

## Характеристика вертикальной устойчивости тела младших школьников: биомеханический аспект

*Винницкий национальный медицинский университет  
имени Николая Ивановича Пирогова (г. Винница)*

**Постановка научной проблемы ее значение.** Исследование состояния моторики человека сквозь призму биомеханических аспектов позволяет выделить те ее особенности, которые во многом определяют характер и направленность его развития как биологического вида. Особенно важным при этом является познание механизмов становления вертикальной устойчивости тела человека, влияющей на формирование осанки в онтогенетическом периоде его развития [9, 10].

Современные представления специалистов, занимающихся проблемами биомеханики вертикальной устойчивости тела, свидетельствуют о том, что ортоградное положение тела человека – это такое положение, при котором все крупнейшие звенья его тела располагаются параллельно вертикальной (продольной) оси, перпендикулярно горизонтальной плоскости, а общий центр масс (ОЦМ) тела поднят на максимальную высоту над опорой [3, 4, 6, 14].

Специальные научные исследования свидетельствуют о том, что регуляция вертикальной позы человека относится к числу наиболее актуальных биологических и социально-педагогических проблем современности. При этом она рассматривается не только как один из факторов, характеризующих определенное положение тела человека в пространстве, но и как наиболее существенный показатель состояния его здоровья [9, 10]. Многие представители отечественной [1, 11, 12, 17 и др.] и зарубежной педагогической науки [3, 4, 13 и др.] уделяют особое внимание изучению особенностей формирования вертикальной позы тела человека в процессе онтогенеза.

**Связь с научными планами, темами.** Работа выполнена в соответствии с темой Сводного плана научно-исследовательской работы в сфере физической культуры и спорта на 2011–2015 гг. «Совершенствование биомеханических технологий в физическом воспитании, спорте и реабилитации с учетом индивидуальных особенностей моторики человека» (номер государственной регистрации 0112U001860). В 2016–2017 гг. исследования выполнялись по теме «Теоретико-методические основы здоровьесформирующих технологий в процессе физического воспитания различных групп населения», номер государственной регистрации 0116U001615.

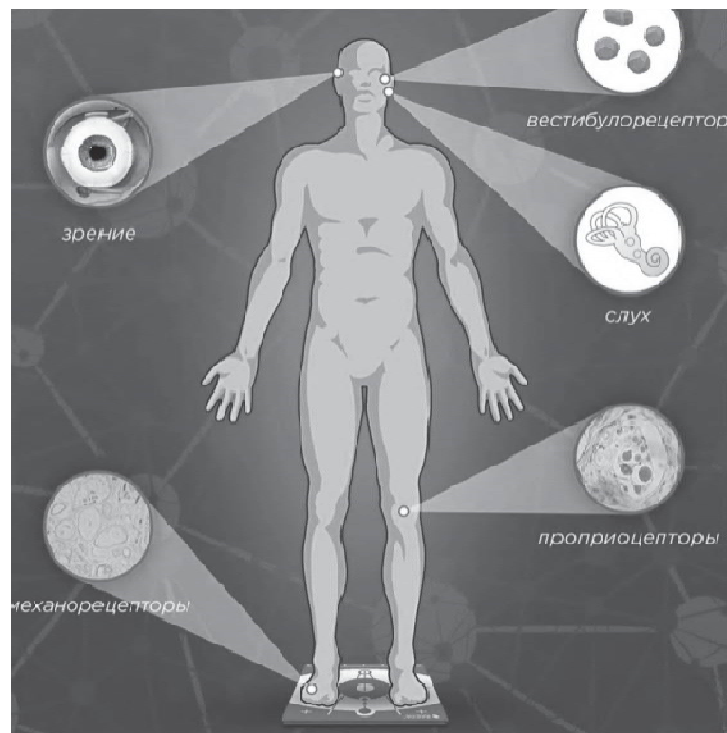
**Цель исследования** – систематизировать научную информацию по биомеханическим аспектам вертикальной устойчивости тела школьников в процессе физического воспитания.

