АКТУАЛНИ ОБРАЗНИ МЕТОДИ ПРИ ДИАГНОСТИЦИРАНЕ НА ГРЪБНАЧНИ ИЗКРИВЯВАНИЯ

Силвия Филкова[1], Елка Костова[2], Станислава Мавродинова[2], Пламена Андонова[1], Петя Иванова[2]

[1]УС „Рехабилитатор“, Медицински колеж, Медицински университет – Варна
[2]УС „Рентгенов лаборант“, Медицински колеж, Медицински университет – Варна

IMAGING METHODS AND TECHNIQUES TO DIAGNOSE SCOLIOSIS

Silviya Filkova[1], Elka Kostova[2], Stanislava Mavrodinova[2], Plamena Andonova[1], Petia Ivanova[2]

[1]TS Rehabilitator, Medical College, Medical University of Varna
[2]TS X-ray Laboratory Assistant, Medical College, Medical University of Varna

РЕЗЮМЕ

Целта на това изследване е да предостави информация за актуални образни методи и техники, прилагани при скрининг и диагностика на гръбначните изкривявания, и тяхното значение при определяне на терапевтичния подход.

Наред с клиничния преглед при лекар специалист за потвърждаване на диагнозата е необходимо и извършването на образно изследване. Образните методи имат ключова роля в диагностиката, при проследяване на промените в деформацията и при изготвяне на терапевтичния план.

Като очертаваме и категоризираме образните методи, които обсъждаме, ние обобщаваме съответните публикации, които могат не само да помогнат за запознаването на други изследователи с тази област, но и да бъдат ценен източник за изучаване на съществуващи методи, разработване на нови или избор на стратегии за оценка.

Ключови думи: *сколиоза, гръбначен стълб, диагностични методи, образна диагностика*

ABSTRACT

The purpose of this study is to provide information on current imaging methods and techniques used in the screening and diagnosis of spinal curvatures, as well as their importance in determining the therapeutic approach.

Along with a clinical examination by a specialist physician, imaging studies should be used to confirm the diagnosis. Imaging methods play a key role in establishing the diagnosis, monitoring changes in the deformity, and developing the treatment plan.

By outlining and categorizing the imaging methods discussed, we summarize relevant publications that can not only introduce other researchers to the field but also serve as a valuable resource for studying existing methods, developing new ones, or selecting assessment strategies.

Keywords: *scoliosis, spine, diagnostic methods, imaging*

ВЪВЕДЕНИЕ

Сколиозата представлява триизмерна деформация на гръбначния стълб, състояща се от странично изкривяване, по-голямо от 10 градуса, и ротация на прешлените в същата област. Това е най-честото педиатрично мускулно-скелетно заболяване. Деформацията винаги е триизмерна, защото включва освен изкривяване и ротация във фронталната равнина и торзия на прешлените. Етиологията не е напълно изяснена, но тя може да бъде вродена, невромускулна, травматична или идиопатична. Идиопатичната сколиоза (ИС) се диагностицира, когато други етиологични фактори не могат да бъдат идентифицирани като: вродени, мускулно-скелетни аномалии, възпалителни, демиелинизиращи процеси или травматичен компонент. Идиопатичната сколиоза може да бъде допълнително класифицирана според възрастта на поява: инфантилна (до двегодишна възраст), ювенилна (от три до девет години) и юношеска. Юношеската идиопатична сколиоза (ЮИС) е най-често срещаната форма, тъй като гръбначната деформация се развива по време на периода на бързото физическо израстване (1).

