

УДК 612.72:615.825

## БИОМЕХАНИКА И ДИНАМИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ В ПРАКТИКЕ ИППОТЕРАПИИ

**Коновальчук В. Н.<sup>1</sup>, Пополитов Р. А.<sup>2</sup>, Архангельская Е. В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Таврическая академия Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского,  
Симферополь, Россия

<sup>2</sup>СЭГИ КФУ имени В. И. Вернадского, Севастопольский Центр развития иппотерапии и  
оздоровительной верховой езды, Севастополь, Россия.

E-mail: modul81@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы динамики смещения общего центра тяжести (ОЦТ) тела вследствие изменения посадки и актуальности правильной посадки верхом в иппотерапии.

**Ключевые слова:** общий центр тяжести, позвоночный столб, биозвено, иппотерапия.

### ВВЕДЕНИЕ

После рождения ребенок сразу начинает борьбу со многими внешними воздействиями. Самым главным стимулом, который будет формировать его осанку, является гравитация. С момента рождения и до формирования осанки, присущей взрослому человеку, каждый ребенок проходит определенные уровни формирования движений [1]. В процессе раннего онтогенеза формируются тонические рефлексy, обеспечивающие равновесие вертикальной позы тела и оптимальный автоматизм двигательных циклов.

По мере изменения уровней формирования движений изменяется и форма позвоночного столба. Образуются физиологические изгибы, обеспечивающие рессорную функцию позвоночника.

Наряду с анатомическими факторами, выработанными в процессе антропогенеза для поддержания тела в вертикальном положении, обеспечения устойчивого равновесия и динамики, особое внимание должно быть уделено положению центра тяжести тела. Точка, через которую проходит линия действия равнодействующей элементарных сил тяжести при любом повороте тела в пространстве, являясь центром параллельных сил тяжести, называется общим центром тяжести (ОЦТ) твердого тела. Говоря об ОЦТ тела человека, следует иметь в виду не геометрическую точку, а некоторую область пространства, в которой эта точка перемещается. Это перемещение обусловлено процессами дыхания, кровообращения, пищеварения, мышечного тонуса, иными словами, процессами, приводящими к постоянному смещению ОЦТ тела человека. Ориентировочно можно считать, что диаметр сферы, внутри которой происходит перемещение ОЦТ, в спокойном состоянии составляет 10–20 мм.

Так как тело человека не является неизменным твердым телом, а представляет собой систему подвижных звеньев, то положение ОЦТ будет определяться главным образом позой тела человека, то есть взаимным относительным положением звеньев тела и изменяться с переменной позы. Знание положения ОЦТ человека важно для биомеханического анализа и для решения многих самостоятельных задач механики движений в спорте, реабилитационной практике. Часто по движению ОЦТ мы судим о движении человека в целом, как бы оцениваем результат движения. По характеристикам движения ОЦТ (траектории, скорости, ускорению) можно судить о технике выполнения движения. В процессе движения смещение ОЦТ может значительно увеличиваться и этим оказывать влияние на технику выполнения упражнений [5].

Степень напряжения тех или иных мышечных групп в статическом положении зависит от распределения массы тела (от конструктивных особенностей), и этим определяются двигательные возможности человека. Законы движения тела человека исследуются в практике иппотерапии как метода реабилитации посредством лечебной верховой езды.

Иппотерапия применяется для лечения пациентов с неврологическими и другими нарушениями, такими как церебральный паралич, артрит, инсульт, аутизм.

В классической теории верховой езды определением посадки всадника принято считать ту, при которой наездник сидит на обоих седалищных буграх тазового пояса нижних конечностей.

От спины идущей лошади передаются механические импульсы в трех взаимоперпендикулярных плоскостях: сагиттальной, фронтальной и горизонтальной. На этом строится биомеханический аспект лечения: всадник, который никогда не ходил, садясь на лошадь, получает те же импульсы, которые получал бы, если б ходил. По сути, это уникальное замещение [6].

Основание посадки имеет треугольную форму, и этот треугольник при правильном распределении должен быть загружен равномерно. Неправильными посадками будут являться опрокинутая вперед со смещением центра тяжести ближе к лобковому симфизу или опрокинутая назад, когда центр тяжести смещается к копчику. Критерием правильной посадки и баланса будет следующее положение корпуса: если провести воображаемую вертикальную линию, подобную отвесу, она должна проходить через следующие точки: ухо, плечевой сустав, тазобедренный сустав [1]. Положение ОЦТ сидящего на лошади во время нормального расслабленного положения всадника его центр тяжести находится во фронтальной (передней) части IX грудного позвонка. Только когда всадник сидит прямо, выпрямив позвоночник, центр тяжести приходится на внутреннюю часть IX грудного позвонка. В этом положении воображаемая вертикальная ось проходит от уха всадника через его плечи и тазовую область до его пяток, а в оптимальном случае и через центр тяжести лошади [3].

