

1. Teoretická časť

1.1 Spracovanie obrazu

1.1.1 Čo je to obraz

Slovník súčasného slovenského jazyka definuje obraz ako „skutočnosť vznikajúca alebo utváraná spracúvaním a odrazom hmatateľného sveta zrkovým ústrojenstvom človeka alebo prirodzenými optickými javmi alebo zariadeniami, postupmi a technológiami na vizuálne zachytenie, záznam a prenos živej skutočnosti (ľudí, udalosti, prostredia a pod.)“. Slovník súčasného slovenského jazyka

Táto definícia zachytáva to, ako vníma obraz človek. Pre účel tejto práce ale budeme pracovať s definíciou, ktorá hovorí o tom, ako chápe obraz počítač. Vtedy hovoríme o digitálnom obraze, čo je zdigitalizovaný analógový obraz a pravádza si ho do svojej reči a reprezentuje ho vo svojich hodnotách.

Podľa Gonzalesa (2008) môžeme obraz definovať ako dvojrozmernú funkciu $f(x,y)$ kde x a y sú priestorové súradnice a amplitúda f je intenzita šedej úrovne obrazu v tomto bode. Ak sú hodnoty x , y a intenzita konečné, hovoríme o digitálnom obraze. Digitálny obraz pozostáva z konečného čísla prvkov kde má každý konkrétnu polohu a hodnotu. Tieto prvky sa nazývajú obrazové elementy a pixely. Najčastejšie sa pri referovaní na digitálny obraz používa termín pixel.

Z tohto dôvodu si pod obrázkom budeme predstavovať dvojrozmerné pole hodnôt, ktoré reprezentujú intenzitu šedej farby na danom pixeli. Takáto definícia predpokladá, že náš vstupný obrázok obsahuje farby iba z čiernobieleho farebného spektra.

1.1.2 Čo je to spracovanie obrazu

Podľa Gonzalesa (2008) videnie je najvyvynutejším zmyslom u človeka a teda obrazy predstavujú jednu z najdôležitejších vlastností v ľudskej perцепčnej schopnosti. Na rozdiel od ľudí digitálna verzia vie pracovať s celým spektrom farieb, ktoré ľudské oko nevidí. Nie je úplne presne definované, kde končí spracovanie obrazu a kde začínajú iné súvisiace oblasti ako

analýza obrazu a počítačové videnie. Procesy spracovania obrazu vieme deliť na tri kategórie: nízkej, strednej a vysokej úrovne.

Pri nízkej úrovni ide o primitívne funkcie ako zvýšenie jasnosti, kontrastu, odstránenie šumu a jeho výstupmi sú obrazy.

Procesy strednej úrovne zahŕňajú napríklad segmentáciu a rozdelenie s klasifikáciou na jednotlivé objekty. Vstupné súbory sú obrazy ale výstupmi sú atribúty vyextrahované zo vstupných obrazov, ako napríklad hrany, obrisy atď.

Procesy vysokej úrovne sa špecifikujú na rozpoznávanie objektov podobne ako pri analýze obrazu a vykonávanie kognitívnych funkcií, ktoré sú bežne spojené s videním.

Z toho vieme vidieť, že, prekrytie medzi spracovaním obrazu a analýzou obrazu je rozpoznávanie jednotlivých objektov v obraze.

1.1.3 Kde všade sa využíva spracovanie obrazu

V súčasnosti sú skoro všetky technické smery nejakým spôsobom spojené so spracovaním obrazu. Pomáha nám lepšie porozumieť svetu okolo nás, napríklad v medicíne na detekciu rôznych chorôb a abnormalít zobrazovaním snímok magnetickej rezonancie, röntgenových snímok, počítačovej tomografie a ultrazvukovým zobrazovaním.

V astronómii sa spracovanie obrazu využíva na spracovanie dát z vesmírnych teleskopov a iných prístrojov. Pomáha na detekciu galaxií, hviezd, planét, komét a ďalších objektov. Taktiež pri fotení vzdialených objektov ako napríklad čiernej diery využitím Event Horizon Telescope kombinovaním dát z viacerých teleskopov rozmiestnených na Zemi.