По време на растежа при децата формата на гръбначния стълб често се променя, затова е препоръчително да се провежда скрининг за проследяване на неговото подравняване. Фронталният и сагиталният баланс на гръбначния стълб, както и позицията на таза при юноши се превърна в много важен въпрос през последните години. Поради тази причина в клиничната практика се използват многобройни обективни и субективни диагностични подходи, необходими за профилактиката и лечението на гръбначните изкривявания. Към тях се отнасят: анамнеза, оглед (визуална оценка), палпация, рентгенография, фотометрия, аркометър, триизмерен ултразвук, кифозометър, двоен инклинометър, система за анализ на движение с шест камери, гониометрия и електрогониометрия, Scoliometer, тест с отвес (Plumb Line), Flexicurve индекс, топография на Moiré, The wall-occiput test (WOT), технологично базирани методи като триизмерен ултразвук, електрогониометрия и др. Понастоящем няма убедителни доказателства относно това кой от тези инструменти е най-надежден.

Целта на това изследване е да предостави информация за актуални образни методи и техники, прилагани при скрининг и диагностика на гръбначните изкривявания, и тяхното значение при определяне на терапевтичния подход.

МЕТОДИ И МАТЕРИАЛИ

Извършен е систематичен преглед на наличната към момента информация и публикувана литература относно използваните образни методи и техники за изобразяване на гръбначния стълб. Използвани са следните ключови думи: диагностични методи, гръбначен стълб, сколиоза и образна диагностика. Базите данни, включени в търсенето на литература, бяха PubMed и MEDLINE. Всички заглавия, получени от тези критерии за търсене, бяха прегледани. Статии относно интересуващата ни тема, които не разглеждат образната диагностика като метод за изобразяване на гръбначния стълб, бяха отхвърлени. Останалите бяха прегледани изцяло. Референциите на тези ръкописи също бяха претърсени, за да се идентифицират допълнителни приложими изследвания. Google Scholar беше използван като вторичен ресурс за намиране на допълнителни документи, свързани с интересуващата ни тема.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

Прегледът на достъпната специализирана българска и международна литература показва голям брой изследвания за оценка и корекция на гръбначните изкривявания. Стандартизация на диагностичните методи липсва, а това затруднява сравняването на резултатите между различните проучвания (1,4,15,20). Данните, получени от тези диагностични методи, могат да се използват за анализ и оценка на състоянието на пациента преди, по време и след провеждане на подходите за корекция на позата. Сравненията между началните и крайните стойности дават значима информация относно спецификата на изкривяването, ефективността на подбраната методика, резултата от прилагането ѝ и прогнозата за прогресията на изкривяването (21).

2D ИЗМЕРВАНИЯ

Рентгенография

Основен диагностичен метод, използван за наблюдение и оценка на тежестта на сколиозата, е рентгенографският метод. Това е златен стандарт за оценка на деформацията, но е свързан с отрицателно въздействие върху живата клетка поради използването на йонизиращо лъчение. В началото на XX в. появата на рентгенографията като метод предостави първата възможност за директна оценка на сколиотичните деформации при пациенти (24). Въпреки това широкото използване на рентгенографските изображе-

ния, с преобладаващ фокус върху описанията и измерванията във фронталната равнина, води до пренебрегване на аномалиите в другите равнини. Ъгълът на Cobb е полезен при оценката на първоначалното изкривяване, при определяне на нарастващата величина на изкривяването и при изготвяне на терапевтичния план за пациента. Точността на измерването на ъгъла на Cobb зависи главно от субективния опит на рентгенолозите (30). Според някои изследователи допустимата грешка може да достигне до 11,8° (19).

Един от най-ранните диагностични методи е предложен през 1930 г. от Ferguson, който оценява деформацията чрез определяне на ъгъла между двете прави линии, които свързват центровете на крайните прешлени с центъра на апикалния прешлен. Друг подобен метод, използван за оценка на степента на сколиоза на рентгенова снимка, е предложен през 1948 г. от Cobb. Той се състои от локализиране на най-наклонените прешлени над и под върха на кривата и измерване на ъгъла между пресичащите се линии, начертани перпендикулярно на горния ръб на горните прешлени и долния ръб на долните прешлени. Измерването на ъгъла на Cobb се превърна в количествен стандарт за разпознаване и наблюдение на симптоми при пациенти със сколиоза (30). При пациенти с две сколиотични кривини се измерва ъгъл на Cobb и за двете кривини. И двата метода на Cobb и Ferguson се основават на ръчно идентифициране на крайните прешлени. Въпреки това поради по-добрата възпроизводимост, по-лесното приложение и възможността за измерване на по-големи ъгли за по-тежки гръбначни изкривявания методът на Cobb е предпочитан. Методът на Cobb е стандартизиран и ключов аспект на „възпроизводимостта“ и е тестван и потвърден в множество проучвания (15).

