

УДК: 611.9/796

А. Е. Сак, к. б. н.

Харьковская государственная академия физической культуры

АНАТОМО-БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА И СПОРТ

Аннотация. На основе собственных и литературных данных проведен анализ анатомо-биомеханических перестроек тела человека, направленных на обеспечение вертикального положения. Обсуждается роль перестройки скелета и скелетных мышц для достижения этих целей. Среди таких перестроек необходимыми являются биомеханически рациональное формообразование скелета, направленное на его адаптацию к восприятию сил гравитации, приобретение структурных особенностей, которые входят в ряд необходимых таксономических индикаторов прямохождения. Важнейшей антигравитационной системой тела прямоходящего человека являются скелетные мышцы. Особую роль в сохранении вертикального положения позвоночника играют паравертебральные мышцы, которые обеспечивают устойчивость позвоночного столба и выступают в функциональном единстве с другими мышцами. Антигравитационными структурами являются также ряд мышц, определяющих соответствие сегментов тела человека вертикальным нагрузкам. Все эти мышцы требуют особого внимания в связи с хроническими перегрузками, особенно в спорте.

Ключевые слова: тело человека, скелетные мышцы, структурное обеспечение вертикального положения.

Введение. Вертикальное положение тела человека как биомеханической системы отличается крайней неустойчивостью в связи с малой площадью опоры [8]. Надежная адаптация к условиям прямохождения требует соответствия всех систем организма и прежде всего опорно-двигательного аппарата силам гравитации. Это достигалось структурными перестройками всех отделов аппарата на этапах филогенеза.

Цель работы: на основе данных литературы и собственных данных рассмотреть роль скелета и скелетных мышц в вертикализации тела человека в онтогенезе и в условиях физических перегрузок.

Результаты. Анализ литературных и собственных данных показывает, что обеспечение устойчивости вертикального положения тела в филогенезе и в онтогенезе представляет собой сложную задачу. В эволюции включение механизмов, обеспечивающих эти процессы, активировалось на этапах, когда освободились верхние конечности, сформировалась новая операционно-исполнительная система «мозг-рука», расширился мир управляемых взаимодействий тела с внешней средой [7].

Высокая роль в вертикализации тела принадлежит костям и их соединениям, которые изменяются под влиянием тяги скелетных мышц [4; 6].

Со стороны скелета адаптация к осевым нагрузкам потребовала изменения положения головы, позвоночника, плечевого пояса, таза, костей свободных верхних и нижних конечностей.

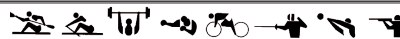
На уровне позвоночного столба адаптация к осевым нагрузкам потребовала моделирования структуры позвонков, формирования изгибов позвоночника и удержания свойственной человеку «мелодии» его изгибов за счет системы связок, мембран, межпозвонковых дисков, околопозвонковых мышц [6; 8; 11].

Продольная ось таза изменила положение с горизонтального на вертикальное. В бедренной кости уменьшился угол антефлексии, увеличился угол ретрофлексии, произошло «скручивание» большеберцовой кости и стопы, что способствовало сохранению вертикального положения и передвижению [2; 8].

Вторичные мышцы, которые могли бы обеспечивать движения пояса нижних конечностей, не развиваются в связи с тем, что таз связан с крестцом крестцово-подвздошным суставом – тугим, малоподвижным, однако высокого развития достигли ягодичные мышцы, обеспечивающие удержание тела в вертикали, из которых одна из самых значимых для прямохождения является средняя ягодичная, для прямохождения – большая ягодичная мышцы. В свободной нижней конечности высокого развития получили мышцы, приводящие и супинирующие бедро, мышцы-разгибатели бедра, мышцы-сгибатели голени и мышцы, удерживающие своды стопы.