V priemyselnom sektore sa zas využíva spracovanie obrazu na kontrolu kvality výroby, detekciu chýb nedostatkov a odchýliek, geometrických nedostatkov, škvŕn, odchýliek vo farbách a automatizáciu. Taktiež sa v priemysle čím viac používajú roboty, ktoré vykonávajú rôzne úlohy, vedia sa pohybovať po vyznačenej trase, a na identifikáciu prostredia.

Spracovanie obrazu je základom pri bezpečnostných systémoch. Používa sa na sledovanie a monitorovanie rôznych oblastí, detekciu podozrivých aktivít, objektov, ľudí, tvárí, biometrických údajov na sledovanie pohybu, svetla a identifikáciu.

V geografických informačných systémoch sa spracovanie obrazu používa na spracovanie leteckých máp, vytváranie nových máp a ortofotografií, analyzovanie životného prostredia,

zmien v krajine, na sledovanie vegetácie, enviromentálnych javov alebo stavebných aktivít, na monitorovanie územného rozvoja. Taktiež vieme vyhodnocovať rôzne riziká ako sú povodne, požiare, zemetrasenia a iné enviromentálne katastrofy.

Právne a súdne systémy môžu využívať spracovanie obrazu na identifikáciu, rozpoznávanie a rekonštrukciu tvárii a udalostí, na zber dôkazov a mapovanie miest trestných činov a overovanie autenticity dokumentov.

V automobilovom priemysle sa spracovanie obrazu využíva na asistenciu vodičovi pri jazde, parkovaní, udržiavaní vozidla v pruhu, rozpoznávaní dopravných značiek, na detekciu prekážok, ľudí a na sledovanie vodiča a tým sa zvyšuje bezpečnosť na cestách.

1.1.4 História spracovania obrazu

Podľa Gonzaleza (2008) bolo jedno z prvých použití digitálnych obrazov v novinárskom priemysle, kde sa obrazy posielali prvýkrát podmorským káblom medzi Londýnom a New Yorkom v rok 1920. Zavedením káblového systému sa čas prenosu obrazov rapídne znížil na tri hodiny namiesto jedného týždňa.

Podľa článku [4] bolo spracovanie obrazu vyvinuté v 60. rokoch 20. storočia. Vďaka vývoju ostatných digitálnych technológií napredoval aj vývoj spracovania obrazu. Najčastejšie základné techniky vtedy boli zlepšenie obrazu, obnovovanie obrazu a kompresia obrazu. Ako prvá úspešná aplikácia bola vyvinutá America Jet kam boli lunárne fotografie odoslané z vesmírneho detektoru Ranger 7. Vďaka tejto aplikácii sa prvýkrát podarilo zmapovať povrch mesiaca, čo bolo v tej dobe obrovským úspechom.

Do roku 1970 boli takéto zariadenia veľmi drahé, až kým sa nerozšíril hardvér, ktorý bol cenovo dostupnejší. V roku 2000 boli počítače už natoľko výkonné, že sa spracovanie obrazu stalo bežnou úpravou obrazov na počítači.

1.1.5 Predspracovanie obrazu

Predspracovanie slúži na potlačenie šumu, neželaných skreslení a deformácií. Delí sa na dve oblasti, frekvenčnú a priestorovú.

1.1.5.1 Priestorová oblasť

V priestorovej oblasti sa pracuje v priestore pixlov. Priestorové postupy sa vyjadrujú ako $g(x, y) = T[f(x, y)]$ kde $f(x, y)$ je vstupný obraz a $g(x, y)$ je výstupný obraz a T je operátor na f definovaný na okolí pixela (x, y) . Okolie pixela si určíme štvorec s centrom pixela a prechádzaním po celom obraze aplikujeme T na výpočet novej hodnoty g .

