней конечности, M ± m (усл. ед.)

Echography data of the dorsal flexors of the foot and the calculated texture anisotropy values in patients with congenital shortening of the lower limb (n = 11), M ± m (standard units)

Голень Lower limb	Период Period	Пораженная голень, n = 11 Affected lower limb, n = 11		Интakтная голень, n = 11 Unaffected lower limb, n = 11	
		m.ext.digit.	m.tib.anter.	m.ext.digit.	m.tib.anter.
Ур. эхоген. Echogenicity	исх. initial	31,6 ± 1,8	29,7 ± 2,6	32,3 ± 4,3	30,3 ± 3,6
Отн. неодн. Relative heterogeneity	исх. initial	<b>0,18*</b>	<b>0,3</b>	<b>0,25</b>	<b>0,29</b>
Ур. эхоген. Echogenicity	фикс. fix.	38,0 ± 1,33*	36,2 ± 3,3	35,0 ± 2,22	32,7 ± 1,29
Отн. неодн. Relative heterogeneity	фикс. fix.	<b>0,33</b>	<b>0,4</b>	<b>0,27</b>	<b>0,3</b>
Момент силы Moment of force	исх. initial	29,8 ± 2,4 Н·м 29,8 ± 2,4 N·m		58,0 ± 4,5 Н·м 58,0 ± 4,5 N·m	

Примечание. Принятые обозначения: M ± m – среднее значение ± стандартная ошибка; \* – достоверность различий по критерию Манна – Уитни  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,01$ ; исх. – исходный показатель; фикс. – период фиксации.

Note. M ± m, average value ± standard deviation; \* – significance of differences according to the Mann-Whitney test  $p \leq 0.05$ ; \*\* –  $p \leq 0.01$ ; initial – initial data; fix – fixation period; N·m – Newton·meter.

параметра у борцов. В то же время указанный показатель на интактном сегменте не отличался относительно параметра мышц ТСС у спортсменов-легкоатлетов. Прослежена определенная динамика уровня эхогенности мышц ТСС пораженной голени (табл. 2). Обнаружено, что до оперативного удлинения голени уровень эхогенности пораженного и интактного сегментов не различался. Вместе с тем расчетные значения ИАТ m. extensor digitorum longus были достоверно ниже показателя на интактном сегменте ( $p \leq 0,05$  по критерию Манна – Уитни).

Для m. tibialis anterior укороченного и интактного сегмента указанный параметр составил 0,29–0,30, т.е. соответствовал уровню физиологической структурной неоднородности. Следовательно, при сопоставлении анизотропных свойств текстуры передней группы мышц пораженной и контралатеральной (интактной) голени до оперативного удлинения выявлено умеренное снижение структурной неоднородности m. extensor digitorum longus (см. табл. 2). После уравнивания длины голени по методу Илизарова выявлено статистически значимое повышение ИАТ m. extensor digitorum longus на 83,3 % и достигнутого 0,33 ( $p \leq 0,01$ ). Это соответствует физиологической структурной неоднородности. Для m. tibialis

anterior удлинённой голени в периоде фиксации ИАТ сохранилась на физиологическом уровне и составила 0,4. Изучаемые параметры мышц интактного сегмента находились в физиологических пределах, составив 0,25–0,3. Это свидетельствует о целесообразности модификации методических подходов при изучении количественных характеристик анизотропии скелетных мышц при эхографии. Анализ количественных показателей эхографии скелетных мышц в группах спортсменов показал следующее (табл. 3). Площадь поперечного сечения мышц ТСС (Stсс) у борцов превышала параметр у легкоатлетов. Так, у бегунов для правой голени Stсс составила  $9,5 \pm 0,9 \text{ см}^2$ , что на 19,1 % ниже ( $p \leq 0,05$ ), чем у борцов, и  $9,54 \pm 0,7 \text{ см}^2$  – для левой (ниже на 15,6 % параметра у борцов) ( $p \leq 0,05$ ). В группе борцов Stсс на правой голени достигала  $11,7 \pm 1,0 \text{ см}^2$  и  $11,3 \pm 0,8 \text{ см}^2$ . Асимметрии по критерию Stсс мышц ТСС в обеих группах спортсменов не наблюдалось. Уровень эхогенности статистически значимо в обеих группах спортсменов не различался. Сопоставительный анализ ИАТ мышц голени у легкоатлетов выявил достоверно более низкие значения, чем у борцов (табл. 3). У бегунов ИАТ для m. extensor digitorum longus левой голени достигал 0,10, а для m. tibialis anterior –

Таблица 3  
Table 3

Параметры ультразвукового тестирования тыльных сгибателей стопы в группе борцов и бегунов и индексы структурной анизотропии,  $M \pm m$  (усл. ед.)  
Ultrasonic testing of the dorsal flexors of the foot in wrestlers and runners and texture anisotropy values,  $M \pm m$  (standard units)

