

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 856

**MJERENJE ZAKRIVLJENOSTI U
RENDGENSKIM SLIKAMA KRALJEŠNICE**

Martina Lukežić

Zagreb, lipanj 2009.

Sadržaj

Uvod.....	1
1. Kralješnica	3
1.1. Vratna kralješnica	5
1.2. Deformacije kralješnice	6
1.2.1. Kifoza.....	7
1.2.2. Lordoza	8
1.2.3. Skolioza	8
2. Metode morfološke analize rendgenskih slika kralješnice	10
2.1. Cobbova metoda	11
2.2. Posterior tangent metoda	13
2.3. Statistička analiza	14
3. Programska implementacija.....	15
3.1. Osnovni razredi.....	15
3.2. Stvaranje, spremanje, otvaranje projekta.....	17
3.3. Mjerenje zakrivljenosti	20
3.4. Statistika skupa	22
4. Rezultati	24
5. Upute za korištenje	26
Zaključak	31
Literatura.....	32

Uvod

Nagli razvoj medicine i drugih znanosti je, uz ostale faktore, usko vezan i uz razvoj računarske znanosti. Računala omogućavaju brzu obradu velike količine informacija, pa se koriste čak pri najjednostavnijim proračunima i dijagnosticiranjima.

Jedno od područja medicine u kojem računala imaju veliku ulogu je ortopedija. Ortopedija se bavi proučavanjem, sprječavanjem i liječenjem bolesti i ozljeda sustava za kretanje. Sam naziv ortopedija dolazi od grčkih riječi *orthos* što znači ravan, uspravan i riječi *paidion* što znači dijete. Naziv je dao francuski liječnik Nicolas Andry u svojoj knjizi objavljenoj 1741.godine pod naslovom „Ortopedija ili umijeće sprječavanja i korigiranja deformacije tijela u djece“.[1] Simbolom ortopedije je do današnjih dana ostala ilustracija mladog deformiranog stabla koje se u rastu ispravlja privezivanjem za ravan stup.

U današnje moderno doba gotovo svaka deseta osoba boluje od bolesti kralješnice. Bolovi znatno oštećuju kvalitetu života, a pacijenti pate od raznih poremećaja kao što su poremećaji sna, zamor, invalidnost, psihički poremećaji i dr. Čak vrlo male morfološke promjene u kralješnici i vratnoj kralješnici mogu utjecati na probleme s cirkulacijom, disanjem, glavoboljom. Mnogi stručnjaci smatraju da su sve učestaliji bolovi u leđima posljedica toga što je *homo erectus* postao *homo sedens* – čovjek danas većinu svojih djelatnosti obavlja sjedeći.

Dijagnostici bolesti i ozljeda koštano – zglobnog sustava bitno pridonosi radiološka dijagnostika. Iscrpnim analizama rendgenskih snimki pokušava se uočiti povezanost spola, dobi, zanimanja osobe, prirođene anomalije s njenim poteškoćama i bolovima. Također se sve češće analizira zakrivljenost kralješnice uz pomoć rendgenskih snimki uzetih nakon smrti, kako bi se došlo do novih spoznaja i rezultata koji bi mogle pomoći pri liječenju i sprječavanju širenja bolesti kod drugih pacijenata. Uz radiološku dijagnostiku, veliku ulogu imaju i računala koja se koriste pri raznim izračunima i procjenama zakrivljenosti

među kralješcima. Spremanje podataka u digitalnom formatu omogućava kliničkim djelatnicima da prate napredovanje kralježničke zakrivljenosti kroz serijska istraživanja.

Kako bi se olakšalo proučavanje zakrivljenosti i mjerenje specifičnih kuteva između kralješaka, u sklopu ovog završnog rada razvijen je programski alat koji učitava rendgenske slike kralješnice. Model vratne kralješnice sa sedam kralješaka se inicijalno postavlja na sliku te je korisniku omogućeno da namješta vrhove prema kralješcima vidljivim na slici (Sl.1). Na temelju postavljenih kralješaka računaju se mjere zakrivljenosti – Cobbov kut i kut dobiven posterior tangent metodom. Dobivenim podacima moguće je uočiti morfološke promjene kralješnice.

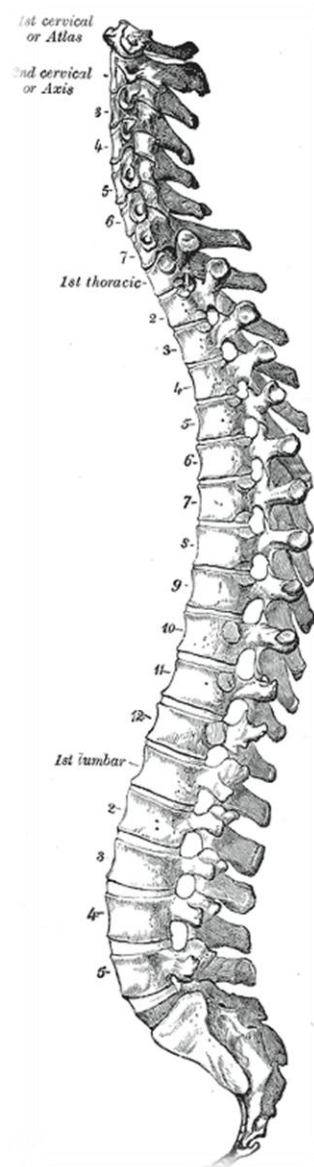


Sl.1 Primjer označene vratne kralješnice

Iako računala imaju veliku primjenu i gotovo je nezamislivo raditi bez njih, još uvijek nije u potpunosti istraženo da li računalno identificirane morfološke promjene pridonose boljem prepoznavanju kroničnih bolesti u čovjeka. [2]

1. Kralješnica

Kralješnica, lat. *columna vertebralis*, tvori osnovicu tijela. Oblikovana je od 33 do 34 kralješka, *vertebrae* i međukralješničkih ploča, *disci intervertebrales*. Kralješci se dijele na sedam vratnih kralješaka, *vertebrae cervicales*, dvanaest prsnih, *vertebrae thoracicae*, pet slabinskih, *vertebrae lumbales*, pet križnih, *vertebrae sacrales* – srasli u križnu kost i četiri do pet trtičnih kralješaka, *vertebrae coccygeae* – srasli u trtičnu kost. Križne i trtične kralješke ubrajamo u neprave kralješke, dok ostale nazivamo pravim kralješcima.



Sl.1.1 Kralješnica

Kralješnica se odlikuje statičkom funkcijom – podupiranje trupa, dinamičkom – kretanje trupa, te zaštitnom funkcijom središnjeg živčanog sustava – leđne moždine. Patologija i problematika kralješnice vezane su upravo uz takvu specifičnost funkcije kralješnice. Patologija kralješnice koja bolesnika dovodi do ortopedu stoga je vezana uz :

- bolne sindrome zbog oštećenja koštano-zglobnih struktura kralješnice
- bolne sindrome i živčane ozljede unutar kralješničkog kanala
- deformacije kralješnice kao posljedice različitih patoloških procesa.

Stoga je prilikom procjene bolesnika s vertebralnom patologijom nužno poznavati neke patoanatomske značajke kralješnice.

Kralješnica se razvija iz jednog zavoja u sagitalnoj ravnini, koji je konveksan prema naprijed. Normalna kralješnica odraslog čovjeka ima četiri zavoja (kurvature). Vratni i slabinski zavoj su konveksni prema naprijed, dok su prsni i križni zavoj konveksni prema natrag. Zavoji nastaju opterećivanjem pri stajanju i sjedenju, u ovisnosti o okoštalosti kralješaka. Prisutni su od desetog mjeseca života, no konačni oblik kralješnica dobiva tek nakon puberteta. Zavoji čine vrlo složen i balansiran sustav koji se međusobno kompenzira i ima veliku važnost u očuvanju povoljne statistike kralješnice. Pretjerana zakrivljenost kralješnice može uzrokovati neke patološke promjene kao što su kifoza, lordoza i skolioza.

