

## Біомеханічний контроль опорно-ресорних властивостей стопи дітей молодшого шкільного віку

### Резюме

Раскрываются основные положения по организации и осуществлению биомеханического контроля опорно-ресорной функции стопы детей младшего школьного возраста в процессе физического воспитания. Предлагаемая технология может применяться как в практике физического воспитания, так и в медицине, реабилитации и кинезитерапии.

### Summary

Biomechanical check of support-spring properties of foot of the younger schoolboys. The original positions on organization and realization of the biomechanical check of support-spring function of foot of the younger schoolboys during physical education are opened in work. The offered technology can be applied both in practice of physical culture, and in medicine, rehabilitation and kinesitherapy.

**Актуальність.** Основою будь-якого локомоторного акта є опорні взаємодії, тобто короткочасний механічний контакт ланок тіла людини з опорою. Циклічні локомоції людини відбуваються за участю багатьох біоланок опорно-рухового апарату (ОРА) і за рахунок роботи великої кількості м'язів плечового і тазового поясів, а також м'язів нижньої кінцівки (НК).

Аналіз літературних даних [1,5–7] дозволив установити, що найбільш оптимальна анатомо-функціональна побудова нижніх кінцівок формується протягом перших 10–12-ти років після народження дитини. Нормальне формування нижніх кінцівок відбувається завдяки єдиному і взаємозалежному розвитку кістково-м'язового апарату нижньої кінцівки в цілому, що забезпечує найбільш вигідне функціонування нижньої кінцівки, особливо стопи.

У процесі філогенетичного розвитку стопа людини набула біомеханічну поліфункціональність, що виявляється у здійсненні опорної, балансуєвої і ресорної функцій. З погляду біомеханіки, саме функціонально доцільна побудова стопи, що характеризується наявністю склепіння, забезпечує нормальне виконання її рухової функції.

Дослідженнями багатьох авторів [1, 5, 6] доведено, що порушення стопи, які супроводжуються деформацією її склепіння, призводять до зниження опорно-ресорної функції не тільки НК, але й усього ОРА в цілому, здійснюючи при цьому винятково несприятливий вплив на дитячий організм.

Порушення функцій стопи може бути викликане впливом

зовнішніх чи внутрішніх факторів або їх сполученням [6].

Під зовнішніми факторами маються на увазі усі фактори, що впливають на організм людини: екологія, соціально-економічні умови життя, рухова активність, ергономічні вимоги до взуття, а також засоби і методи об'єктивного контролю і оцінки рухової функції стопи. Останній фактор, у свою чергу, набуває великого значення при ранній діагностиці різних форм порушень і патології стопи, що дозволяє вчасно застосовувати засоби і методи фізичного виховання для профілактики і корекції можливих порушень.

Найбільш характерними внутрішніми факторами є: спадковість; відхилення від нормально-го морфофункціонального положення кісток і суглобів НК; розходження у довжині обох НК; слабкість і дисбаланс м'язів; знижена або надмірна рухливість суглобів; деякі супутні захворювання чи їхні ускладнення.

При патологічних порушеннях домінують, як правило, зовнішні фактори, а інші захворювання й ушкодження можуть бути обумовлені сполученням обох факторів.

На думку багатьох авторів [1, 3, 6, 7], ефективність профілактики порушень статолокомоторної функції нижніх кінцівок багато в чому залежить від адекватного контролю опорно-ресорних властивостей стопи людини на ранніх етапах її онтогенезу.

У сучасній спеціальній літературі представлено велику кількість видів і різновидів контролю (педагогічний, лікарський, медико-біологічний, психологічний, біомеханічний тощо), основна

мета яких полягає в обстеженні, спостереженні, перевірці та оцінці кількісних показників досліджуваної дійсності. Якщо розглядати кожний з видів контролю як складову процесу фізичного виховання, то характер цього контролю визначається, насамперед, реально існуючими відносинами між суб'єктом і об'єктом виховання. При цьому базовими компонентами такого контролю є: система внутрішніх і зовнішніх факторів, що впливають на об'єкт, контроль за станом об'єкта до і після передбачуваних впливів, а також оцінка отриманого ефекту. Такий контроль повинен здійснюватися педагогом-фахівцем відповідно до його професійних функцій із застосуванням тих засобів і методів, які він повинен кваліфіковано застосовувати на основі отриманої фахової освіти і свого практичного досвіду [4].