В процессе развития природа обеспечивает биомеханически рациональное формообразование скелета, адаптируя его к восприятию сил гравитации, без чего невозможно нормальное стояние и передвижение [8; 10; 16; 17]. Потребовалось сформировать функциональные изгибы позвоночного столба, изменить положение крестца, поднять центр тяжести тела, поменять положение лопаток из сагиттальной плоскости во фронтальную, S-образно изогнуть ключицу. Кроме того, необходимо было поднять центр стопы над опорой, сформировать своды, произвести тибализацию стопы (т. е. укрепить ее медиальный край) и радиализацию кисти (т. е. укрепить ее латеральный край), расширить дистальную фалангу большого пальца стопы, обеспечить скручивание длинных костей конечностей и добиться ряда других перестроек скелета, которые входят в число таксономических индикаторов прямохождения [12; 13]. Сохранение вертикального положения связывают, прежде всего, с работой скелетных мышц [1; 5; 7; 8; 15].

В онтогенезе мышцы прошли долгий путь приспособления к условиям прямохождения. Самыми молодыми у человека являются супинаторы на конечностях и мышцы-разгибатели – на туловище. При этом на туловище экстензоры стали сильнее флексоров. На верхней конечности флексоры сильнее экстензоров, пронаторы сильнее супинаторов, аддукторы сильнее абдукторов. На нижней конечности, напротив, экстензоры сильнее флексоров, супинаторы сильнее пронаторов, а аддукторы сильнее абдукторов. В результа-



те, при длительной физической нагрузке, особенно у представителей ряда спортивных специализаций, сегменты верхней конечности устанавливаются в сгибании и пронации, нижней конечности – в разгибании и супинации. Все мышцы, которые удерживают позвоночник, сегменты конечностей против сил гравитации являются антигравитационными.

Высока роль мышц в удержании головы, которая составляет до 7% от массы тела. Поэтому целый ряд мышц, удерживающих голову, находятся в перегрузке; среди них постоянно нагружаемыми являются верхняя косая мышца головы, ременная мышца головы и шеи, верхняя порция трапециевидной мышцы, грудиноключичнососцевидная. В спорте эти мышцы также должны быть под постоянным контролем спортсмена, тренера, спортивного врача.

Особую роль в сохранении вертикального положения позвоночника выполняют паравертебральные мышцы. Их особенностью является органическая связь с позвоночником. В результате эти мышцы являются не только функциональным, но и структурным элементом позвоночника, без которого его прочность была бы минимальной [1; 4; 9]. Паравертебральные мышцы функционально подобны растяжкам или вантам корабельной мачты, обеспечивающим устойчивость позвоночного столба [9; 10]. Они работают по особым законам: глубокие паравертебральные мышцы расслабляются, когда точки их прикрепления сближаются, а напрягаются, когда точки прикрепления удаляются: при *наклоне влево* напрягаются мышцы, расположенные справа от позвоночной оси, и расслабляются мышцы, расположенные слева, а при *наклоне вправо* – наоборот. При стоянии паравертебральные мышцы выполняют удерживающую работу и последовательно расслабляются при сгибании свыше 10–15 градусов [3; 9; 14]. Для обеспечения движения вокруг конкретной оси вращения в суставе требуется реципрокное взаимодействие мышц [18], а при выполнении общих функций мышцы объединяются в пары, группы, спирали [4; 8; 11]. Из мышц туловища позвоночник удерживают также мышцы, переместившиеся с других областей тела (трупнопетальные мышцы), мышцы, переместившиеся своими частями на конечности (трупнофугальные), и «свои», аутохтонные мышцы [9; 15].

Активно участвуя в механизмах защиты позвоночника, паравертебральные мышцы выступают в функциональном единстве с мышцами груди, таза и мышцами, формирующими брюшную пресс. Участвуя в дыхании, удерживая внутренние органы, мышцы брюшного пресса также удерживают в вертикали поз-

воночный столб, причем снижают нагрузку на поясничный отдел почти на 30% [8; 9]. В результате брюшной пресс выступает как мощная антигравитационная система. В этой системе взаимодействие мышц также сложно и следует фазам дыхания: при вдохе диафрагма напрягается и опускается, а прямые мышцы живота расслабляются; при выдохе – наоборот. То есть эти мышцы выступают как функциональные антагонисты, которые изменяя давление в полостях тела, обеспечивают приток и особенно отток (против сил тяжести) крови в условиях прямохождения и прямохождения.