Pri jasových transformáciach sa transformuje jasová úroveň vstupného obrazu p na jasovú úroveň výstupného obrazu q . Vzorec pre jasové transformácie je $q = T(p)$. Najznámejšie jasové transformácie sú základné jasové transformácie ako negatívna, prahovanie, logaritmická a gama korekcia, rozťahnutie jasového intervalu a ekvalizácia histogramu.

Rozťahnutie jasového intervalu využíva jas od čiernej až po bielu, v histograme sú diery. Pri ekvalizácii histogramu vytvoríme histogram s rovnako rozloženými jasovými úrovňami.

Priestorové filtrácie používajú malé okolie pixla, zväčša 3x3 alebo 5x5 vo vstupnom obraze na výpočet nulovej hodnoty jasu. toho pixla vo výstupnom obraze. Používajú sa za účelom vyhladzovania a ostrenia.

Cieľom vyhladzovania obrazu je potlačenie šumov. Nevýhodou je rozmazávanie hrán. Priemerovací filter s obmedzením veľkosti zmeny vie znížiť rozmazávanie hrán. Taktiež sa dá použiť rotujúca maska, kde sa zistí najhomogénnejšie okolie, ktoré vznikne rotovaním masiek.

Mediánová filtrácia nahrádza hodnotu pixla mediánom jasových hodnôt stanovenom okolí. Hodnoty sa usporiadajú podľa intenzity v okolí pixla podľa veľkosti a vyberie sa stredná hodnota ako nová hodnota stredného pixla. Tak sa dá vyredukovať šum na obraze.

Na ostrenie obrazu sa používajú gradientné operátory založené na prvej alebo druhej derivácii a diferencné gradientné operátory. Gradientné operátory založené na prvej derivácii sú citlivé na šum, ktorý vyhodnocujú ako hranu. Hrany obvykle lokalizujú viacerými maskami. Gradientné operátory založené na druhej derivácii si pred derivovaním odstránia šum. Diferencné gradientné operátory majú problémy so šumom, vyhodnocujú ho ako lokálnu hranu. Sú aproximáciou prvej derivácie. Existujú Robertsov operátor, Sobelov operátor, Prewittovej operátor, Robinsonov operátor a Krischov operátor.

1.1.5.2 Frekvenčná oblasť

Ako je uvedené v [5] „V technickej praxi je výpočet spektra veľmi významný nástroj, pretože umožňuje analýzu a spracovanie signálu selektívne podľa jednotlivých frekvencií obsiahnutých v signáli.“ Filtráciou obrazu priamo vo frekvenčnej oblasti môžeme odfiltrovať nízkofrekvenčné zložky obrazu. Po filtrácii vysokých frekvencií sa z obrazu odstránia jemné hrany a obraz bude pôsobiť rozmazane. Naopak pri filtrácii nízkych frekvencií sa zas zvýrazia hrany. Vieme takto odstraňovať periodické rušivé elementy ktoré vieme v spektre lokalizovať.

Dekolerácia spektrálnych koeficientov je významnou vlastnosťou vo frekvenčnej oblasti. Transformovaním obrazu s využitím priamej alebo spätnej lineárnej transformácie sa

pohybujeme medzi priestorovou doménou obrazu a spektrálnou doménou daného vektorového priestoru, do ktorého transformujeme. Pri nezmenených hodnotách nedochádza k strate informácii pri priamom a spätnom transformovaní. A teda spektrum obsahuje úplnú informáciu o konkrétnom signáli.

Najznámejšie sú Furierová a kosínusová transformácia.

1.1.6 Spracovanie obrazu

1.1.6.1 Segmentácia

Cieľom segmentácie je rozdelenie obrazu na časti, ktoré majú silnú koreláciu s objektmi v obraze. Segmentáciu rozdelujeme na čiastočnú a úplnú.

Pri čiastočnej segmentácii rozdelujeme obraz na časti, ktoré sú z hľadiska určitých vlastností homogénne. Napr farba, jas, textúra atď.

Pri úplnej segmentácii rozdeľujeme obraz na disjunktné oblasti, ktoré zodpovedajú objektom z reálneho sveta.