В «нейтральном положении» позвоночный столб сохраняет свои естественные, физиологические изгибы. Эти плавные изгибы действуют, как пружины, защищающие позвонки от вертикально направленных импульсов тяжести, возникающих, например, во время ходьбы. Чем сильнее выпрямлен позвоночный столб, тем успешнее он может быть сбалансирован на разнонаправленно подвижном тазе. Это оптимальное положение для удержания равновесия [1].

У пациентов с ДЦП при иппотерапии в работу включаются мышцы, находящиеся в бездействии в обычной жизни. Верховая езда также стимулирует развитие мелкой моторики, усидчивость и происходит последовательный перенос приобретенных физических, коммуникативных и прочих навыков в повседневную жизнь.

Эффективность иппотерапии по многим показаниям до сих пор не ясна, поэтому рекомендуются дальнейшие исследования.

Цель данного исследования – изучить влияние иппотерапии на формирование и возможность коррекции осанки.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Данное исследование проводилось в г. Севастополе на базе Центра реабилитационной верховой езды, где ведутся многолетние научные и практические работы по изучению биомеханики и динамической анатомии как ведущих факторов в иппотерапии.

В исследовании принимала участие девушка: возраст – 23 года, рост – 155 см, вес – 53 кг.

При определении общего центра тяжести тела использовалась методика с использованием теоремы Вариньона для расчета ОЦТ тела аналитическим методом [4].

Для проведения исследовательской части работы нами были изучены две фотограммы в сагитальной плоскости сидящего всадника с предполагаемой правильной посадкой и заведомо неверной, имитирующей чрезмерный наклон туловища вперед. Параметры всадника, расстояние до объекта и в том и в ином случае были тождественны. Для проведения анализа смещения ОЦТ всадника использовался аналитический метод определения общего центра тяжести.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Проведенные расчеты по аналитическому методу с целью определения ОЦТ всадника на фотограмме 1 представлены в таблице 1.

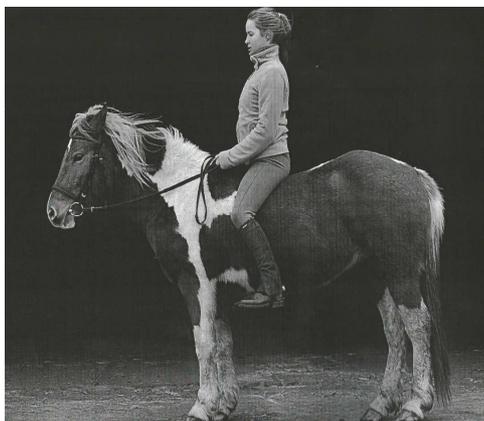


Рис.1. Фотограмма 1, на которой представлен всадник с предполагаемой правильной посадкой.

**Таблица 1.**  
**Определение общего центра тяжести сидящего всадника согласно фотограмме 1.**

Биозвенья тела	Относ. вес звена, %	Абсолют. вес звена, кг	Длина звена, мм	Расстояние от проксимального конца до центра тяжести /ЦТ/ биозвена		Абсцисса центра тяжести звена, мм	$R_x^*$	Ордината центр тяж. звена, мм	$R_y^{**}$
				%	мм				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Голова	7	3,5	-	-	-	75	262,5	135	472,5
Туловище	43	21,5	42	0,44	18,5	80	1720	120	2580
Плечо правое	3	1,5	31	0,47	14,5	780	117	150	225
Плечо левое	3	1,5	31	0,47	14,5	780	117	150	225
Предплечье правое	2	1	22	0,42	9,2	670	67	85	85
Предплечье левое	2	1	22	0,42	9,2	670	67	85	85
Кисть правая	1	0,5	-	-	-	550	27,5	79	39,5
Кисть левая	1	0,5	-	-	-	550	27,5	79	39,5
Бедро правое	12	6	33	0,44	14,5	710	426	68	390
Бедро левое	12	6	33	0,44	14,5	710	426	68	390
Голень правая	5	2,5	40	0,42	16,8	670	167,5	38	95
Голень левая	5	2,5	40	0,42	16,8	670	167,5	38	95
Стопа правая	2	1	15	0,44	6,6	700	70	15	15
Стопа левая	2	1	15	0,44	6,6	700	70	15	15
Итого:	100	50					3750		4851

*Примечание*

- $R_x^*$  Моменты сил тяжести биозвеньев относительно оси абсцисс
- $R_y^{**}$  Моменты сил тяжести биозвеньев относительно оси ординат

Исходя из произведенных расчетов, графическое изображение сидящего всадника с указанием ОЦТ представлено на рис. 2.