**Мета дослідження** — розробити методику біомеханічного контролю опорно-ресорної функції стопи молодших школярів у процесі фізичного виховання.

У процесі розробки методики біомеханічного контролю ми виходили з класифікації його видів, застосовуваних у фізичному вихованні, з урахуванням морфофункціональних характеристик, що дозволяють виявити схильність організму школярів до порушення опорно-ресорної функції стопи.

**Методи дослідження:** аналіз і узагальнення спеціальної літератури; педагогічне спостереження; антропометрія; стабілографія; міотонOMETрія; відеокомп'ютерний аналіз; методи статистичної обробки даних.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Біомеханічний контроль опорно-ресорної функції стопи школярів у процесі фізичного виховання рекомендується проводити відповідно до розробленої блок-схеми (рисунк).

Для одержання об'єктивних даних і аналізу динаміки можливих змін доцільно проводити кілька спостережень протягом навчального року. Залежно від завдань і часу проведення, біо-

механічний контроль може бути попереднім, оперативним і етапним.

Попередній контроль проводять, як правило, на початку навчального року. Мета цього контролю полягає у виявленні морфофункціональних порушень стопи школярів. До завдань попереднього контролю відносять визначення основних морфологічних характеристик стопи, а також амплітудно-частотних характеристик коливань загального центру мас (ЗЦМ) тіла і тону м'язів НК дітей. При цьому, як правило, використовуються методи антропометрії, стабілографія і міотонOMETрія.

Попередній контроль опорно-ресорної функції стопи учнів слід проводити вже на початку першої чверті на перших заняттях фізичною культурою, починаючи з 1-го класу. Це дозволить якомога раніше виявити можливі порушення, на основі отриманих результатів внести необхідні зміни в навчальний процес і при необхідності звернутися до лікаря.

Оперативний контроль може проводитися регулярно протягом усього процесу навчання. Метою його є визначення змін індивідуальних показників фізичного розвитку школярів між попереднім і етапним контролем і оцінка їхнього стану на даний момент. Такий контроль припус-

кає одержання необхідної інформації про стан об'єкта з мінімальними тимчасовими витратами, тому тут застосовуються такі методи, як опитування, візуальний скрінінг, рухові тести й міотонOMETрія.

Використання ефективного контролю дозволяє одержати необхідну інформацію про об'єкт на будь-якому етапі процесу навчання і виявити особливості впливу засобів і методів фізичного виховання на організм учнів.

Етапний контроль дозволяє оцінити досліджуваний процес у рамках завершеного циклу чи етапу. Метою етапного контролю є одержання, обробка й аналіз отриманих матеріалів, що відображають завершений часовий етап або цикл, на підставі чого визначається необхідна спрямованість подальших педагогічних дій. Основним завданням є оцінка адекватності й ефективності застосовуваних засобів і методів корекції порушень опорно-ресорної функції стопи. Методи виміру й оцінки застосовуються ті самі, що й у "попередньому" контролі.

Етапний контроль рекомендується проводити наприкінці чет-



Блок-схема біомеханічного контролю рухової функції стопи молодших школярів

вертої чверті. Отримані результати дають можливість вчителю оцінити вплив профілактичних заходів і внести необхідні зміни у навчальний процес з урахуванням індивідуальних особливостей рухової функції стопи школярів.

Дослідження рухової функції стопи бажано проводити в ключній частині заняття, в першу чергу у дітей, що мають характерні скарги, такі як, біль, утом в ногах, швидка стомлюваність тощо.