Pri segmentácii je hlavným problémom šum a nejednoznačnosť obrazových dát. Oblasti sa popisujú uzavretou hranicou. Segmentácia môže byť na základe úrovni šedej pri šedotónových obrazoch, textúry, farby ale aj pohybu.

Pri segmentácii treba implementovať kritéria, podľa ktorých chceme oblasti rozdeľovať. Hľadáme nejakú vlastnosť a podobnosť, vďaka ktorej bude región zmysluplný objekt. Segmentáciou rozdelujeme obraz na množinu regiónov ktoré spĺňajú tieto kritéria:

- rozdelenie pokrýva celý obraz
- žiadne regióny sa neprekrývajú
- homogenita je splnená pre každý región
- zjednotenie susedných regiónov nespĺňa kritéria

Pri segmentácii založenej na hranách hľadáme lokálne hrany a potom ich spájame a vytvárame oblasti. Sledujeme hranicu, ak v obraze nie je žiadna známa hranica, tak hľadáme, či sú v obraze známe nejaké oblasti, podľa ktorých môžeme detekovať hranicu. Hranicu rozdelujeme na vonkajšiu ktorá nie je nikdy súčasťou oblasti, vnútornú, ktorá je vždy súčasťou oblasti a rozšírenú, ktorá je spoločná hranica medzi dvoma oblasťami. Má z týchto troch najlepšie vlastnosti.

V šedoúrovňových obrazoch sa hranica detekuje cestou obrazových bodov s vysokým gradientom v obraze.

Watershed je ďalším spôsobom segmentácie, využívaním povodí. V obrazovej segmentácii sa tento koncept aplikuje na vytvorenie hraníc medzi rôznymi objektmi a oblasťami na obraze. Nižšie intenzity sa považujú za údolia kde sa voda hromadí a vyššie intenzity predstavujú vrcholy. Potom sa identifikujú oblasti, kde sa voda stretla, a to sa označí za hranicu medzi segmentmi.

Clustering je spôsobom, pri ktorom sa dáta zoskupujú do skupín na základe ich podobností. K-means clustering je jedným z najjednoduchších algoritmov clusteringu. K-means clustering rozdeľuje do K počtu preddefinovaných clusterov na základe ich vzdialeností od stredov clusterov.

1.2 Medicínsky pohľad na ľudskú chrbticu

Centrálnou myšlienkou našej práce bude ľudská chrbtica a spracovanie jej snímok spôsobom, ktorý nám umožní diagnostiku vyklenutia platničky u pacienta na základe snímok z jeho magnetickej rezonancie. V tejto časti teoretického podkladu pre naše softvérové riešenie sa pozrieme detailne na to, ako ľudská chrbtica funguje, a následne opíšeme problém, ktorý budeme pomocou nášho programu diagnostikovať - vyklenutie platničky u ľudí.

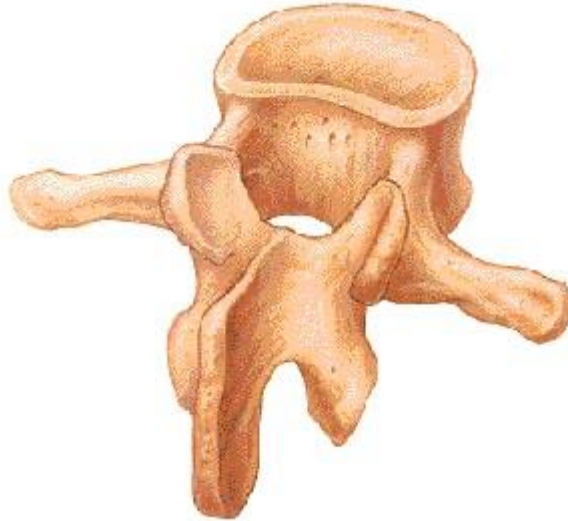
1.2.1 Ľudská chrbtica a stavce

1.2.1.1 Funkcia ľudskej chrbtice

Podľa Medicínskeho centra Univerzity v Marylande je chrbtica jednou z kľúčových častí ľudského tela. Jej hlavnou funkciou je opora pre telo, nakoľko bez chrbtice by nebolo možné, aby ľudia vzpriamene stáli. Chrbtica nás teda podopiera a umožňuje pohyb. Preto sú, na konci dňa, jej zranenia také bolestivé a nepríjemné. Človeku nie je možný prirodzený pohyb bez toho, aby ju zapojil, takže prípadný zdravotný problém môže znepříjemniť množstvo oblastí života jedinca.

