

БІОМЕХАНІЧНА СКРИНІНГ-ДІАГНОСТИКА ВЕРТИКАЛЬНОЇ ПОСТАВИ ДІТЕЙ МЕТОДОМ КОМП'ЮТЕРНОЇ ОПТИЧНОЇ ТОПОГРАФІЇ

Розглянутий аналітичний огляд літератури, що висвітлює питання розповсюдженості порушень постави серед дитячого населення в Україні, проведено аналіз біомеханічних перебудов тіла дитини, які спрямовані на формування вертикальної постави. Обговорені біомеханічні умови, антигравітаційна роль скелета і м'язової системи у вертикалізації дитини. Проаналізовані сучасні програми скринінг-діагностики постави методами автоматизованої комп'ютерної оптичної топографії. Визначено перспективи використання інноваційних підходів до діагностики порушень постави дітей та її корекція в процесі фізичного виховання і реабілітації.

Ключові слова: вертикальна постава, скринінг-діагностика, комп'ютерна оптична топографія.

Актуальність дослідження. Порушення постави є однією з рухових патологій, що найчастіше зустрічаються у дітей. Вони складають 90% усіх відхилень від норми з боку опорно-рухової системи молодших школярів [1]. Кожна четверта дитина в Україні має порушення постави, у 5-6 осіб з тисячі це сколіоз [6]. Поширеність порушень постави і сколіозу серед дітей складає від 5,0% до 46,9%, при цьому саме ідіопатичні сколіози складають близько 80,0-85,0% від усіх виявлених випадків сколіозу, а загальна кількість випадків деформацій хребта понад 10 градусів за Коббом в популяції знаходиться в межах від 1,5% до 3,0%. Найбільша кількість випадків деформацій припадає на вік старше 7 років, а з нозологічних форм при цьому домінують виражені порушення постави з деформаціями хребта – 34,9%. В школярів у віці від 10 до 17 років порушення постави виявляються в 94% випадків. Проблема порушень постави в дитячому віці обумовлена, перш за все, несвоєчасною діагностикою, а також неправильним підбором засобів і методів фізичного виховання та реабілітації [3].

Результати теоретичного дослідження. Вертикальну поставу справедливо розглядають як показник здоров'я хребта дитини. Як відомо, постава – звична вертикальна поза, звичне невимушено вертикальне положення тіла людини, що зберігається в спокої, при русі і є найважливішим показником фізичного розвитку людини [4, 5].

В біомеханічному аспекті, поставу розглядають як спосіб побудови кінематичної схеми умовно виділених сегментів тіла: голови, шиї, грудного сегмента, торса, таза, нижніх кінцівок і стопи. Сегменти тіла підпорядковуються жорсткій конструкції тіла – скелета, і таке вирівнювання називається скелетним балансом. Дотримуючись закону доцільності, сегменти тіла вибудовуються таким чином, щоб мінімізувати напругу сухожилів і м'язів при утриманні тіла у вертикальному положенні, зберігаючи при цьому максимальну стійкість тіла.

Сегменти тіла розташовуються щодо лінії гравітації, що проходить через загальний цент тяжіння (ЗЦТ). Для стійкості суглоби, що з'єднують сегменти тіла, прагнуть прийняти положення при якому забезпечується максимальна стійкість суглоба, що вимагає мінімального напруження м'язів і зв'язок. При різних вертикальних положеннях людини (антропометричному, спокійному, напруженому) лінія гравітації і ЗЦТ можуть змінювати своє розташування (рис. 1-2).

Вертикалізація дитини – тривалий процес, що складається з послідовних фаз, які дозволяють подолати сили гравітації, починаючи з підйому голови, а потім – появи опори рук. Умовою і наслідком вертикалізації тіла є формування вигинів хребта. Коли дитина починає тримати голову, формується шийний лордоз, починає сидіти – грудний кіфоз, а коли починає стояти і ходити – поперековий лордоз. Всі вигини хребта дитини формуються до року, але його розвиток триває до кінця другої декади життя і навіть пізніше [4, 5, 8].

