

Порівняння рентгенографічних знімків та вимірювання топографії поверхні у підлітків з ідіопатичним сколіозом

Гайдук О.О.¹, Королик С.В.², Павленко В.В.³

¹Консультативно-діагностический центр, Санкт-Петербург, Росія

²Харківське відділення медичного центру доктора Бубновського С.М., Україна

³Київський медичний центр доктора Бубновського С.М., Україна

Анотація. Мета. У пацієнтів-підлітків з ідіопатичним сколіозом (АІС) рентгенографічні спостереження є золотим стандартом аналізу деформації хребта з негативними довгостроковими наслідками. Система Formetric 4D - більш безпечний варіант для оцінки пацієнтів з АІС у порівнянні зі стандартною рентгенографією. Методи. Чотирнадцять добровольців з АІС пройшли 30 замірів Formetric 4D. Шістдесят чотири пацієнта з АІС відправили до звичайних клінік. Оцінка включала стандартні рентгенограми і вимірювання топографії поверхні, порівняльний аналіз якої виконується. Результати. Після оцінки результатів сканування повторювалося у той же день. Стандартне відхилення +/- 3,4 градуса для вимірювань сколіозного викривлення. Також визначався коефіцієнт надійності (Cronbach), який був дуже високим (0,996). Вимірювання Formetric 4D відрізняється від рентгенографічних вимірювань у середньому на 9,42 (поперековий відділ) і 6.98 (грудний відділ) градусів, у той час як кореляція між двома вимірами була велика (95%), а довірчий інтервал [ДІ], склав 0,758 (поперековий відділ) і 0,872 (грудний відділ) відповідно.

Ключові слова: підлітковий ідіопатичний сколіоз, рентгенографічні спостереження, система Formetric 4D, дослідження, порівняльний аналіз.

Вступ. Підлітковий ідіопатичний сколіоз (АІС) є структурною деформацією хребта у фронтальній площині, на який хворіє 1-3% дітей у США [1]. За незначної деформації, менше ніж на 20°, лікування цієї хвороби зазвичай включає в себе спостереження з метою виявлення ознак прогресії викривлення [2]. Фіксація та хірургічне втручання відбувається при збільшенні викривлення, більше ніж на 20° і 40°, відповідно [2].

Сколіоз зазвичай виявляється під час стандартного скринінга. Золотим стандартом для діагностики і подальшого спостереження викривлення залишається повна рентгенограма хребта [3]. Рентгенівське зображення дозволяє лікарям оцінити розміри деформацій як у корональній і сагітальній площинах, так і кількісне викривлення хребта шляхом отримання вимірювання кута Кобба. Недоліком рентгенограм, особливо у молодих пацієнтів, є те, що повторний вплив іонізуючої радіації призводить до значного збільшення ризику злоякісних новоутворень у більш пізньому віці [4,5]. Наприклад, відносний ризик раку молочної залози у цих пацієнтів є майже у чотири рази вище [6].

Відомо, що в кінці 1970 - х середньостатистич на дівчинка-підліток зі сколіозом проходила 22 рентгенограми протягом

трьох років на виявлення АІС [7]. Доза опромінення для стандартних рентгенівських променів значно зменшилася протягом багатьох років [8], але не рентгенографічні способи зображення хребта і прогнозування деформації хребта все ж залишилися дуже важливими. Так як жоден пацієнт не може уникнути рентгенівського випромінювання повністю, необхідно за будь-якої можливості знизити радіаційне опромінення.

Топографія використовується з цією метою протягом багатьох років, починаючи з використання сколіографа для вимірювання обертання тулуба в кінці 1980-х років [9]. Було розроблено багато систем з використанням рельєфу поверхні [10-25], проте ще не було системи, яка б отримала широке схвалення. Оpubліковані дослідження з топографії показали, несумісну надійність якості цього способу вимірювання деформації хребта [18]. Метою цього дослідження була перевірка нової системи топографії поверхні і визначення, чи є вона надійною під час відтворення даних і, нарешті, оцінка того, наскільки точно вона може проводити вимірювання кута Кобба, які можуть корелювати даними отриманими за допомогою традиційної рентгенографії.

Система Formetric 4D, виробник Diers Medical Systems (225 Washington Street, Suite 2200, Chicago, IL 60606, www.diers.de) була



розроблена у Німеччині і широко використовується останні 5 років у європейських країнах. Як і інші системи для топографії поверхні, вона проектує смуги білого світла (растрові лінії) на спину пацієнта, і дозволяє отримати цифровий фотознімок зображення для оцінки малорозмірної асиметрії та виявлення кісткових орієнтирів. У пацієнтів, які страждають на ожиріння, зовнішні маркери можуть бути розміщені на орієнтирах, які відчуває пацієнт під шкірою. Потім машина порівнює дані топографії поверхні з даними тисяч рентгенографічних і топографічних вимірювань хворих на сколіоз, використовуючи складний алгоритм для швидкого відтворення тривимірного представлення хребта пацієнта, не піддаючи його шкідливому випромінюванню. Останні дослідження показали, що точність цих математичних моделей підвищується протягом багатьох років з використанням більш потужних комп'ютерів і більш складних формул [25, 26].