Druhá funkcia chrbtice taktiež súvisí s pohybom. Vnúťom chrbtice totiž vedie miecha - spleť nervov, ktorá prepája ľudský mozog so zvyškom tela. Tieto nervové dráhy potom prevádzajú signály medzi mozgom a receptormi a zároveň posielajú úlohy z mozgu pre svaly, aby umožnili

práve samotný pohyb. Pri výraznejších poraneniach chrbtice môže dôjsť k poškodeniu miechy, ktoré by znemožnilo pohyb a spôsobilo ochrnutie v časti tela prepojenej daným nervovým kanálikom.



1.2.1.2 Skladba ľudskej chrbtice

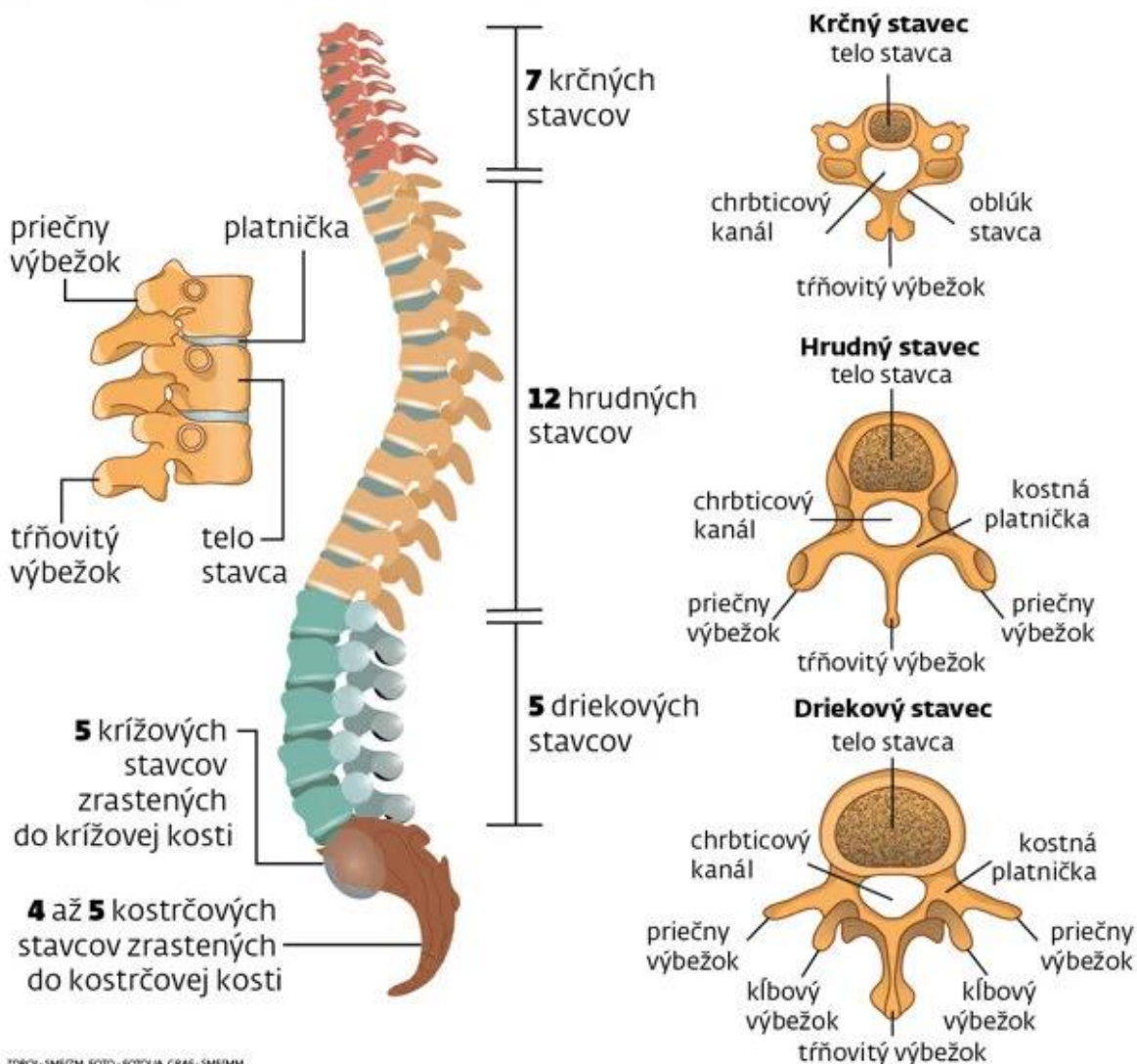
Medicínske centrum Univerzity v Marylande uvádza, že základnou stavebnou jednotkou ľudskej chrbtice je stavec (obr. 1). Ten je vlastne kostnou konštrukciou, ktorá obsahuje väčšiu časť, “telo stavca”, a potom kostný krúžok. Keď sa tieto stavce poukladajú na seba, kostené krúžky vytvárajú kanálik pre miechu a nervové kanáliky. Podľa Drakea (2005) má priemerný dospelý človek 33 takýchto stavcov, no ich počet sa môže pohybovať medzi 32 a 35 (Watson, 2008). Horných 24 stavcov je samostatných a predelených medzistavcovými platničkami, dolných 9 je zrastených. Celkové rozdelenie chrbticových stavcov podľa jednotlivých druhov od vrchu po spodok je nasledovné (nachádzajú sa aj na obrázku 2):