Като се има предвид централната роля на 2D рентгеновите изображения в клиничната оценка на сколиозата, са разработени няколко математически подхода, базирани на 2D измервания, за да се оцени степента на ротация на прешлените в аксиалната равнина. Измерванията използват анатомични вертебрални ориентири като педикулите и спинозните израстъци, които се виждат както на фронтални, така и на странични изгледи.

Въпреки че рентгенографиите могат да бъдат получени в 2D проекция, аксиалната ротация на гръбначния стълб се оценява въз основа единствено на относителните позиции на компонентите на нервната дъга в сагитален изглед. По този начин Cobb използва позицията на спинозния израстък спрямо страничните ръбове на прешлена като критерий за оценка на ротацията на прешлените.

Метод Моаре

Moiré топограф - 3D апарат, който прави триизмерно описание на формата на гърба.

Това е биостереометричен метод, който създава триизмерно изображение на формата на тялото. При структурна сколиоза се вижда асиметрия на двете половини на гърба.

Техниката на Moiré е метод на пространствена фототопография, който се занимава с реконструкцията на форми и позиции, както и с измерването на пространствени обекти въз основа на така наречените фотограми, т.е. специални фотографски изображения. Линиите на Moiré са вид подреждане на ленти, създадени в резултат на интерференция (припокриване) на две решетки от линии, завъртени под определен ъгъл или деформация (изкривени една спрямо друга). Развитието на метода Moiré се случи в две посоки: Традиционният растер е заменен от оптичен, който представлява диапозитив от ивици, проектирани върху повърхността, изследвана от диапроектор. Второто направление е свързано с развитието на съвременната компютърна техника.

Общият принцип за получаване на информация относно формата на повърхността с помощта на техниката Moiré се основава на анализ на изображението на линейна решетка (растер), преместено с оптични средства върху изследваната повърхност. Пациентите със сколиоза имат характерна разлика между контурните линии на двете половини на тялото. Развитието на компютърните техники допринесе за метода на растерната топография с автоматичен анализ на изображението (наричан още растерна стереография) (20). Традиционният растер беше заменен с оптичен, който представлява диапозитив от ивици, проектирани върху изследваната повърхност от диапроектор. Специална оптична система с камера улавя изображението и го предава на компютър (16).

Разработени са и други методи за измерване на ъгъла на Cobb, за да се оцени по-добре пълната триизмерна деформация на гръбначния стълб с модерните образни диагностични техники, които позволяват 3D реконструкции (28). Спиналните триизмерни реконструкции осигуряват най-точните измервания на гръбначната ротация. Въпреки това много други методи за оценка на аксиалната гръбначна ротация са разработени с помощта на различни геометрични форму-

ли или софтуерни инструменти и модерни системи за цифрово изображение (28).

3D ИЗОБРАЖЕНИЯ С УЛТРА НИСКА ДОЗА РАДИАЦИЯ (EOS IMAGING)

При този метод се използва рентгенографско оборудване, което използва ултраниска доза радиация, за да бъдат създадени много детайлни, висококачествени изображения.

През 1994 г. работната група на SRS за триизмерни оценка на деформацията на гръбначния стълб призна необходимостта от истински триизмерни метод за диагностициране на сколиоза, но също така призна, че триизмерни изображенията са голямо предизвикателство (5). Нашият подход се стреми да вземе под внимание това човешко ограничение чрез широко използване на гръбначни проекции върху спомагателни равнини. Така получените стойности са по-скоро квазитриизмерни, отколкото истински триизмерни, но постигат разумен компромис между математическата доктрина, от една страна, и концептуалните и практически ограничения, от друга.

