

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ СПОРТА И ФИЗИЧКОГ ВАСПИТАЊА
МАСТЕР АКАДЕМСКЕ СТУДИЈЕ



**ПРИМЕНА "MICROSOFT AZZURE KINECT" – А У
ПРОЦЕНИ ПОСТУРАЛНОГ СТАТУСА: СТУДИЈА СЛУЧАЈА**

МАСТЕР РАД

Студент:
Драгана Вуков

Ментор:
Др Оливера Кнежевић, доцент

Београд 2023.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ СПОРТА И ФИЗИЧКОГ ВАСПИТАЊА
МАСТЕР АКАДЕМСКЕ СТУДИЈЕ



**ПРИМЕНА "MICROSOFT AZZURE KINECT" – А У
ПРОЦЕНИ ПОСТУРАЛНОГ СТАТУСА: СТУДИЈА СЛУЧАЈА**

МАСТЕР РАД

Студент:
Драгана Вуков

Комисија:

1. др Оливера Кнежевић, доцент, ментор
2. др Марија Мацура, доцент
3. др Александра Поповић, доцент

Београд 2023.

САЖЕТАК

Нарушено држање тела може бити узрок али и показатељ присуства деформитета кичменог стуба. Сколиоза као деформитет кичменог стуба који је специфичан по својој тродимензионалности али и учесталости јављања захтева рано откривање и приступање третману за њену корекцију.

Циљ овог рада јесте да се испита могућност примене система технологије компјутерског вида – *Microsoft Azure Kinect-a* у процени постуралног статуса на примеру детета са сколиозом. Испитивање је обухватило процену једног детета са клинички дијагностикованом сколиозом.

Предности процене постуре помоћу *Azure Kinect-a* огледају се у објективности методе, добијању квантификованих података, могућношћу чувања података и поновне анализе као и поређењу са забележеним стањима након извесног периода корективног третмана. Ипак недостају извесне надоградње система како би процена постуре овом методом била поузданија и валиднија. Према томе, могућност израчунавања Кобовог угла, процена приликом Адамсовог теста претклона, као и процена статуса колена и стопала дали би детаљнију и прецизнију анализу постуре тела и присуства сколиозе.

Кључне речи: *Microsoft Azure Kinect*, постопа тела, сколиоза

ABSTRACT

Impaired body posture can be a cause but also an indicator of the presence of spinal deformity. Scoliosis as a deformity of the spinal column, which is specific for its three-dimensionality and an overall prevalence requires early detection and access to treatment for its correction.

The aim of this work is to examine the possibility of applying the computer vision technology system - *Microsoft Azure Kinect* in the assessment of postural status on the example of a child with scoliosis. The study included the evaluation of one child with clinically diagnosed scoliosis. The advantages of posture assessment using Azure Kinect are reflected in the objectivity of the method, the obtaining of quantified data, the possibility of data storage and reanalysis, as well as comparison with recorded conditions after a certain period of corrective treatment.

However, certain system upgrades are still missing in order to make posture assessment using this method more reliable and valid.

Therefore, the possibility of calculating the Cobb angle, the assessment during the Adams bending test, as well as the assessment of the knee and foot status would provide a more detailed and precise analysis of body posture and the presence of scoliosis.

Keywords: *Microsoft Azure Kinect*, posture, scoliosis

САДРЖАЈ

УВОД	2
2. ТЕОРИЈСКИ ОКВИР РАДА	3
2.1. Постура	3
2.2. Сколиоза	5
2.3. Методе за процену постуре	9
2.4. Microsoft Azure Kinect	18
3. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ РАДА	22
3.1. Предмет рада	22
3.2. Циљ рада	22
4. МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА	23
4.1. Протокол истраживања	23
4.2. Опис случаја	23
4.3. Процедуре истраживања	25
4.4. Обрада података	25
5. РЕЗУЛТАТИ	26
5. ДИСКУСИЈА	30
ЗАКЉУЧАК	32
ЛИТЕРАТУРА	33

УВОД

Постура односно држање тела представља положај тела у простору које мирује (статичка postura), али и које се креће (динамичка postura). Оно што одликује добру постуру тела јесте урвнотеженост оптерећења које је последица тежине суседних сегмената и деловања силе гравитације на њих (Јовановић, 2014).

Промене у постури тела могу се догодити током читавог живота услед различитих фактора као што су мишићни дисбаланси, повреде, неуролошка обољења, дегенеративна стања, наследних фактора или непознатог узрока. Највеће интересовање за процену постуре јавља се код деце и адолесцената јер се у том периоду може ефикасно утицати на правовремену корекцију постојећих дисбаланса.

Деформитети кичменог стуба подразумевају одступање од онога што се сматра физиолошким кривинама. Сколиоза се јавља као један од најчешћих деформитета кичменог стуба при чему скоро 90% случајева припада адолесцентим идиопатским сколиозама (Konieczny, Senyurt & Krauspe, 2013).

Не постоји једна јединствена и прихваћена метода за процену постуралног статуса. Многе од њих показују своје предности и мане. За потребе масовних испитавања метод соматоскопије је често у употреби док је у клиничким условима у циљу дијагностиковања тежине сколиозе као деформитета рентгенски снимак још увек главни начин процене.

У циљу да се превазиђу недостаци и штетни аспекти појединих постојећих начина процене постуралног статуса, методе које се заснивају на новим технологијама проналазе своје место у рехабилитацији и дијагностици.

2. ТЕОРИЈСКИ ОКВИР РАДА

2.1. Постура

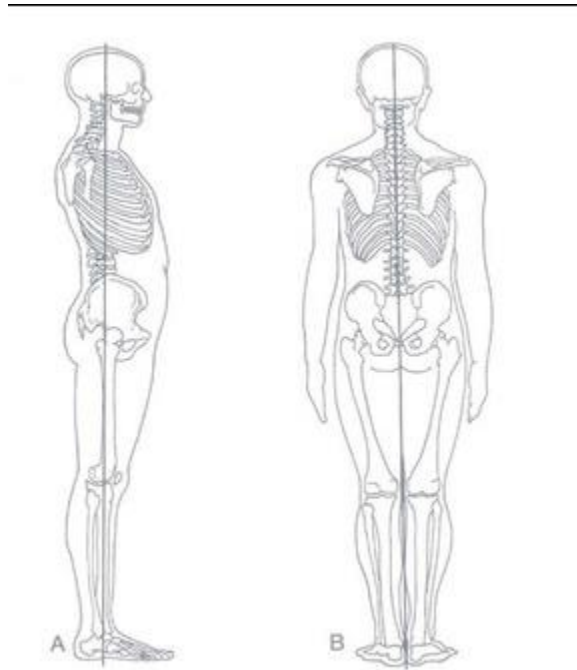
Постура се дефинише као **положај тела у простору и то као положај који се заузима као одговор на утицај силе гравитације која делује на тело и његове сегменте у различитим условима средине** (Carini et al.,2017). Као синоним за постуру у нашем језику често се користи термин „држање тела“ (Јовановић, Ковачевић, Ереш и Кљајић, 2014).

Човек који је под непрекидним утицајем силе гравитације у сваком тренутку настоји да одржи тежиште свог тела изнад површине ослонца и на тај начин постигне стабилност. Стабилност је способност одржавања положаја тела у односу на силу гравитације у статичким и динамичким условима, па се положај тела који се заузима односи на статичку и динамичку постуру. Статичка постура подразумева положај тела у мировању и најчешће се процењује у усправном ставу (Павловић, 2013).

Биомеханички посматрано, оно што одликује нормално или физиолошко држање тела у стојећем ставу (статичку постуру) јесте оптимално оптерећење сегмената тела при чему се тежишна линија налази што ближе осовини усправљених зглобова (Јовановић и др., 2014). Постојање мишићног баланса између антагонистичких мишића у виду њихове дужине, тонуса и снаге доприноси томе да оптерећење на скелетни систем буде равномерно рапоређено, а да пасивна мека ткива (зглобна капсула и лигаменти) буду минимално оптерећена. Енергетски утрошак за одржавање оваквог положаја је најмањи (Зеџ,2003).

Усправљеност сегмената и симетричност тела одређује се на основу телесне тежишне линије која представља резултанту свих тежишних линија сегмената и која пролази кроз тачку тежишта тела која се налази у висини другог сакралног пршљена. Телесна тежишна линија сече одређене анатомске тачке у фронталној и сагиталној равни. Посматрајући у сагиталној равни, линија тежишта тела треба да пролази кроз мастоидни наставак, центар зглоба рамена, други сакрални пршљен, велики трохантер, мало испред осовине коленог зглоба и испред скочног зглоба у нивоу калканеукубоидног зглоба.

У фронталној равни са предње стране тела, вертикална оса пролази кроз носну преграду, средину грудног коша, пупак, препонску симфизу и пада у средину површине ослонца (Јовановић и др., 2014) (слика 1).



Слика 1: Приказ тежишне линије у сагиталној (А) и фронталној (В) равни;

Преузето са: <https://quizlet.com/350050844/posture->

Деформитети кичменог стуба подразумевају одступања кичменог ступа од физиолошког положаја у фронталној или/и сагиталној равни. Сколиоза је један од најчешћих деформитета који се јављају код деце и адолесцената (Konieczny, Senyurt & Krauspe, 2013).

У литератури није наведена јасна и прецизна учесталост адолесцентних идиопатских сколиоза само је приказана њихова укупна преваленца од 0.47 -5.2%. Нема много студија које су се бавиле овим питањем, а оне које постоје имају одређене слабости као што је неусаглашено дефинисање сколиозе као деформитета, различити протоколи истраживања, непостојање стандарда за инклузију сколиоза које имају мање од 10 степени по Кобу (Konieczny, Senyurt & Krauspe, 2013).