Голень Lower limb	Группа Group	Правая Right	Левая Left	Правая Right		Левая Left	
		S попер. сеч., см <sup>2</sup> C/s area, cm <sup>2</sup>		m.ext. digit.	m.tib. ant.	m.ext. digit.	m.tib. anter.
Уровень эхогеннос. Echogenicity	Бегуны Runners	9,5 ± 0,9	9,54 ± 0,7	32,7 ± 1,3	33,8 ± 2	32,89 ± 3,0	33,9 ± 2,1
Относит. неоднород. Relative heterogeneity				<b>0,11</b>	<b>0,26</b>	<b>0,10</b>	<b>0,2</b>
Момент силы, Н·м Moment of force, N·m	Бегуны Runners			<b>52,0 ± 1,5</b>		<b>53,0 ± 2,0</b>	
Уровень эхогеннос. Echogenicity	Борцы Wrestlers	11,7 ± 1*	11,3 ± 0,8*	30,3 ± 2,0	31,5 ± 1	33,17 ± 2,0	30 ± 1,9
Относит. неоднород. Relative heterogeneity				<b>0,16</b>	<b>0,30</b>	<b>0,25*</b>	<b>0,35*</b>
Момент силы, Н·м Moment of force, N·m	Борцы Wrestlers			<b>64,3 ± 1,0**</b>		<b>64,9 ± 1,9**</b>	

Примечание. Принятые обозначения:  $M \pm m$ , среднее значение ± стандартная ошибка; \* – достоверность различий по критерию Манна – Уитни  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,01$ ; Ур. эхоген. – уровень эхогенности; исх. – исходный показатель; фикс. – фиксация.

Note.  $M \pm m$ , average value ± standard deviation; \* – significance of differences according to the Mann-Whitney test  $p \leq 0.05$ ; \*\* –  $p \leq 0.01$ ; initial – initial data; fix – fixation period. N·m – Newton-meter.

0,2. Это свидетельствуют об умеренно сниженной структурной анизотропии исследованных мышц у бегунов. Асимметрии по критерию ИАТ мышц у бегунов не наблюдалось.

В группе борцов установлена асимметрия ИАТ m. extensor digitorum longus правой и левой голеней. Выявлено снижение на 36 % ИАТ m. extensor digitorum longus правой голени по сравнению с показателем на левом сегменте и составившего 0,16 и 0,25 соответственно. Для m. tibialis anterior ИАТ составлял 0,25 (справа) и 0,35 (слева) (см. табл. 3). Такие значения ИАТ близки к физиологическому уровню параметра. Следовательно, адаптивные перестройки скелетных мышц нижней конечности в ответ на регулярные повышенные тренировки у борцов высокого спортивного мастерства происходят не однонаправленно. Используемый нами критерий – индекс анизотропии текстуры мышц – информативен для выявления различий их структурно-функциональных различий в условиях воздействия повышенных физических нагрузок. В целом указанные количественные параметры текстуры мышц в группе борцов отражают близкое к физиологическому состояние анизотропии.

**Закключение.** Скелетным мышцам свойственна анизотропия различных свойств – структурных, биомеханических, биоэлектрических [6, 7]. В исследованиях на образцах ткани обнаружена анизотропия механических свойств [14]. Изучение пассивных свойств скелетной мышечной ткани m. extensor digitorum longus кроликов выявило более высокие значения линейного модуля при продольном растяжении относительно модуля при воздействии в поперечном направлении [15]. Использование одновременного ультразвукового сканирования мышц двумя датчиками дало возможность получить 3D-информацию о геометрии мышц [11]. Авторы описали поперечную анизотропию пучков латеральной головки икроножной мышцы в процессе произвольного сокращения. Эти исследования показывают, что структурная анизотропия при сокращении мышцы характеризуется неравномерной деформацией мышечных пучков.

Обзор современных стратегий при неинвазивном исследовании структуры скелетных мышц под влиянием различных факторов свидетельствует о целесообразности сочетания целого ряда параметров [3, 9]. При эхографии такими критериями являются эхоин-

тенсивность [4], эховариации и толщина мышц [16]. Широко используются и другие показатели: площадь поперечного сечения мышц, угол пennaции, текст на контрактильную активность, удельная сила мышц, длина мышечных пучков [1, 12]. Нами установлено, что площадь поперечного сечения тыльных сгибателей стопы пораженной конечности в группе пациентов оказалась на 22,1 % ниже показателей у легкоатлетов и на 36,9 % ниже параметра у борцов. На интактном сегменте этот показатель не отличался по сравнению с данными у спортсменов-легкоатлетов.

Асимметрии по критерию «индекса анизотропии текстуры» мышц у бегунов не наблюдалось. В группе борцов установлена асимметрия анизотропии текстуры *m. extensor digitorum longus* правой и левой голени.