Утриманню вертикальної постави, безумовно, сприяє зорова інформація про навколишнє оточення і основними факторами є пропріоцепція і інформація від рецепторів вестибулярного апарату. Саме проблеми регуляції статичної і динамічної рівноваги тіла приділяється особлива увага дослідниками. За адаптація вертикальної постави до впливу сил гравітації відповідають всі системи організму, особливо, опорно-руховий апарат, що досягається структурними його перебудовами на різних етапах філо- і онтогенезу.

Скелетний, м'язовий баланс і руховий стереотип – це складові частини формування і управління поставою. Порушення балансу, рухового стереотипу підтримки вертикальної пози або природних локомоцій призводить до зміни нормальної схеми структурних сегментів тіла і нижніх кінцівок, що в свою чергу є причиною прогресування кіфосколіозу у дітей.

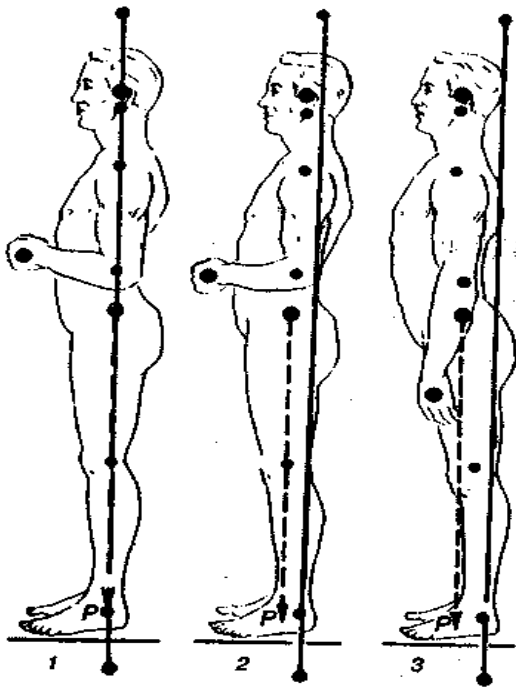


Рис. 1. Лінії гравітації в різних станах постави: 1 - антропометричний; 2 - спокійний, 3 - напружений



Рис. 2. ЗЦТ в різних станах постави: 1 - напружений; 2 - антропометричний, 3 - спокійний

Антигравітаційні м'язи, які протидіють силі тяжіння, а також статичним і динамічним навантаженням під час збереження постави, накопичують сліди перевантажень, в основі яких виникає хронічний дефіцит релаксації. Інтегративний м'язовий тонус, відповідальний за активність позних м'язів і є структурним компонентом механізму іннервації центральної нервової системи. Статичні та динамічні навантаження здатні змінити структуру органів опорно-рухової системи. Постійна спрямованість і величина навантаження при звичному вирівнюванні скелета впливають на структуру і форму кістки. Особливо це відчутно в чутливі (сенситивні) до навантаження періоди життя, наприклад, в період зростання скелета у дітей і підлітків. На постава також впливають функції та структурні елементів нижніх кінцівок, які навантажуються при стоянні і ходьбі [5].

Вертикальне положення тіла дитини як біомеханічної системи відрізняється крайньою нестабільністю в зв'язку з малою площею опори, а якщо спостерігаються порушення постави то і зменшенням стійкості тіла. В клінічній та експериментальній медицині, біомеханіці і ряді інших областей для оцінки функції рівноваги часто застосовується стабілометрична методика, сутність якої полягає в реєстрації коливань проекції ЗЦТ в площині опори.

Біомеханічними показниками, в повній мірі характеризують стійкість тіла, є кут стійкості і момент стійкості. Ці показники знаходять застосування при вивченні функції рівноваги у осіб з порушеннями опорно-рухового апарату. Для їх визначення необхідно знати положення ЗЦТ і межі площі опори. Координати ЗЦТ зазвичай знаходяться за допомогою фотозйомки людини і розрахунком з використанням даних про масу і положенні центрів мас ланок тіла. Найбільш переважно для отримання цих даних використовувати регресивні рівняння, запропоновані Заціорським В.М в співавт. Рівняння розроблені на основі радіоізотопного методу вивчення геометрії мас тіла людини [2].