2.2.Сколиоза

Кичмени стуб као део скелета састоји се од 33-34 пршљенова који су међусобно повезани. Има своје физиолошке кривине посматрано у фронталној и сагиталној равни. У сагиталној равни разликују се четири физиолошке кривине од којих су присутне вратна лордоза, торакална кифоза, лумбална лордоза и сакрално-крсна кифоза (Зеџ, 2003).

Сколиоза се дефинише као латерално одступање кичменог стуба од физиолошког положаја у фронталној равни. Међутим, ово недовољно јасно одређује сколиозу као деформитет и сколиотично држање као нарушену постуру па се често ове две појаве поистовећују. Подела сколиоза може бити на функционалне и структуралне. Главна разлика јесте присуство ротације коштаних сегмената. Код функционалних сколиоза није присутна ротација пршљенова, већ је кривина настала услед мишићних дисбаланаса или на пример неједнаке дужине ногу. У том случају, функционална сколиоза би упућивала на сколиотично држање, а структурална на сколиозу као деформитет (Scoliosis Research Society, 2002).

Посматрање сколиозе као деформитета, **подразумева тродимензионалну девијацију кичменог стуба при чему Кобов угао износи више од 10 степени** (Konieczny, Senyurt & Krauspe, 2013). Тродимензионалност упућује на присутност промена у трансферзалној равни односно ротације кичмених пршљенова која се на клиничком прегледу може уочити као губус на леђима приликом Адамсовог теста претклона (Милинковић & Стефановић, 2004). У неким случајевима могућа је присутност велике девијације у фронталној равни али са малим степеном ротације или њеним изостанком (Janicki & Alman, 2008).

Класификација сколиоза се може извести на основу више различитих параметара. У односу на узрок настанка, сколиозе се деле на идиопатске и оне које нису идиопатске. Код случаја неидиопатских сколиоза, узрок је познат и класификује се на конгениталне, неуромишићне и мезенхималне у оквиру којих узроци могу бити различити (Konieczny, Senyurt & Krauspe, 2013).

Идиопатске сколиозе су оне код којих узрок настанка није познат и оне спадају у најчешћи тип сколиозе који се јавља (Yaman,2014; Милинковић, 2008); У зависности од тога у ком узрасту настају, деле се на инфантилне (од рођења до треће године старости), јувенилне (од четврте године до почетка пубертета), адолесцентне (од настанка пубертета до коштане зрелости) и адултне сколиозе (јављају се након скелетног сазревања) (Милинковић, 2008).

Адолесцентне идиопатске сколиозе су најчешће присутне са преваленцом од око 90% у односу на све идиопатске сколиозе. На другом месту заступљености су јувенилне сколиозе које уколико се не третирају имају тенденцију да се погоршају и доведу до кардиореспираторних проблема (Konieczny, Senyurt & Krauspe, 2013).

Подела идиопатских сколиоза се може извршити и на основу локализације кривине и овде се уочава више ауторизованих класификација што упућује на то да не постоји јединствена и универзална класификација сколиоза. У литератури се најчешће спомињу класификација према Ленке-у и Кингу (Yaman,2014; Милинковић, 2008).

За постављање дијагнозе и одређивање терапије код сколиоза као деформитета, радиографски снимак и Кобов угао још увек представљају главне дијагностичке параметре (Langensiepen et al, 2013).

Сколиозе се чешће јављају код особа женског пола и оне имају већу предиспозицију за прогресију великих кривина. Најчешћи тип кривине која се јавља код девојчица је торакална и дупла кривина. Скоро половина свих сколиоза је торакалног типа (Konieczny, Senyurt & Krauspe, 2013).

Велики број случајева сколиоза се не открива на основу присутних симптома као што је бол, већ на основу скрининга и примећене асиметричности тела. У случају идиопатских сколиоза није могуће утицати на њену појаву и развој, а третман има за циљ да смањи негативне ефекте овог стања. (Weinstein & Dolan, 2015).

Бол у леђима се може јавити код особа са идиопатском сколиозом без обзира на тип и величину кривине, али оних не омета у обављању свакодневних активности. С друге стране, код неких особа са сколиозом је присутно незадовољство изгледом и мањак самопоуздања (Weinstein & Dolan, 2015).

Кобов угао је објективна мера степена сколиотичне кривине и одређује се на основу рентгенског снимка у антериорно – постериорном смеру. Одређивање угла кривине изводи се тако што се на снимку у фронталној равни одреде гранични пршљенови који су највише закривљени у горњем и доњем делу кривине. Повлаче се линије од којих је једна паралелна са горњом ивицом граничног пршљена у горњем делу кривине, а друга са доњом ивицом граничног пршљена у доњем делу кривине. Пресек ових линија дефинишу Кобов угао (Hornig et al, 2019).

Уколико постоји више од једне кривине, одређују се углови за обе кривине (Милинковић, 2008). На основу Кобовог угла је настала стандардна квантификована класификација сколиоза по степену тежине деформитета и прихваћена је од стране Удружења за истраживање сколиоза. Кобов угао је значајан параметар за праћење прогресије сколиозе и одређивање начина лечења. Гранични углови који дефинишу озбиљност деформитета јесу углови од 10, 20, 30 и 40 степени (табела 1) (Hornig et al, 2019).

Угао до 10 степени по Кобу сматра се нормалном кривином и у овој фази је рано одредити да ли је искривљеност идиопатског или постуралног порекла (Милинковић, 2008). Кривине до 20 степени се прате али ретко третирају (Daniel, Guilherme & Anamaria, 2013).

Кобов угао	Сколиотична кривина
До 10 степени	Сматра се нормалном кривином
10 - 20 степени	Блага сколиоза
20 – 40 степени	Умерена сколиоза
Преко 40 степени	Тешка сколиоза

Табела 1: Класификација сколиотичне кривине на основу Кобовог угла;

Особе са умереном сколиозом (од 30 степени Кобовог угла) треба да носе мидер, док сколиозе од 40 и више степени по Кобу представљају индикацију за хируршко лечење (Милинковић, 2008; Rozilene et al, 2016).

Критичан период за појаву идиопатских сколиоза је адолесцентно доба, од 10 до 18 година старости. У овом периоду, прогресија сколиозе може бити брза и због тога се након њене детекције врше контролни прегледи како би се стање кичменог стуба пратило и приступило одговарајућем третману. Значајни фактори који утичу на прогресију сколиозе јесу коштане зрелост детета и величина кривине одређена Кобовим углом (Lorella, Marzi, Luigi & Mario, 2023). За одређивање коштане зрелости користи се Рисерова скала, а као критеријум за процену узима се степен осификације илијачних апофиза или леве шаке ручја који се виде на рентгенском снимку (Милинковић, 2008).

Иницијални Кобов угао је најзначајнији фактор за прогресију кривине током дужег временског периода. Кривине мање од 30 степени мерене по Кобу у тренутку завршетка коштане зрелости немају тенденцију прогресије током живота. Кривине између 50 и 75 степени по Кобу имају највећи степен пораста. До овог закључка дошла је једна студија која је пратила 186 пацијената са дијагностикованом адолесцентном идиопатском сколиозом до тренутка њихове коштане зрелости (Tan, Moe, Vaithinathan & Wong, 2009).

Кичмени деформитети мењају спољашњи изглед и могу утицати на психолошко стање детета и одраслог човека. С друге стране, тешки случајеви сколиоза могу негативно утицати на респираторне функције (Lorella et al, 2023).

2.3. Методе за процену постуре

За процену постуре доступно је више различитих метода од којих свака показује одређене предности и недостатке. Метода за процену постуре треба да буде поуздана и валидна. Оно што се још гледа је доступност методе, временска економичност, потенцијална штетност по организам и аутоматизовано добијање података (Yolandi, Louw & Karen, 2011). Методе за процену постуре могу се категорисати као неинвазивне и инвазивне. Неинвазивна метода која се најчешће користи у пракси је метода соматоскопије, док се у клиничкој пракси рентгентско снимање и даље сматра „златним стандардом“ за процену стања кичменог стуба (Zheng et al, 2016). Одабиром објективне и поуздане методе за процену постуре могу се добити информације о присуству постуралних одступања и деформитета тела и тако утицати на раније започињање и праћење њихове корекције.

Метода соматоскопије се најчешће користи у школским условима из разлога што не захтева скупочену апаратуру, доступна је, неинвазивна и економична. С друге стране, она се ослања на субјективну процену испитивача и његовог искуства у процени постуралног статуса. Назива се још и „*клинички метод*“ и део је дијагностичке процедуре и у лекарској пракси (Rozilene et al, 2016).

Испитивач врши инспекцију целог тела са предње, бочне и задње стране и уочава одступања од оног што се сматра нормалном, физиолошком постуром тела или упоређивањем са контралатералном страном тела. У литератури се не налази јединствен и стандардизован клинички образац за процену постуре.

У фронталној равни са задње стране посматра се следеће (слика 2):

- * Глава - треба да стоји у продужетку кичменог стуба без нагињања на једну или другу страну;
- * Рамена – линија која повезује акромиоклавикуларне зглобове треба да је хоризонтална;
- * Лопатице – подједнако удаљене од кичменог стуба, унутрашње ивице стоје уз грудни кош, док су доњи углови лопатице су у истој висини;
- * Карлица - гребени бедрених костију треба да стоје у истом нивоу, карлица је хоризонтална, глутеални набори су у истом нивоу;

* Колена - затколене јаме су у истој висини;

* Стопала - Ахилове тетиве треба да имају усправан положај у односу на петну кост; Додатно, могу се уочити троуглови стаса (Лоренцови троуглови) који треба да су симетрични.

У истој равни са предње стране тела очи и уши треба да буду хоризонтални, а у истој висини треба да се налазе рамена, гребени бедрених костију, предње спиналне бодље, врхови прстију шака, горња ивица чашице, фибуларне главе и унутрашњи малеолуси. Гледано са предње и задње стране може се уочити и присуство постуралних „Х“ или „О“ ногу које су резултат комбинације одређених положаја у зглобу кука, колена и стопала. Облик грудног коша и појава испупчених или издубљених груди се такође уочава са предње стране тела (Јовановић и др, 2014).