Građa kralješnice često se uspoređuje s konstrukcijom sastavljenom od triju stupova. Prednji stup tvore trupovi kralješaka i intervertebralni diskovi, a dva stražnja stupa tvore intervertebralni zglobovi. Gibljivost joj je ograničena svezama između dvaju susjednih kralješaka. Sve navedene strukture povezuju dva susjedna kralješka u jednu dinamičku cjelinu, „vertebralni dinamički segment“. Kretanje kralješnice zbivaju se u sve tri ravnine u prostoru, tj. oko tri osi :

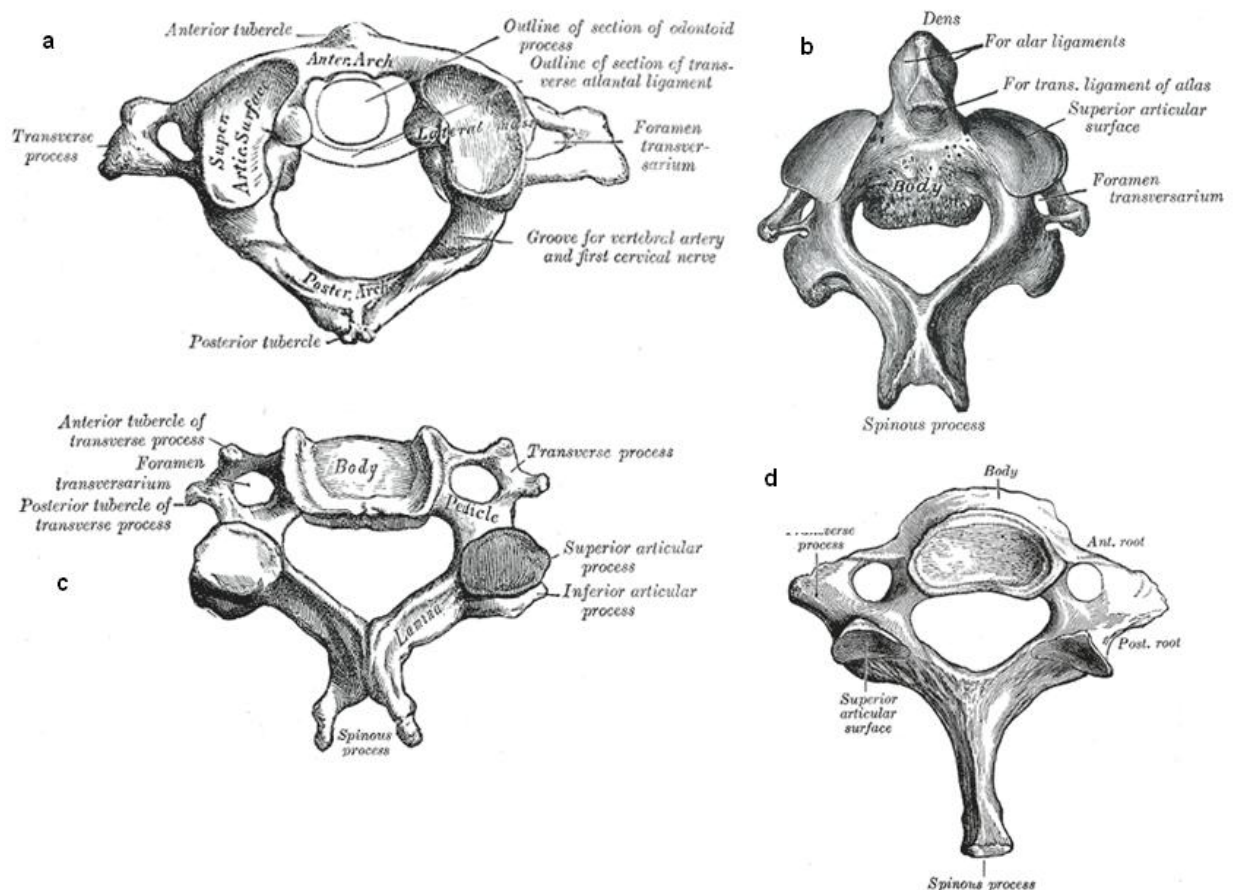
- oko frontalne osi – inklinacija i reklinacija (naprijed, natrag),
- oko sagitalne osi – laterofleksija u desno i lijevo,
- oko uzdužne osi – rotacija u desno i lijevo.

Zglobovi i diskovi vratnog i slabinskog dijela kralješnice građeni su tako da omogućuju maksimalnu pokretljivost uz zadovoljavajuću stabilnost kralješnice. Stoga su ti dijelovi posebno dinamički opterećeni. Najveća se koncentracija opterećenja nalazi na prijelazima

između gibljivog segmenta kralješnice (vratne i lumbalne kralješnice), torakalne kralješnice, te između gibljive lumbalne kralješnice i potpuno rigidnog sakruma. Upravo na tim mjestima najčešće susrećemo različite oblike deformacija, te degenerativne promjene kao rezultat mehaničkog preopterećenja.

1.1. Vratna kralješnica

Među vratnim kralješcima posebno razlikujemo prvi, *atlas*, drugi, *axis* i sedmi, *vertebra prominens*, jer između trećeg i šestog kralješka postoje neznatne razlike. Označavaju se još i oznakama C1 do C7.



Sl.1.2 Vratni kralješci – a) atlas, b) axis, c) kralješci C3-C6, d) vertebra prominens

Atlas ili prvi vratni kralješek razlikujemo od ostalih jer mu nedostaje tijelo. Razlikujemo samo dva luka, manji, *arcus anterior* i veći, *arcus posterior*. Na oba luka u medijalnoj

ravnini postoje malene izbočine. Postranično od vrlo širokog otvora nalaze se zglobne ploštine. Gornja je zglobna ploština udubljena i njezin je medijalni rub često oskudno izražen, a ponekad je podijeljen na dva dijela. Donje zglobne ploštine su ravne ili tek neznatno udubljene te su četverokutnog oblika. Na unutrašnjoj ploštini nalazi se dio sa zglobnom ploštinom. *Atlas* nosi lubanju, odgovoran je za ovjes, ravnotežu i upravljanje kralješnicom i ljudskim kosturom. Gotovo kod svih ljudi je iščašen, što uzrokuje teške smetnje i promjene.

Axis ili drugi vratni kralješak ima posebnu značajku, *dens axis*. Tijelo drugog vratnog kralješka na gornjoj ploštini nosi nastavak poput zuba, *dens axis*, koji završava okruglastim vrhom. Na prednjoj i stražnjoj ploštini zuba nalaze se zglobne ploštine. Postranične zglobne ploštine spuštaju se lateralno i vrlo su složenog oblika. Zbog uzglobljenja prvog i drugog vratnog kralješka važnu ulogu ima hrskavični oblog.

Izolirani prijelomi luka drugog vratnog kralješka najčešće nastaju prilikom prometnih nesreća pa ih treba razlikovati od varijacija *atlase*. Položaj zuba *axisa* prema tijelu kralješaka ovisi o zavoju vratne kralješnice. Zbog izravne lordoze kralješnice zub može biti pomaknut natrag pa svojom uzdužnom osi zatvara kut s okomicom povučenom kroz tijelo drugog vratnog kralješka.

Sedmi vratni kralješak je poseban po tome što ima veliki stražnji nastavak. To je prvi nastavak kojeg možemo napipati na kralješnici. Zbog toga je i nazvan *vertebra prominens*. Ako poprečni nastavci sedmog vratnog kralješka nisu dobro razvijeni i osnovica rebra nije dovoljno spojena, tada se iz te osnovice razvija zasebni dio koji je odvojen od kralješka. Ako je pak rebrena osnovica prerazvijena, nastaje vratno rebro.

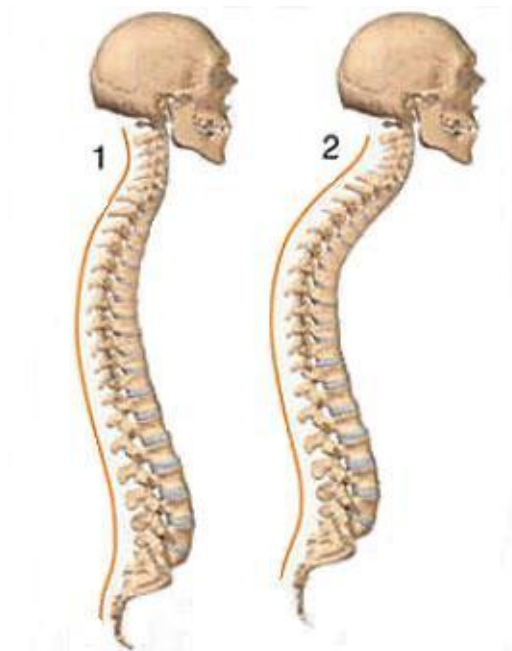
1.2. Deformacije kralješnice

Deformacije kralješnice čine najopsežnije poglavlje patologije kralješnice. Razlikuju se trodimenzionalne deformacije (skolioze), te deformacije u jednoj ravnini (lordoze i kifoze).

1.2.1. Kifoza

Kralješnica odrasla čovjeka, gledana sa strane, ima oblik dvostrukog savijenog slova „S“, što za biomehaniku kralješnice ima bitno značenje. Kada izbočenja kralješnice prema natrag prelazi fiziološke granice (20 do 45 stupnjeva), govorimo o kifozi (Sl.1.3). Ponekad se takvo stanje naziva hiperkifoza. Hipokifoza je kifoza manja od 20°.