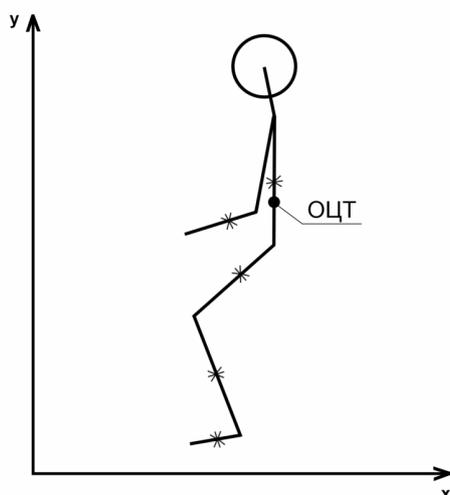


Рис.2. Графическое изображение всадника согласно фотограмме 1.

ОЦТ – общий центр тяжести,  $x$ ,  $y$  – оси координат

Опустив вертикаль из точки ОЦТ, на фотограмме 1 мы получили прямую, определяющую совпадение или несовпадение основных точек при правильной посадке.

На основании расчетов можно сделать вывод о частичном несовпадении точек линии отвеса, которая должна проходить через следующие точки: ухо, плечевой сустав, тазобедренный сустав.

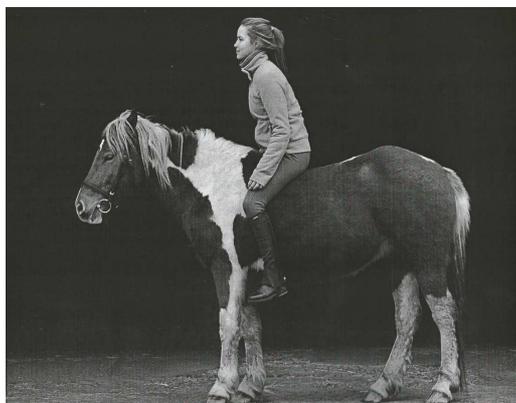


Рис.3. Фотограмма 2, на которой представлен всадник с очевидным дефектом посадки верхом.

Проведенные расчеты по аналитическому методу с целью определения ОЦТ всадника на фотограмме 2 представлены в таблице 2.

**Таблица 2.**  
**Определение общего центра тяжести сидящего всадника согласно фотограмме 2.**

Биозвенья тела	Относит. вес биозвена, %	Абсолют. вес биозвена, кг	Длина биозвена, мм	Расстояние от проксимального конца до центра тяжести /ЦТ/ биозвена		Абсцисса центра тяжести биозвена, мм	Р <sub>x</sub>	Ордината центр тяж. био звена, мм	Р <sub>y</sub>
				%	мм				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Голова	7	3,5	-	-	-	32	112	329	451,5
Туловище	43	21,5	42	0,44	18,5	45	962,5	95	2042,5
Плечо правое	3	1,5	31	0,47	14,5	41	61,5	100	150
Плечо левое	3	1,5	31	0,47	14,5	41	61,5	100	150
Предплечье правое	2	1	22	0,42	9,2	40	40	78	78
Предплечье левое	2	1	22	0,42	9,2	40	40	78	78
Кисть правая	1	0,5	-	-	-	34	17	65	32,5
Кисть левая	1	0,5	-	-	-	34	17	65	32,5
Бедро правое	12	6	33	0,44	14,5	43	258	63	378
Бедро левое	12	6	33	0,44	14,5	43	258	63	378
Голень правая	5	2,5	40	0,42	16,8	35	87,5	35	87,5
Голень левая	5	2,5	40	0,42	16,8	35	87,5	35	87,5
Стопа правая	2	1	15	0,44	6,6	35	35	10	10
Стопа левая	2	1	15	0,44	6,6	35	35	10	10
Итого:	100	50					2077,5		3966

Исходя из произведенных расчетов, графическое изображение сидящего всадника с указанием ОЦТ представлено на рис. 4.