С EOS можем да имаме пълен изглед на скелета на пациента: в реален размер, с естествена тежест, от всички ъгли, като EOS предлага уникална комбинация от ниски дози и бипланарни рентгенови възможности (10). EOS апаратът заснема пациента отпред, отзад и странично, без да се налага да променя позицията си. Не се влияе от промяна в позата. Освен това при сколиоза изображенията, заснети дори и с технологично най-усъвършенстваното рентгенографско устройство, не са достатъчно качествени, докато тези с EOS са еднакво качествени във всяка точка, тъй като устройството сканира цялото тяло (10).

С помощта на специален софтуер EOS апаратът позволява 3D реконструкция. Той създава две различни изображения едновременно в една и съща позиция на пациента и дава възможност за хирурга да извърши анализа върху 3D визуализация. Това дава по-добър поглед върху деформациите. Най-забележителната особеност на EOS устройството, което се използва във водещи центрове по света, е способността му да създава изображения с много ниска доза радиация. Първото поколение на уреда EOS намали радиационната доза с 5 до 10 пъти (10).

Компютърната томография и магнитнорезонансното изображение изглежда са най-точните изследвания за оценка на промените в аксиалната равнина (5). Те са разработени като диагностични инструменти за сколиоза. Употребата във всекидневната практика обаче е ограничена, тъй като и двете са скъпи, а компютърната томография изисква излагане на високи дози радиация. Друго ограничение е, че и двата метода се използват с пациента в легнало положение, което може значително да промени кривите и в трите равнини (30). Следователно двуизмерни изображения чрез предно-задни и странични рентгенографии остават основното диагностично изследване при пациенти със сколиоза. Въпреки това визуализирането и оценката на аномалиите в аксиалната равнина е голямо предизвикателство, особено във всекидневната клинична практика.

Ядрено-магнитният резонанс (ЯМР) има революционно въздействие върху изобразяването на невронната ос. Способността му да създава детайлни изображения с отличен тъканен контраст във всяка равнина, без използването на йонизиращо лъчение, го прави привлекателен метод за оценка на сколиотичния гръбначен стълб. Магнитното поле, което се използва, възбужда водородните атоми на прешлените, гръбначния мозък, мускули и връзки на гръбначния стълб и по този начин се получава 3D изображение. Въпреки че лисва въздействие на йонизиращо лъчение върху човешкото тяло, не се използва за първоначална диагностика. Прилага се при диагностика на съпровождащи заболявания на тъканите около гръбначния стълб. За съжаление естеството на сколиозата в различни области на гръбначния стълб, които се движат навътре и извън в равнината на изображение, затруднява интерпретацията. В допълнение прегледът отнема много време и след извършване на операция наличието на метална конструкция може да направи по-нататъшните изследвания с ЯМР неоптимални, главно поради артефактите на магнитната чувствителност, които се генерират от вътрешната фиксация. Малките деца се нуждаят от седация и понякога обща анестезия с оборудване, съвместимо с ЯМР. Въпреки това особено при инфантилните и ювенилните форми, където честотата на аномалиите на гръбначния мозък е по-висока, ЯМР е особено добър при идентифициране на хидромиелия, сирингомиелия, интрамедуларни тумори и дисграфични аномалии като превързани връзки, диастематомиелия или липоми. В това отношение ЯМР измести КТ и компютърната миелография. Ролята на ЯМР при юношеска сколиоза е по-малко ясна. Тези с атипични извивки (например левогръдни) или необичайни неврологични находки ще имат полза от ЯМР. Въпреки това повечето от децата, наблю-

давани със сколиоза, ще имат идиопатичен юношески тип. Типичният пациент (90% момичета) ще има нормален физически и неврологичен преглед (включително коремни рефлекси) и дясна торакална или тораколумбална или двойна голяма крива. Някои автори съобщават за относително висока честота (8–15%) на абнормни ЯМР изследвания при предполагаема юношеска идиопатична сколиоза. Други са открили малко или никакви аномалии (0–4,2%) и са поставили под въпрос необходимостта от ЯМР, ако детето има нормален неврологичен преглед, стига да се поддържа висок индекс на подозрение.