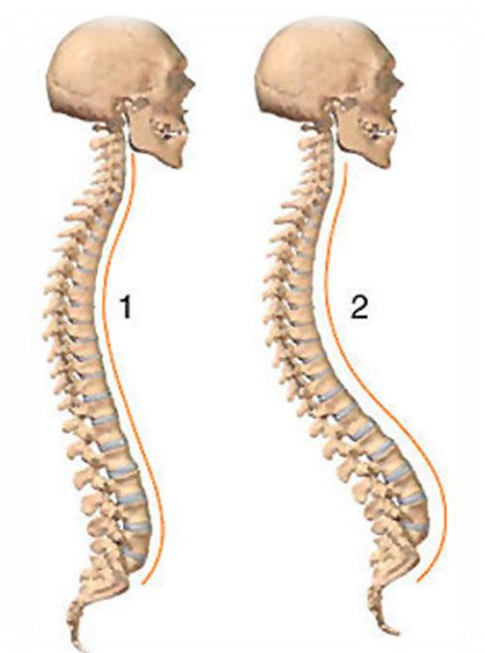
Točan uzrok nastanka kifoze nije poznat. Ona može nastati zbog oštećenja prednjeg nosećeg stupa (infekcija, prijelomi, osteoporoza), malformacija kralješaka, a spominju se i neuromuskularni uzroci.



Sl.1.3 Normalna kralješnica i kralješnica s kifozaom

1.2.2. Lordoza

Lordoze predstavljaju krivine kralješnice izbočene prema naprijed (Sl.1.4). Neke oblike lordoze susrećemo kod gojazne djece, a nije rijetkost ni kod mršave koja imaju neočekivano veliki trbuh zbog opuštenih trbušnih mišića. Prave lordoze su vrlo rijetke i najčešće su prateći simbol druge bolesti. Npr. lordoze lumbalne kralješnice su gotovo uvijek samo kompenzacija torakalne kifoze.



Sl.1.4 Normalna kralješnica i kralješnica s lordozom

1.2.3. Skolioza

Ljudska kralješnica, gledana sprijeda ili straga, je ravna, bez ikakvih postraničnih zavoja. Ako postoji postranični zavoj, govorimo o skoliozi (Sl.1.4). Razlikujemo strukturnu i nestrukturnu skoliozu.

Strukturne skolioze su složene, trodimenzionalne deformacije kralješnice. Prisutna je rotacija kralješnice i torzija kralješaka. Rotacija predstavlja okretanje kralješnice oko uzdužne osi, a torzija uvrtnje jednog dijela kralješka prema drugom dijelu. Deformacija u frontalnoj ravnini uzrokuje postranično savijanje kralješnice, deformacija u sagitalnoj

ravnini dovodi do udružene lordoze i kifoze, dok deformacija u horizontalnoj ravnini uzrokuje torziju kralješaka i rotaciju kralješnice s pripadajućim rebrima.

Kod nestrukturnih skolioza nema rotacije i torzije. Tu spadaju antalgiczne skolioze koje se pojavljuju kod boli u trbuhu, i posturalne skolioze, tzv. nepravilno ili skoliotično držanje. Radi se o anomaliji držanja tijela, tj. skolioza je fleksibilna i može se korigirati promjenom položaja tijela ili voljnom kontrakcijom mišića. Danas se izbjegava izraz „loše držanje“, već se odmah određuje radi li se o skoliotičnom ili kifotičnom držanju ili o strukturalnoj deformaciji.

Skolioza se liječi po individualnom programu za svakog bolesnika. Kao dominantno sredstvo liječenja danas su prihvaćene ortoze, tj. steznici. Fizikalna terapija se primjenjuje samo kao dodatno sredstvo liječenja i kao mjera općeg jačanja organizma. Neke skolioze je potrebno operirati, npr. ako dođe do teških deformacija prsnog koša koje uzrokuju oštećenje plućne funkcije.



Sl.1.4 Normalna kralješnica i kralješnica sa skoliozom

2. Metode morfološke analize rendgenskih slika kralješnice

Tijekom morfološke analize kralješnice proučavaju se razni parametri i faktori i pokušava se uočiti povezanost među njima. Svakodnevnim analizama dolazi se do novih saznanja, koja se uspoređuju s dosadašnjim rezultatima, poboljšavaju ih, ili pak mijenjaju čitavo stanje stvari. Tome su svoj doprinos također dale nove tehnologije, unaprijeđeni uređaji, nove spoznaje i činjenice. Mogućnost da se kvantitativno opišu karakteristike zakrivljenosti kralješnice, izračunaju kutevi između određenih segmenata, odrede točke savijanja i maksimum zakrivljenosti, pokazuju na to da se procjena zakrivljenosti kralješnice poboljšala otkako su se počela koristiti računalom potpomognuta mjerenja. Ipak, u nekim slučajevima je preporučljivo koristiti tradicionalne metode. Dobar primjer je prisutnost deformacije kralješaka ili frakture kod žena u post-menopauzi ili kod osoba s osteoporozom, što može uvelike otežati mjerenje zakrivljenosti kralješnice. Tada je na liječniku da donose odluku o najboljoj opciji mjerenja za procjenu i praćenje raznih tipova kralješničkih deformacija, kako ne bi došlo do pogreške prilikom terapijskih ili kirurških intervencija.

Proučavanjem deformacija kralješnice i bolesti promatrane su različite skupine ljudi raspoređene po spolu, dobi, zanimanju, boli u pojedinom dijelu kralješnice i sl. Analiziraju se i izdvajaju zajedničke karakteristike svake skupine, uspoređuju se s drugim promatranim skupinama te se na temelju toga donose zaključci o pojedinoj bolesti ili problemu. Opsežna klinička i eksperimentalna istraživanja još nisu uspjela otkriti uzrok idiopatskih skolioza, ali su uspjela odrediti nekoliko značajnih čimbenika. Genetski se faktor oko 8 puta češće očituje kod žena nego kod muškaraca. Važni su i metabolički faktori, biomehanički faktori i faktori rasta. Uočeno je da se u adolescenata najčešće pojavljuju desne torakalne i lijeve lumbalne skolioze, ili pak njihova kombinacija – dvostruke skolioze. Što se pak adolescentne kifoze tiče, ona je dva puta češća u dječaka nego u djevojčica. Uspoređivanjem grupe s bolovima u vratnoj kralješnici i normalne grupe, kod grupe s bolovima zabilježena je hipolordoza i veći radijusi zakrivljenosti u odnosu na normalnu grupu.

Danas se pri analizi rendgenskih slika kralješnice u većini slučajeva koriste Cobbova metoda i posterior tangent metoda, tj. metoda stražnjih tangenti. Obje metode mjere kuteve zakrivljenosti među kralješcima. Pritom je važno imati na umu da vrijednosti kuteva nisu svaki puta iste kada se uzmu rendgenske snimke, budući da kutevi ovise o poziciji pacijenta, načinu na koji je rendgenska snimka slikana te o načinu na koji su linije povučene. Zbog toga se odluke o mjerama i načinu terapije ne bi smjele donositi na temelju samo jednog mjerenja i manjih promjena.

2.1. Cobbova metoda

Prilikom analize rendgenskih slika radi utvrđivanja iskrivljenosti kralješnice, metoda koja se najčešće koristi jest Cobbova metoda mjerenja zakrivljenosti. Postupak mjerenja vezan je uz rendgensku snimku kralješnice u anteroposteriornj projekciji (od sprijeda prema straga) u ležećem ili stojećem položaju. Također se koristi i na lateralnim rendgenskim slikama. Cilj metode je odrediti gornji i donji završni kralješak krivine, kojima se smatraju oni koji imaju maksimalni nagib prema konveksitetu krivine. Mjerenje se vrši na način da se povuku dvije linije koje prolaze gornjim rubom superiornog kralješka krivine i donjim rubom inferiornog kralješka krivine. Sredinom navedenih kralješka povuku se okomice na te linije koje se sijeku. Kut koje one zatvaraju predstavlja kut zakrivljenosti. Njime se određuje stupanj skolioze, lordoze ili kifoze.

Kod analize vratne kralješnice najčešće se mjeri Cobbov kut između gornjeg ruba drugog (C2) i donjeg ruba sedmog vratnog kralješka (C7) (Sl.2.1). Ako gornji brid kralješka gledamo kao vektor $\vec{a}$, a donji kao vektor $\vec{b}$, traženi kut je kut između ta dva vektora:

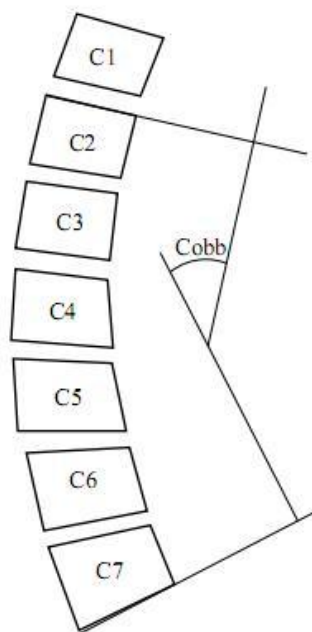
$$\cos \alpha = \frac{\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}}{|\mathbf{a}||\mathbf{b}|} \quad (1.1)$$

gdje brojnik predstavlja skalarni produkt vektora $\vec{a}$ i $\vec{b}$

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = a_x b_x + a_y b_y \quad (1.2)$$

a nazivnik umnožak duljina vektora

$$|a| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \quad (1.3)$$



Sl.2.1 Cobbov kut vratne kralješnice

Mjerenja se obavljaju i između prvog i sedmog kralješka te segmentalno – između svakog pojedinog kralješka. Najznačajniji je kut između C2 i C7 zbog toga što je kralješak C1 nepravilan u odnosu na ostale kralješke; nedostaje mu tijelo, često je iščašen i teško je uočljiv na redganskim slikama. Upravo zbog toga u većini slučajeva Cobbova metoda mjerenja između C1 i C7 precjeni vratnu zakrivljenost. U nekim slučajevima kut C1-C7 podcjenjuje vratnu zakrivljenost.