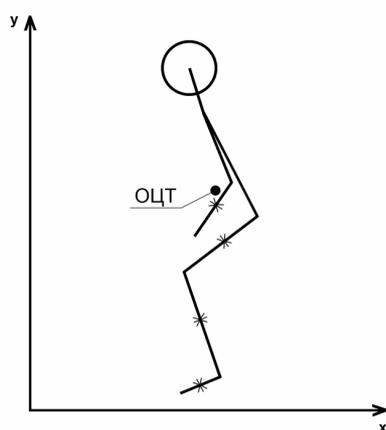
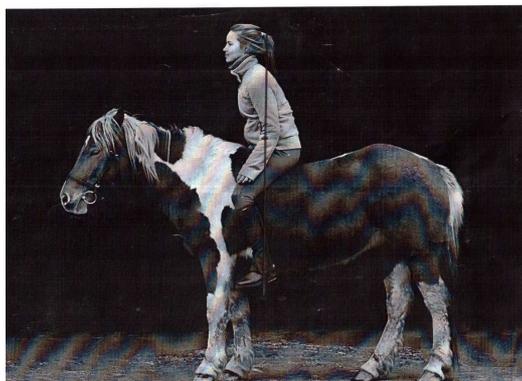


Рис.4. Графическое изображение всадника согласно фотограмме 2.  
ОЦТ – общий центр тяжести, x, y – оси координат

Опустив вертикаль из точки ОЦТ, на фотограмме 2 мы получили прямую, определяющую совпадение или несовпадение основных точек при правильной посадке.

На основании расчетов можно сделать вывод о полном несовпадении точек линии отвеса, которая должна проходить через следующие точки: ухо, плечевой сустав, тазобедренный сустав.



Общий динамический рисунок изменения ОЦТ на основании фотограмм 1 и 2 представлен ниже на рисунке 6.

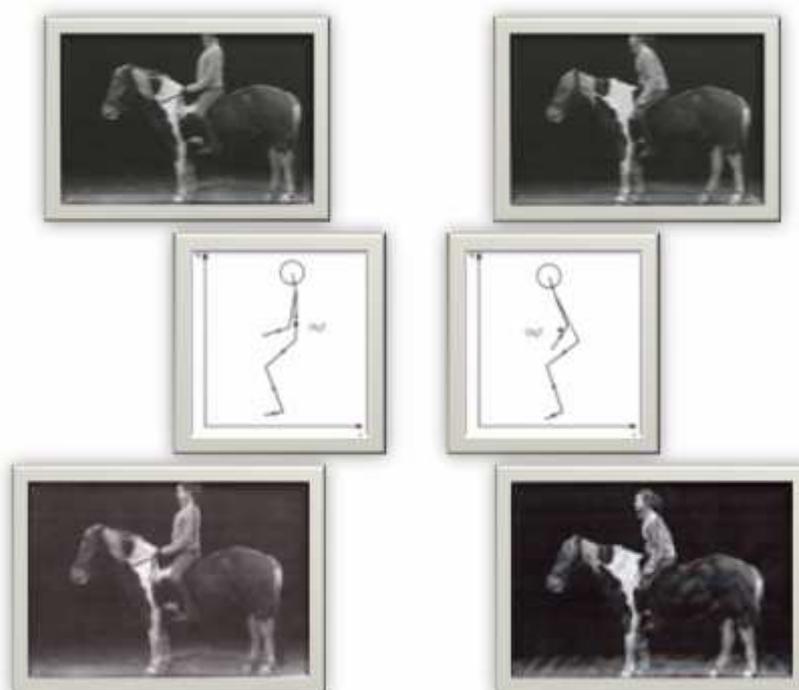


Рис.6. Общая динамика изменения общего центра тяжести

В результате литературных исследований [1] было установлено, что ОЦТ тела взрослого человека находится обычно на уровне II крестцового позвонка. Отвесная линия центра тяжести проходит на 5 см позади поперечной оси тазобедренных суставов, примерно на 2,6 см кзади от линии, соединяющей большие вертелы, и на 3 см кпереди от поперечной оси голеностопных суставов. Центр тяжести головы располагается немного кпереди от поперечной оси атлантозатылочных суставов. Общий центр тяжести головы и туловища находится на уровне середины переднего края X грудного позвонка.