- 7 krčných stavcov, označujeme ich C1 - C7, kde C1 je umiestnený najvyššie.
- 12 hrudných stavcov, označujeme ich Th1-Th12, kde Th1 je umiestnený najvyššie.
- 5 driekových stavcov, označujeme ich L1-L5, kde L1 je umiestnený najvyššie.
- 5 krížových stavcov zrastených do krížovej kosti
- 4-5 kostrčových stavcov zrastených do kostrčovej kosti.

Anatómia ľudskej chrbtice

SME

Chrbticu tvorí 33 až 34 stavcov, medzistavcové platničky a väzy. Stavce sú krátke kosti, každý z nich má v sebe otvor. Otvory v jednotlivých stavcoch spolu vytvárajú chrbticový kanál, v ktorom je uložená miecha. Z nej vystupujú pomedzi stavce miešne nervy.



1.2.2 Medzistavcové platničky

Podľa Physiopedie je medzistavcová platnička vankúšikom pozostávajúcim z väzivovej chrupavky, ktorý vyplňa priestor medzi dvoma chrbticovými stavcami. Takýchto platničiek sa v ľudskom tele nachádza 23, nakoľko medzi zrastenými stavcami tvoriacimi krížovú či kostrčovú kosť nie je pre ne priestor. Medzi stavcami C1 a C2, zodpovednými za pohyb hlavy,

sa platnička nenachádza. Zároveň hovorí aj o funkciách medzistavcových platničiek a spomenieme niekoľko z nich:

- Dopomáha k stabilite celého tela.
- Poskytuje potrebný odpor pri rotácii či zohýbaní chrbtice.
- Tlmí nárazy a ich dopad na chrbticu.
- Redukuje tlak na stavce. Bráni im, aby sa o seba treli.
- Pomáha ochraňovať miechu a nervovú sústavu.