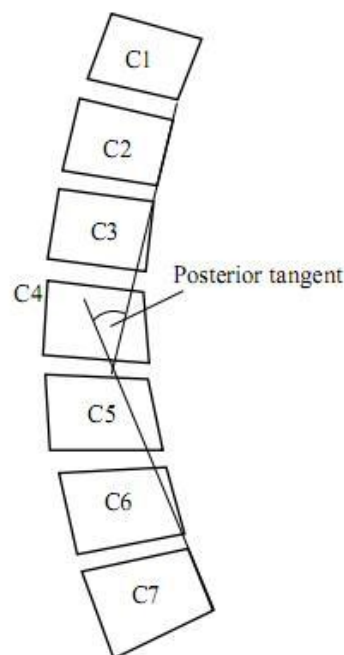
Analizom rendgenskih slika kralješnice pokušavaju se shematizirati principi liječenja deformacija. Za skoliotična zakrivljenja do 30° prema Cobbu preporučuje se slobodni režim liječenja – stalni nadzor i preporuka aktivnog bavljenja sportom. Za zakrivljenosti od 30 - 50° primjenjuju se ortoze uz medicinsku gimnastiku i bavljenje sportom. Za sve ostale zakrivljenosti preko 50° preporuča se kirurško liječenje. U nekim slučajevima se kirurško liječenje primjenjuje odmah čim zakrivljenje dosegne 45°. Kod kifoze i lordoze, zbog

postojanja fizioloških zavoja kralješnice u sagitalnoj ravnini, teško je razlučiti „normalno“ od patološkog. Zbog toga se „normalnim“ smatra zakrivljenost koja se najčešće susreće – torakalna kifoza od 20° do 45° i lumbalna lordoza 40° do 60° . Sva odstupanja od navedenih kuteva predstavljaju deformacije.

2.2. Posterior tangent metoda

Posterior tangent metoda je druga važna metoda koja se koristi pri mjerenju zakrivljenosti kralješnice. Mjerenje se vrši tako da se povuku stražnje tangente kralješaka, tj. povuku se linije koje prolaze stražnjim rubom odabranih kralješaka. Odatle i naziv posterior tangent metoda, tj. metoda stražnjih tangenti. Kut zakrivljenosti je kut između tih tangenti.

Kao i kod Cobbove metode, prilikom analize vratne kralješnice najčešće se mjeri kut između C2 i C7 (Sl.2.2) te kutevi između svakog pojedinog kralješka. Dok je kod Cobbove metode česta pojava precjenjivanja ili podcjenjivanja zakrivljenosti kralješnice, istraživanja su pokazala da je posterior tangent metoda nešto preciznija. Dokazano je da posterior tangent metoda ima manji standard pogreške i točnije opisuje zakrivljenost vratne kralješnice od Cobbove metode.[3]



Sl.2.2 Kut dobiven posterior tangent metodom

2.3. Statistička analiza

Proučavanje kako određeni faktor utječe na zakrivljenost kralješnice, ili bilo kakve druge promjene, u većini slučajeva se provodi na skupu koji sadrži veći broj rendgenskih slika. Izmjere se željeni podaci na osnovu kojih se izračunaju statističke komponente korisne pri kvantitativnom istraživanju neke masovne pojave. Kod analize zakrivljenosti kralješnice korisno je izračunati aritmetičku sredinu i standardno odstupanje.

Aritmetička sredina je prosječna vrijednost nekog numeričkog obilježja, u ovom slučaju izdvojenih kuteva. Dobiva se dijeljenjem sume članova i broja članova skupa:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (1.4)$$

Standardno odstupanje ili standardna devijacija aritmetičke sredine je mjera za disperziju rezultata oko srednje vrijednosti. Interpretira se kao prosječno odstupanje od prosjeka apsolutnog iznosa:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (1.5)$$

Konačni rezultat bilježi se u obliku:

$$x = \bar{x} \pm \sigma_x \quad (1.6)$$

3. Programska implementacija

U okviru završnog rada bilo je potrebno razviti programsku potporu koja služi kao pomoć liječniku pri analiziranju zakrivljenosti kralješnice i mjerenju kuteva opisanim metodama. Razvijena aplikacija napisana je u programskom jeziku C# uz upotrebu .NET 3.0 programskih biblioteka, a kao razvojno okruženje korišten je Microsoft Visual Studio 2008. Za izradu grafičkog sučelja aplikacije korištene su Windows Forms biblioteke koje su dio .NET Frameworka.

Prvi korak bio je osmišljavanje izgleda aplikacije. Jedini zahtjev kojim se trebalo voditi je da aplikacija ima mogućnosti kao i većina današnjih desktop aplikacija te da bude jednostavna za korištenje.

Osnovna ideja je da se liječniku (korisniku) omogući učitavanje više rendgenskih slika koje se mogu grupirati u logički povezane skupine, npr. skupina glazbenika, sportaša, žena s osteoporozom i sl. Svaka skupina predstavlja jedan projekt koji, osim učitanih slika, obuhvaća dobivene podatke (karakteristične kuteve) za svaku sliku i cijeli skup. Ti podaci omogućavaju da se provede statistička analiza skupine, ili pak različite usporedbe među skupinama.

3.1. Osnovni razredi

Kraljesak

Razred `Kraljesak` sastoji se od liste točaka. Svaka točka predstavlja jedan vrh kralješka. Unutar razreda implementirane su metode `crtaj(Graphics g)` i `selektirajTočku(Point p)`. Metoda `crtaj(Graphics g)` iscrtava kralješke na učitanoj slici, a na svakom vrhu kralješka iscrtava mali kvadratić kako bi vrhovi bili uočljiviji i lakše označeni. Radi lakšeg snalaženja prilikom pomicanja (da se ne zamijeni redoslijed bridova), postavlja oznake na svaki brid kralješka.

Ispitivanje je li označen vrh kralješka ostvareno je na način da se ispituje preklapa li se točka na koju je kliknuto mišem s malim kvadratićem na vrhu. To je implementirano u metodi `selektirajTocku(Point p)`.

Kraljesnica

Razred `Kraljesnica` sadrži listu kralješka koji tvore kralješnicu, te varijable `slika`, `imeSlike` i `biljeska`. Lista kralješka (kao i sve liste u ovom projektu) realizirane su generičkim C# tipom, u ovom slučaju je to `List<Kraljesak>`. Varijabla `slika` je tipa `Image` i sadrži sliku koja se prikazuje u komponenti `PictureBox`.

Konstruktor kralješnice

```
public Kraljesnica(String _putanja)
{
    slika = Image.FromFile(_putanja);
    imeSlike = new FileInfo(_putanja).Name;
    int brojKraljesaka = 7;

    kraljesci = new List<Kraljesak>();

    //postavljanje osnovnog oblika kraljesnice
    //svaki kraljesak se dodaje u listu kraljesaka kraljesci
    for (int i = 0; i < brojKraljesaka; i++)
    {
        //koordinata kraljeska
        Kraljesak k = new Kraljesak(i * 20, i * 95);
        kraljesci.Add(k);
    }
}
```

Razred sadrži metode za pomicanje točaka, tj.vrhova kralješka, računanje Cobbovog i posterior tangent kuta. Unutar razreda su također implementirane metode važne za statističku analizu – računanje srednje vrijednosti i standardne devijacije. Navedene metode detaljnije su objašnjene kasnije u tekstu.

Projekt

Razred `Projekt` sastoji se od liste kralješnica i varijabli `trenutnaKraljesnica` i `datoteka`. U listi kralješnica nalaze se sve kralješnice trenutnog projekta. Implementirana je metoda za serijalizaciju podataka koja se koristi kod spremanja projekta u datoteku i

metoda za deserijalizaciju koja se koristi kod učitavanja projekta iz datoteke. Varijabla `trenutnaKraljesnica` je tipa `Kraljeznica` i sadrži sve podatke o kralješnici koja je trenutno aktivna (ime slike, model kralješnice, bilješku i sl.).

3.2. Stvaranje, spremanje, otvaranje projekta

Novi projekt kreira se metodom `kreirajNoviProjekt()`. Stvara se novi objekt `p` tipa `Projekt`. Kako je projekt tek stvoren, lista kralješnica od koje se projekt sastoji je prazna.