У сагиталној равни може се посматрати нагнутост карлице и одступање од нормалног положаја при чему предња и задња бедрена бодља треба да буду у приближно истом нивоу, а да су предња бедрена бодља и пубична симфиза у истој вертикалној равни. Гледано са бочне стране уочавају се кривине кичменог стуба: вратна лордоза, торакална кифоза, лумбална лордоза као и њихова одступања од физиолошке закривљености. При процени физиолошких кривина може се користити висак и канап који се спушта од потиљачне кости према подлози. Физиолошка удаљеност виска од средине вратне кривине износи око 3цм, а од лумбалног улегнућа 3.5 -5 цм (Јовановић и др., 2014).

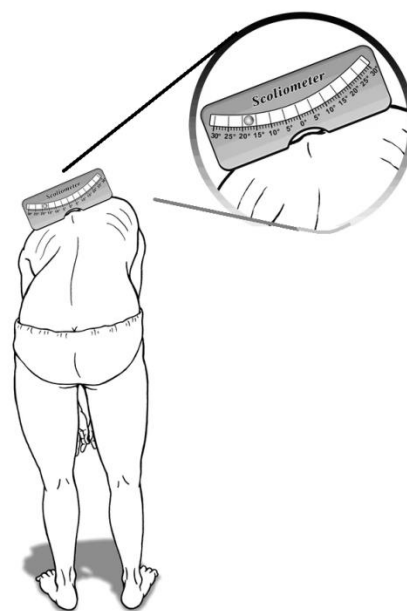
Метода соматоскопије је квалитативна метода која се може допунити квантитативним подацима који се добијају антропометријским мерењем, употребом сколиометра и гониометра. Ова метода је лако доступна, нескупоцена и због тога погодна за масовна испитивања. Међутим, њени недостаци се односе на субјективност процене што упућује да добијени подаци могу варирати у зависности од знања и искуства особе која врши процену и испуњености протокола при испитивању.

Као додатна метода за процену стања кичменог стуба користи се **сколиометар**. Овај инструмент мери инклинацију ребарне грбе са задње стране тела у хоризонталној равни, односно при Адамсовом тесту претклона. Присуство ребарне грбе или гибозитета упућује на ротацију кичмених пршљенова, једну од битних одлика сколиозе и уочава се као асиметрија са задњестране леђа (Ma, Tai, Chen ,Niu,Chen& Lai, 2017). Ребарна грба и ротација пршљена налазе се на страни конвекситета кривине (Милинковић & Стефановић, 2008).

Угао ротације трупа (енг. Angle of Trunk Rotation - ATR) који се добија мерењем сколиометром показује високу корелацију са Кобовим углом (Koroivessis& Stamatakis, 1996, Ma et al.,2017). Математичком формулом на основу угла који се добија сколиометром може се индиректно израчунати Кобов угао. Вредност нула упућује на непостојање ребарне грбе и симетричност трупа.

Већа тачност у одређивању Кобовог угла на основу угла ротације трупа може се добити уколико се као параметри узму инклинације торакалног и лумбалног дела кичме, с обзиром на компензаторни механизам кичменог стуба (Ma et al., 2017).

Резултати једне студије су показали да је овом методом могуће идентификовати 87% пацијената са сколиозом и Кобовим углом мањим од 10 степени и 100% пацијената са кривинама већим од 20 степени уколико угао ротације износи 5 степени (Daniel et al, 2013).



Слика 2: Приказ употребе сколиометра при Адамсовом тесту претклона;

Преузето са:

<https://orthopaedia.com/page/Adolescent-Idiopathic-Scoliosis>

Моирева топографија је неинвазивна метода за процену постуре кичменог стуба која даје топографску слику површине трупа. Заснива се на оптичкој светлости и сенкама које се појављују на површини тела у виду трака које дају информације о дубини површине делова тела и присуству асиметричности (слика 3). С обзиром на то да је сколиоза тродимензионална појава код које је присутна ротација пршљенова, уочавањем асиметричности топографских трака може се идентификовати присуство овог деформитета (Watanabe, Aoki& Matsumoto, 2019).

Недостаци Моиреве топографије односи се на квалитативну природу ове методе и не добијају се подаци о степену искривљености кичменог стуба, већ само о присуству постуралне девијације уколико је има. Додатно, ова метода не укључује одређивање анатомских тачака па било какво померање тела приликом процене може утицати на добијање лажних резултата (Aulisa et al, 2023).

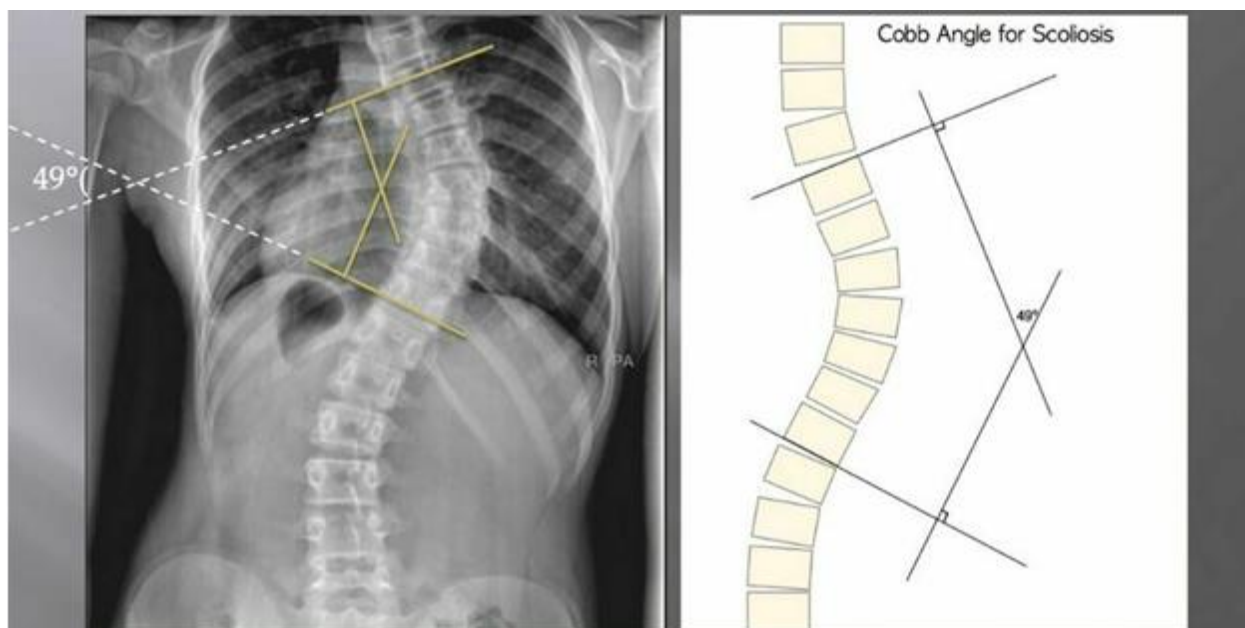
Предности ове методе огледају се у тачнијој визуелној евалуацији симетричности трупа, кратком времену трајања процене и економичности (Willner, 1978).



Слика 3: Процена постуре кичменог стуба применом Моирове методе;
Преузето са: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2012/435158/fig2/>

Рентгенски снимак (РТГ) је дијагностичка инвазивна метода која се још увек сматра „златним стандардом“ за процену закривљености кичменог стуба у сагиталној и фронталној равни. Заједно са Кобовим углом који се израчунава на основу ових снимака прати се прогресија кривина и одлучује се о даљем третману деформитета (слика 4).

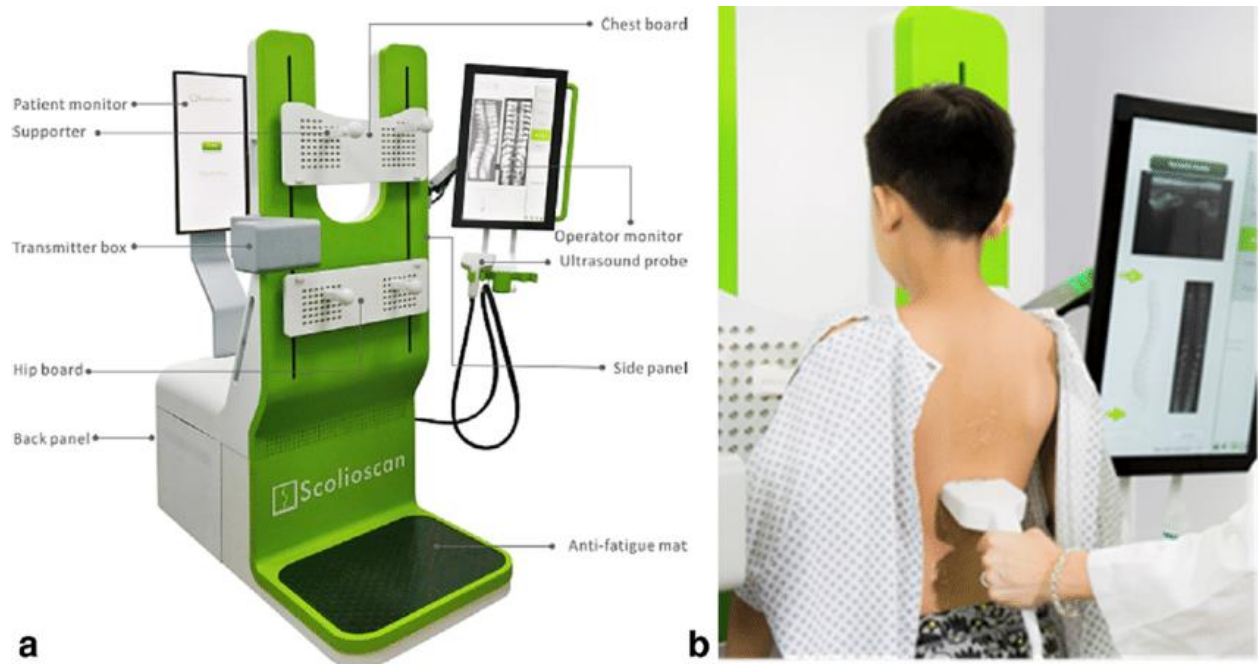
Рентгенска снимања су скупа, а дуготрајно излагање икс зрацима је штетно на организам и стога припада инвазивним методама. Уочен је повећан ризик за настанак канцера дојке код жена са сколиозом које су више пута у детињству имале рентгенска снимања (Doody et al, 2000).