Результати проведення попереднього і етапного контролю оформляються у вигляді картки, у яку також можуть заноситися дані про фізичний розвиток учня, результати тестових завдань і подальші контрольні виміри. Наприкінці навчального року картки можуть передаватися шкільному лікарю або медсестрі. Контроль доцільно проводити щорічно з детальним вивченням і аналізом результатів минулих вимірів.

Для діагностики й оцінки опорно-ресорних властивостей стопи дітей молодшого шкільного віку, незалежно від виду контролю, використовуються інструментальні й аналітичні методи дослідження. Інструментальні методи включають методику відеокomp'ютерного аналізу, стабілографію і міотонометрію. Аналітичні припускають використання лінійних рівнянь множинної регресії для визначення тону м'язів нижніх кінцівок школярів.

Показники, що реєструються, поділяються на три групи: морфофункціональні характеристики, пружнов'язкі властивості скелетних м'язів і показники опорних взаємодій. До першої групи відносяться показники геометрії мас тіла, що характеризують вікові зміни розмірів кістково-м'язового апарату НК. Друга група включає характеристики тону скелетних м'язів, що беруть участь у підтримці

склепінь стопи і визначають специфіку рухової функції НК людини. До третьої групи відносяться амплітудно-частотні характеристики ЗЦМ тіла школярів.

При дослідженні геометрії мас НК дітей проводять вимір ряду антропометричних показників: довжини стегна, гомілки, стопи і всієї нижньої кінцівки іспитованого, обхватні розміри досліджуваних біоланок і локалізацію їх центрів мас. Виміри проводять на обох кінцівках з урахуванням показників маси тіла, зросту, а також віку і статі іспитованих. Для виміру відносної висоти подовжнього склепіння стопи використовується стопометр чи спеціальна лінійка [3].

Вимір, оцінка й аналіз стопи рекомендується здійснювати за допомогою розробленої нами методики відеокomp'ютерного аналізу стопи з застосуванням спеціального програмного забезпечення — програми "BIG FOOT" [2].

При цьому відео- або фотозйомка стопи повинна виконуватись з урахуванням усіх метрологічних вимог, що дозволяють звести до мінімуму систематичні і випадкові погрішності, які виникають внаслідок специфічних властивостей оптики, правильного масштабування площини зйомки з метою наступного визначення реальних координат досліджуваних точок.

Обробка відеограми стопи здійснюється за допомогою програми "BIG FOOT" [2], що автоматично розраховує і відображає у файлі звіту характеристики довжини стопи, максимальної висоти її подовжнього склепіння, висоти підйому стопи,  $\angle \alpha$  (кут, утворений лінією опорної частини склепіння стопи і прямої, що з'єднує голівку 1-ї плеснової кістки з місцем максимальної висоти медіального подовжнього склепіння),  $\angle \beta$  (кут, утворений лінією опорної частини склепіння стопи і прямої, що з'єднує опорну точку п'яткового горба з максимальною висотою медіального склепіння),  $\angle \gamma$  визначається як  $180 - (\alpha + \beta)$  і є інформативним показником ресорних властивостей стопи в цілому.

Кут  $\alpha$  характеризує ресорні властивості стопи, пов'язані з утриманням її склепінь активними компонентами — м'язами, а  $\angle \beta$  характеризує ресорні властивості, пов'язані з пасивними компонентами, обумовленими специфікою з'єднань кісток стопи та її зв'язковим апаратом.