Metoda `menuDodajSliku_Click(object sender, EventArgs e)` dodaje sliku u projekt odabirom *Uredi → Dodaj sliku u projekt* u glavnom izborniku. Inicijalno je postavljeno da se datoteka traži u direktoriju My Documents, a datoteke koje se mogu učitati moraju imati ekstenziju .JPG ili .JPEG. Unutar navedene metode poziva se metoda `otvoriSliku(odabranaSlika)` koja kao parametar prima punu putanju slike. Stvara se novi objekt `kraljesnica`, slika se učitava u `PictureBox` komponentu te se na sliku postavlja osnovni model kralješnice. Kako razvijena aplikacija služi za analizu rendgenskih slika vratne kralješnice, postavlja se osnovni model sa sedam kralješaka. Naziv slike dodaje se u `TreeView` komponentu, a kralješnica u listu kralješnica projekta.

C# metode koje služe za dodavanje slike

```
private void menuDodajSliku_Click(object sender, EventArgs e)
{
    tsStatistika.Enabled = true;
    tsSvojstva.Enabled = true;
    string odabranaSlika = "";

    //trazi sliku u My Documents
    openFD.InitialDirectory =
System.Environment.GetFolderPath(Environment.SpecialFolder.Personal)
;
    openFD.Title = "Odaberi sliku";
    openFD.FileName = ""; //postavlja se ime slike sa
cijelom putanjom

    openFD.Filter = "JPEG (*.JPG,*JPEG)|*.jpg; *.jpeg";

    if (openFD.ShowDialog() != DialogResult.Cancel)
    {
        odabranaSlika = openFD.FileName; //putanja slike
        otvoriSliku(odabranaSlika);
    }
}
```

```

    }
}
private void otvoriSliku(String putanja)
{
    Kraljeznica kraljesnica = new Kraljesnica(putanja);
    dodajKraljesnicuUTreeView(kraljesnica);
    trenutniProjekt.kraljesnice.Add(kraljesnica); //dodaj
    kraljesnicu u listu kraljesnica
}

```

Iscrtani model kralješnice možemo pomicati po slici. Implementirane su dvije mogućnosti pomicanja. Jedna je pomicanje označenog vrha, gdje novi vrh postaje mjesto na kojem smo pustili tipku miša nakon pomicanja. Druga mogućnost je pomicanje cijelog modela kralješnice. To je implementirano u metodi `pictureBox1_MouseMove` (`object sender`, `System.Windows.Forms.MouseEventArgs e`). Računa se relativni pomak od točke na koju smo kliknuli mišem do točke na kojoj smo pustili tipku.

C# izvorni kod koji računa relativni pomak pri pomicanju cijelog modela kralješnice

```

if (checkBox1.Checked)
{
    if (pozicijaKlika.X != 0 && pozicijaKlika.Y != 0)
    {
        relativniPomak.X = e.X - pozicijaKlika.X;
        relativniPomak.Y = e.Y - pozicijaKlika.Y;

        trenutniProjekt.trenutnaKraljesnica.pomakniSve(relativniPomak);

        pozicijaKlika.X = e.X;
        pozicijaKlika.Y = e.Y;
    }
}

```

Osim dodavanja slika, omogućeno je i spajanje projekata. Trenutni projekt možemo spojiti s nekim drugim projektom tako da se trenutnom doda željeni projekt koji postoji negdje na računalu. To je implementirano u metodi `dodajProjekt` (`Projekt projekt`), koja se poziva iz metode `menuDodajProjekt_Click` (`object sender`, `EventArgs e`). Sve slike odabranog projekta dodaju se trenutnom projektu i u komponentu `TreeView` gdje se nalazi popis svih slika trenutnog projekta. Metoda `menuDodajProjekt_Click` je gotovo ista kao i metoda za dodavanje slika, razlika je u tome što je postavljen novi filter za datoteke – projekti su datoteke ekstenzije `.kpf` (kralješnički projektni file).

Brisanje slika implementirano je u metodi `ObrisiSliku()`. Odabrana slika se briše iz liste kralješnica i iz popisa slika trenutnog projekta.

Postoje dva načina spremanja projekta, ovisno o tome koja je opcija odabrana pri korištenju aplikacije. Prvi je spremanje promjena u projektu na isto mjesto, tj. ažuriranje trenutnog projekta (novi podaci se prepisuju preko starih), a drugi je spremanje projekta pod drugim nazivom ili na drugo mjesto na računalu. Ako je odabrana opcija *Spremi*, a radimo s novim projektom koji još ne postoji na računalu, *Spremi* se ponaša kao da je odabrano *Spremi kao*. Poziva se metoda `menuSpremiKao_Click(object sender, EventArgs e)`, otvara se File Dialog gdje upisujemo naziv projekta i odabiremo mjesto na koje želimo spremiti projekt. Kod spremanja projekta koristi se serijalizacija podataka koja je ugrađena u .NET Framework. Kako bi mogli koristiti ugrađenu serijalizaciju, potrebno je ostvariti da razredi `Projekt`, `Kraljesnica` i `Kraljesak` nasljeđuju sučelje `ISerializable`. U svakom razredu spremaju se svi potrebni podaci za serijalizaciju – lista kralješnica, trenutna kralješnica, lista kralješaka, trenutni kralješak, lista točaka, trenutna točka, slika, putanja i bilješka.

Primjer metode koja obavlja serijalizaciju podataka u datoteku

```
public void GetObjectData(SerializationInfo info, StreamingContext
    ctxt) { info.AddValue("kraljesnice", kraljesnice);
           info.AddValue("trenutnaKraljesnica", trenutnaKraljesnica);
           }
```

Otvaranje već postojećeg projekta implementirano je u metodi `otvoriProjekt(Projekt proj)`. Prilikom otvaranja projekta svi spremljeni podaci se deserijaliziraju, odabrani projekt postaje trenutno aktivni projekt, a popis slika u `TreeView` komponenta sadrži slike koje se nalaze u projektu. Sada su nam dostupni svi podaci odabranog projekta, od označenih kralješaka do zapisanih bilježaka.

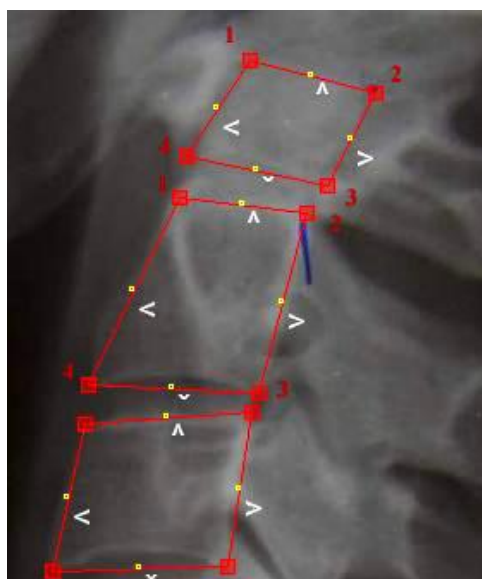
Primjer konstruktora koji se koristi pri deserijalizaciji

```
protected Projekt(SerializationInfo info, StreamingContext context)
{
    kraljesnice = (List<Kraljesnica>)info.GetValue(
        "kraljesnice", typeof(List<Kraljesnica>));
    trenutnaKraljesnica = (Kraljesnica)info.GetValue(
        "trenutnaKraljesnica", typeof(Kraljesnica));
}
```

3.3. Mjerenje zakrivljenosti

Za mjerenje zakrivljenosti kralješnice najčešće korištene metode su Cobbova metoda i posterior tangent metoda. Traženi kutevi računati su kao kutevi između vektora prema formuli (1.1), gdje je svaki brid kralješka jedan vektor.

Da bi uopće mogli izračunati tražene kuteve postupkom navedenim u poglavlju 2, najprije je potrebno izdvojiti sve gornje, donje i desne bridove. Kako kralješak ima četiri vrha koja se nalaze u listi točaka i pod pretpostavkom da redoslijed vrhova nije zamijenjen prilikom označavanja kralješaka, jednostavno možemo doći do željenih bridova. Gornji brid je vektor između prve i druge točke, donji između četvrte i treće, a desni između druge i treće. Pritom je potrebno paziti na indeksiranje vrhova i smjer vektora (Sl.3.1).



Sl.3.1 Označeni bridovi kralješaka

Lista gornjih bridova kralješka

```
public List<Vector> SviGornji
{
    get
    {
        List<Vector> lista = new List<Vector>();
        for (int i = 0; i < kraljesci.Count; i++)
        {
            Kraljesak k = kraljesci[i];
            lista.Add(new Vector(k.tocke[0], k.tocke[1]));
        }
        return lista;
    }
}
```

Za Cobbov kut kao parametri u metodu za računanje kuta između dva vektora predani su gornji i donji brid kralješka, a za posterior tangent kut dva desna brida. Radi lakšeg računanja, vektori su pomaknuti u ishodište na način da su od x i y koordinate završne točke oduzete x i y koordinate početne točke. Time smo dobili vektor koji ide iz ishodišta do novo dobivene točke.

