

**Адаптивная локомоция человека: влияние сенсорных систем.
Adaptive human locomotion: effects of sensory systems
Величко Т. А.¹, Богомаз О. В.²**

¹Величко Татьяна Александровна / Velichko Tat'jana Aleksandrovna – кандидат медицинских наук, старший преподаватель;

²Богомаз Ольга Васильевна / Bogomaz Olga Vasil'evna – кандидат биологических наук, доцент, кафедра нормальной физиологии,

Винницкий национальный медицинский университет им. Н. И. Пирогова, г. Винница

Аннотация: в статье представлен растущий объем научных сведений относительно влияния сенсорных систем, а именно вестибулярной, зрительной и сомато-сенсорной, на регуляцию локомоторной функции человека.

Abstract: the article demonstrated the growing body of scientific evidence as to effects of vestibular, visual, and somatosensory systems on the human locomotor function control.

Ключевые слова: локомоция, ходьба, сенсорные системы.

Keywords: locomotion, walking, sensory systems.

Использование сенсорной информации от разных источников, включая зрительную, вестибулярную и соматосенсорную системы, является ключевым моментом нервной регуляции как вертикальной ориентации тела человека, так и стабилизации его при внешних раздражениях [1, с. 220].

Считают, что проприорецепция от всех сегментов тела играет важную роль в поддержании спокойного состояния позы [2, с. 774]. Когда человек стоит, существует кинематическая цепь, формирующаяся Ia рецепторами от мышц вокруг каждого сустава, которые информируют нервную систему о положении каждого сустава относительно других сегментов тела [3, с. 652]. Вибрация глазных мышц также индуцирует реакции позы. Также интересно, что поздний ответ, вызванный гальванической стимуляцией вестибулярных рецепторов, зависит от геометрии тела [4, с. 124].

Существует два основных варианта репрезентации сегментов тела человека относительно внешнего мира в зависимости от ориентира, избранного для расчета: сверху вниз («top-down») и снизу вверх («bottom-up») [5, с. 871]. При «top-down» варианте информация от отолитов лабиринтов используется в качестве ориентир оценки для расчета ориентации головы по вертикали. Этот вариант появляется во время онтогенеза первым, с ранней стабилизацией головы в пространстве. Второй («bottom-up») вариант использует поддерживающую поверхность (под стопой) как ориентир оценки для расчета положения таза в пространстве. Этот вариант преимущественно связан с регуляцией равновесия. Он развивается позже в онтогенезе, вместе с осанкой и локомоцией.

Существует мысль, что вклад соматосенсорной системы значительно больше, чем вестибулярной. Вестибулярные входы играют лишь незначительную роль в возобновлении поздней регуляции, когда поддерживающая поверхность смещается горизонтально и приобретают значение при снижении или отсутствии проприоцептивного входа [6, с. 1270].

Кортикоспинальный тракт активно вовлечен в процесс регуляции избегания визуализируемого препятствия, размещения стопы и приспособления к разным поддерживающим поверхностям во время локомоции. Гиппокамп ответственен за кодировку топологической информации, тогда как задняя теменная кора, получающая как визуальную информацию, так и связанную с движением информацию (от соматосенсорной коры), обеспечивает метрическое представление аллоцентрического пространства. Лобно-стриатная система является ответственной за превращение этой аллоцентрической пространственной информации в соответствующие пространственно направленные локомоторные движения в эгоцентрической рамке [7, с. 557]. Таким образом, зрение обеспечивает уникальной и точной информацией в нужное время и в нужном месте, которая не может быть получена через другую сенсорную модальность [8, с. 114].

Кинестетическая информация играет критическую роль в приспособлении моделей движения к неожиданным смещениям. Кинестетический вход также важен для осуществления успешных адаптивных стратегий. Проприоцептивный вход коленного сустава конечности в фазу переноса, например, используется для контроля поднятия конечности во время избегания препятствия. Прогноз пространственного местоположения стопы во время локомоции, полученного от кинестетического входа, является критическим для выбора размещения стопы при избегании опасности [9, с. 611].

Литература

1. *Rowland B.* Temporal profiles of response enhancement in multisensory integration / B. Rowland, B. E. Stein // *Front in Neurosci.* – 2008. – Vol. 2. N. 2. – P. 218-224.
2. Stance- and locomotion-dependent processing of vibration-induced proprioceptive inflow from multiple muscles in humans / G. Courtine, A. De Nunzio, M. Schmid [et al.] // *J Neurophysiol.* – 2007. – N. 97. – P. 772-779.
3. Cutaneous afferents provide a neuronal population vector that encodes the orientation of human ankle movements / J.-M. Aimonetti, V. Hospod, J.-P. Roll, E. Ribot-Ciscar // *J Physiol.* – 2007. – Vol. 580. N. 2. – P. 649-658.
4. *Hlavacka F.* Somatosensory influence on postural response to galvanic vestibular stimulation / F. Hlavacka, F. B. Horak // *Physiol. Res.* – 2006. – N. 55. – P. 121-127.
5. *Kavounoudias A.* Foot sole and ankle muscle inputs contribute jointly to human erect posture regulation / A. Kavounoudias, R. Roll, J.-P. Roll // *J. Physiol.* – 2001. – Vol. 532. N. 3. – P. 869-878.
6. *Bent L. R.* When is vestibular information important during walking? / L. R. Bent, J. T. Inglis, B. J. McFadyen // *J. Neurophysiol.* – 2004. – N. 92. – P. 1269-1275.
7. Understanding the contribution of binocular vision to the control of the adaptive locomotion / A. E. Patla, E. Niechweij, V. Racco, M. A. Goodale // *Exp Brain Res.* – 2002. – Vol. 142. N. 4. – P. 551-561.
8. Relative contributions of visual and vestibular information on the trajectory of human gait / P. M. Kennedy, A. N. Carlsen, J. T. Inglis [et al.] // *Exp Brain Res.* – 2003. – Vol. 153. N. 1. – P. 113-117.
9. *Ivanenko Y. P.* Spinal cord maps of spatiotemporal alpha-motoneuron activation in human walking at different speeds // Y. P. Ivanenko, R. E. Poppele, F. Lacquaniti // *J. Neurophysiol.* – 2006. – N. 95. – p. 602-618.