**Методы исследования.** Для решения поставленной задачи использовались анализ и обобщение данных специальной научной литературы и Интернет-источников.

**Анализ исследований по данной проблеме и обоснование полученных результатов исследования.** Согласно имеющимся представлениям [2, 3, 4, 5, 14], в регуляции вертикальной позы принимают участие разные уровни центральной нервной системы, использующие информацию от вестибулярных, мышечных, суставных и зрительных рецепторов (рис. 1). Отсюда следует, что изменение состояния некоторых органов и систем найдут отражение в изменении характеристик процесса поддержания вертикальной позы [5].

Поддержание вертикальной позы, с точки зрения Лайуни Рида Бен Шедли [13], является результатом регуляторного механизма, который действует на основе постоянных коррекций: устранение незначительных нарушений равновесия происходит путем рефлекторного напряжения мышц.

По мнению В. А. Кашубы [7, 8], вертикальная поза характеризует определенное положение тела человека в пространстве и является наиболее существенным показателем состояния его здоровья.



**Рис. 1.** *Использование информации для поддержания ортоградной позы человека [5]*

А. И. Сторожик [17] отмечает, что вертикальная устойчивость тела – это способность человека находиться в ортоградном положении определенный период времени.

Экспериментальными исследованиями В. С. Гурфинкель [4] доказал, что за обеспечение координационной работы базовых рефлексов и двигательных автоматизмов в ходе их объединения в единую систему регуляции позы отвечает система внутреннего представления окружающего пространства и собственного тела.

На основании данных многолетних исследований Кароль Бретз [3] пришел к выводу, что, пребывая в вертикальной позе, организм функционирует как система автоматического регулирования со своими регуляторами, каналами и связями.

В биомеханике считается, что сохранение вертикальной устойчивости тела человека представляет собой квазистатический процесс колебательного типа [2, 6, 12, 14]. В результате научной деятельности в данном направлении В. А. Кашуба [9, 12] приходит к пониманию, что процессы накопления организмом детей гравитационной энергии объективно взаимосвязаны с высотой расположения над опорой общего центра тяжести (ОЦТ) их тела.

Изучая проблему устойчивости тела, В. Н. Болобан [2] сделал заключение, что вертикальное положение тела при стоянии – это врожденный рефлекс и сформированный навык сохранения равновесия.

Равновесие тела имеет следующие компоненты:

- рациональное расположение звеньев тела, которое способствует сохранению устойчивости;
- минимизацию количества степеней свободы движущейся системы, которая характеризует рациональную двигательную координацию;
- дозировку и перераспределение мышечных усилий;
- уровень пространственной ориентации, которая обеспечивает точность движений при перемещении тела и его отдельных звеньев [15].

Изучая вертикальную устойчивость позы, Г. В. Смирнов [16] определил, что для каждой группы людей характерен специфический профиль устойчивости, и назвал его групповым профилем устойчивости вертикальной позы. Автор установил такие общие закономерности в обеспечении вертикальной устойчивости тела практически здоровых людей при двухопорном стоянии:

- средний модуль перемещения горизонтальной проекции ОЦМ тела во фронтальном направлении в 1,5 раза больше, нежели в сагиттальном;
- средний модуль ускорения горизонтальной проекции ОЦМ тела во фронтальном направлении незначительно больше, нежели в сагиттальном;
- средний модуль перемещения крестца в обоих направлениях в 2 раза больше, чем перемещение ОЦМ тела [16].

Анализ стабилограмм позволил В. А. Кашубе [10] выделить особенности формирования вертикальной устойчивости тела школьников (табл. 1, 2):

- два выраженных пика уменьшения амплитуды колебаний ОЦМ тела в 8–9 лет;

- минимальный темп уменьшения амплитуды колебаний ОЦМ тела в возрасте 9–10 лет;
- максимальный темп увеличения частоты колебаний ОЦМ тела в возрасте 12–13 лет.