Крім того, пристрій Formetric 4D робить інтервали у 6 секунд, 2 кадри на секунду. 12 отриманих зображень оцінюються і усереднюються програмним забезпеченням машини, виправляючи похибку від будь-якого руху об'єкта в період збору даних. Модель можна використати для обчислення кута Кобба для сколіозного викривлення, і пацієнт може обстежити повторне сканування протягом часу обстеження прогресії викривлення. Після закінчення прогресії викривлення пристроєм Formetric 4D, згодом проводиться рентгенограма для підтвердження змін.

Методи. Проводилися два окремих дослідження. Достовірність і відтворюваність вимірювань Formetric 4D оцінювали з наступним порівняльним аналізом між Formetric 4D і стандартними рентгенографічними вимірюваннями. IRB був схвалений для обох досліджень. При оцінці надійності та відтворюваності, 14 учасників добровольців пройшли аналіз Formetric 4D, сканування було завершено протягом 60 хвилин. Декількома учасниками були жінки, віком від 16 до 25 років, з ІМТ у межах від 17-25. У дев'яти учасників не було сколіозу або незначних викривлень (кривизна $<10^\circ$), а у п'яти спостерігалось викривлення у діапазоні величини від 15° до 40° на нещодавно прийняті рентгенограми.

Протоколу вимірювань, описаного виробником, дотримувалися під час кожного вимірювання, і учасникам було запропоновано встати у зручну для них позу. Учасники відходили від машини у інтервалах між вимірами. Експерти не позиціонували учасника, і не було ніяких зовнішніх маркерів розміщення. Було зроблено тридцять послідовних вимірювань на кожного пацієнта. Анатомічні кісткові орієнтири були виявлені Formetric4D автоматично.

Для кожної серії з 30 вимірювань оцінювалися десять параметрів: довжина магістралі, магістральний дисбаланс, нахил тазу, грудний кіфоз, поперековий лордоз, максимальне праве обертання магістралі, максимальне ліве обертання магістралі, апікально максимальний ухил вправо, максимальне відхилення апікально вліво, і кут сколіозу. Стандартне відхилення розраховували для кожного з цих 10 параметрів.

Після відтворення інформації оцінювали, чи можна вірити Formetric4D у надійності вимірів у порівнянні з результатами, отриманими від рентгеновських променів. Шістдесят чотири пацієнта, 9 чоловіків і 55 жінок, у віці від 9-17 років, які проходили регулярну оцінку АІС, проходили обстеження під час звичайних відвідувань клініки для порівняльного аналізу. Кожен пацієнт мав діагноз сколіоз та АІС викривлення (вимірювання як кутів Кобба на рентгенограмі) у діапазоні від 10 до 50 градусів. ІМТ пацієнтів варіювався від 16 до 20 років.

Кожен пацієнт вперше пройшов стандартну рентгенограму, як частину їхнього візиту до клініки, а потім – поверхневу топографію з використанням системи Formetric 4D. Як і раніше під час вимірювань дотримувалися процедури, описаної виробником, а пацієнтів тільки попросили встати у зручне для них, звичайне положення. Усі рентгенограми були оцінені досвідченим ортопедом, а Кобб кути були визначені як для фронтальної, так і сагітальної кривої за допомогою стандартних методик. Аналогічні вимірювання були зроблені за допомогою Formetric 4D, та був проведений порівняльний аналіз. Двох пацієнтів виміряли двічі, у загальній складності було зроблено 66 обстеження. У цілому виміряно 50 поперекових сколіоз них викривлень та 52 грудних сколіоз них викривлень, а також 61 вимірювання грудного кіфозу і поперекового лордозу у сагітальній площині.

Для кожної серії даних пацієнта було порівняно чотири параметри: грудна кривизна сколіозу, викривлення поперекового сколіозу, грудний кіфоз і поперековий лордоз. Коефіцієнт кореляції Пірсона розраховували для кожного з чотирьох параметрів для порівняння двох систем виміру. Середня різниця, стандартне відхилення і діапазон різниці були також визначені для кожного параметра.

Результати. Середній стандарт відхилення знайдено в 10 аналізованих параметрах для оцінки достовірності та відтворюваності, що наведені в таблиці 1. При оцінці в той же день було повторено сканування, стандартне відхилення $+ / - 3,4$ градуса для вимірювань сколіозного викривлення. ANOVA для повторних вимірювань (StatPlus версія 5.8, AnalySoft, Inc) показали, що коефіцієнт надійності (альфа Кронбаха) для сколіозу був

0,996, вказуючи на те, що для кожного пацієнта вимірний сколіозний кут, обчислюваний Formetric 4D був дуже достовірним.