Слика 4: Приказ одређивања Кобовог угла на основу рентгенског снимка;

Преузето са: <https://spinaltech.com/resources/what-are-the-different-scoliosis-curves-called>

Scolioscan је систем намењен за процену сколиотичне кривине који се базира на тродимензионалној ултразвучној пројекцији (слика 5) (Zheng et al, 2016). Ултразвучном техником настају слике кичменог стуба у фронталној равни које се уз информације о позицији и оријентацији кичменог стуба добијених преко сензорног система користе за реконструкцију тродимензионалне слике кичменог стуба (Cheung, Law& Zheng, 2013). На дводимензионалним сликама идентификују се пршљенови који највише одступају од средње линије, односно они који се налазе под највећим нагибом, а потом се мануелно повлаче линије од кичмене кривине до тачке највеће закривљености кичменог пршљена. Угао кичмене кривине се аутоматски израчунава (Zheng et al, 2016).



Слика 5: Scolioscan апаратура (а) и примена ултразвучне пројекције у процени кичменог стуба (б);
 Преузето са: https://www.researchgate.net/figure/a-The-Scolioscan-system-with-its-components-labeled-The-ultrasound-scanner-computer_fig1_335009055

Предност ове методе огледају се у њеној неинвазивности и могућности да се учесталије користи за праћење прогресије кичмене кривине као и могућности аутоматског одређивања угла кичмене кривине (Cheung et al, 2013). За разлику од радиографског снимања и магнетне резонанце, ултразвучна метода је јефтинија и приступачнија.

Досадашња истраживања су показала средњу до јаку линеарну повезаност између углова који се добијају тродимензионалним ултразвучним сликањем и Кобовог угла са радиографског снимка (Cheung et al, 2013; Zheng et al, 2016; Lee et al, 2021).

Ипак, примећено је да угао који се добија ултразвучном методом нешто мањи од угла који се добија стандардном методом мерења Кобовог угла. Ово се објашњава тиме што се анатомске тачке кичменог стуба код ове методе одређују на основу спиналних наставка (processus spinosus-a), а не на основу пршљенских тела као код класичног радиографског снимка (Zheng et al, 2016). Новија истраживања показују боље поклапање спиналног угла добијеног ултразвучном методом са Кобовим углом, када се за анатомске тачке узимају попречни наставци кичменог стуба (Lee et al, 2021).

Простор за развијање ове технологије огледа се у чињеници да она не даје податке о ротацији кичмених пршљенова и скенира само торакални и лумбални део кичменог стуба. Подаци о телима пршљенова и дискусима, неједнаким дужинама доњих екстремитета, положају карлице и грудном кошу су такође непознати. На квалитет снимака могу утицати постуралне девијације као што су криласте лопатице или повећан индекс телесне масе (BMI) с обзиром на то да повећан удео масног ткива смањује простирање ултразвучних сигнала (Zheng et al, 2016).

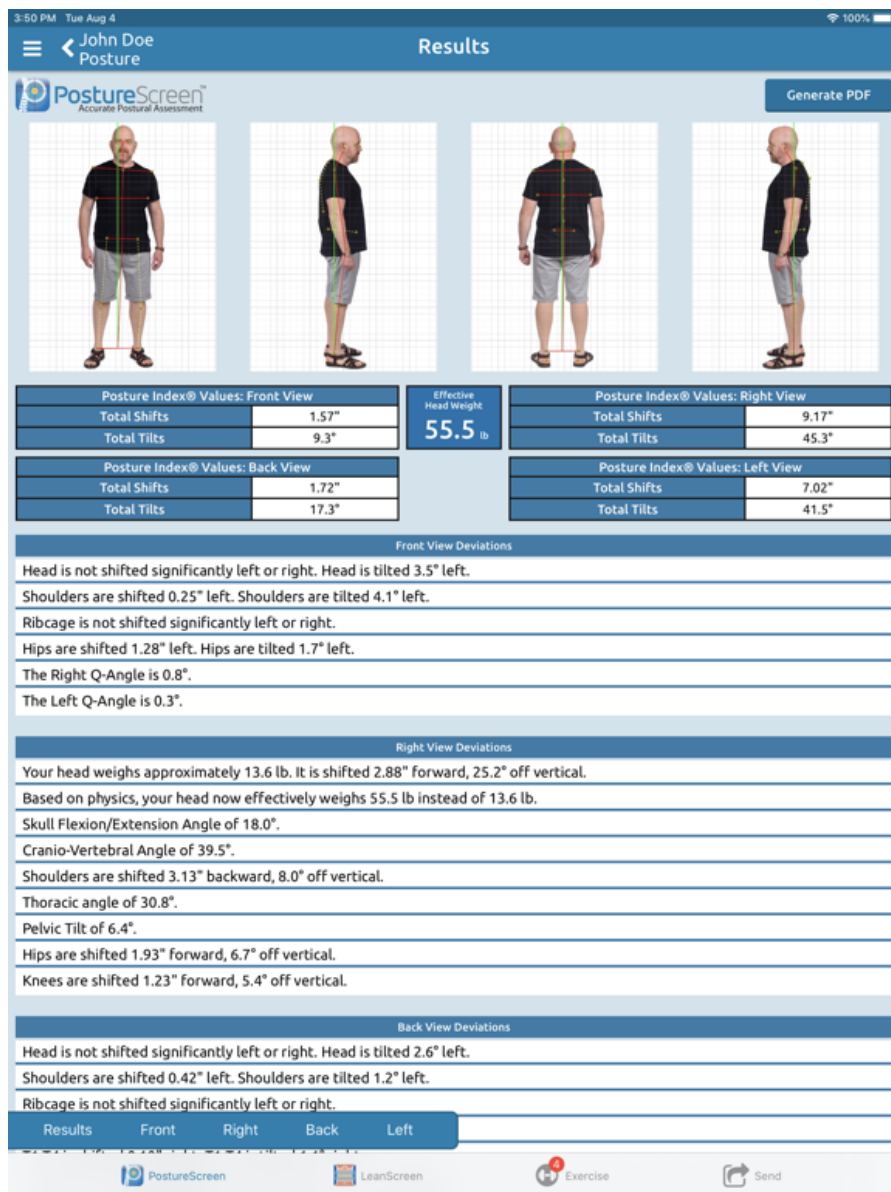
Осим класичне апаратуре ултразвучног сликања која је тешко преносива изаузима простор, развијени су и преносиви уређаји са овом технологијом. Добијени подаци о закривљености кичмене кривине слажу се са подацима добијеним класичном апаратуром тродимензионалног ултразвучног сликања (Lai, Lee, Lee, Hui & Zheng, 2021).

С развојем е – здравства, **мобилне и веб апликације** су пронашле своје место и у дијагностици. Предности мобилних апликација јесу већа доступност, лака преносивост, једноставна и брза употреба, објективна процена, јефтинија је од Моеирове топографије и тродимензионалних система (Akazawa, Torii, Ueno, Saito & Niki, 2021).

У зависности од технологије за мерење, све ове апликације за процену постуре могу се поделити на оне које су базиране на сензорима и на оне које су зависне од камере. Прве се ослањају на уграђене сензоре у телефону, жироскоп и акцелометар на основу којих се могу одредити варијације кичмене кривине у сагиталној и фронталној равни (Loerella et al, 2023). Друге апликације добијају подаци на основу дводимензионалних дигиталних слика за мерење Кобовог угла и угла ротације пршљенова. Одређивање кључних анатомских тачака може бити мануелно или аутоматско (Akazawa et al, 2021).

Објективност процене постуре путем мобилних апликација је још увек под знаком питања. Резултати једног истраживања које је имало за циљ да процени валидност и поузданост апликације PostureScreenMobile (PMS) у процени држања тела, показали су да постоји значајна субјективност у постуралним мерењима у поређењу са 3D Vicon системом (слика 6). Подаци нагиба главе и рамена у сагиталној равни добијени путем апликације су били значајно непоуздани (Hopkins et al, 2019).

Због лаке доступности и једноставног коришћења, мобилне апликације могу бити користан алат за проверу држања тела у кућним условима, али је потребно утврдити њихову валидност и поузданост додатним студијама.