В состоянии равновесия тело удерживается силой мышечных сокращений, что предотвращает его от падения. Части тела (голова, туловище, конечности) при этом занимают соответствующее каждой из них положение. Однако если будет нарушено соотношение частей тела (например, вытягивание рук вперед, сгибание позвоночника при стоянии и т. д., то соответственно изменяются положение и равновесие других частей тела. Статические и динамические моменты действия мускулатуры находятся в прямой связи с положением центра тяжести тела. Стремление тела упасть вперед при стоянии обусловлено прохождением вертикали центра тяжести впереди (на 3–4 см) от поперечной оси голеностопных суставов. Падению противостоят действия мышц задней поверхности голени. Если отвесная линия центра тяжести переместится еще дальше кпереди – к пальцам, то сокращением задних мышц голени пятка приподнимается, отрывается от плоскости

опоры, отвесная линия центра тяжести перемещается вперед и опорой в данном случае служат пальцы стопы.

Анализ наших расчетов согласно фотограмме 1 указывает на то, что, несмотря на внешнюю правильность предлагаемой посадки, все же наблюдается отклонение от норм классической посадки: вертикаль, проведенная через точку ОЦТ, не проходит через область уха. Можно предположить, что причиной данного момента является чрезмерная кифотическая осанка, провоцирующая гиперлордоз шейного отдела позвоночника.

Анализ расчетов, согласно фотограмме 2, указывает на то, что вертикаль из точки ОЦТ проходит, минуя необходимые контрольные точки контроля. В подобной ситуации можно предположить, что для сохранения равновесия всаднику, в том числе и с различными патологиями опорно-двигательного аппарата и органического поражения нервной системы, необходимо добиваться чрезмерного усилия от мышц задних поверхностей голени, бедра, мышц корсета и задней поверхности шеи. Подобная посадка в условиях движения лошади, даже на шагу, будет провоцировать дополнительно повышение внутрибрюшного и внутричерепного давления.

Мы считаем, что при составлении комплекса занятий необходимо отталкиваться от уровня сформированности позвоночного столба, а также уровня развития двигательного развития персонально каждого ребенка (умение держать голову, способность сидеть, стоять) и не форсировать процесс перехода от одного этапа к другому, минуя природные возможности ребенка. В противном случае негативные последствия могут проявить себя в виде наличия патологической осанки, отсутствия полноценного баланса и равновесия. Для всадников с детским церебральным параличом это пагубно еще и формированием патологического двигательного стереотипа.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Составление комплексов занятий по иппотерапии должно опираться на исходные данные всадника.
2. Переход к упражнению из иных исходных положений возможен только в том случае, когда предшествующий этап развития двигательных умений позволяет это сделать.
3. При переходе в положение вертикализации крайне важно использовать, особенно в практике занятий с детьми с ДЦП, езду вдвоем, что позволит инструктору контролировать положение тела всадника и предупредит в дальнейшем возникновение осложнений при обучении навыкам прямохождения.

### **Список литературы**

1. Кашуба В. А. Биомеханика осанки. Монография / Кашуба В. А. – Киев: ЗАО «Книга», 2003. – 279 с.
2. Слепченко Ю. А. Оздоровительная верховая езда при соматических дисфункциях таза: материалы VI Межрегиональной конференции «Иппотерапия. Инвалидный конный спорт. Опыт и перспективы» / Слепченко Ю. А. – Санкт-Петербург: Издательство «ЛЕМА», 2013. – С.11–26.

3. Иппотерапия как метод реабилитации при детских церебральных параличах: учебное пособие для специалистов / под общей редакцией Р. А. Пополитова. – Симферополь : ИТ « АРИАЛ», 2013. – 156 с.
4. Коновальчук В. Н. Методическое пособие к практическим занятиям по биомеханике/ В. Н. Коновальчук, В. Л. Тюнин – Севастополь: ТНУ им.В.И.Вернадского, 2001. – 32 с.
5. Коновальчук В. Н. Биомеханические основы иппотерапии / В. Н. Коновальчук, Р. А. Пополитов, Е. В. Архангельская // Ученые записки ТНУ. – 2011. – С. 45–52.
6. Пополитов Р. А. Обоснование и эффективность иппореабилитации у детей со спастическими формами ДЦП. / Р. А. Пополитов, К. А. Российский, Н. А. Василевская, Т. В. Гудым // Севастополь 6: Материалы научно-практической конференции, 2007. – 30 с.
7. Ионов И. И. Развитие межполушарного взаимодействия на занятиях иппотерапией / И. И. Ионов // Сборник материалов IV Межрегиональной Конференции «Иппотерапия. Инвалидный конный спорт. Опыт и перспективы» 01-02 мая 2011 года, С-Петербург.
8. Штраус И. Иппотерапия. Нейрофизиологическое лечение с применением верховой езды / Штраус И. // перевод с нем. – М.: Московский конноспортивный клуб инвалидов, 2000. – 102 с.
9. Бутенко Л. А. Динамическая анатомия и биомеханика в практике лечебной физической культуры и спортивной медицины/ Бутенко Л. А., Козлов И. М., Сукиасян Р. Г. // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – Медицина, 2007. Выпуск 2. – 73 с.