Таблица 1

**Стабилографические показатели колебания ОЦМ тела школьников 7–10 лет (n=30) [10]**

Возраст, лет	Амплитудно-частотные характеристики	Статистические показатели			
		$\bar{x}$	$\sigma$	$m$	$x_{выб} - mt \leq \bar{x} \leq x_{выб} + mt$
<b>Фронтальная плоскость</b>					
7	A	8,28	1,074	0,20	$7,88 \leq \bar{x} \leq 8,68$
	f	3,38	1,04	0,19	$2,99 \leq \bar{x} \leq 3,77$
8	A	8,66	0,89	0,16	$8,33 \leq \bar{x} \leq 8,99$
	f	3,40	1,18	0,22	$2,96 \leq \bar{x} \leq 3,84$
9	A	7,21	0,86	0,16	$6,89 \leq \bar{x} \leq 7,53$
	f	3,41	0,74	0,14	$3,13 \leq \bar{x} \leq 3,69$
10	A	6,91	1,13	0,21	$6,49 \leq \bar{x} \leq 7,33$
	f	3,52	0,95	0,17	$3,17 \leq \bar{x} \leq 3,87$
<b>Сагиттальная плоскость</b>					
7	A	8,78	0,29	0,05	$8,67 \leq \bar{x} \leq 8,89$
	f	3,41	0,29	0,05	$3,30 \leq \bar{x} \leq 3,52$
8	A	8,12	0,42	0,08	$7,96 \leq \bar{x} \leq 8,28$
	f	3,43	0,17	0,03	$3,37 \leq \bar{x} \leq 3,49$
9	A	7,24	0,6	0,11	$7,02 \leq \bar{x} \leq 7,46$
	f	3,47	0,69	0,13	$3,21 \leq \bar{x} \leq 3,73$
10	A	6,58	1,03	0,19	$6,20 \leq \bar{x} \leq 6,96$
	f	3,49	0,86	0,16	$3,17 \leq \bar{x} \leq 3,81$

В процессе исследования А. И. Сторожик [17] была изучена особенность факторной структуры физического развития, вертикальной устойчивости тела и учебных достижений по физической культуре младших школьников со сниженным слухом.