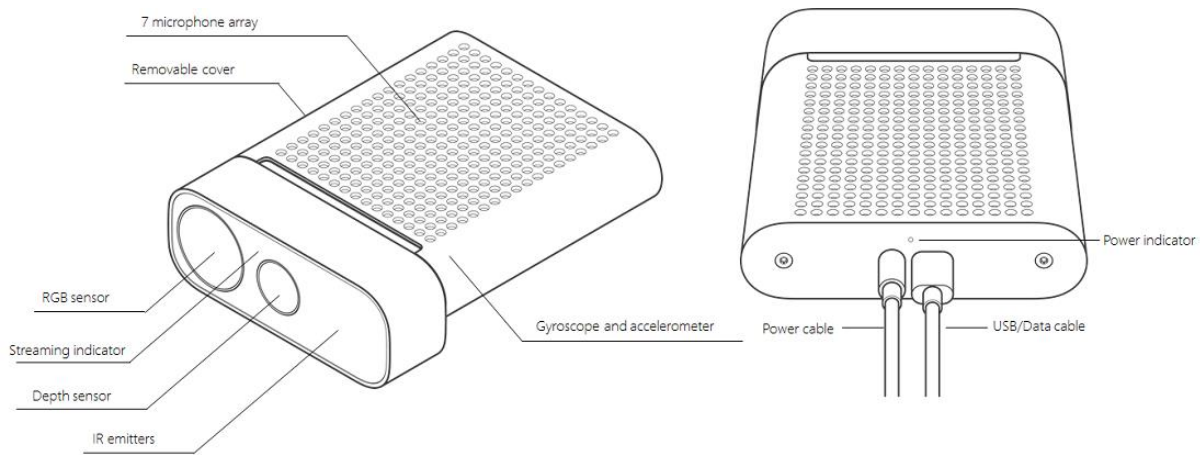


Слика 6: Процена држања тела применом мобилне апликације PostureScreen Mobile;
 Преузето са: https://is3ssl.mzstatic.com/image/thumb/Purple116/v4/d3/95/d7/d395d76e-3c20-dc9b-6c62-ea49c1643bec/aa129224-9ca5-4e4f-ab52-199da751420d_IMG_0810.PNG/576x768bb.png

2.4. Microsoft Azure Kinect

Систем који се примарно користио у индустрији видео игара, Microsoft Azure Kinect, је своје место пронашао и у здравственом систему и рехабилитацији (Agostinelli, Generos et al, 2021).

Уређај се састоји од RGB видео камере и инфрацрвене камере које омогућавају да се реконструише 3Д модел који се снима (слика 7) (Castroa et al, 2016). Azure Kinect је нова верзија која тродимензионалну реконструкцију постиже израчунавањем удаљености сваке тачке на телу од камере, тачније времена потребног светлости да путује између две тачке (Jo, Song, Kim, Song, 2022).

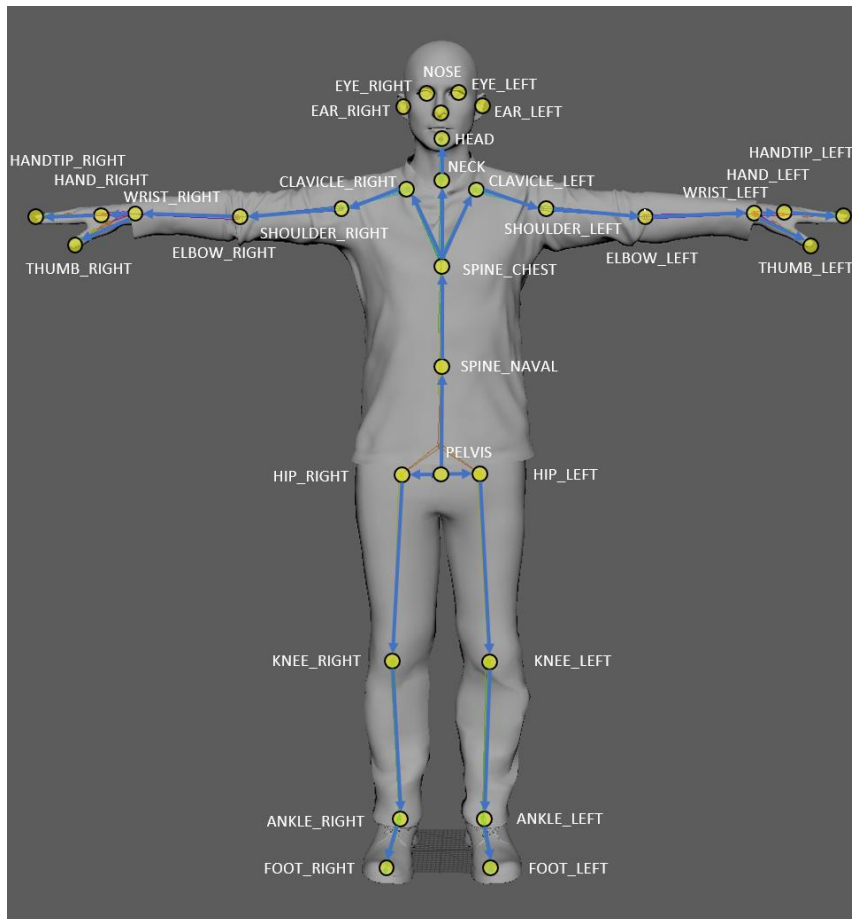


Слика 7: Microsoft Azure Kinect апаратура са основним деловима;

Преузето са: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/kinect-dk/set-up-azure-kinect-dk>

Оријентери на телу, односно позиција зглобова се аутоматски одређују применом алгоритама машинског учења услед чега употреба маркера није потребна (Алексић, 2023). Ово је уједно и једна од предности Kinect система који не зависи од прецизности постављања маркера на телу и временски је економичнији (слика 8).

Предности Microsoft Azure Kinect система огледају се у неинвазивном приступу, аутоматском одређивању анатомских тачака на телу, опреми која није скупа и једноставној поставци и руковању апаратуре. С обзиром на то да Kinect не захтева маркере на телу, смањује се време трајања анализе и могућност појаве грешака као последице непрецизног постављања маркера. Пружајући квантификоване податке налази се у предности у односу на субјективне методе процене покрета, постуре и кретања.



Слика 8: Оријентири на телу које детектује Microsoft Azure Kinect;
Преузето са: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/kinect-dk/body-joints>

Услед потребе да се пронађе систем за прецизну анализу кретања, а да ипак буде финансијски приступачна, да не захтева пуно времена и простора као ни високо обучене мериоце, број истраживања која су испитивала потенцијале сензорних уређаја је брзо порастао. Најпознатији уређај базиран на сензорима дубине је Kinect. У поменутиим студијама, користили су се сензори у анализи хода, постуре и покрета (Jo et al, 2022).

Резултати једне студије показали су да Kinect поседује одличну поузданост у процени баланса, као и добру конкурентну валидност у поређењу са лабораторијским тродимензионалним системом за анализу покрета – Optotrak Certus (Yang et al, 2014). Испитаници су извели три задатка који укључује равнотежу у стојећем положају са растављеним и спојеним стопалима и са ослонцем на једну ногу. За сва три задатка праћене су путања кретања тежишта тела као и његова брзина кретања.

Могућност процене постуралне контроле путем Microsoft Kinect система показала је још једна студија у којој су се поредили резултати три теста баланса – дохват напред, латерални дохват и баланс на једној нози и затвореним очима, добијени Kinect системом и Vicon тродимензионалним системом анализе кретања (Clark et al 2012). Kinect је показао одличну конкурентну валидност у поређењу са Vicon системом са Pearson-овом r вредности од > 0.90 за већину мерења. Ова студија је истакла потенцијал употребе Microsoft Kinect система у клиничким условима али је навела и ограничења која се односе на нижи квалитет праћења брзих покрета и губитак праћења дуж фокусне осе у случају употребе једног Kinect уређаја. Поред тога, како се не би изгубило праћење делова тела, неопходно је проверити удаљеност субјекта од сензора.

Друго истраживање имало је за циљ да утврди поузданост Microsoft Azure Kinect DK-а за процену обима покрета у ручном зглобу. Поређењем три независне сесије мерења, резултати су показали да високу поузданост у мерењу обима покрета ручног зглоба (Królikowska et al, 2023). Главно ограничење ове студије јесте то што се добијени подаци нису поредили ни са једним другим системом анализе покрета који користи маркере.

Microsoft Kinect се показао као поуздан у анализи статичке постуре стопала и као способан да то одради са великом прецизношћу. Студија која је имала за циљ да процени валидност Microsoft Kinect-а у поређењу са визуелном опсервационом методом користећи индекс постуре стопала (Foot Posture Index - FPI) и тродимензионалним системом анализе кретања (Mentiplay et al, 2013). Резултати ове студије су показали да је Microsoft Kinect систем поузданији у процени статичке постуре стопала у већини параметара у односу на визуелну методу.

У анализи функционалних покрета (чучањ, искорак и дохват руком) Azure Kinect је показао умерено до добро слагање са Qualisis системом који се базира на постављањем маркера. Ограничења у прецизном праћењу делова тела који нису лако видљиви упронађена су приликом анализе покрета у сагиталној равни (Jo, Song, Kim, Song, 2022).

3. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ РАДА

3.1. Предмет рада

Предмет овог рада је примена савремених технологија заснованих на компјутерском виду у процени постуралног статуса.

3.2. Циљ рада

Циљ рада је испитивање могућности примене Microsoft Azure Kinect –а у процени постуралног статуса на примеру детета са сколиозом.

4. МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

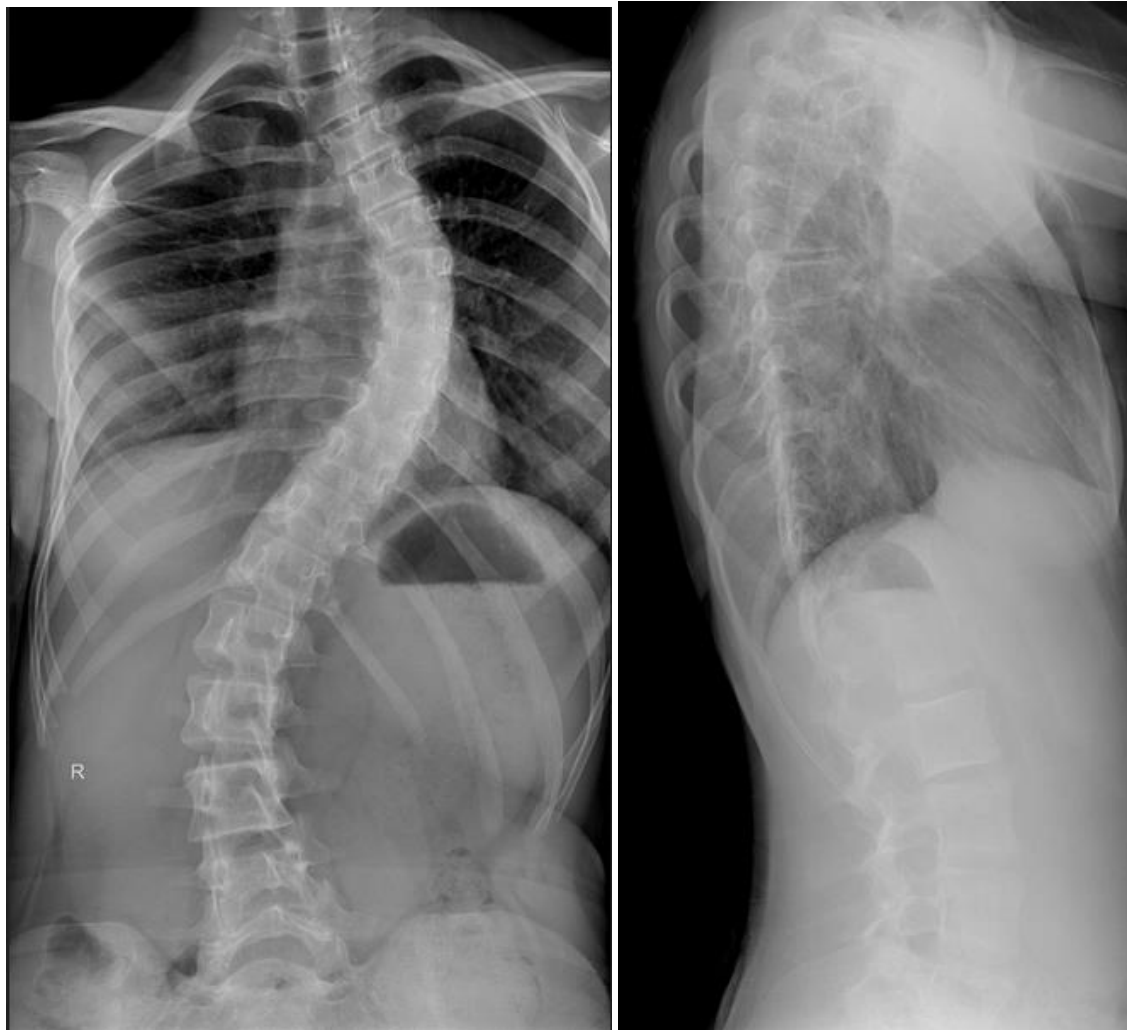
4.1.Протокол истраживања

Истраживање представља приказ студије случаја. Снимање је обављено у просторијама Службе за хирургију кичменог стуба на Институту за ортопедију „Бањица “ у присуству родитеља/старатеља и надлежне медицинске сестре. Снимање је одобрено од стране Етичког комитета Института за ортопедију „Бањица “. Пре почетка снимања узета је писана сагласност родитеља / старатеља малолетног детета за учешће у истраживању.

4.2.Опис случаја

У студији је процењен постурални статус адолесцента женског пола старог 15 година. Подаци о телесној висини и тежини нису били познати. Испитаница је имала клинички дијагностиковану комбиновану торакално – лумбалну сколиозу. Лева торакална сколиоза износила је 55 степени, а лумбална десна сколиоза 40 степени мерено по Кобу.

У историји болести су поред података о клиничком прегледу и дијагнозе добијене од стране лекара, били доступни и рентгенски снимци у фронталној и сагиталној равни с последње контроле. Фронтални снимак направљен је у антериорно – постериорном смеру, а сагитални снимак с десне стране тела (слика 9).



Слика 9: Рентгенски снимак случаја девојчице са сколиозом;
Лево - РТГ снимак у фронталној равни; Десно - РТГ снимак у сагиталној равни;

4.3. Процедуре истраживања

Снимање је обављено у једном дану. За потребе снимања коришћена је *Azure Kinect* камера. Испитаница је била на удаљености од 2м од камере која је постављена на сталак. Снимци су направљени у фронталној равни са задње стране тела (енг. Back View) и у сагиталној равни (енг. Side view). Снимање је трајало око 5 мин.

Испитаница је била минимално обучена тако да је површина леђа остала непокривена, а коса је морала бити везана како не би покривала рамена.

Подаци о дијагнози испитаника (тип, локација и величина сколиотичне кривине) нису били познати пре обраде и анализе снимака. Снимци су обрађени посебним софтвером.

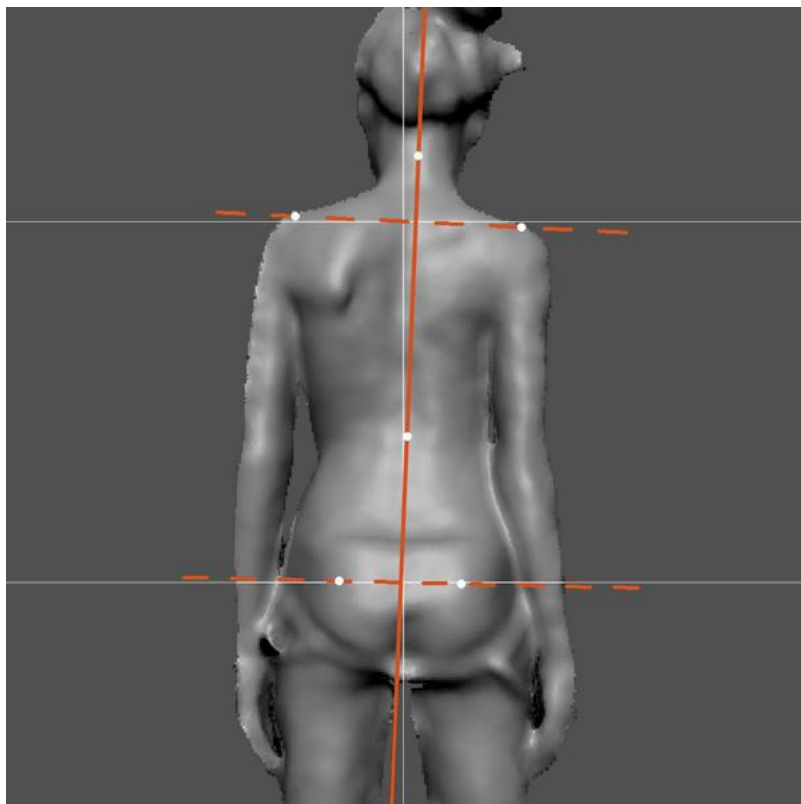
4.4. Обрада података

Снимци направљени Kinect камером обрађени су посебним софтвером. Обработом снимка добијен је извештај који садржи топографски преглед и тродимензионалну реконструкцију тела у фронталној и сагиталној равни. У извештају се налази и необрађени снимак у фронталној равни са задње стране тела. Топографски и тродимензионални модел обухвата тело до средине натколеница.

5. РЕЗУЛТАТИ

На тродимензионалном моделу тела у фронталној равни, систем белим линијама приказује вертикалну осу тела (енг. plumb line) и две хоризонталне линије у висини рамена и кукова. Хоризонталне наранџасте испрекидане линије приказују одступање рамене осе и осе кукова које пролазе кроз маркере које систем детектује (слика 10). Ова одступања нумерички су приказана у степенима (слика 11).

У фронталној равни са задње стране тела може се приметити одступање рамене осе модела од хоризонтале и њена нагнутост ка десној страни. Ово упућује на асиметрију у висини рамена и подигнутим левим раменом. Угао нагнутости рамена у односу на хоризонталу (енг. Shoulder Angulation Angle) износи 2.5 степена.



Слика 10: Тродимензионални снимак у фронталној равни са задње стране тела;

Одступање од хоризонтале присутно је и у нивоу кукова и износи 1.6 степена (енг. Hip Axis Angle) са подигнутим левим куком.

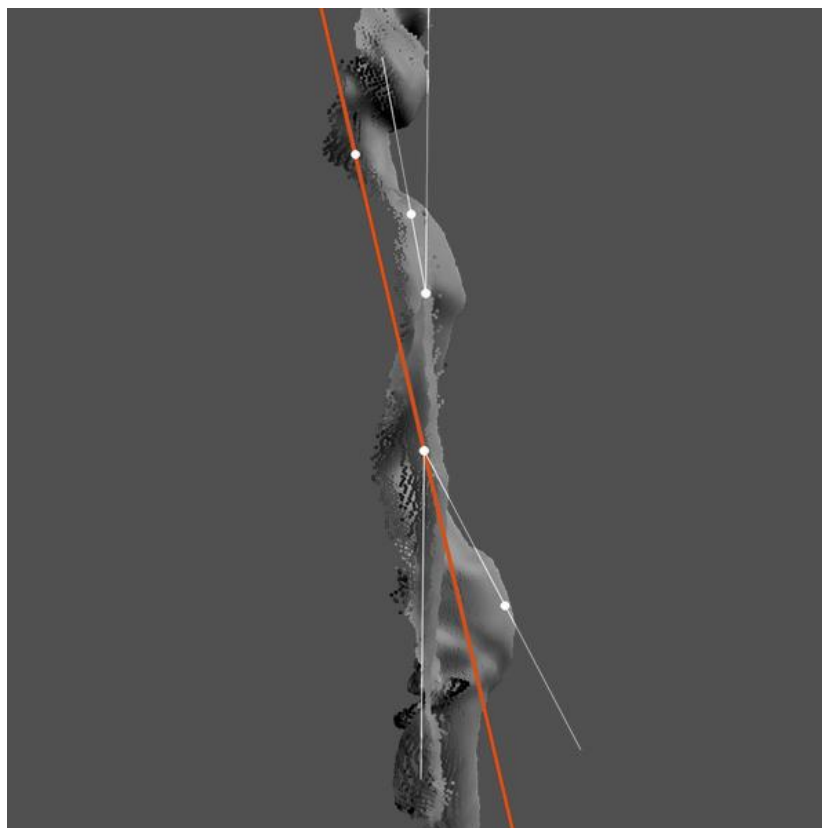
Посматрајући вертикалну осу, уочава се да се она не поклапа са тежишном линијом тела већ да одступање износи 2.4 степена. Тело је у овом случају нагнуто у десну страну и прати спуштеност левог рамена.