В результате постоянной перегрузки антригравитационные мышцы накапливают следы перегрузок, в основе которых – хронический дефицит релаксации [6; 10; 14]. Эти мышцы известны спортсменам и тренерам [4; 10; 19]. Эффективным методом восстановления перегруженных мышц, в том числе в порядке ауторелаксации, является полстизометрическая релаксация – релаксация мышц в изометрическом режиме [3; 4; 6; 14; 16].

Под влиянием мышечной тяги эти перестройки наиболее интенсивно идут в первые годы жизни ребенка соответственно требованиям осевых нагрузок [6]. Высокая согласованность работы скелетных мышц – основа локомоций здорового человека. Эта же мышечная согласованность является условием реадaptивных перестроек при наличии проблем здоровья.

Выводы.

1. В процессе развития природа обеспечила биомеханически рациональное формообразование скелета человека, который способен адаптироваться к восприятию сил гравитации.

2. Для сохранения выпрямленного положения тела важнейшими являются антигравитационные системы тела, приобретенные в эволюции для противодействия силам гравитации. Это, прежде всего, мышцы спины и конечностей, которые создают мощные разгибающие тяги.

3. Антигравитационные мышцы подвергаются хроническим перегрузкам, что требует знания локализации этих мышц для своевременной диагностики их состояния и восстановления, особенно у спортсменов.

Перспективы дальнейших исследований – исследовать особенности мышечных дисбалансов, используя знания о морфо-биомеханических предпосылках перегрузки антигравитационных мышц человека для своевременной диагностики и восстановления этих мышц.

Список использованной литературы:

1. Бернштейн Н. А. *Общая биомеханика. Основы учения о движениях человека* / Н. А. Бернштейн. – М., 1926.
2. Гафаров Х. З. *Лечение деформаций стоп у детей* / Х. З. Гафаров. – Казань : Татарское кн. из-во, 1990. – 176 с.
3. Иваничев Г. А. *Мануальная терапия. Руководство*. Атлас / Г. А. Иваничев. – Казань, 1997. – С. 448.
4. Кадырова Л. А. *Учет спиралевидного распределения мышечных перегрузок при постизометрической релаксации* / Л. А. Кадырова, Я. Ю. Попелянский, Н. Н. Сак // *Мануальная медицина*. – 1991. – № 1. – С. 5–7.
5. Кашуба В. А. *Биомеханика осанки* / В. А. Кашуба. – К. : Олимпийская литература, 2003. – 280 с.
6. Козьявкин В. И. *Основы реабилитации двигательных нарушений по методу Козьявкина* / В. И. Козьявкин, Н. Н. Сак, О. А. Качмар, М. А. Бабадаглы. – Львов : Українські технології. – 2007. – 192 с.
7. Лапутин А. Н. *Практическая биомеханика* / А. Н. Лапутин. – К. : Науковий світ, 2000. – 298 с.
8. Николаев Л. П. *Руководство по биомеханике в применении к ортопедии, травматологии и протезированию* / Л. П. Николаев. – Киев : Гос. мед. изд-во УССР, 1947. – Ч. 1. – 315 с.
9. Попелянский Я. Ю. *Ортопедическая неврология (вертебрoneврология) [Руководство для врачей. Том II. Этиология, патогенез, диагностика, лечение]* / Я. Ю. Попелянский / – Казань : Казанск. ун-т, 1997. – 488 с.
10. Сак Н. М. *Структурні передумови дистрофічних уражень горбистості великогомілкової кистки спортсменів* // Н. М. Сак, Б. І. Сименач, А. Є. Сак / – *Слобожанський науково-спортивний вісник : [наук.-теор. журн.]*. – Харків : ХДАФК,



2009. – № 4. – С. 205–208.