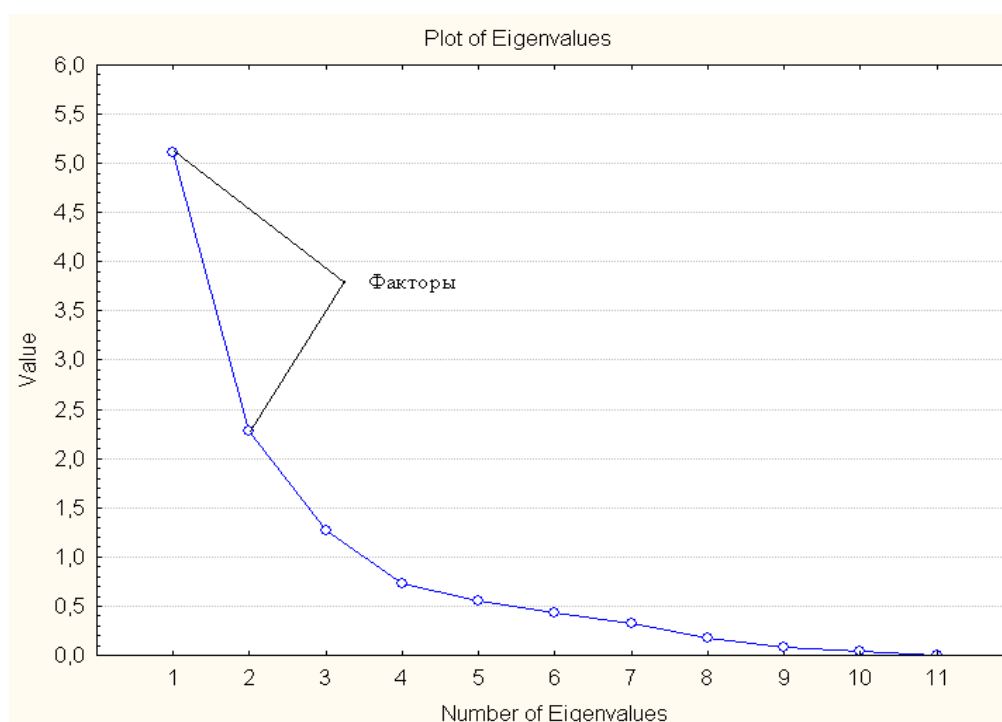
Таблица 2

**Стабилографические показатели колебания ОЦМ тела школьниц 7–10 лет (n=30) [10]**

Возраст, лет	Амплитудно-частотные характеристики	Статистические показатели			
		$\bar{x}$	$\sigma$	$m$	$x_{выб} - mt \leq \bar{x} \leq x_{выб} + mt$
1	2	3	4	5	6
<b>Сагиттальная плоскость</b>					
7	A	13,82	1,44	0,26	$13,28 \leq \bar{x} \leq 14,36$
	f	3,46	0,93	0,17	$3,11 \leq \bar{x} \leq 3,81$
8	A	12,99	0,92	0,17	$12,65 \leq \bar{x} \leq 13,33$
	f	3,51	0,94	0,17	$3,16 \leq \bar{x} \leq 3,86$
9	A	11,59	1,48	0,27	$11,04 \leq \bar{x} \leq 12,14$
	f	3,53	0,99	0,18	$3,16 \leq \bar{x} \leq 3,90$
10	A	10,92	1,57	0,29	$10,34 \leq \bar{x} \leq 11,50$
	f	3,58	0,87	0,16	$3,26 \leq \bar{x} \leq 3,90$

1	2	3	4	5	6
<b>Фронтальная плоскость</b>					
7	A	8,78	0,29	0,05	$8,67 \leq \bar{x} \leq 8,89$
	f	3,41	0,29	0,05	$3,30 \leq \bar{x} \leq 3,52$
8	A	8,12	0,42	0,08	$7,96 \leq \bar{x} \leq 8,28$
	f	3,43	0,17	0,03	$3,37 \leq \bar{x} \leq 3,49$
9	A	7,24	0,6	0,11	$7,02 \leq \bar{x} \leq 7,46$
	f	3,47	0,69	0,13	$3,21 \leq \bar{x} \leq 3,73$
10	A	6,58	1,03	0,19	$6,20 \leq \bar{x} \leq 6,96$
	f	3,49	0,86	0,16	$3,17 \leq \bar{x} \leq 3,81$

Графический анализ исходных данных с использованием критерия каменной осыпи показал, что два фактора объясняют значительную часть общей дисперсии. Как видно из рисунка, все остальные собственные значения факторов, начиная с третьего, имеют несопоставимо меньшее значение, а следовательно – и влияние в структуре изучаемых показателей (рис. 2) [17].



**Рис. 2.** Определение количества факторов по критерию каменной осыпи [17]

Согласно данным специалиста, структуру физического развития, вертикальной устойчивости тела и учебных достижений младших школьников со сниженным слухом составило два фактора. В зависимости от наличия нарушения слуха получены группы показателей, которые имеют наибольшие взаимосвязи между изученными данными [17].