Компютърна томография

Деца с подлежащи вродени скелетни малформации и сегментационни аномалии, като пеперуда или хемивертебра, или диастематомиелия, изискват малко по-различен образен подход. ЯМР ще предостави отлични подробности за естеството на гръбначния канал и мозъка, но детайлите на костната анатомия могат да бъдат оценени допълнително с локализирана компютърна томография (КТ) и триизмерни реконструирани изображения в областта на интерес. На практика обаче това не се изисква често, тъй като е достатъчна обикновена рентгенография.

Съществува роля за КТ при постоперативния пациент, който не може да бъде изобразен по подходящ начин в средата на ЯМР. Локализираната КТ и понякога КТ миелография може да помогне за идентифициране на следоперативни усложнения като радикулопатия, свързана с неправилно поставяне на винта или миграция. Значителен артефакт е често срещан поради наличната метална конструкция, но въпреки това изображенията могат да бъдат интерпретируеми.

Ехография

Ултразвуковото изследване е нейонизиращ образен метод, който е евтин, лесно достъпен и осигурява изображения в реално време. Спиналната ехография се основава на принципа, че спинозните израстъци и ламините са точни ориентири за оценка на гръбначните деформации (2). Ротацията на прешлените може да се определи чрез въртенето на ламините спрямо наклона на ултразвуковия трансдюсер (3). Пациентът е легнал по лице върху твърда кушетка, като раменния пояс и тазът са успоредни един на друг и на земята. Маркирани са спинозни израстъци и са начертани линии успоредни на наклона на прешлените. Използването на ултрасонография в изобразяване на гръбначния стълб е съобщено за първи път от Suzuki et al. 1989 г. (2), когато ръчен трансдюсер е използван за измерване на ротацията на прешлените при педиатрични пациенти с идиопатична сколиоза. Съвсем наскоро Chen et al. 2012 (3) описва метода на центъра на ламината за оценка на големината на кривата и въртенето на прешлените при пациенти със сколиоза, което е сравнимо по надеждност с традиционните измервания, направени с помощта на радиографии (3). С появата на техниката за 3-D реконструкция е разработено ултразвуково изобразяване за количествено определяне на 3-D природата на сколиотичния гръбнак (3).

Въпреки че ултразвуковият метод е в центъра на множество проучвания, все още не е установена широко приета триизмерна ултразвукова система за оценка на сколиоза, която да е надеждна и валидна.