Скринінг-діагностика дітей дозволяє виявляти та диференціювати деформації хребта і порушення постави з отриманням кількісних оцінок міри їх вираженості. Точна, об'єктивна діагностика (скринінг) порушень в дитячому віці є критерієм успішності формування вертикальної постави. Ряд авторів аналізують різні програми, методи і умови шкільного скринінгу порушень постави [7, 11].

З числа інструментальних методів скринінгу порушень постави в дитячих контингентах найчастіше використовуються сколіометрія і оптична топографія (починаючи з 1990-х років – комп'ютерна). Розроблена система автоматизованого комп'ютерній оптичній топографії скринінгу деформацій хребта у дітей. Для якісної і достовірної інтерпретації топографічних даних запропоновані діагностичні параметри і розроблені інтегральні топографічні критерії оцінки порушень постави і деформації хребта для трьох площин.

Одним із лідерів в цій сфері є і комп'ютерна оптична топографія "КОМОТ" – сучасна розробка Новосибірського НДІ травматології і ортопедії. Метод "КОМОТ" забезпечує проведення масових скринінг-обстежень дитячого населення, моніторинг стану дітей з групи ризику на патологію хребта, оцінка ефективності заходів щодо корекції порушень постави, оцінка ефективності консервативного лікування деформації хребта, оцінка результатів оперативного лікування деформації хребта, оцінка ефективності реабілітації післяопераційних хворих [9].

Результати проведених масових топографічних обстежень дитячого населення дозволили авторам методу розробити статистично обґрунтовані норми для оцінки порушень постави в трьох площинах і ввести поняття "гармонійної постави", тобто ідеальної форми дорсальної поверхні тулуба, відхилення від якої розцінюються як порушення постави [10].

На основі методу "КОМОТ" створена медична оптико-електронна топографічна система ТОДП (рис. 3), що дозволяє дистанційно і безконтактно визначати форму поверхні тулуба пацієнта. Принцип її дії полягає в проектуванні оптичного зображення вертикальних паралельних смуг на обстежуваній поверхні і реєстрації цих смуг ТВ-камерою.



Рис. 3. Зовнішній вигляд установки ТОДП

Реєстровані смуги деформуються пропорційно рельєфу обстежуваної поверхні і несуть детальну інформацію про форму поверхні у вигляді додаткової фазової модуляції спроектованих смуг. За введеному в комп'ютер зображення таких смуг відновлюється цифрова модель обстежуваної поверхні тулуба пацієнта в кожній точці знімка. За цією моделлю і виділеним на ній анатомічних орієнтирів кісткових структур проводиться комплексна кількісна оцінка постави і стану хребта пацієнтів в трьох взаємно ортогональних площинах (фронтальній, горизонтальній і сагітальній). На основі топографічних даних відновлюється тривимірна модель лінії центрів мас тіл хребців, по ній виявляється наявність сколіотичних дуг (патологічних дуг викривлення у фронтальній і сагітальній площинах) і оцінюється кут їх кривизни (рис. 4).

Використання апаратно-програмного комплексу "Супер М" пов'язане з попереднім нанесенням на тілі пацієнта міток (маркерів) на кісткові орієнтири, які визначаються при соматоскопічних оглядах і пальпації (рис. 5, а): на верхівці остистого відростка C_7 , на латеральних поверхнях акроміальних відростків, медіальних точках остей лопаток, на нижніх кутах лопаток, верхівці остистого відростка T_{12} , на латеральних поверхнях крил тазу, у верхній точці сідничної складки. Потім проводиться фотографування через муарову сітку. Отримане в електронному вигляді цифрове зображення заноситься в базу даних комп'ютера і виводиться на екран монітора. Проводиться обробка та аналіз зображення: воно контурування, з'єднання точок-орієнтирів (маркерів), визначаються кутові і лінійні відхилення постави. По виду ізольованих, які спроектовані на спині пацієнта, координатів маркерів (кісткових орієнтирів) програмно відтворюється тривимірне зображення спини обстежуваного і його топограма (рис. 5, б) [12].

До діагностичних методів сагітального профілю постави дітей відноситься відеокomp'ютерний комплекс з пакетом прикладних програм "TORSO" (рис. 6), який розроблений на кафедрі кінезіології національного університету фізичного виховання і спорту України. Алгоритм роботи з програмою складається з чотирьох етапів: створення нового облікового запису, оцифровка зображення, статистична обробка отриманих результатів, формування звіту [7].