Для оцінки пружнов'язких властивостей скелетних м'язів нижніх кінцівок дітей використовують механічний пружинний міотонometr "Сірмаї", а при відсутності міотонметра для визначення тону м'язів НК хлопчиків і дівчаток 7 — 10 років може використовуватись аналітичний метод з розробленими рівняннями лінійної регресії такого виду:

$$\hat{Y} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3,$$

де —  $\hat{Y}$  значення тону досліджуваного м'яза;  $a_0, a_1, a_2, a_3$  — коефіцієнти рівняння лінійної регресії, що оцінювалися методом найменших квадратів;  $x_1, x_2, x_3$  — значення факторних ознак. Для визначення тону великогомілкового переднього м'яза хлопчиків 7 років використовується рівняння

$$\hat{Y} = 2,474234 + 6,982383x_1 + 0,437531x_2 + 1,19144x_3,$$

де  $x_1$  — ширина стопи,  $x_2$  — довжина гомілки,  $x_3$  — довжина стопи. Таким чином, при  $x_1 = 7$  см,  $x_2 = 33$  см,  $x_3 = 22$  см тону досліджуваного м'яза буде дорівнювати

$$\hat{Y} = 2,474234 + 6,982383 \cdot 7 + 0,437531 \cdot 33 + 1,19144 \cdot 22 = 92,00111 \text{ ум. од.}$$

## Висновки

1. Стопа є найважливішим структурним елементом ОРА людини, що забезпечує його статолокомоторну функцію. Однак аналіз спеціальної літератури показує, що, на жаль, дотепер більшість досліджень стопи мали фрагментарний характер, що не дозволяє розкрити її складну систему властивостей як цілісного морфофункціонального об'єкта. Такі проблеми є особливо актуальними для вивчення динаміки формування

стопи дітей молодшого шкільного віку.

2. На підставі даних спеціальної літератури і результатів власних експериментальних досліджень розроблено технологію біомеханічного контролю опорно-ресорних властивостей стопи школярів, що включає інструментальні й аналітичні методи: антропометрію, стабілографію, міотонетрію, біомеханічний відеокомп'ютерний аналіз і рівняння множинної регресії. При оцінці опорно-ресорних властивостей стопи реєструють: довжину і ширину стопи, висоту верхнього і нижнього краю горбистості човноподібної кістки над рівнем опори, плюснефаланговий і п'ятковий кути склепіння стопи, тонус великогомілкового переднього м'яза, довгого малогомілкового і литкового м'яза, а також показники амплітуди і частоти коливань ЗЦМ тіла школярів. Застосування методу відеокомп'ютерного аналізу

дозволяє оптимізувати процес одержання й обробки характеристик, що реєструються.

3. Результати педагогічного експерименту свідчать про те, що використання запропонованої технології біомеханічного контролю опорно-ресорної функції стопи школярів дозволяє об'єктивно й оперативно оцінювати рівень фізичного розвитку дітей і на підставі отриманих даних вносити корективи у процес фізичного виховання. Такий підхід дозволить учителю не тільки об'єктивно оцінити ефективність своєї педагогічної діяльності, але і при необхідності змінювати шляхи подальшої спрямованості всього навчального і тренувального процесу.

1. Арсланов В.А. Контроль за состоянием развития свода стопы у школьников // Двигательная активность и симпатoadреналовая система в онтогенезе: Межвуз. сборник научных трудов. — Казань, 1987. — С.25 — 30.

2. Кашуба В.А., Сергиенко К.Н., Валиков Д.П. Компьютерная диагностика опорно-рессорной функции стопы человека: Физическое воспитание студентов творческих специальностей / Сб. науч. тр. под. ред. С.С. Ермакова. — Харьков, 2002. — №1. — С.11—16.

3. Мартиросов Э.Г. Методы исследования в спортивной антропологии. — М.: Физкультура и спорт, 1982. — 200 с.

4. Матвеев Л.П. Теория и методика физической культуры. — М.: Физкультура и спорт., 1991. — С.396 — 423.

5. Менциклевич И.А. Биомеханические закономерности строения стопы // Биомеханика. — Рига, 1975. — С.414—417.

6. Очерет А.А. Как жить с плоскостопием — М.: Советский спорт, 2000. — 94 с.

7. Палько А.Г. Как предупредить плоскостопие? // Спортивная жизнь России. — 1984. — № 4. — С.29—31.