C# metode koje računaju kut između dva vektora

```
public static double kutIzmedju(Vector v1, Vector v2)
{
    double skalarni = skalarniProdukt(v1, v2);
    double kut = Math.Acos(skalarni/(duljina(v1)*
        duljina(v2)));
    return pretvoriUStupnjeve(kut);
}

public static double pretvoriUStupnjeve(double k)
{
    return k * 180 / Math.PI;
}

public static double skalarniProdukt(Vector v1, Vector v2)
{
    // racuna se kao Ax * Bx + Ay * By
    return (v1.p.X * v2.p.X + v1.p.Y * v2.p.Y) ;
}

public static double duljina(Vector v)
{
    return Math.Sqrt(Math.Pow(v.p.X, 2)+Math.Pow(v.p.Y, 2));
}
```

Rezultati mjerenja prikazuju se u novom prozoru. Za svaku od metoda postoji tablica u kojoj su smješteni izračunati kutevi. Kako bi se lakše pronašao kut koji nas zanima, za Cobbovu metodu u prvom retku su navedeni svi donji bridovi (1.DONJI, ..., 7.DONJI), a u prvom stupcu svi gornji bridovi. Kod posterior tangent metode su u prvom retku i stupcu navedeni svi desni bridovi.

3.4. Statistika skupa

Tablični prikaz statistike za trenutni projekt otvara se u novom prozoru. U svaki redak tablice upisano je ime slike, maksimalni Cobbov kut, Cobbov kut između C2 i C7, maksimalni posterior tangent kut i posterior tangent kut između C2 i C7. Izdvojeni su točno ti kutevi zato jer su oni najznačajniji pri donošenju zaključaka i analiziranju zakrivljenosti kralješnice. Posljednja dva retka sadrže aritmetičku sredinu (srednju vrijednost) i standardno odstupanje za svaki navedeni kut. Aritmetička sredina i standardna devijacija izračunate su po formuli (1.4), odnosno (1.5), a u nastavku je navedena programska implementacija tih formula.

C# metode koje računaju srednju vrijednost i standardnu devijaciju

```
public static double srednjaVrijednost(List<Kraljesnica>
                                     kraljesnice, , String svojstvo)
{
    double sum = 0;

    foreach (Kraljeznica k in kraljeznice)
    {
        sum += (double)
            k.GetType().GetProperty(svojstvo).GetValue(k, null);
    }

    sum /= kraljesnice.Count;
    return sum;
}

public static double stdDevijacija(List<Kraljesnica> kraljesnice,
                                    String svojstvo)
{
    int n = kraljesnice.Count;

    double xSrednji = srednjaVrijednost(kraljesnice,
                                         svojstvo);

    double sum = 0;
```

```
foreach (Kraljesnica k in kraljesnice)
{
    double xi = (double)
        k.GetType().GetProperty(svojstvo).GetValue(k, null);
    sum += Math.Pow(xSrednji - xi, 2);
}
sum /= (n * (n - 1));
sum = Math.Sqrt(sum);

return sum;
}
```

4. Rezultati

Koristeći razvijeni programski alat, napravljeno je nekoliko projekata kako bi se napravila mjerenja zakrivljenosti vratne kralješnice te usporedili rezultati. Prilikom označavanja kralješaka zahtjeva se preciznost da ne bi došlo do precjenjivanja, odnosno podcjenjivanja zakrivljenosti. Zbog toga je svako mjerenje ponovljeno nekoliko puta, a rezultati koji su se činili kao najrealniji uzeti su prilikom usporedbe dviju različitih skupina.

Za prvo mjerenje napravljena su dva osnovna projekta – Glazbenici.kpf i Tesari.kpf. Cilj je bio usporediti dvije različite skupine ljudi te uočiti kako njihovo zanimanje utječe na morfološke promjene vratne kralješnice. Projekt Glazbenici.kpf sadrži 20 rendgenskih slika profesionalnih glazbenika koji pretežno rade sjedeći – *homo sedens*. Projekt Tesari.kpf čini poredbenu skupinu koja sadrži 20 rendgenskih slika tesara koji uglavnom rade stojeći i slobodnim ritmom rada. Skupine su izjednačene po dobi i spolu. Izmjereni rezultati su pokazali da srednja vrijednost za posterior tangent kut kod glazbenika iznosi 16.78° uz odstupanje za $\pm 3.12^\circ$, dok je kod tesara taj kut $28.05 \pm 2.58^\circ$. Uspoređivanjem svih rezultata obje skupine uočeno je da je alordoza (hipolordoza, „ravni vrat“) češća pojava kod glazbenika, odnosno osoba koje većinu vremena sjede (Sl.4.1). Kod njih su uočene i češće promjene u izgledu vratnih kralješaka i intervertebralnih diskova.

Za sljedeće mjerenje napravljeni su projekti Glazbenici.kpf i Glazbenice.kpf. Oba projekta sadrže jednak broj rendgenskih slika, osobe su izjednačene po dobi i zanimanju, a promatra se razlika između spolova. Na promatranom skupu je uočeno da je kod žena iste dobi i zanimanja češća pojava hipolordoze nego kod muškaraca. Zbog premalog broja rendgenskih slika za promatranje ne može se sa sigurnošću tvrditi točnost rezultata.

Ime slike	Max Cobb	Cobb 2-7	Max posterior tangent	Posterior tangent 2-7
Picture 009.JPG	28,04	13,47	29,4	12,69
Picture 2470.JPG	33,96	26,11	29,45	19,09
Picture 2471.JPG	35,5	25,38	51,02	23,81
Picture 2472.JPG	25,38	14,92	18,07	7,56
Picture 2473.JPG	41,08	33,69	53,95	42,05
Picture 2474.JPG	50,74	39,11	74,22	53,27
Picture 2476.JPG	29,04	7,33	27,82	14,02
Picture 2477.JPG	28,22	4,11	24,47	12,35
Picture 2478.JPG	23,29	9,98	12,39	12,39
Picture 2481.JPG	32,76	23,22	25,07	6,44
Picture 2482.JPG	19,42	4,77	24,58	7,52
Picture 2483.JPG	26,57	17,99	16,09	1,2
Picture 2487.JPG	34,81	13,76	16,5	3,9
Picture 2489.JPG	31,54	16,37	22,93	7,25
Picture 2491.JPG	40,89	29,29	24,89	9,45
Picture 2495.JPG	34,87	28,28	38,06	32,25
Picture 2497.JPG	43,15	36,6	55,82	34,5
Picture 2498.JPG	37,26	31,94	29,64	22,4
Picture 2500.JPG	31,25	19,34	30,36	6,65
Picture 2501.JPG	26,72	19,64	19,18	6,72
Srednja vrijednost	32,72	20,77	31,2	16,78
Stand. devijacija	1,67	2,33	3,55	3,12

Ime slike	Max Cobb	Cobb 2-7	Max posterior tangent	Posterior tangent 2-7
Picture 025.JPG	21,81	18,65	37,41	28,71
Picture 2505.JPG	35,42	24,53	33,24	15,64
Picture 2506.JPG	30,61	30,52	19,89	17,23
Picture 2507.JPG	43,01	33,8	53,71	33,67
Picture 2508.JPG	30,68	24,92	57,04	38,82
Picture 2509.JPG	62,04	48,89	58,21	35,5
Picture 2510.JPG	31,65	24,85	42,36	23,45
Picture 2511.JPG	28,32	15,01	31,24	16,95
Picture 2512.JPG	29,4	23,31	37,88	23,39
Picture 2513.JPG	33,14	31,36	50,41	40,38
Picture 2514.JPG	36,23	21,23	90	57,78
Picture 2515.JPG	22,04	8,59	20,22	11,14
Picture 2516.JPG	24,74	22,83	31,29	20,26
Picture 2517.JPG	28,36	5,43	34,43	13,97
Picture 2518.JPG	33,9	18,62	37,2	20,32
Picture 2519.JPG	38,28	30,63	52,23	36,18
Picture 2520.JPG	29,11	29,11	61,1	23,17
Picture 2521.JPG	49,63	29,22	57,9	37,9
Picture 2522.JPG	34,37	23,22	63,34	35,08
Picture 2523.JPG	28,55	20,27	38,18	31,39
Srednja vrijednost	33,56	24,25	45,36	28,05
Stand. devijacija	2,1	2,09	3,75	2,58