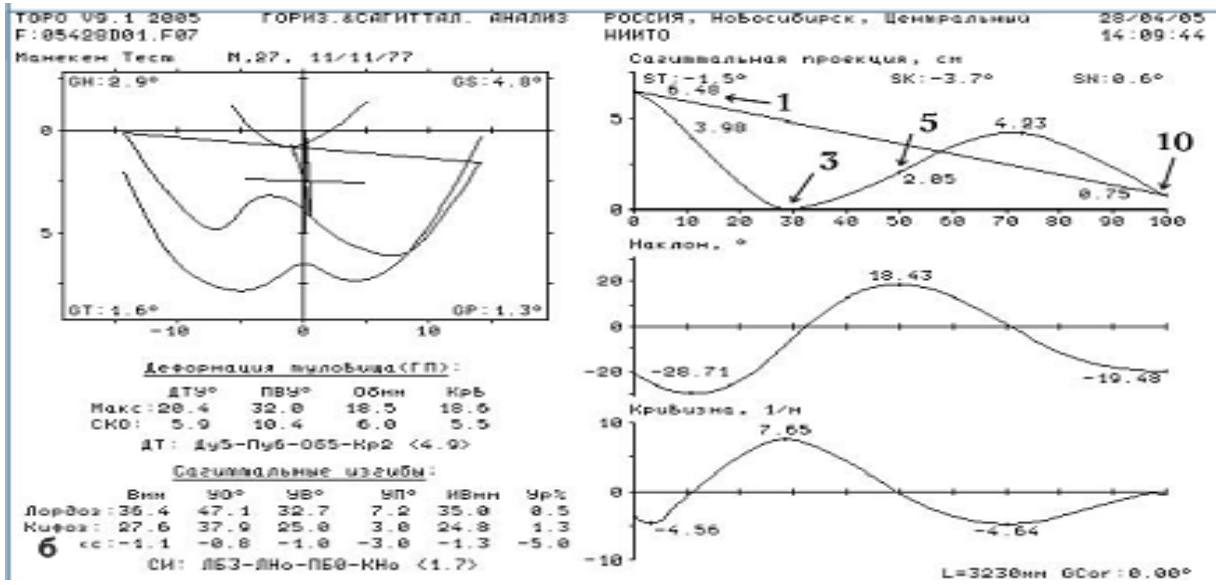
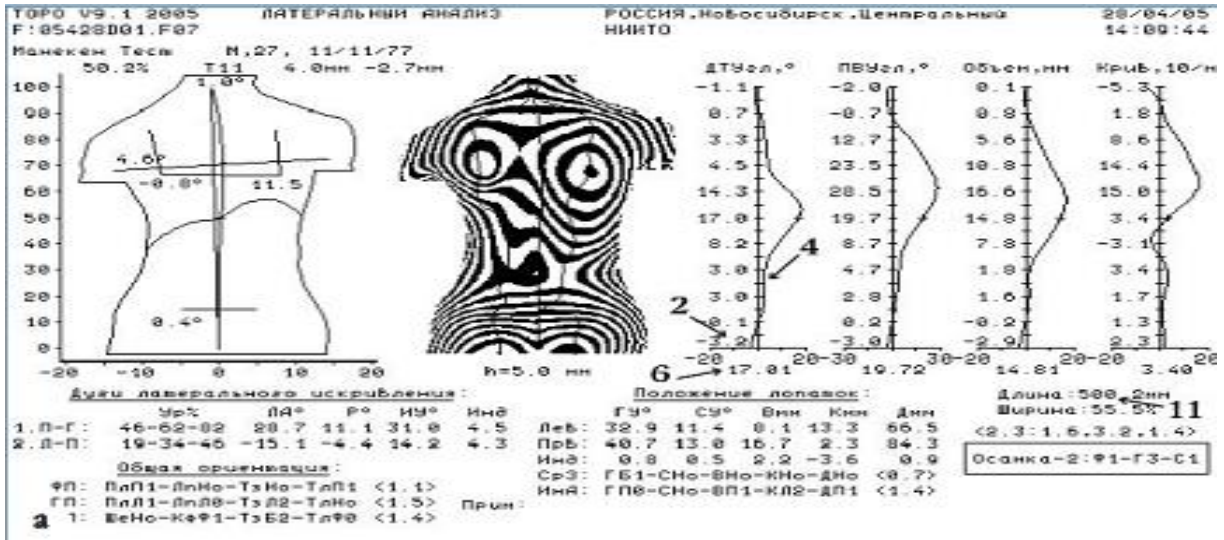


Рис. 4. Результаты топографических обстежень модели тулуба: а, б - вихідні форми фронтального, сагітального і горизонтального аналізів.