Виявлені кореляції при порівнянні вимірювань Formetric 4D та рентгенографічних вимірювань були високі ($> 0,700$) та статистично значущі ($p < 0,0001$ на рівні значущості альфа = 0,05) для всіх типів викривлень, що вимірювалися (рис. 22 - 55). Formetric 4D надійно передбачила викривлення хребта на всіх рівнях як в корональній, так і в сагітальній площинах. Проте, в порівнянні з рентгенограми, пристрій Formetric 4D недооцінила масштаби кривих, вимірених в середньому на 8,12 градуса за всіма параметрами, за винятком грудного кіфозу, в якому вони постійно переоцінювали величину в середньому на 7,26 градуса.

Обговорення. Починаючи з моменту винаходу сколіометра, помічено поштовх до знаходження надійного і ефективного способу використання поверхневої топографії для слідкування за спинною прогресією викривлення у пацієнтів з AIS. Кілька пристроїв, які використовують поверхневу топографію, були вдосконалені, проте, жоден з них не отримав широкого схвалення [10-25]. Лікарі не можуть визначитися, чи варто покладатися на альтернативу рентгену для отримання даних, важливих для прийняття рішення про застосування такої рішучої дії, як хірургія.

Нещодавні дослідження продемонстрували відмінність використання стандартних рентгенограм під час визначення кута Кобба [26]. Проводячи оцінку повторних вимірювань того ж самого дня, дослідження показали, що середнє стандартне відхилення для Formetric 4D під час вимірювання сколіозного викривлення (+/- 3.4 ступеня) були сумісні з розходженням під час інтерпретування двома лікарями однієї і тієї самої рентгенограми. Це підтверджує надійність пристрою у порівнянні з рентгенограмами.

Було визначено, що вимірювання кута Кобба, отримані від пацієнтів AIS при використанні Formetric 4D, сильно корелювали з отриманими даними стандартної рентгенограми. Хоча цей пристрій не визначає величину кривої точно, це не є необхідним для поверхневої топографії та повторного вимірювання з такими ж показниками заради перевірки, оскільки мета топографії полягає у тому, щоб насамперед ідентифікувати зміну. Саме ця зміна у топографії може говорити про прогресію у фактичному сколіозному викривленні. Автори приходять до висновку, що Formetric 4D може використовуватися у спостереженні пацієнтів з AIS. Однак, необхідні подальші дослідження для того, щоб підтвердити довгострокову ефективність використання Formetric 4D під час визначення точного клінічного діагнозу.

Отже поверхнева топографія не може повністю замінювати рентгенограму для хірургії, про що свідчить аналіз пацієнтів з AIS, тому що топографія не може оцінити фактичний шлях морфології кістки. Однак, топографія має очевидні переваги у значному скороченні впливу радіації, особливо для дітей. Якщо ми отримуємо надійні і зіставні результати, то це свідчить про необхідність заміни рентгенограми під час обстеження у випадку, коли викривлення знаходиться під контролем.

Висновки. Formetric 4D порівнюється з рентгенографією з точки зору його результатів повторного тестування. Хоча цей пристрій не визначає точну величину викривлення, вимірювання сильно корелюють з кутами Кобба у рентгенограми. Ці дані можуть бути використані для спостереження за пацієнтами з AIS.

Література:

1. SoucaosPN, ZacharisK, SoutanisK, GelalisJ, XenakisT, BerisAE. Risk factors for idiopathic scoliosis: review of a 6-year prospective study. *Orthopedics*. 2000;23(8):833-8. [PubMed]
2. Yawn BP, Yawn RA. The estimated cost of school scoliosis screening. *Spine (Phila Pa 1976)* 2000;25(18):2387-91. [PubMed]
3. Raso VJ, Lou E, Hill DL, Mahood JK, Moreau MJ, Durdle NG. Trunk distortion in adolescent idiopathic scoliosis. *J PediatrOrthop* . 1998;18(2):222-6. [PubMed]
4. Boice JD., Jr Carcinogenesis--a synopsis of human experience with external exposure in medicine. *Health Phys*. 1988;55(4):621-30. [PubMed]
5. Morin DM, Lonstein JE, Stovall M, Hacker DG, Luckyanov N, Land CE. Breast cancer mortality after diagnostic radiography: findings from the U.S. Scoliosis Cohort Study. *Spine (Phila Pa 1976)* 2000;25(31):2052-63. [PubMed]
6. Ronckers CM, Land CE, Miller JS, Stovall M, Lonstein JE, Doody MM. Cancer mortality among women frequently exposed to radiographic examinations for spinal disorders. *Radiat Res*. 2010; 174(1):83-90. [PubMed]
7. Nash CL, Jr, Gregg EC, Brown RH, Pillai K. Risks of exposure to X-rays in patients undergoing long-term treatment for scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 1979;61(3):371-4. [PubMed]
8. Huda W, Nickoloff EL, Boone JM. Overview of patient dosimetry in diagnostic radiology in the USA for the past 50 years. *Med Phys* . 2008;35(12):5713-28. [PubMed]
9. Upadhyay SS, Burwell RG, Webb JK. Hump changes on forward flexion of the lumbar spine in patients with idiopathic scoliosis. A study using ISIS and the Scoliometer in two standard positions. *Spine (Phila Pa 1976)* 1988;13(2):146-51. [PubMed]