Na základe týchto funkcií môžeme prísť k záveru, že zdravie medzistavcových platničiek zohráva výraznú úlohu v živote každého človeka. V prípade ich poškodenia či znehodnotenia sú možnosti pre aktívny život čiastočne limitované. Preto sa v ďalšej časti našej práce pozrieme na požadovaný problém, ktorý pri medzistavcových platničkách vzniká. Ide o ich vyklenutie. Pre prácu s medzistavcovými platničkami ale potrebujeme vedieť identifikovať, o ktorú z nich ide. Označovať ich preto budeme podľa stavcov, medzi ktorými sa nachádzajú (Fardon, 2014). Platnička medzi stavcom Th4 a stavcom Th5 by sa teda volala medzistavcová platnička Th4-5.

1.2.3 Vyklenutie platničiek

{1} Vyklenutie alebo aj herniácia medzistavcových platničiek sa v populácii vyskytuje pomerne často. Nie všetky prípady vyklenutia platničiek sú symptomatické, niektorým ľuďom sa symptómy neprejavia a vtedy je ťažké vyklenutie platničiek diagnostikovať. Symptomatické vyklenutie platničiek sprevádza bolesť a diskomfort s ktorými prichádzajú rôzne obmedzenia v bežnom živote a preto im treba venovať patričnú pozornosť. Môžeme sa stretnúť aj s termínmi hernia/herniácia disku, vyskočená platnička alebo vysunutá platnička.

Existujú rôzne príčiny a rizikové faktory pre vznik vyklenutých platničiek. Najrizikovejšie sú genetické predispozície, rodinná anamnéza, ťažká manuálna práca a zranenia chrbtice. Taktiež ochabnuté chrbtové stavstvo môže zvýšiť riziko vyklenutia platničiek.

Vyklenutie platničky je intenzívna bolesť, ktorá zhoršuje kvalitu života. Je to akútna bolesť, prichádza náhle, ale môže pretrvávajúť chronicky. Príčinou tejto bolesti a neuroogických ťažkostí je vyklenutie disku do miechového kanála alebo na korene nervov. Pri herniácii platničiek

dochádza k roztrhnutiu lamiel prstenca a jadro preniká cez trhlinu v prstenci mimo oblasť platničky.

1.2.4 Diagnostika

Na potvrdenie, že za nepríjemnosti s chrbticou môže práve vyklenutie platničiek, sa používa vyšetrenie pomocou magnetickej rezonancie (MRI). Magnetická rezonancia je diagnostická metóda, ktorá umožňuje diagnostikovať patologické zmeny v tele bez radiačných žiarení. Lekár vie pomocou snímok magnetickej rezonancie určiť ktoré platničky sú vyklenuté a či je stačený nervový koreň. Existuje päť druhov vyklenutia platničiek: vyčnievanie, vystúpenie, vytlačenie, sekrestácia a intraverbálna herniácia.

1.2.5 Druhy vyklenutia platničiek

Intraverbálna herniácia je zväčša asymptomatická a netlačí na nervový koreň a preto sa jej nevenuje prílišná pozornosť. O vyčnievanie sa jedná ak je herniácia väčšia ako 50% obvodu disku alebo stavca. Pri vystúpení je najväčšia vzdialenosť medzi okrajmi maternálu disku, ktorý vyčnieva mimo priestoru disku, menšia ako vzdialenosť medzi okrajmi základne tohto maternálneho disku. Vytlačenie sa vyskytuje, keď vo všetkých rovinách je aspoň jedna vzdialenosť medzi okrajmi maternálu disku mimo priestoru disku väčšia ako vzdialenosť medzi okrajmi základne maternálneho disku. Sekrestácia je keď dislokovaný materiál z disku kompletne stratil spojitosť s pôvodným diskom.

1.2.6 Diagnostikovanie na základe MRI snímok

Vyklenutie medzistavcových platničiek je viditeľné na sagitálnych MRI T2 vážených rezoch a T1 vážených rezoch a taktiež na axiálnych T2 vážených rezoch. V tejto práci sa zameriame na sagitálne T2 vážené rezy, ktoré sa zvyknú používať pri spracovaní obrazu. Vychádzať budeme zo štúdií [2] a [3] kde sa zameriavajú na detekovanie platničiek z MRI snímok.