## **BIOMECHANICS AND DYNAMIC ANATOMY IN HIPPO THERAPY PRACTICE**

**Коновальчук В. Н., Пополитов Р. А., Архангельская Е. В.**

*V.I. Vernadsky Crimea Federal University, Simferopol, Crimea, Russia  
E-mail: modul81@mail.ru*

Nowadays the analysis of nosological structure of disability in children shows that combined neuroorthopedical violations are found in the majority of disabled and need forehead detection and treatment. Among disabled children who have neuroorthopedical violations the majority suffers from cerebral paralysis, from paresis of various etiologies, from podiatry and spine diseases. Such children need long-termed restorative treatment and continuous complex rehabilitation. In many countries such children's rehabilitation is carried on an outpatient basis based on territorial outpatient's centers maximally close to the residence of sick children [1].

This study investigates the biomechanical factors affecting the dynamics of displacement of the common center of gravity (CCG) of the body due to changes of the position of the horseman and relevance of the correct position on horseback. Such researches are necessary for rehabilitation of children with neuroorthopedical violations by the method of hippotherapy. These researches took place in the city of Sebastopol at the rehabilitation center of horse riding, where scientific and practical work on the study of biomechanics and dynamic anatomy as the driving factors of hippotherapy is carried out.

In hippotherapy the movements of the horseman and horse must be harmoniously combined in every gait. When the kinetics of the movement of the horse understood as clearly as movement reaction of the horseman, the hippotherapist can properly assess the impact of horse riding on patient. Applying hippotherapy defining the indications and dosage of the procedure should be made taking into account the knowledge of

biomechanics and dynamic anatomy. The most competently hippotherapist is able work considering a careful analysis of both, his own movements and movements of the horse. The knowledge of biomechanics of horse's movements, hippotherapist can use for medical purposes [2].

**Keywords:** common centre of gravity, the spine, biopart, hippotherapy.

#### References

1. Kaszuba V. A. Biomechanics of posture. Monograph – 279 p. (Kiev JSC "book", 2003).
2. Slepchenko Y. A. Health-riding at somatic dysfunction of the pelvis: the VI Inter-regional conference «Hippotherapy. Invalid horse riding. Experience and Prospects» – P. 11–26. (St. Petersburg: Publishing house "LEM", 2013).
3. Hippotherapy as a method of rehabilitation in cerebral palsy: a manual for professionals / edited by R. Popolitova. – 156 p. (Simferopol IT "Ariana", 2013).
4. Konovalchuk V. N., Tyunin V. L. Toolkit to practical training in biomechanics – 32 p. (Sevastopol: Vernadsky TNU, 2001).
5. Konovalchuk V. N., Popolitov R. A., Arkhangelsk E.V. Biomechanical bases hippotherapy. *Scientific notes of TNU*, 45. (2011).
6. Popolitov R. A., Russian K. A., Wasilewska N. A., Gudym T. V. Rationale and effectiveness of hippotherapy in children with spastic forms of cerebral palsy. – 30 p. (Sevastopol 6: Proceedings of the conference, 2007).
7. Ions I. I. The development of hemispheric interaction in the classroom hippotherapy / sourcebook IV Inter-regional Conference "Hippotherapy. Invalid horse riding. Experience and Prospects" (01-02 May 2011, St. Petersburg).
8. Strauss. I. Hippotherapy. Neurophysiological treatment using riding / translated from it. – 102 p. (M.: Moscow Equestrian Club for the Disabled, 2000).
9. Butenko L. A., Kozlov I. M., Sukiasyan R.G. Dynamic anatomy and biomechanics in the practice of medical physical training and sports medicine. *Issues of balneology, physiotherapy and medical physical training.*, 2, 73. (Medicine, 2007).

*Поступила в редакцию 03.12.2015 г.*