10. Pearson JD, Dangerfield PH, Atkinson JT, et al. Measurement of body surface topography using an automated imaging system. *ActaOrthop Belg.* 1992;58(Suppl. 1):73–9. [PubMed]
11. Batouche M, Benlamri R, Kholadi MK. A computer vision system for diagnosing scoliosis using moiré images. *ComputBiol Med.* 1996;26(4):33–53. [PubMed]
12. Oxborrow NJ. Assessing the child with scoliosis: the role of surface topography. *Arch Dis Child.* 2000;83(5):453–5. [PMC free article] [PubMed]
13. Macdonald AM, Griffiths CJ, MacArdle FJ, Gibson MJ. The effect of posture on Quantec measurements. *Stud Health Technol Inform.* 2002;91:190–3. [PubMed]
14. Hill DL, Berg DC, Raso VJ, et al. Evaluation of a laser scanner for surface topography. *Stud Health Technol Inform.* 2002;88:90–4. [PubMed]
15. Treuillet S, Lucas Y, Crepin G, Peuchot B, Pichaud JC. SYDESCO: a laser-video scanner for 3D scoliosis evaluations. *Stud Health Technol Inform.* 2002;88:70–3. [PubMed]
16. Liu XC, Thometz JG, Lyon RM, McGrady L. Effects of trunk position on back surface-contour measured by raster stereophotography. *Am J Orthop.* 2002;31(7):402–6. [PubMed]
17. Pazos V, Cheriet F, Song L, Labelle H, Dansereau J. Accuracy assessment of human trunk surface 3D reconstructions from an optical digitizing system. *Med BiolEngComput.* 2005;43(1):11–5. [PubMed]
18. Knott P, Mardjetko S, Nance D, Dunn M. Electromagnetic topographical technique of curve evaluation for adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2006;31(24):E911–5. [PubMed]
19. Goldberg CJ, Grove D, Moore DP, Fogarty EE, Dowling FE. Surface Topography and vectors: a new measure for the three dimensional quantification of scoliotic deformity. *Stud Health Technol Inform.* 2006;123:449–55. [PubMed]
20. Mitchell H, Pritchard S, Hill D. Surface alignment to unmask scoliotic deformity in surface topography. *Stud Health Technol Inform.* 2006;123:109–16. [PubMed]
21. Zubovic A, Davies N, Berryman F, et al. New Method of Scoliosis Deformity Assessment: ISIS2 System. *Stud Health Technol Inform.* 2008;140:157–60. [PubMed]
22. Shannon TM. Development of an apparatus to evaluate Adolescent Idiopathic Scoliosis by dynamic surface topography. *Stud Health Technol Inform.* 2008;140:121–7. [PubMed]
23. Berryman F, Pynsent P, Fairbank J. Measuring the rib hump in scoliosis with ISIS2. *Stud Health Technol Inform.* 2008;140:65–7. [PubMed]
24. Fortin C, Feldman DE, Cherlet F, Labelle H. Validity of a quantitative clinical measurement tool of trunk posture in idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010;35(19):E988–94. [PubMed]
25. Parent EC, Damaraju S, Hill DL, Lou E, Smetaniuk D. Identifying the best surface topography parameters for detecting idiopathic scoliosis curve progression. *Stud Health Technol Inform.* 2010;158:78–82. [PubMed]
26. He JW, Yan ZH, Liu J, et al. Accuracy and repeatability of a new method for measuring scoliosis curvature. *Spine (Phila Pa 1976)* . 2009;34(9):E323–9. [PubMed]

Інформація об авторах:

Гайдук Олександр Олександрович - головний лікар консультативно-діагностический центр, кандидат медичних наук, Санкт-Петербург, Росія

Королик Сергій Валерійович - завідуючий Харківським відділенням мед. центру доктора Бубновського С.М.

Павленко Валерій Віталійович – головний лікар Київського медичного центру доктора Бубновського С.М.

Поступила в редакцію 18.11.2015