Angle	value (deg)
shoulderAxisAngleCoronal	-2.5
hipAxisAngleCoronal	-1.6
plumbLineAngleCoronal	-2.4

Слика 11: Приказ дела извештаја са одређеним угловима а) осе рамена, б) осе кукова и в) тежишне линије тела;

У сагиталној равни модела добијају се подаци о торакалном и лумбалном углу (слика 12). Вертикална дуж која повезује најистуренију и најудубљенију тачку кичменог стуба заклапа углове са анатомским одредницама које систем даје а приближно одређују седми вратни пршљен и сакрум. Торакални угао је угао који заклапају две праве од којих једна пролази кроз тачку која приближно одређује C7, а друга кроз најистуренију тачку по центру у торакалној регији (енг. HP- the highest point). Он износи 11.1 степени.

Лумбални угао је између праве која пресеца најудубљенију тачку лумбалне регије (енг. DP – the deepest point) и тачку коју систем одређује као крај кичменог стуба, а налази се у пределу сакрума) и он износи 28.2 степени (слика 13).



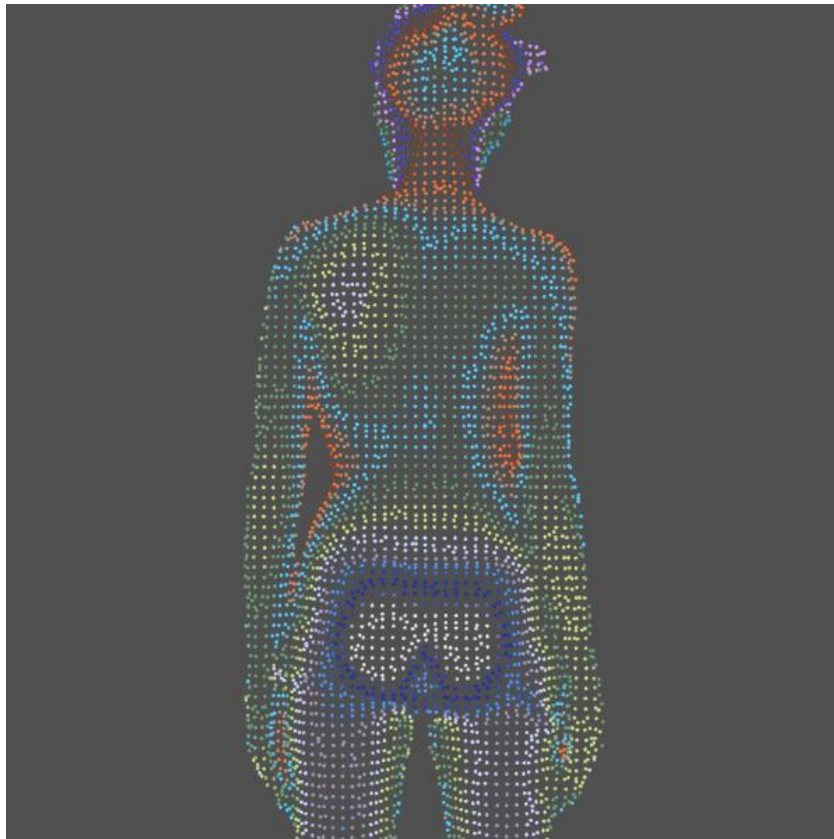
Слика 12: Тродимензионални приказ модела у сагиталној равни:

Angle	value (deg)
thoracicKyphosisAngle	11.1
lumbarLordosisAngle	28.2
plumbLineAngleSagittal	13.1

Слика 13: Приказ дела извештаја са одређеним а) торакалним кифотичним углом б) лумбалним лордотичним углом в) тежишне линије тела у сагиталној равни;

Оно што софтвер тренутно не приказује, а може се уочити на снимку, је нагнутост тела према напред у односу на вертикалну осу. Нажалост, квантификација величине торакалне и лумбалне кривине као интерпретација добијених величина у контексту Кобовог или лумбосакралног угла тренутно није могућа.

На топографском снимку у фронталној равни са задње стране тела лако је уочљива већа истуреност лопатичне регије леве стране што може упућивати на ротацију кичмених пршљенова или присуство криластих лопатица. Овде је јасно изражена и асиметричност Лоренцових троуглова стаса при чему је троугао са десне стране тела мањи у односу на леву страну (слика 14).



Слика 14: Топографски снимак модела у фронталној равни са задње стране тела;

5. ДИСКУСИЈА

Асиметричност висине рамена је један од знакова који се оцењује приликом клиничке процене сколиозе. У том случају, конвекситет кичмене кривине налази се углавном на страни на којој је раме подигнуто. На приказаном моделу детета, нагиб осе рамена упућује на подигнуто лево раме, што се поклапа са дијагностикованим левим конвекситетом торакалне кривине испитиваног детета.

Међутим ово не може бити једини параметар који указује на присуство сколиозе што је потврдила и једна студија пресека која је имала за циљ да анализира корисност асиметричности рамена као параметра за откривање сколиоза. Резултати су показали да асиметричност рамена има ниску повезаност са осталим параметрима физикалног прегледа као што су Адамсов тест претклона и ротација трупа (Torres et al, 2022).

С друге стране угао одступања рамена осе од хоризонтале нам не даје информацију о величини кривине. Резултати друге студије показали су постојање узајамене везе између асиметрије у висини рамена и асиметрије мишића горњег екстремитета, али не и корелације са величином примарне кривине и ротације пршљенова (Ohba et al, 2022).

Додатно, симетричност у висини рамена се може проценити узимајући у обзир различите анатомске тачке. У том случају се могу посматрати хоризонтале које спајају коштане наставке акромионе, доње углове лопатице или аксиларне јаме. Показује се да неједнака висина лопатица у великој мери упућује на асиметричност рамена (Nikouei F et al, 2022). Azure Kinect не детектује ниједан маркер који би био аналоган анатомској тачки доњег угла лопатице.

Лумбални део кичменог стуба анатомски и функционално је повезан са карлицом и може утицати на њену позицију. На моделу се примећује одступање хоризонталне осе у нивоу кукова, а нагнутост осе је у истом смеру као и нагнутост рамене осе и конвекситету лумбалне кривине. Овде постоје извесни недостаци за детаљнију процену постуре јер не постоје подаци о промени положаја карлице у трансверзалној равни, односно њеној ротацији, као ни податак о присуству неједнаке дужине ногу.

Одступање тежишне линије од вертикале присутно је у већој мери у горњем делу трупа, односно у пределу главе и врата и то са сличним углом као и угао нагнутости рамене осе. Ово може бити компензаторни утицај торакалне кривинена вратни део кичменог стуба. Особе са торакалним типом сколиозе показују већу склоност ка постојању неравнотеже у пределу врата (Zhang et al, 2023).

На топографском снимку евидентна је асиметричност лопатица. Лопатица на страни кривине је јасно испупчена што може бити последица ротације кичмених пршљенова и присуства ребарне грбе или појаве криластих лопатица.

Појава криластих лопатица може бити последица неправилно постављене ортозе, односно мидера код деце са адолесцентском идиопатском сколиозом (Dereer et al, 2007).

Поред тога, део трупа испод лопатице показује одређену удубљеност што може упућивати на промене положаја кичменог стуба у трансверзалној равни.

Углови стаса, тзв. Лоренцови троуглови нису симетрични. С десне стране тела, простор између струка и руке је мањи.

Microsoft Azzure Kinect даје квантификоване податке о одступању тела од физиолошког положаја што може послужити приликом праћења и регистровања промена у постури тела. На овај начин процена се не ослања на субјективност и квалитативну оцену испитивача, али с друге стране, може се закључити да подаци добијени овом методом нису довољни за постављање дијагнозе сколиозе као деформитета.

ЗАКЉУЧАК

Microsoft Azure Kinect даје квантификоване податке о одступању тела од физиолошког положаја што може послужити приликом праћења и регистровања промена у постури тела. На овај начин процена се не ослања на субјективност и квалитативну оцену испитивача. Чување података омогућава анализу и упоређивање са новим снимцима направљеним после извесног времена, након кинезитерапијског вежбања или ношења мидера. Периодичним праћењем могла би се уочити прогресија деформитета. Систем је погодан за масовна тестирања јер је финансијски приступачан, време процене не траје дуго, а припада неинвазивним методама.

Тренутни недостаци овог система огледају се у немогућности одређивања Кобовог угла који представља главно мерило за одабир терапијског третмана и прогнозе прогресије сколиозе. У томе рентгентско снимање као објективна метода и даље има предност. Присуство асиметричности у погледу рамена и кукова не може бити довољан критеријум за одређивање сколиозе као деформитета јер је сколиоза тродимензионално одступање кичменог стуба.

Иако се на основу топографског снимка могу наслутити промене у транверзалној равни и присуство ротације кичменог стуба, било би корисно извршити процену овим системом приликом Адамсовог теста претклона. За целокупну процену постуре, неопходно је анализирати и статус колена и стопала што се на приказаним моделима не види, па се и ту види простор за побољшање система.