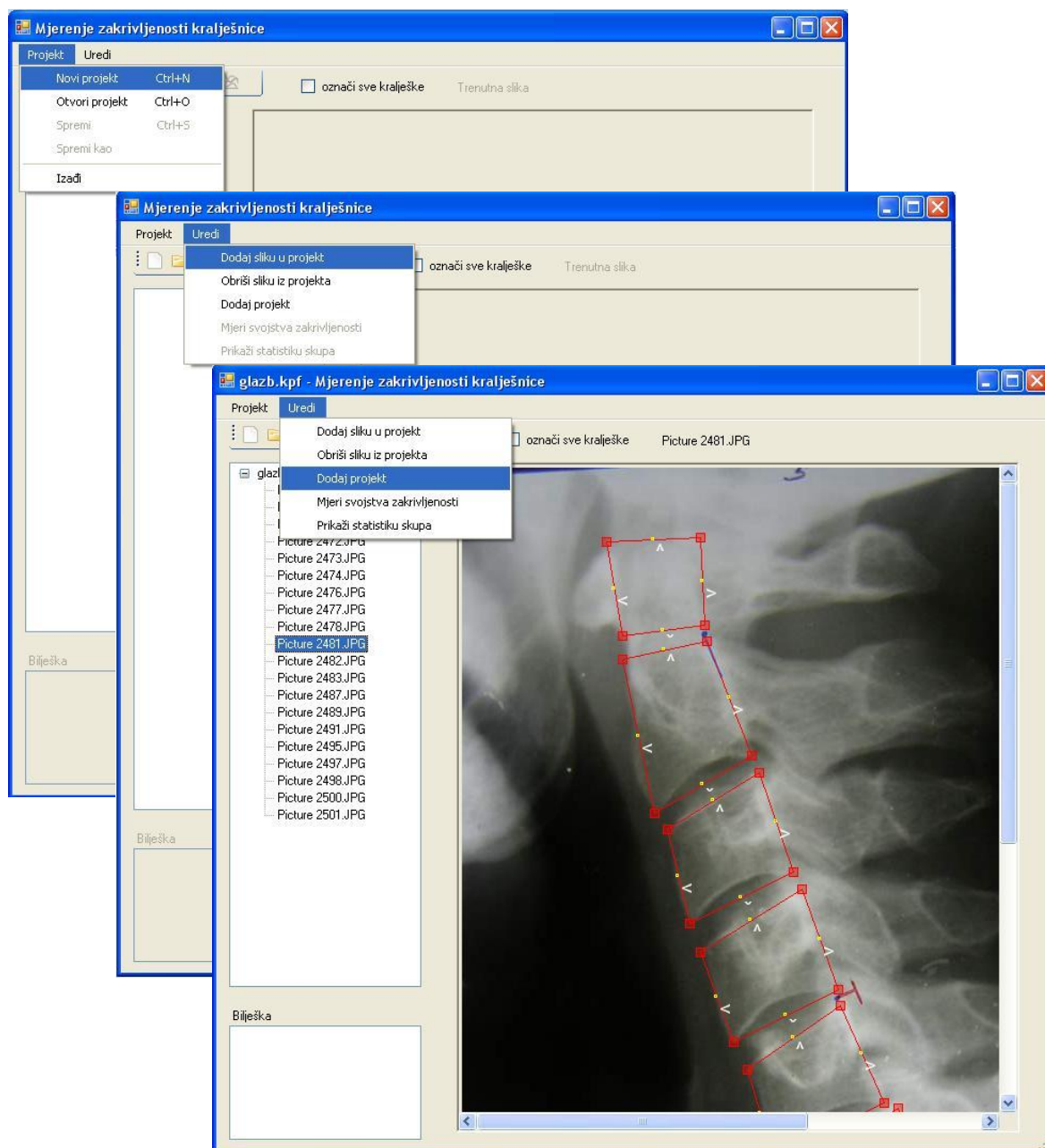
Sl.4.1 Rezultati mjerenja zakrivljenosti vratne kralješnice kod glazbenika i tesara

5. Upute za korištenje

Da bi se program uopće mogao pokrenuti, potrebno je osigurati radno okruženje koje podržava prevođenje programskog jezika C#. To znači da je na računalu potrebno instalirati .NET Framework 3.0. Također su potrebne i rendgenske slike kralješnice jer je program namijenjen za mjerenje zakrivljenosti i računanje karakterističnih kuteva među kralješcima. Slike moraju biti u digitalnom obliku, .JPG (.JPEG) datoteke.

Kao i kod većine desktop aplikacija, postoje mogućnosti stvaranja novog ili otvaranja već postojećeg projekta, spremanja projekta, dodavanja slika u projekt, brisanja odabranih slika, spajanje nekoliko projekata i sl.

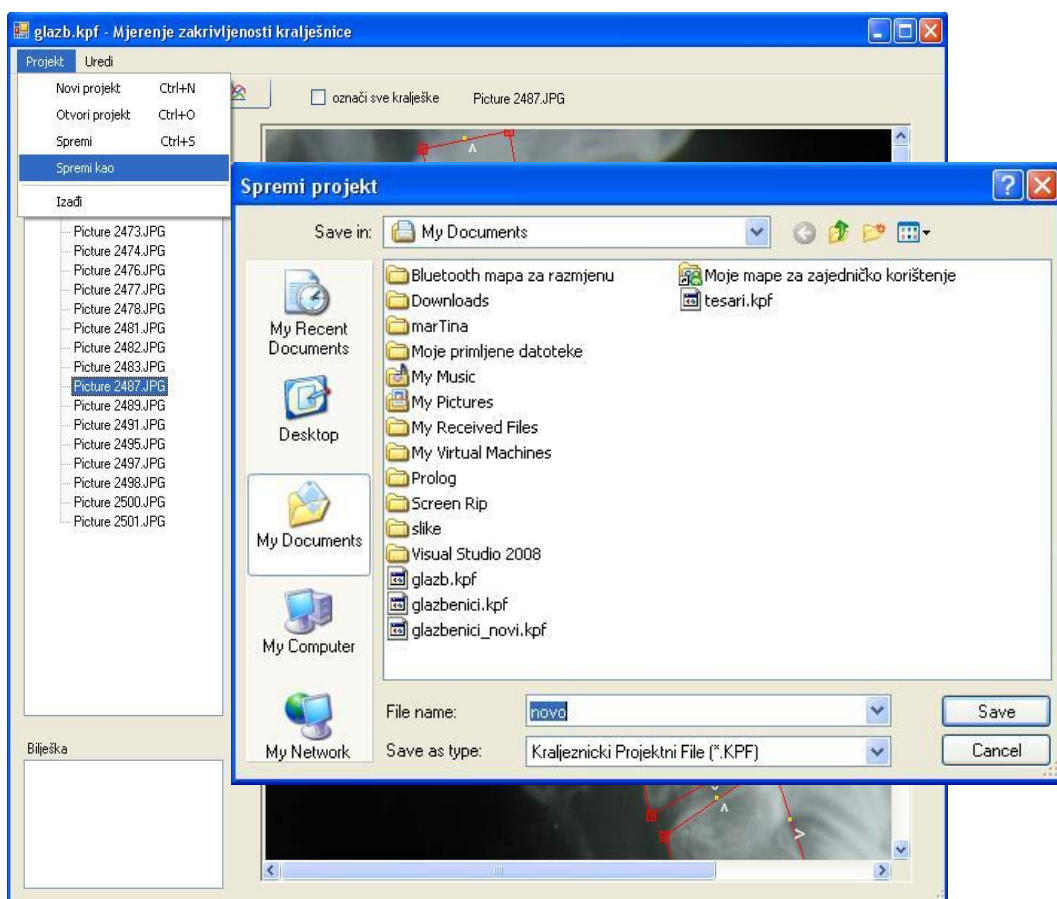
Za stvaranje novog projekta potrebno je u glavnom izborniku kliknuti na *Projekt* → *Novi projekt*, ili na ikonu *Novi projekt* u alatnoj traci (Sl.5.1). Nakon toga, odabirom *Uredi* → *Dodaj sliku u projekt*, dodajemo željenu sliku kralješnice. Sada je slika aktivne kralješnice prikazana u desnom dijelu aplikacije, dok je u lijevom dijelu vidljiv popis svih slika dodanih u projekt. Klikom miša na naziv slike, odabiremo sliku koju želimo prikazati na ekranu. U tom trenutku odabrana slika postaje aktivna te na njoj možemo mijenjati položaj kralješaka i pisati zabilješke. Klikom miša na *Uredi* → *Dodaj projekt* novom projektu dodajemo već ranije stvoreni projekt. Ako želimo neku sliku ukloniti iz projekta, odabiremo *Uredi* → *Obriši sliku iz projekta*. Slika koja je bila označena više nije vidljiva u popisu svih slika projekta, tj. obrisana je iz projekta.



Sl.5.1 Stvaranje novog projekta i dodavanje slika u projekt

Već postojeće projekte možemo učitati odabirom *Projekt* → *Otvori projekt* u glavnom izborniku. Projekt je .kpf datoteka, oblika ImeProjekta.kpf. U učitani se projekt, kao i kod novo stvorenog projekta, mogu dodavati pojedinačne slike, već postojeći projekti ili brisati određene slike. Time je omogućeno da uzmemo npr.projekte Glazbenici.kpf i Tesari.kpf, spojimo ih te izdvojimo samo osobe koje imaju 45 godina, ili pak sve ženske osobe.

Za spremanje projekata postoje dvije opcije. Ako radimo promjenu u nekom već postojećem projektu, odabirom *Projekt* → *Spremi*, promjene se spremaju u trenutno otvoreni projekt. Ako pak odaberemo *Projekt* → *Spremi kao*, isti projekt možemo spremiti pod drugim nazivom ili na neko drugo mjesto na računalu (Sl.5.2). Ako želimo spremiti novo stvoreni projekt, opcija *Spremi* će se ponašati kao *Spremi kao*.