Результаты факторизации позволили установить, что у детей со сниженным слухом в первом факторе сконцентрированы несколько блоков показателей: показатели вертикальной устойчивости тела, а именно амплитуда колебаний ОЦТ тела в основной стойке ( $r = -0,80$ ;  $p < 0,05$ ) и в пробе Ромберга ( $r = -0,82$ ;  $p < 0,05$ ), время удержания позы в пробе Бондаревского ( $r = 0,83$ ;  $p < 0,05$ ), учебная успеваемость по физической культуре ( $r = 0,82$ ;  $p < 0,05$ ), а также показатели физического развития: длина тела ( $r = 0,75$ ;  $p < 0,05$ ) и масса тела ( $r = 0,77$ ;  $p < 0,05$ ). Исследование, проведенное специалистом, показало, что описываемый фактор объясняет 46,15 % вариации и является биполярным, а полученные корреляционные связи указывают на уменьшение колебаний ОЦТ тела в основной стойке и пробе Ромберга при увеличении времени удержания позы и улучшении на этом фоне уровня успеваемости по физической культуре наряду с увеличением длины и массы тела младших школьников [17].

По мнению специалиста [17], во втором (также биполярном) факторе, который несет в себе 26,26 % информации о детях со сниженным слухом, сгруппировались исключительно показатели физического развития детей: снижение показателя обхвата грудной клетки ( $r = -0,88$ ;  $p < 0,05$ )

обуславливает уменьшение индекса Кетле ( $r = -0,96$ ;  $p < 0,05$ ) и приводит к увеличению индекса физического развития, что показывает на отнесение этой категории детей в группу с дисгармоничным развитием ( $r = 0,84$ ;  $p < 0,05$ ).

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Анализ специальной научно-методической литературы свидетельствует о том, что к факторам, обуславливающим способность тела человека сохранять равновесие, относят совместную мобилизацию возможностей зрительной, слуховой, вестибулярной систем. Среди механизмов сохранения равновесия выделяют два наиболее важные. Первый проявляется тогда, когда основным двигательным заданием является сохранение равновесия. В этом случае поддержание вертикальной позы тела является результатом регуляторного механизма, который действует на основе постоянных коррекций. Устранение незначительных нарушений равновесия происходит путем рефлекторного напряжения мышц, а устранение существенных нарушений – быстрым рефлекторным перемещением в сторону стабильной площади опоры. Второй механизм реализуется, когда поздние реакции входят в состав движений со сложной координацией и каждая из которых имеет предупредительный, а не рефлекторный характер и является составной частью программы двигательного действия.

Сегодня в практике физического воспитания школьниками накоплен значительный материал относительно количественной характеристики вертикальной устойчивости их тела.

Перспективы последующих исследований проблемы связаны с разработкой информационно-методической системы «De stabilitate vertical» и внедрением в процесс физического воспитания младших с сенсорными нарушениями. Изучение структурно-функциональных особенностей формирования вертикальной устойчивости тела школьников с сенсорными нарушениями с использованием современной биомеханической аппаратуры представляет собой актуальную задачу для адаптивного физического воспитания.