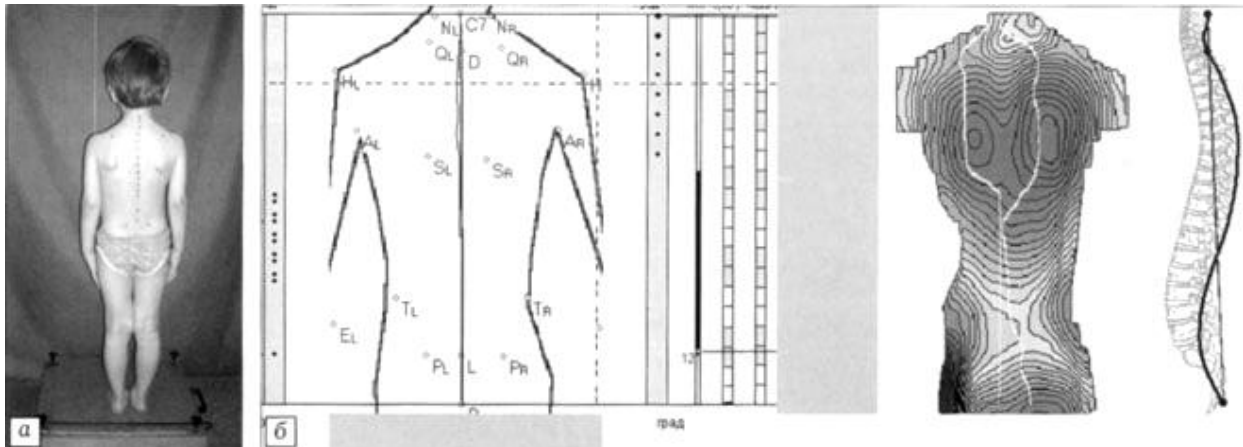


Рис. 5. Обстеження постави апаратно-програмним комплексом "Супер М":
 а - маркування кісткових орієнтирів;
 б - кінцева топограма і зображення пацієнта