ЛИТЕРАТУРА

- Agostinelli T, Generosi A, Ceccacci S, Khamaisi R K , Peruzzini M, Mengoni M. (2021). *Preliminary Validation of a Low-Cost Motion Analysis System Based on RGB Cameras to Support the Evaluation of Postural Risk Assessment*. Applied Science, 11, 10645.
- Akazawa T, Torii Y, Ueno J, Saito A, Niki H. (2021). *Mobile Application for Scoliosis Screening Using a Standard 2D Digital Camera*. Cureus, 13(3), e13944
- Алексић J. (2023). *Computer Vision Solutions for Range of Motion Assessment*. Southeastern European Medical Journal, 7(1)
- Aulisa A G, Bandinelli D, Marsiolo M, Falciglia F, Giordano M, Toniolo R M. (2023). *Is Surface Topography Useful in the Diagnosis of Scoliosis? Validation of the Biometrical Holistic of Human Body (BHOHB)*. Children. 10(2): 320.
- Carini F, Mazzola M, Fici C, Palmeri S, Messina M, Damiani P, Tomasello G. (2017). *Posture and posturology, anatomical and physiological profiles: overview and current state of art*. Acta Biomedica, 1: 11-16.
- Castro A.P.G, Pacheco J.D, Lourenc C, Queirós S, Moreiraa A.H.J, Rodrigues N.F, J.L. Vilac J.L. (2016). *Evaluation of spinal posture using Microsoft Kinect™: A preliminary case-study with 98 volunteers*. Porto Biomedical Journal. 2444-8664.
- Cheung C W J, Law S Y, Zheng Y P. (2013). *Development of 3-D ultrasound system for assessment of adolescent idiopathic scoliosis (AIS): and system validation*. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference, 2013:6474-7.
- Clark R A, Pua Y , Fortin K, Ritchie C, Webster K E, Denehy L, Bryant A L. (2012). *Validity of the Microsoft Kinect for assessment of postural control*. Journal of Gait & Posture, 36, 372 -377.
- Daniel M C, Guilherme H B, Anamaria S O. (2013) *Scoliometer measurements of patients with idiopathic scoliosis*. Brazilian Journal of Physical Therapy, 17(2):179-184.
- Debeer P, Van Den Eede E, Moens P. (2007). *Scapular winging: an unusual complication of bracing in idiopathic scoliosis*. Clin Orthop Relat Res. 461:258-61. PMID: 17806153.

Doody M M, Lonstein J E, Stovall M, Hacker D G, Luckyanov N, Land C E. (2000)*Breast cancer mortality after diagnostic radiography: findings from the U.S. Scoliosis Cohort Study*. Spine,5;25(16):2052-63.

Nikouei F, Ghandhari H, Ameri E, Mokarami F. (2022). *Shoulder Imbalance in Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review of the Current State of the Art*. Arch Bone Jt Surg; 10(12): 992-1003. Doi: 10.22038/ABJS.2022.64282.3086

Hopkins BB, Vehrs PR, Fellingham GW, George JD, Hager R, Ridge ST.(2019).*Validity and Reliability of Standing Posture Measurements Using a Mobile Application*. Journal of Manipulative Physiol Therapy, 42(2):132-140. doi: 10.1016/j.jmpt.2019.02.003.

Horng M H, Kuok C P, Fu M J, Lin C J, Sun Y N.(2019).*Cobb Angle Measurement of Spine from X-Ray Images Using Convolutional Neural Network*. Computational and Mathematical Methods in Medicine, 6357171

Janicki A J, Alman B.(2007).*Scoliosis: Review of diagnosis and treatment*. Journal of Paediatrics and Child Health,12,9.

Jo S, Song S, Kim J, Song C.(2022).*Agreement between Azure Kinect and Marker-Based Motion Analysis during Functional Movements: A Feasibility Study*. Sensors (Basel), 14;22(24):9819.

Јовановић, Ј., Ковачевић, Р., Ереш, С., Кљајић, Д. (2014)*Држање тела – postura*. Висока здравствена школа струковних студија.Београд.

Konieczny M R , Senyurt H, Krauspe R. (2013).*Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis*. Journal of Child Orthopedics, 7:3–9;

Korovessis P G, Stamatakis M V. (1996) *Prediction of scoliotic cobb angle with the use of the scoliometer*. Spine, 15;21(14):1661-6.

Królikowska A, Maj A, Dejnek M, Prill R, Skotowska-Machaj A, Kołcz A. (2023)*Wrist motion assessment using Microsoft Azure Kinect DK: A reliability study in healthy individuals*. Advances in Clinical and Experimental Medicine, 32(2):203–209.

Lai, K., Lee, T., Lee, M., Hui, J. and Zheng, Y. *Validation of Scolioscan Air-Portable Radiation-Free Three-Dimensional Ultrasound Imaging Assessment System for Scoliosis*. Sensors, 2021.21(8), p.2858.

Langensiepen S, Semler O, Sobottke R, Fricke O, Franklin J, Scho`nau E, Eysel P.(2013).*Measuring procedures to determine the Cobb angle in idiopathic scoliosis: a systematic review*.European Spine Journal, 22:2360–2371.

- LeeTT Y, Lai K K L, Cheng J C Y, Castelein R M, Lam T P, Zheng Y P. (2021). *3D ultrasound imaging provides reliable angle measurement with validity comparable to X-ray in patients with adolescent idiopathic scoliosis*. Journal of orthopaedic translation, 19;29:51-59.
- Lorella B, Marzia S, Luigi P, Mario C.(2023).*Scoliosis Management through Apps and Software Tools*.International Journal of Environment Research in Public Health, 20(8): 5520.
- Ohba, T.; Goto, G.; Tanaka, N.; Oda, K.; Katsu, M.; Takei, H.; Koyama, K.; Oba, H.; Haro, H. (2022) *Upper Extremity Skeletal Muscle Mass Asymmetry Exacerbated by Shoulder Imbalance in Lenke1A Adolescent Idiopathic Scoliosis*. Journal of Clinical Medicine, 11, 7117.
- Ma H H, Tai C L, Chen L C,Niu C C,Chen W J, Lai P L. (2017)*Application of two-parameter scoliometer values for predicting scoliotic Cobb angle*. BioMedical Engineering OnLine, 16: 136
- Mentiplay, B.F., Clark, R.A., Mullins, A. et al. (2013)*Reliability and validity of the Microsoft Kinect for evaluating static foot posture*. J Foot Ankle Res,6, 14.
- Милинковић З Б, Стефановић В Б.(2004)*Кичмени стуб*. Народна књига.
- Павловић М.(2013)*Кинезитерапија неуромишићних дисфункција*.Аутроско издање. Београд, стр 24-26.
- Rozilene M C A, Estevam B. L. C., Antônio E M. P, Marcelo G, João M R S T. (2016). *Non-invasive Methods of Computer Vision in the Posture Evaluation of Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review*. Journal of Bodywork and Movement Therapies.
- Scoliosis Resarch Society (2002). Screening Procedure Guidelines for Spinal Deformity.
- Tan KJ, Moe MM, Vaithinathan R, Wong HK. (2009).*Curve progression in idiopathic scoliosis: follow-up study to skeletal maturity*. Spine, 1;34(7):697-700. doi: 10.1097/BRS.0b013e31819c9431. PMID: 19333102.
- Torres PAR, Castilho AM, Lopes KRC, Pellizzoni L, Righesso O, Falavigna A. (2022). *Is Shoulder Imbalance a Useful Parameter in the Screening of Idiopathic Scoliosis? A Preliminary Study*. Rev Bras Ortop (Sao Paulo). 8;58(4):e625-e631. doi: 10.1055/s-0042-1749462. PMID: 37663184; PMCID: PMC10468233.
- Trovato B, Roggio F, Sortino M, Zanghi M, Petrigna L, Musemeci R, Musemeci G. (2022)*Postural Evaluation in Young Healthy Adults through a Digital and Reproducible Method* . Journal of Functional Morphology and Kinesiology, 7, 98.
- Trzcinska S, Kuszewski M, Koszela K.(2022) *Analysis of Posture Parameters in Patients with*

Idiopathic Scoliosis with the Use of 3D Ultrasound Diagnostic. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19,4750.

Watanabe K, Aoki Y, Matsumoto M. (2019) *An Application of Artificial Intelligence to Diagnostic Imaging of Spine Disease: Estimating Spinal Alignment From Moiré Images*, 16(4): 697–702

Weinstein SL, Dolan LA. (2015) *The Evidence Base for the Prognosis and Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis: The 2015 Orthopaedic Research and Education Foundation Clinical Research Award*. J Bone Joint Surg Am. Nov 18;97(22):1899-903. doi: 10.2106/JBJS.O.00330. PMID: 26582623; PMCID: PMC6951844.

Willner S. (1978) *Moiré topography--a method for school screening of scoliosis*. Archives of orthopaedic and traumatic surgery, 95(3):181-5

Yaman O, Dalbayrak S. (2014). *Idiopathic Scoliosis*. Journal of the Turkish Neurosurgery, 24, 5, 646-657.

Yang Y, Pu F, Li Y, Li S, Fan Y, Li D. (2014) *Reliability and Validity of Kinect RGB-D Sensor for Assessing Standing Balance*. IEEE Sensors Journal.

Zhang H, Wang B, Wu A, Huang C, Pan X, Chen B, Ni L, Shi Y, Meftah ZAM, Wang X. (2023). *Assessment of Neck Imbalance in Adolescent Idiopathic Scoliosis Patients: A Cross-Section Study Based on Body Image of 115 Patients with Main or Double Thoracic Curve*. Orthop Surg. 15(2):572-578. doi: 10.1111/os.13583. Epub 2022 Nov 23. PMID: 36419322; PMCID: PMC9891929.

Zheng, Y., Lee, T., Lai, K., Yip, B., Zhou, G., Jiang, W., Cheung, J., Wong, M., Ng, B., Cheng, J. and Lam, T. (2016). *A reliability and validity study for Scolioscan: a radiation-free scoliosis assessment system using 3D ultrasound imaging*. *Scoliosis and Spinal Disorders*, 11(1).

Зеџ Ж. (2003) *Основи кинезиологије*. Висока здравствена школа струковних студија. Београд.