Sl.5.2 Odabir mjesta i naziva kod spremanja projekta

Na svaku učitano sliku postavlja se inicijalna kralješnica. Kako je program namijenjen za analizu rendgenskih slika vratne kralješnice, postavlja se sedam kralješaka. Na svakom vrhu kralješka nalazi se maleni crveni četverokut te se klikom na njega i pomicanjem njegova položaja mijenja izgled samog kralješka. Time je omogućeno da korisnik inicijalno postavljeni model kralješnice postavi na odgovarajuća mjesta na rendgenskoj slici, jer se svaka kralješnica drugačijeg oblika. Ako je precizno kliknuto na spomenuti

kvadratić, vrh kralješka pomičemo držeći lijevu tipku miša, a novi vrh postaje točka na mjestu na kojem smo pustili tipku. Strelice na bridovima kralješka služe kao pomoć korisniku da prilikom označavanja ne bi došlo do zamjene između gornjeg i donjeg brida kralješka:

- „^“ predstavlja gornji brid,
- „v“ donji brid,
- „>“ desni brid,
- „<“ lijevi brid.

Odabirom *Označi sve kralješke* pomičemo cijeli model kralješnice.

Ako želimo vidjeti točno određenu sliku, dovoljno je kliknuti na ime slike u popisu slika. Time odabrana slika postaje aktivna. Njeno ime se pojavljuje iznad prikaza slike, a u prostor za unos teksta *Bilješke* možemo zapisati potrebne podatke koji nam pomažu prilikom analize podataka, donošenja zaključaka, ili lakšeg snalaženja među slikama.

Za svaku sliku projekta moguće je izračunati svojstva zakrivljenosti kralješnice odabirom *Uredi* → *Mjeri svojstva zakrivljenosti*. Svojstva nam daju podatke za Cobbove kuteve i kuteve dobivene posterior tangent metodom (Sl.5.3). Opcija *Uredi* → *Prikaži statistiku skupa* prikazuje karakteristične podatke za svaku sliku skupa te za svaku komponentu prikazuje srednju vrijednost i standardno odstupanje.

Svojstva zakrivljenosti kralješnice								
Cobbova metoda								
		1.DONJI	2.DONJI	3.DONJI	4.DONJI	5.DONJI	6.DONJI	7.DONJI
1.GORNJI	3,97	0,74	7,34	6,71	8,51	0,90	0,11	
2.GORNJI	1,15	4,38	2,22	1,59	3,39	4,22	5,00	
3.GORNJI	3,80	7,03	0,44	1,06	0,73	6,87	7,66	
4.GORNJI	15,81	19,03	12,44	13,06	11,27	18,88	19,66	
5.GORNJI	11,35	14,58	7,98	8,61	6,81	14,42	15,20	
6.GORNJI	5,15	8,38	1,78	2,41	0,61	8,22	9,01	
* 7.GORNJI	0,25	3,48	3,12	2,49	4,29	3,32	4,11	
Posterior tangent metoda								
		1.DESNI	2.DESNI	3.DESNI	4.DESNI	5.DESNI	6.DESNI	7.DESNI
1.DESNI	0,00	18,99	6,70	0,23	5,59	10,95	15,20	
2.DESNI	18,99	0,00	12,29	19,22	24,58	8,04	3,79	
3.DESNI	6,70	12,29	0,00	6,93	12,29	4,25	8,50	
4.DESNI	0,23	19,22	6,93	0,00	5,36	11,18	15,43	
5.DESNI	5,59	24,58	12,29	5,36	0,00	16,54	20,79	
6.DESNI	10,95	8,04	4,25	11,18	16,54	0,00	4,26	
* 7.DESNI	15,20	3,79	8,50	15,43	20,79	4,26	0,00	

Sl.5.3 Svojstva zakrivljenosti kralješnice

Sve navedene opcije glavnog izbornika postoje i kao opcije u alatnoj traci. Za neke opcije postoje kratice na tipkovnici koje omogućavaju brže i jednostavnije korištenje programa. Kratice su:

- Ctrl+N – *Novi projekt*
- Ctrl+O – *Otvori projekt*
- Ctrl+S – *Spremi.*

Zaključak

Oblikovan je programski alat za pomoć liječniku pri mjerenju parametara zakrivljenosti promatranog dijela kralješnice na temelju digitaliziranih rendgenskih slika. Procjene i zaključci koji su donošeni bez korištenja računala bili su subjektivni. Sada je potrebno samo označiti kralješke u programu, a računalo umjesto korisnika izračunava željene vrijednosti. Prednost takvog rada je u tome što je moguće obraditi i analizirati veliku količinu slika u relativno kratkom vremenu.

Točnost dobivenih podataka ovisi o dobro označenim kralješcima. Rendgenske slike nisu uvijek iste. Neke su svjetlije, tamnije, slikane s veće ili manje udaljenosti. Sve to utječe na preciznost označavanja, a time i na rezultate mjerenja. U daljnjem razvoju programa trebalo bi dodati mogućnost povećavanja i smanjivanja slike te mogućnost reguliranja svjetline slike kako bi kralješci mogli biti što točnije označeni. Trenutno se osnovni model kralješnice postavlja na učitanoj slici neovisno o izgledu kralješnice. Korisnik mora sam namještati vrhove kralješaka. Rad s programom dodatno bi olakšalo prepoznavanje kralješnice na slici od strane računala. Tada bi bile dovoljne samo male korekcije korisnika, jer ipak ne možemo očekivati da će model biti potpuno točno označen. To su samo neke od ideja za dodatna poboljšanja ovog alata koje čekaju da se realiziraju.

Literatura

- [1] Pećina, Marko i suradnici : *Ortopedija*, Naklada Ljevak, Zagreb, 2004.
- [2] Brkić, K; Kalafatić, Z; Krapac, L : *Radiološka, računalna i klinička analiza morfoloških promjena vratne kralješnice*, IV. Hrvatski kongres fizikalne i rehabilitacijske medicine, Varaždinske Toplice, 2008.
- [3] Harrison, D.D; Harrison, D.E; Cailliet, R; Troyanovich, S.J; Janik, T.J; Holland, B : *Cobb method or Harrison posterior tangent method: which to choose for lateral cervical radiographic analysis*, Spine 25(16), 2072 – 2078, University of Alabama in Huntsville, USA, 2000.
- [4] Goh, S; Price, R.I; Leedman, P.J; Singer, K.P : *A comparison of three methods for measuring thoracic kyphosis: implications for clinical studies*, The University of Western Australia, Australia, 2000.
- [5] Harrison, D.D; Harrison, D.E; Cailliet, S.J; Janik, T.J; Holland, B; Ferantelli, J.R; Haas, J.W : *Modeling of the sagittal cervical spine as a method to discriminate hypolordosis: results of elliptical and circular modeling in 72 asymptomatic subjects, 52 acute neck pain subjects, and 70 chronic neck pain subjects*, Spine 29(22), 2485 – 2492, University of Alabama in Huntsville, USA, 2004.
- [6] *Object Serialization using C#*, <http://www.codeproject.com/KB/cs/objserial.aspx>, 27.04.2009.
- [7] *Working with TreeView Control in C#*, <http://www.c-sharpcorner.com/UploadFile/scottlysle/TreeviewBasics04152007195731PM/TreeviewBasics.aspx>, 27.04.2009.

Mjerenje zakrivljenosti u rendgenskim slikama kralješnice

Sažetak

U radu je ukratko opisana osnovna struktura kralješnice te njene deformacije (kifoza, lordoza i skolioza). Objašnjene su najznačajnije metode morfološke analize rendgenskih slika kralješnice. To su Cobbova metoda i posterior tangent metoda, za koju je pokazano da daje točnija mjerenja zakrivljenosti vratnih kralješaka od Cobbove. Krajnji rezultat rada je programski alat koji učitava digitalizirane rendgenske slike i omogućava označavanje kralješaka na njima. Namijenjen je bržem i jednostavnijem računanju zakrivljenosti kralješnice. Opisana je programska implementacija korištenjem jezika C#, prikazani su i komentirani rezultati mjerenja te dane osnovne upute za korištenje programa.

Ključne riječi: kralješnica, vratna kralješnica, kut među kralješcima, Cobbova metoda, posterior tangent metoda, označavanje kralješaka.

Radiographic measurements of the spinal curvature

Abstract

This paper shortly describes the basic structure of the spine and its deformities (kyphosis, lordosis and scoliosis). Most significant methods of the morphological analysis of spinal radiographs are explained; these include the Cobb method and the posterior tangent method, which has proven to give more accurate cervical body curvature measurements than the Cobb method. The end result of this paper is a program tool which loads digitized radiographs and enables marking of the spinal segments on the loaded material. The tool is intended for faster and easier measurements of spinal curvature. This paper also brings a description of program implementation using the C#, results, the accompanying commentary, and the basic instructions on using the program.

Key words: spine, cervical spine, angle between segments, Cobb method, posterior tangent method, marking of segments.