11. Сак Н. Н. Этюды о функциональных мышечных объединениях (морфологические аспекты мышечных дисбалансов при физических перегрузках) / Н. Н. Сак, А. Е. Сак. – Слобожанський науково-спортивний вісник : [наук.-теор. журн.]. – Харків : ХДАФК, 2002. – № 5 – С. 146–150.

12. Хрисанфова Е. Н. Эволюционная морфология скелета человека / Е. Н. Хрисанфова. – М., 1978. – 153 с.

13. Юровская В. З. Морфология человека : [под ред. Б. А. Никитюка и В. П. Чтецова] // Сравнение онтогенеза человека и приматов. – М. : МГУ, 1983. – С. 320.

14. Lewit K. Postizometricka relaxace // Cas. Lek. ces. – 1980. – Vol. 119, № 15–16. – S. 450–455.

15. The Anatomical Basis of Clinical Practice (Gray's Anatomy) (Expert Consult Title: Online + Print) (Hardcover). – Publisher : Churchill Livingstone, 2008. – 1576 p.

16. Janda V. On the concept of postural muscles and posture / V. Janda // The Australian J. of Physiotherapy. – 1983. – Vol. 29. – P. 83.

17. The Anatomical Basis of Clinical Practice (Gray's Anatomy) (Expert Consult Title: Online + Print) (Hardcover). – Publisher : Churchill Livingstone. – 2008. – 1576 p.

18. Scherrington C. S. On reciprocal innervation of antagonistic muscles. Third note / C. S. Scherrington // Proc. Roy. Soc. – 1897, 60. – P. 414.

19. Weineck J. Sportbiologie / J. Weineck. – Balingen : Perimed-spitta. Med. Verl. Ges. – 1996. – 631 s.

Стаття надійшла до редакції 14.09.2013 р.
Опубліковано: 31.10.2013 р.

Анотація. Сак А. Э. **Анатомо-біомеханічні основи вертикального положення тіла людини та спорт.** На основі власних і літературних даних проведено аналіз анатомо-біомеханічних перебудов тіла людини, спрямованих на забезпечення вертикального положення. Обговорюється роль перебудови скелета і скелетних м'язів для досягнення цих цілей. Серед таких перебудов необхідними є біомеханічно раціональне формування скелета, спрямоване на його адаптацію до сприйняття сил гравітації, придбання структурних особливостей, які входять у ряд необхідних таксономічних індикаторів прямоходіння. Найважливішою антигравітаційною системою тіла прямоходячої людини є скелетні м'язи. Особливу роль у збереженні вертикального положення хребта грають паравертебральні м'язи, які забезпечують стійкість хребетного стовпа і виступають у функціональній єдності з іншими м'язами. Антигравітаційними структурами є також ряд м'язів, що визначають відповідність сегментів тіла людини вертикальним навантаженням. Усі ці м'язи потребують особливої уваги у зв'язку з хронічними перевантаженнями, особливо в спорті.

Ключові слова: тіло людини, скелетні м'язи, структурне забезпечення вертикального положення.

Abstract. Sak A. E. **Anatomical and biomechanical basis vertical position of the body and sport.** On the basis of their own and literature data analysis anatomical reconstructions of biomechanical human body designed to provide vertical position. The role of reconstruction of the skeleton and skeletal muscles to achieve these goals. Among such changes are necessary biomechanically efficient shaping of the skeleton aimed at adapting it to the perception of gravity, the acquisition of structural features that are required in a number of taxonomic indicators of bipedalism. The most important anti-gravity system of the body is upright-walking human skeletal muscle. A special role in maintaining the vertical position of the spine play paravertebral muscles that provide stability spine and stand up to functional unity with other muscles. Antigravity structures is also a number of muscles that define the line segments of the human body to vertical loads. All of these muscles require special attention due to chronic congestion, especially in sports.

Keywords: the human body, skeletal muscles, providing structural vertical position.