#### *Источники и литература*

1. Альошина А. И. Формування вертикальної стійкості тіла дітей 9–12 років на уроках фізичної культури : автореф. дис. на здобуття канд. наук з фіз. виховання і спорту 24.00.02 «Фізична культура, фізичне виховання різних груп населення» / А. І. Альошина. – Луцьк, 2000. – 19 с.
2. Болобан В. Н. Системная стабилография: методология и методы измерения, анализа и оценки статодинамической устойчивости тела спортсмена и системы тел / В. Болобан, Ю. Литвиненко, Т. Нижниковски // Наука в олимпийском спорте. – 2012. – С. 27–35.
3. Бретз К. Устойчивость равновесия тела человека : автореф. дис. ... д-ра пед. наук / К. Бретз. – Киев, 1997. – 41 с.
4. Гурфинкель В. С. Регуляция позы человека / В. С. Гурфинкель, Я. М. Коц, М. Л. Шлик. – Москва : Наука, 1965. – 256 с.
5. Денискина Н. В. Фронтальная устойчивость вертикальной позы человека: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.08 / Н. В. Денискина. – Москва, 2009. – 124 с.
6. Кашуба В. А. Возрастные особенности расположения общего центра масс тела детей в онтогенезе / В. А. Кашуба // Физическое воспитание студентов творческих специальностей : сб. науч. тр. / [ред. С.С. Ермаков]. – Харьков : ХГАДИ (ХХПИ), 1999. – № 12. – С. 11–14.
7. Кашуба В. А. Исследование биомеханических особенностей формирования ортоградной позы тела детей 7–16 лет / В. А. Кашуба // Педагогіка, психологія та медико – біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. – Харків : ХХПІ, 1999. – № 14. – С. 35–38.
8. Кашуба В. О. Педагогічний контроль формування ортоградної пози школярів / В. О. Кашуба // Педагогіка, психологія та медико – біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. – Харків : ХХПІ, 2001. – № 26. – С. 3–9.
9. Кашуба В. А. Биомеханика осанки / В. А. Кашуба. – Киев : Олимп. лит., 2003. – 280 с.
10. Кашуба В. А. Биодинамика осанки школьников в процессе физического воспитания : автореф. дис. ... д-ра наук физ. восп. и спорту : спец. 24.00.02 / В. А. Кашуба. – Киев : НУФВСУ, 2003. – 36 с.
11. Кашуба В. А. Коррекция нарушений осанки школьников в процессе АФВ / В. А. Кашуба, Зияд Хмаид Ахмад Насраллах. – Киев : Наук. світ 2008. – 223 с.
12. Кашуба В. А. Формирование моторики человека в процессе онтогенеза : монография / В. А. Кашуба, Е. М. Бондарь, Н. Н. Гончарова, Л. Н. Носова. – Луцьк : Вежа-Друк, 2016. – 232 с.
13. Лайуни Рида Бен Шедли. К вопросу о вертикальной устойчивости тела человека / Лайуни Рида Бен Шедли // Физическое воспитание студентов. – 2009. – № 1. – С. 53–57.
14. Лапутин А. Н. Формирование массы и динамика гравитационных взаимодействий тела человека / А. Н. Лапутин, В. А. Кашуба. – Киев : Знание, 1999. – 201 с.
15. Назаренко Л. Д. Содержание и структура равновесия как двигательного-координационного качества / Л. Д. Назаренко // Теория и практика физической культуры. – 2000. – № 1. – С. 54–58.
16. Смирнов Г. В. Комплексная оценка устойчивости вертикальной позы человека в норме и при патологии тазобедренного сустава : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 01.02.08 / Г. В. Смирнов. – Нижний Новгород, 1994. – 158 с.
17. Сторожик А. И. Характеристика вертикальной устойчивости тела слабослышащих младших школьников в процессе физического воспитания / А. И. Сторожик // Физическое воспитание студентов : сб. науч. тр. / [ред. С. С. Ермаков]. – Харьков : ХДАДМ, 2013. – № 6. – С. 43–48.

## Аннотации

В статье освещается состояние вопроса о характеристиках вертикальной устойчивости тела, а также представляется информация об ортоградной позе младших школьников.

Анализ специальной научно-методической литературы свидетельствует о том, что к факторам, обуславливающим способность тела человека сохранять равновесие, относят совместную мобилизацию возможностей зрительной, слуховой, вестибулярной систем. Среди механизмов сохранения равновесия выделяют два наиболее важных. Первый проявляется тогда, когда основным двигательным заданием является сохранение равновесия. В этом случае поддержание вертикальной позы тела есть результатом регуляторного механизма, который действует на основе постоянных коррекций. Устранение незначительных нарушений равновесия происходит путем рефлекторного напряжения мышц, а устранение существенных нарушений – быстрым рефлекторным перемещением в сторону стабильной площади опоры. Вторым механизмом реализуется, когда поздние реакции входят в состав движений со сложной координацией и каждая из которых имеет предупредительный, а не рефлекторный характер и является составной частью программы двигательного действия.

Сегодня в практике физического воспитания со школьниками накоплен значительный материал относительно количественной характеристики вертикальной устойчивости их тела.