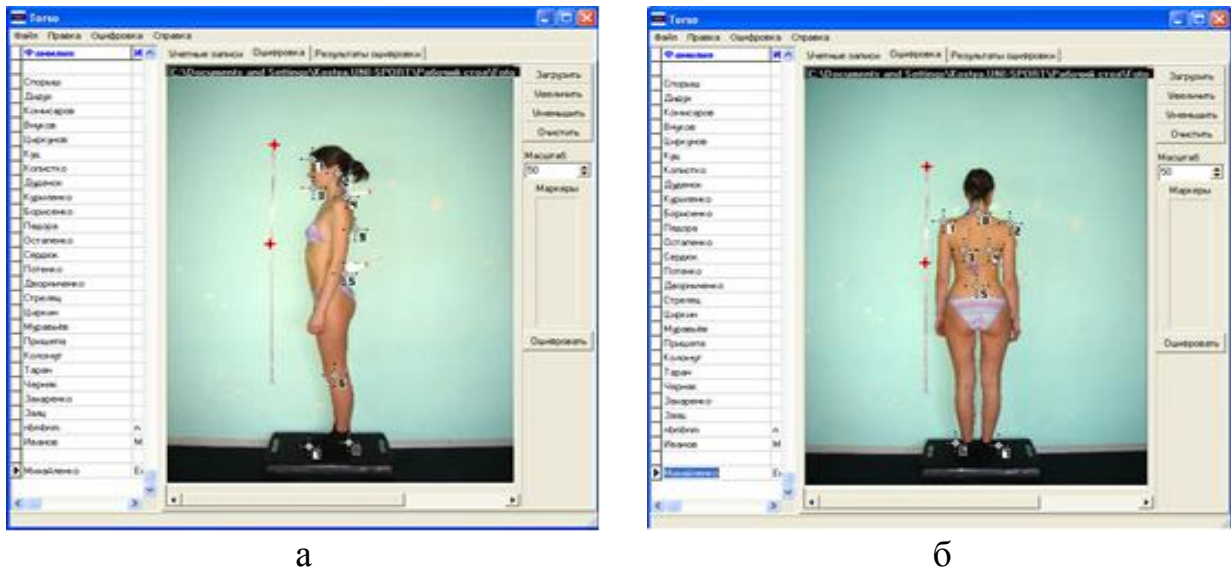


Рис. 6. Вікна комп'ютерної програми "Torso": а, б – положення для визначення біогеометричного сагітального і фронтального профілей постави

Для виміру просторового розташування основних ланок тіла людини в сагітальній площині відносно соматичної системи відліку визначається біогеометричний профіль постави за такими показниками (рис. 7):

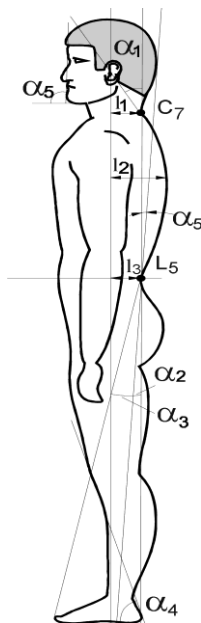


Рис. 7. Біогеометричний сагітальний профіль постави

α_1 – кут, утворений вертикаллю й лінією, що з'єднує остистий відросток сьомого шийного хребця C_7 і центра мас голови. Остистий відросток C_7 – найбільш виступаюча назад точка хребта на межі шийного й грудного відділів, центр мас (ЦМ) голови в сагітальній площині проектується на ділянку вушної раковини;

α_2 – задній кут стійкості (кут, укладений між лінією ваги й похилою лінією, проведеною із точки L_5 до п'яти);

α_3 – передній кут стійкості (кут, укладений між лінією ваги й похилою лінією, проведеною із точки L_5 до дистального кінця фаланги 1-го (великого пальця);

α_4 – кут, утворений горизонталлю й лінією, що з'єднує бугор п'яркової кістки й надколінок;

α_5 – кут, утворений горизонталлю й лінією, що з'єднує найбільш виступаючу точку лобової кістки й підборідний виступ;

α_6 – кут, утворений вертикаллю й лінією, що з'єднує остистий відросток сьомого шийного хребця (C_7) – найбільш виступаюча назад точка хребта на межі шийного й грудного відділів і остистий відросток п'ятого поперекового хребця (L_5) – найбільш поглиблена точка поперекового лордозу (центр соматичної системи координат).

Проаналізовані методи скринінг-діагностики порушень постави вимагає ретельного клініко-економічного обґрунтування, апробації та вивчення діагностичної ефективності з позицій клінічної біомеханіки та медицини.

Висновки. Виходячи з аналізу публікацій, вважаємо, що необхідна розробка спеціального методу масових скринінгових обстежень дитячих контингентів для виявлення порушень постави, який буде характеризуватися наступними аспектами:

- неінвазивністю і повною нешкідливістю;
- двохетапністю використання (автоматизоване обстеження, огляд групи ризику лікарем-фахівцем дитячим ортопедом-травматологом);
- стандартністю;
- простотою використання;
- вживанням елементів телемедицини;
- економічною доступністю;
- діагностичною ефективністю, яка порівнюється з методиками, що використовуються найчастіше.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою і використанням інноваційних підходів до діагностики порушень постави дітей, що дозволить здійснювати своєчасну профілактику і корекцію її порушень на основі диференціювання і індивідуалізації процесу фізичного виховання.