Ядрена медицина

Нуклеарната медицина има ограничена роля в рутинната оценка на сколиозата. Изотопното костно сканиране (^{99m} Tc-метилен дифосфонат) може да се използва при първоначалната оценка на дете за локализиране на фокални костни аномалии като инфекция или неоплазия, но по-често се използва в следоперативния период за идентифициране на усложнения. Анормалните места на активност при подозирана постоперативна инфекция трябва да се разглеждат внимателно и изискват допълнително изобразяване, вероятно със сканиране на белите кръвни клетки, за да се разграничи нормалната постоперативна костна активност от инфекцията. Това е важно, тъй като инфекцията, свързана с операция, може в крайна сметка да наложи отстраняване на фиксиращото устройство (29).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Идиопатичната сколиоза е триизмерна деформация на гръбначния стълб. Различните образни методи и техники за изобразяване имат различни показания и приложения, както и ограничения при управлението на гръбначните изкривявания при децата. Въпреки това диагностиката и лечението на сколиозата понастоящем разчита основно на предно-задни и странични рентгенографии. Конвенционалната рентгенография е „златният стандарт“ в оценката и лечението на сколиоза при децата. Тя остава основно средство за откриване, диагностика и мониториране на юношеска идиопатична сколиоза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Altaf, F.; Gibson, A.; Dannawi, Z.; Noordeen, H. Adolescent Idiopathic Scoliosis. BMJ 2013, 346, 1527–1537
2. Chen, W. Le, L.H. Lou E.H.M. Ultrasound imaging of spinal vertebrae to study scoliosis. Open J Acoust, 2 (2012), pp. 95-103
3. Chen, W. Lou, E.H.M. Zhang, P.Q. Le, L.H. Hill D. Reliability of assessing the coronal curvature of children with scoliosis by using ultrasound images, J Child Orthop, 7 (2013), pp. 521-529
4. Chi, W.M., Cheng, C.W., Yeh, W.C. et al. Vertebral axial rotation measurement method Comput Methods Programs Biomed, 81 (2006), pp. 8-17
5. Dubousset, J., Charpak, G., Dorion, I., *et al.* Le system EOS. Nouvelle imagerie osteo-articulaire basse dose en position debout E-memoire Acad Nat Chir, 4 (2005), pp. 22-27.
6. Eijgcnraam, S.M., Boselie, T.F., Sieben, J.M. et al. Development and assessment of a digital x-ray software tool to determine vertebral rotation in adolescent idiopathic scoliosis Spine J, 17 (2017), pp. 260-265
7. Fölsch, C., Schlögel, S., Lakemeier, S., Wolf, U., Timmesfeld, N., Skwara, (2012). A.Test-retest reliability of 3D ultrasound measurements of the thoracic spine. J Inj Funct Rehabil, 4 (5) pp. 335-341.
8. Frerich, J.M.; Hertzler, K.; Knott, P.; Mardjetko, S. Comparison of Radiographic and Surface Topography Measurements in Adolescents with Idiopathic Scoliosis. TOORTHJ 2012, 6, 261–265.
9. Gille, O., Champain, N., Benchikh-El-Fegoun, A., Vital, , J.M. Skalli W. Reliability of 3D reconstruction of the spine of mild scoliotic patients Spine, 32 (2007), pp. 568-573
10. Glaser DA, Doan J, Newton PO. Comparison of 3-dimensional spinal reconstruction accuracy: Biplanar radiographs with EOS versus computed tomography. Spine 2012; 37(16): 1391-7.
11. Greendale, G., Nili, N., Huang, M.H., Seeger, L., Karlamangla, A, (2011) The reliability and validity of three non-radiological measures of thoracic kyphosis and their relations to the standing radiological Cobb angle. Osteoporos Int, 22 (6), pp. 1897-1905
12. Harzmann, H.C. Stellenwert Der Videorasterstereographie Als Schulärztliche Screeningmethode von Skoliotischen Fehlhaltungen Und Strukturellen Skoliosen. PhD Thesis, Ludwig-Maximilians-Universität, Medizinischen Fakultät, München, Germany, 2000.
13. Iunes DH, Bevilaqua-Grossi D, Oliveira AS, Castro FA, Salgado HS. (2009). Comparative analysis between visual and computerized photogrammetry postural assessment. Rev Bras Fisioter. 13(4):308–315.
14. Karpiel I, Ziębiński A, Kluszczyński M, Feige D. A Survey of Methods and Technologies Used for Diagnosis of Scoliosis. Sensors. 2021; 21(24):8410. https://doi.org/10.3390/s21248410
15. Katzman W, Cawthon P, Hicks GE, et al. (2011). Association of spinal muscle composition and prevalence of hyperkyphosis in healthy community-dwelling older men and women. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 67:191–5.
16. Mok, J.M.; Berven, S.H.; Diab, M.; Hackbarth, M.; Hu, S.S.; Deviren, V. Comparison of Observer Variation in Conventional and Three Digital Radiographic Methods Used in the Evaluation of Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis. Spine 2008, 33, 681–686.
17. Mrozkowiak, M. Uwarunkowania Wybranych Parametrów Postawy Ciała Dzieci i Młodzieży oraz ich Zmienność w Świetle Mory Projekcyjnej; Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego: Zielona Góra, Poland, 2010; ISBN 978-83-7481-350-1.
18. Muyor JM, Sanchez-Sanchez E, Sanz-Rivas D, Lopez-Minarro PA. (2013). Sagittal Spinal Morphology in Highly Trained Adolescent Tennis Players. J Sport Sci Med. 12:588–93.
19. Perriman, Diana M., Scarvell, Jennifer M., Hughes, Andrew R., Ashman, Bryan, Lueck, Christian J. , Smith, Paul N. Validation of the Flexible Electrogoniometer for Measuring Thoracic Kyphosis. Spine: June 15, 2010 - Volume 35 - Issue 14 - p E633-E640 doi: 10.1097/BRS.0b013e3181d13039
20. Pruijs, J.E.; Hageman, M.A.; Keessen, W.; van der Meer, R.; van Wieringen, J.C. Variation in Cobb Angle Measurements in Scoliosis. Skelet. Radiol. 1994, 23, 517–520.
21. Schulte, T.L.; Hierholzer, E.; Boerke, A.; Lerner, T.; Liljenqvist, U.; Bullmann, V.; Hackenberg, L. Raster Stereography versus Radiography in the Long-Term Follow-up of Idiopathic Scoliosis. J. Spinal Disord. Tech. 2008, 21, 23–28.
22. Singla D, Veqar Z. (2014). Methods of postural assessment used for sports persons. J Clin Diagn Res. 8(4):LE01–LE04.
23. Singla D, Veqar Z. (2015). Effect of playing basketball on the posture of cervical spine in healthy collegiate students. Int J Biomed Adv Res. 6(2):133–136.
24. Suzuki, S. Yamamuro, T. Shikata, J. Shimizu, K. Iida H. Ultrasound measurement of vertebral rotation in idiopathic scoliosis. J Bone Joint Surg Br, 71 (1989), pp. 252-255
25. Tamás S. Illés, Francois Lavaste, Jean F. Dubousset, The third dimension of scoliosis: The forgotten axial plane, Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research, Volume 105,