Таким образом, результаты настоящего исследования показали, что такие параметры мышц голени, как толщина, площадь их поперечного сечения, индекс анизотропии текстуры и их силовые параметры находятся в тесной взаимосвязи и определяются уровнем и характером функционального нагружения конечностей. Гипотрофия и гиподинамия мышц пораженной голени у пациентов с укорочениями нижней конечности приводят к снижению анатомического поперечника мышц и показателя анизотропии текстуры *m. extensor digitorum longus*. У спортсменов особенности адаптационных перестроек функциональных и структурных свойств мышц определяются спецификой тренирующих воздействий.

### Литература / References

1. Zacharia E., Spiliopoulou P., Methenitis S. et al. Changes in Muscle Power and Muscle Morphology with Different Volumes of Fast Eccentric Half-Squats. *Sports (Basel)*, 2019, vol. 7 (7), 164 p. DOI: 10.3390/sports7070164
2. Nketiah G., Savio S., Dastidar P. et al. Detection of Exercise Load-Associated Differences in Hip Muscles by Texture Analysis. *Scand J Med Sci Sports*, 2015, vol. 25 (3), pp. 428–434. DOI: 10.1111/sms.12247
3. Tsitkanou S., Spengos K., Stasinaki A.-N. Effects of High-Intensity Interval Cycling Performed After Resistance Training on Muscle Strength and Hypertrophy. *Scand J Med Sci Sports*, 2017, vol. 27 (11), pp. 1317–1327. DOI: 10.1111/sms.12751
4. Wong V., Spitz R.W., Bell Z.W. et al. Exercise Induced Changes in Echo Intensity within the Muscle: a Brief Review [Published Online Ahead of Print, 2020 Jan. 10]. *J Ultrasound*, 2020. DOI: 10.1007/s40477-019-00424-y
5. Dubois G.J.R., Bachasson D., Lacourpaille L. et al. Local Texture Anisotropy as an Estimate of Muscle Quality in Ultrasound Imaging. *Ultrasound Med Biol*, 2018, vol. 44 (5), pp. 1133–1140. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2017.12.017
6. Kwon H., Guasch M., Nagy J.A. et al. New Electrical Impedance Methods for the in Situ Measurement of the Complex Permittivity of Anisotropic Skeletal Muscle Using Multipolar Needles. *Sci Rep*, 2019, vol. 9(1), 3145 p. Published 2019 Feb. 28. DOI: 10.1038/s41598-019-39277-0
7. Chin A.B., Garmirian L.P., Nie R., Rutkove S.B. Optimizing Measurement of the Electrical Anisotropy of Muscle. *Muscle Nerve*, 2008, vol. 37(5), pp. 560–565.
8. Grebenyuk L.A., Grebenyuk E.B., Muradisinov M.O. *Protsedura otsenki strukturnykh osobennostey skeletnykh myshts* [Skeletal Muscle Structural Features Estimate Procedure]. Patent RF, no. 2354298, 2009.
9. Martínez-Payá J.J., Ríos-Díaz J., Del Baño-Aledo M.E. et al. Quantitative Muscle Ultrasonography Using Textural Analysis in Amyotrophic Lateral Sclerosis. *Ultrason Imaging*, 2017, vol. 39 (6), pp. 357–368. DOI: 10.1177/0161734617711370
10. Watanabe T., Murakami H., Fukuoka D. et al. Quantitative Sonographic Assessment of the Quadriceps Femoris Muscle in Healthy Japanese Adults. *J Ultrasound Med*, 2017, vol. 36 (7), pp. 1383–1395. DOI: 10.7863/ultra.16.07054
11. Randhawa A., Wakeling J.M. Transverse Anisotropy in the Deformation of the Muscle During Dynamic Contractions. *J Exp Biol*, 2018, vol. 221 (pt 15), jeb175794. Published 2018 Aug 1. DOI: 10.1242/jeb.175794
12. Stasinaki A.N., Zaras N., Methenitis S. et al. Rate of Force Development and Muscle Architecture after Fast and Slow Velocity Eccentric Training. *Sports (Basel)*, 2019, vol. 7 (2), p. 41. Published 2019. Feb 14. DOI: 10.3390/sports7020041
13. Nodera H., Sogawa K., Takamatsu N. et al. Texture Analysis of Sonographic Muscle Images can Distinguish Myopathic Conditions. *J Med Invest*, 2019, vol. 66(3.4), pp. 237–247. DOI: 10.2152/jmi.66.237.PMID: 31656281
14. Takaza M., Moerman K.M., Gindre J.

et al. The Anisotropic Mechanical Behaviour of Passive Skeletal Muscle Tissue Subjected to Large Tensile Strain. *J. Mech Behav Biomed Mater*, 2013, vol. 17, pp. 209–220. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2012.09.001

15. Morrow D.A., Haut Donahue T.L., Odegard G.M. et al. Transversely Isotropic Tensile Material Properties of Skeletal Muscle Tissue. *J Mech Behav Biomed Mater*, 2010, vol. 3 (1), pp. 124–129. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2009.03.004. Epub 2009 Apr 5.