Використані джерела

1. Бубела О. Ю. Формування правильної постави у дітей молодшого шкільного віку в домашніх умовах / О. Ю. Бубела // Сучасні проблеми розвитку теорії і методики гімнастики: Зб. наук. матеріалів кафедри теорії і методики гімнастики ЛДДФК. – Львів, 2000. – С. 27-29.
2. Зацюрский В. М. Биомеханика двигательного аппарата человека / В. М. Зацюрский, А. С. Аруин, В. Н. Селуянов. – М.: Физкультура и спорт, 1981. – 143 с.
3. Зиняков Н. Н. К вопросу о распространенности нарушений осанки у школьников / Н. Н. Зиняков, С. Ю. Болдырев, Н. Т. Зиняков, В. В. Барташевич // Кубанский научный медицинский вестник. – 2009. – №8. – С. 91-93.
4. Кашуба В. А. Биомеханика осанки: монография / В. А. Кашуба. – К. : Олимпийская литература, 2003. – 280 с.
5. Лапутин А. Н. Практическая биомеханика / А. Н. Лапутин. – К. : Науковий світ, 2000. – 298 с.
6. Лінкевич К. Стан соматичного здоров'я дітей молодшого шкільного віку, хворих на сколіоз на етапі адаптації до навчання у спеціалізованому закладі / К. Лінкевич, Т. Мамеєва-Протопопова, Я. Ковров // Молода спортивна наука України: Зб. наук. праць з галузі фізичної культури та спорту. – Вип. 9: У 4-х т. – Львів: НВФ "Українські технології", 2005. – Т. 2 – С. 182-184.
7. Садовая Т. Н. Скрининг, мониторинг и организация специализированной ортопедической помощи детям с деформациями позвоночника: автореф. дис. ... докт. мед. наук / Т. Н. Садовая. – Санкт-Петербург, 2010. – 26 с.
8. Савин А.А. Роль адаптации к физическим нагрузкам в поддержании устойчивого вертикального положения тела человека: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.03.01 – физиология; ФГБОУ ВПО "Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского" / Андрей Анатольевич Савин. – Ярославль, 2012, – 23 с.
9. Сарнадский В. Н., Садовой М. А., Фомичев Н. Г. Способ компьютерной оптической топографии тела человека и устройство для его осуществления. Евразийский патент № 000111, 1998.
10. Сарнадский В.Н. Скрининг-диагностика детской и подростковой патологии позвоночника методом компьютерной оптической топографии: пособие для врачей МЗ РФ / В. Н. Сарнадский, Н. Г. Фомичев. – Новосибирск: НИИТО, 2002. – 36 с.
11. Степанкин М. А. Метод компьютерно-оптической топографии в диагностике и динамике лечения нарушений осанки и деформации позвоночника детей и подростков: дис. ... канд. мед. наук / М. А. Степанкин. – Омск, 2002.
12. Цыгунов М. Б., Малахов О. А., Еремускин М.А. Способ оценки функционального состояния опорно-двигательной системы с использованием аппаратно-программного комплекса "Супер М". Патент № 2265395/2005 РФ.

Synihovets V., Yakovenko Y.

BIOMECHANICAL SCREENING DIAGNOSTICS VERTICAL POSTURE OF CHILDREN BY COMPUTER OPTICAL TOPOGRAPHY

Considered an analytical review of literature that highlights the prevalence of disorders of posture among children in Ukraine, the analysis of biomechanical alterations child's body, aimed at forming a vertical posture. Discussed biomechanical maintaining balance, the impact of gravitational forces on the musculoskeletal system and the role antyhravitatsiyna skeleton and muscular system in forming the vertical position of the child. The current program of screening diagnostic methods carriage automated computer optical topography. Computer optical topography – an objective diagnostic method that provides detailed information on the status of spine and changes in the shape and orientation of the body in space. Screening Diagnosis vertical posture of children by computer optical topography allows to control process efficiency motor correction and physical rehabilitation of disorders of posture. The methodology analyzes the optical topography scan of trunk, spine pattern of parallel stripes biohemetrychnyh parameters marked points. A critical analysis of screening methods used at present to identify violations of posture among children and adolescents. Based on the analysis of publications, it was concluded that the issue of quality, truly massive and widely available, cost effective screening method is far from being resolved. Prospects for the use of computer optical topography as an objective method of screening diagnostics vertical posture provided for children in developing and implementing a comprehensive methodology, consultative, medical care contingents children's education for the early detection, prevention and clinical examination of patients with disorders of the musculoskeletal system.

Key words: vertical posture, screening, diagnostics, computer optical topography.

Стаття надійшла до редакції 23.03.2016