Issue 2, 2019, Pages 351-359, ISSN 1877-0568, https://doi.org/10.1016/j.otsr.2018.10.021.

26. van Niekerk SM, Louw Q, Vaughan C, Grimmer-Somers K, Schreve K. (2008). Photographic measurement of upper-body sitting posture of high school students: a reliability and validity study. BMC Musculoskelet Disord. 20(9):1–11.

27. Vrtovec, T., Likar, B., Pernus F. Automated curved planar reformation of 3D spine images Phys Med Biol, 50 (2005), pp. 4527-4540.

28. Vrtovec, T., Ourselin, S., Lavier, G., Likar, B., Pernus F. Automated generation of curved planar reformations from MR images of the spine. Phys Med Biol, 52 (2007), pp. 2865-2878.

29. Watanabe, K.; Aoki, Y.; Matsumoto, M. An Application of Artificial Intelligence to Diagnostic Imaging of Spine Disease: Estimating Spinal Alignment from Moiré Images. Neurospine 2019, 16, 697–702.

30. Wright N. Imaging in scoliosis Archives of Disease in Childhood 2000;82:38-40.

31. Yazici, M., Acaroglu, E.R., Alanay, A., Deviren, V., Cila, A., Surat A., Measurement of vertebral rotation in standing versus supine position in adolescent idiopathic scoliosis J Pediatr Orthop, 21 (2001), pp. 252-256

32. Zhou, G.-Q.; Jiang, W.-W.; Lai, K.-L.; Zheng, Y.-P. Automatic Measurement of Spine Curvature on 3-D Ultrasound Volume Projection Image with Phase Features. IEEE Trans. Med. Imaging 2017, 36, 1250–1262.

Силвия Филкова
Медицински колеж
бул. „Цар Освободител“ 76
Варна, 9000
e-mail: silviya.filkova@mu-varna.bg