References:

1. Bernshiteyn N. A. *Obshchaya biomekhanika. Osnovy ucheniya o dvizheniyakh cheloveka [General biomechanics. Fundamentals of human movements]*, Moscow, 1926. (rus)
2. Gafarov Kh. Z. *Lecheniye deformatsiy stop u detey [Treatment of foot deformities of children]*, Kazan, 1990, 176 p. (rus)
3. Ivanichev G. A. *Manualnaya terapiya. Rukovodstvo. Atlas [Manual therapy. Manual. Atlas]*, Kazan, 1997, p. 448. (rus)
4. Kadyrova L. A., Popelyanskiy Ya. Yu., Sak N. N. *Manualnaya meditsina [Manual medicine]*, 1991, № 1, p. 5–7. (rus)
5. Kashuba V. A. *Biomekhanika osanki [Biomechanics of posture]*, Kyiv, 2003, 280 p. (rus)
6. V. I. Koz'yavkin, N. N. Sak, O. A. Kachmar, M. A. Babadagly. *Osnovy reabilitatsii dvigatelnykh narusheniy po metodu Koz'yavkina [Fundamentals of rehabilitation of motor disorders by the method of Koz'yavkin]*, Lvov, 2007, 192 p. (rus)
7. Laputin A. N. *Prakticheskaya biomekhanika [The practical biomechanics]*, Kyiv, 2000, 298 p. (rus)
8. Nikolayev L. P. *Rukovodstvo po biomekhanike v primeneniik ortopedii, travmatologii i protezirovaniyu [Manual biomechanics applied to orthopedics, traumatology and prosthetics]*, Kyiv, 1947, vol. 1, 315 p. (rus)
9. Popelyanskiy Ya. Yu. *Ortopedicheskaya nevrologiya [Orthopaedic neurology]*, Kazan, 1997, 488 p. (rus)
10. N. M. Sak, B. I. Simenach, A. Ye. Sak. *Slobozans'kij nauk.-sport. visn. [Slobozhanskyi science and sport bulletin]*, Kharkiv, 2009, vol. 4, p. 205–208. (rus)
11. N. N. Sak, A. Ye. Sak. *Slobozans'kij nauk.-sport. visn. [Slobozhanskyi science and sport bulletin]*, Kharkiv, 2002, vol. 5, p. 146–150. (rus)
12. Khrisanfova Ye. N. *Evolyutsionnaya morfologiya skeleta cheloveka [Evolutionary morphology of the human skeleton]*, Moscow, 1978, 153 p. (rus)
13. Yurovskaya V. Z. *Morfologiya cheloveka [The morphology of human]*, Moscow, 1983, p. 320. (rus)
14. Lewit K. *Postizometricka relaxace // Cas. Lek. ces. – 1980. – Vol. 119, № 15–16. – S. 450–455.*
15. *The Anatomical Basis of Clinical Practice (Gray's Anatomy) (Expert Consult Title: Online + Print) (Hardcover)*. – Publisher : Churchill Livingstone, 2008. – 1576 p.
16. Janda V. *On the concept of postural muscles and posture / V. Janda // The Australian J. of Physiotherapy. – 1983. – Vol. 29. – P. 83.*
17. *The Anatomical Basis of Clinical Practice (Gray's Anatomy) (Expert Consult Title: Online + Print) (Hardcover)*. – Publisher : Churchill Livingstone. – 2008. – 1576 p.
18. Scherrington C. S. *On reciprocal innervation of antagonistic muscles. Third note / C. S. Scherrington // Proc. Roy. Soc. – 1897, 60. – P. 414.*
19. Weineck J. *Sportbiologie / J. Weineck. – Balingen : Perimed-spitta. Med. Verl. Ges. – 1996. – 631 s.*

Received: 14.09.2013.
Published: 31.10.2013.

Андрей Евгеньевич Сак, к. б. н.; sak_andrei@mail.ru; Харьковская государственная академия физической культуры: ул. Клочковская, 99., г. Харьков, 61058, Украина.

Andrey Sak, Ph. D. (Biology); sak_andrei@mail.ru; Kharkiv State Academy of Physical Culture: Klochkovskaya 99, Kharkiv, 61058, Ukraine.