16. Nieman D.C., Shanely R.A., Zwetsloot K.A. et al. Ultrasonic Assessment of Exercise-Induced Change in Skeletal Muscle Glycogen Content. *BMC Sports Sci Med Rehabil*, 2015, vol. 7, 9 p. Published 2015. Apr. 18. DOI: 10.1186/s13102-015-0003-z

17. Leeuwenberg K.E., van Alfen N., Christopher-Stine L. et al. Ultrasound can Differentiate Inclusion Body Myositis from Disease Mimics. *Muscle Nerve*, 2020, vol. 61 (6), pp. 783–788. DOI: 10.1002/mus.26875

**Гребенюк Людмила Александровна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории гнойной остеологии, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова. 640014, г. Курган, ул. М. Ульяновой, 6. E-mail: gla2000@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0812-8861.

**Грязных Андрей Витальевич**, доктор биологических наук, профессор гуманитарного института североуралья, Югорский государственный университет. 628012, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16. E-mail: anvit-2004@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0727-9529.

**Киселева Мария Михайловна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры дефектологии, Курганский государственный университет. 640020, г. Курган, ул. Советская, 63, стр. 4. E-mail: mahova-mariya@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3816-3617.

Поступила в редакцию 12 октября 2020 г.

DOI: 10.14529/hsm20s216

## COMPARING ANISOTROPY OF MUSCLE TEXTURE IN ORTHOPAEDIC PATHOLOGY AND DURING INCREASED TRAINING

L.A. Grebenyuk<sup>1</sup>, gla2000@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0812-8861,  
A.V. Gryaznykh<sup>2</sup>, anvit-2004@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0727-9529,  
M.M. Kiseleva<sup>3</sup>, mahova-mariya@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3816-3617

<sup>1</sup>Ilizarov National Scientific Center for Restorative Traumatology & Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation,

<sup>2</sup>Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russian Federation,

<sup>3</sup>Kurgan State University, Kurgan, Russian Federation

**Aim.** The paper aims to compare the features of anisotropy of muscles in patients with congenital developmental shin pathology, middle distance runners and wrestlers. **Materials and methods.** The study is based on the analysis of echography of lower limb skeletal muscles in patients with congenital shortening of the lower limb (group 1, n = 11) and middle distance runners (masters and candidates for master of sport, group 2, n = 11). The third group involved wrestlers (n = 10). All participants were aged 18–24. By means of echography the structure of anterior leg muscles was studied in patients with segment shortening, middle distance runners and wrestlers. The moment of muscle force was also detected. **Results.** The texture anisotropy index of m. extensor digitorum longus of the affected shin was significantly lower than that of the unaffected segment ( $p \leq 0.05$  Mann-Whitney). The same values for a shortened and unaffected segment of m. tibialis anterior were 0.29–0.30. After lower limb lengthening the texture anisotropy index

of m. extensor digitorum longus increased by 83.3% up to 0.33 ( $p \leq 0.01$ ). In middle distance runners, the texture anisotropy index of m. extensor digitorum longus (left) was 0.10, the same index for m. tibialis anterior was 0.2. This shows a moderately reduced anisotropy in runners. No asymmetry was found in middle distance runners in terms of this criterion. In wrestlers, asymmetry of texture anisotropy of m. extensor digitorum longus was found for both lower limbs. A 36% decrease in the anisotropy index of m. extensor digitorum longus of the right lower limb was revealed compared to the left lower limb. **Conclusion.** Before lower limb lengthening texture anisotropy of m. extensor digitorum longus is moderately reduced. The differences were found in the nature of texture anisotropy, which is associated with reactive changes provoked by regular training in middle distance runners and wrestlers.

**Keywords:** *anisotropy of muscle texture, congenital shortening, lower limb, Ilizarov method, athlete, echography.*

*Received 12 October 2020*

---

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Гребенюк, Л.А. Сравнительный анализ анизотропии текстуры мышц при ортопедической патологии и в условиях повышенных регулярных тренирующих воздействий / Л.А. Гребенюк, А.В. Грязных, М.М. Киселева // Человек. Спорт. Медицина. – 2020. – Т. 20, № S2. – С. 98–104. DOI: 10.14529/hsm20s216

### FOR CITATION

Grebenyuk L.A., Gryaznykh A.V., Kiseleva M.M. Comparing Anisotropy of Muscle Texture in Orthopaedic Pathology and During Increased Training. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. S2, pp. 98–104. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm20s216

---