Перспективы последующих исследований проблемы связаны с разработкой информационно-методической системы «De stabilitate vertical» и внедрением в процесс физического воспитания младших с сенсорными нарушениями. Изучение структурно-функциональных особенностей формирования вертикальной устойчивости тела школьников с сенсорными нарушениями с использованием современной биомеханической аппаратуры представляет собой актуальную задачу для адаптивного физического воспитания.

**Ключевые слова:** вертикальная устойчивость тела, физическое воспитание, младшие школьники, биомеханика, ортоградная поза.

**Сергій Дусь. Характеристика вертикальної стійкості тіла молодших школярів: біомеханічний аспект.** У статті висвітлено стан питання про характеристики вертикальної стійкості тіла, а також представлено інформацію про ортоградну позу молодших школярів.

Аналіз спеціальної науково-методичної літератури свідчить про те, що до чинників, які зумовлюють здатність тіла людини зберігати рівновагу, відносять спільну мобілізацію можливостей зорової, слухової, вестибулярної систем. Серед механізмів збереження рівноваги виділяють два найбільш важливі. Перший проявляється тоді, коли основним руховим завданням є збереження рівноваги. У цьому випадку підтримання вертикальної пози тіла є результатом регуляторного механізму, який діє на основі постійних корекцій. Усунення незначних порушень рівноваги відбувається за допомогою рефлекторного напруження м'язів, а усунення суттєвих порушень – швидким рефлекторним переміщенням у бік стабільної площі опори. Другий механізм реалізується, коли пізні реакції входять до складу рухів зі складною координацією й кожна з яких має попереджувальний, а не рефлекторний характер і є складовою частиною програми рухового дії.

Сьогодні в практиці фізичного виховання зі школярами накопичено значний матеріал щодо кількісної характеристики вертикальної стійкості їхнього тіла.

Перспективи подальших досліджень проблеми пов'язані з розробкою інформаційно-методичної системи «De stabilitate vertical» і впровадженням у процес фізичного виховання молодших із сенсорними порушеннями. Вивчення структурно-функціональних особливостей формування вертикальної стійкості тіла школярів із сенсорними порушеннями з використанням сучасної біомеханічної апаратури є актуальним завданням для адаптивного фізичного виховання.

**Ключові слова:** адаптивне фізичне виховання, школярі, керуюча предметне середовище, інформаційні системи.

**Serhiy Dus. Characteristics of the Vertical Body Stability of Younger Schoolchildren: Biomechanical Aspect.** The article highlights the state of the question on characteristics of the vertical body stability, as well as information about the orthograde posture of younger schoolchildren.

Analysis of special scientific and methodological literature suggests that the factors that determine the ability of the human body to maintain equilibrium include the combined mobilization of the possibilities of the visual, auditory, and vestibular systems. Among the mechanisms of maintaining equilibrium, two are distinguished as the most important. The first is manifested when the main motive task is to maintain equilibrium. In this case, maintaining the vertical body posture is the result of a regulatory mechanism that operates on the basis of constant corrections. Elimination of minor disturbances of equilibrium occurs through the reflex muscle tension and elimination of significant disorders by rapid reflex movement towards a stable support area. The second mechanism is realized when late reactions are part of movements with complex coordination and each of those has a preventive rather than a reflex character and is an integral part of a motor action program.

Today, in the practice of physical education with schoolchildren, considerable material has been accumulated concerning the quantitative characteristics of the vertical stability of their bodies.

Prospects for subsequent studies of the problem are connected with the development of the information and methodological system «De stabilitate vertical» and introduction of the younger ones with sensory impairments into the process of physical education. The study of structural and functional features of formation of vertical stability of the body of schoolchildren with sensory impairments using modern biomechanical equipment is an actual task for adaptive physical education.

**Key words:** vertical body stability, physical education, younger schoolchildren, biomechanics, orthopedic posture.