

ФИЗИЧКО-ТЕХНИЧКИ ПРИНЦИПИ КОМПЈУТЕРИЗОВАНЕ ТОМОГРАФИЈЕ

Јовановић Т.

Клиника за радиологију и онкологију, Медицински факултет Приштина, Косовска Митровица

PHYSICAL-TECHNICAL PRINCIPLES OF COMPUTERIZED TOMOGRAPHY

Јовановић Т.

Clinic for Radiology and Oncology, Medical Faculty Priština, Kosovska Mitrovica

SUMMARY

Theoretical principle of computerized tomography was set by Czech mathematician J. Radon in 1917. The development of computerized tomography is connected with the name of A.M Cormack who, in 1963, started with the research directed at X-ray beam intensity measurement after passing through certain substance. First computerized tomography apparatus was installed in Atkinson-Morley hospital in October in 1971 in London. Computerized tomography is based on making transverse(axial) cross-section of body parts, by X-ray beam passing through visible body part and by measurement of X-ray absorption degree using detectors. A cross-section picture of certain body part is obtained on a monitor as a final result of CT examination. A system of picture digitalisation and application of grey scale concept is particularly complex. Basic elements of CT are gentry, patient's bed, high-voltage generator, working and computer console, system for transferring picture on a film or other electronic media. Densimetric tissue values can be measured on the obtained CT picture. A change can be isodense, hypodense or hyperdense. Density change is expressed in Hounsfield units. Contrasting remedies can be applied, during CT, intracanalicular or intravenous. A better quality survey of changes increasing tissue density is obtained using them. CT application is indicated in diseases such as: neurocranium, visceral cranium, spinal column, thorax, abdomen, skeletal, joint and muscular system. X-ray side effects and precaution risks are being described in the text.

Key words: X-ray; computerized tomography; picture digitalisation; grey scale; contrasting remedies; radiation, protection

САЖЕТАК

Теоријски принцип компјутеризоване томографије поставио је 1917. године чешки математичар Ј. Радон. Развој компјутеризоване томографије везан је за име А.М. Cormack-а који је 1963. године почео истраживања усмерена на мерење интензитета снопа рендгенских зракова после проласка кроз одређену материју. Први уређај за компјутеризовану томографију инсталиран је октобра 1971. године у Atkinson-Morley болници у Лондону. Компјутеризована томографија се заснива на прављењу трансверзалних (аксијалних) пресека дела тела, проласком снопа X-зракова кроз прегледани део тела и мерењу степена апсорпције X-зракова детекторима. Као крајњи продукт КТ прегледа добија се слика пресека одређеног дела тела на монитору. Посебно је сложен систем дигитализације слике и примена концепта сиве скале. Основни делови КТ апарат су гентри, кревет за пацијента, високонапонски генератор, радна и компјутерска конзола, систем за преношење слике на филм или други електронски медијум. На добијеној КТ слици могу се мерити дензиометријске вредности ткива, промена може бити изодензна, хиподензна или хипердензна. Дензитет промена се изражава у Hounsfield-овим јединицама. Контрастна средства у току КТ прегледа могу се апликовати интраканаликуларно или интравенски чиме се омогућава квалитетнији приказ промена повећањем дензитета ткива. Примена КТ прегледа је индикувана код обољења неурокранијума, висцералног кранијума, кичменог стуба, торакса, абдомена и костно-зглобног система. У тексту су описани ризици од нежељеног дејства икс зрачења и мере заштите.

Кључне речи: икс-зраци; компјутеризована томографија; дигитализација слике; сива скала; контрастна средства; зрачење; заштита

Терминологија и Увод

Назив компјутеризована томографија потиче из енглеског језика, односно од израза Computerized tomography. Може се у литератури наћи и на назив аксијална компјутеризована томографија. У француском језику се користи израз Tomodensitometrie, а у немачком Computertomographie.

У литератури, стручној комуникацији и свакодневном говору у нас је одомаћен термин Компјутеризована томографија и скраћеница ЦТ, од енглеског термина Computerized tomography (CT). У духу српског језика исправно би било коришћење скраћенице КТ.

Радиолошка дијагностика у брзом и тачном дијагностичком поступку поред стандардних рендген-

ских метода и ултразвука подразумева и употребу компјутеризоване томографије (КТ), са апаратима четврте генерације или мултислајсним скенерима. Компјутеризована томографија, у практичној употреби близу 40 година, није више привилегија великих здравствених институција већ је постала доступна пацијентима и лекарима мањих установа. КТ је постала незаобилазна метода у дијагностици многих обољења, а веома често и дефинитивна, чиме је повећана дијагностичка и терапијска ефикасност. Могућност коришћења КТ на нивоу Општинских болница намеће потребу упознавања ширег круга лекара са основним физичким принципима функционисања, техничким особинама КТ апаратуре, индикацијама и контраиндикацијама за КТ прегледе, дијагностичким могућностима и ограничењима, ризицима и нежељеним последицама саме дијагностичке процедуре као и економским аспектима прегледа.

Историјат компјутеризоване томографије

Теоретски принципи компјутеризоване томографије постављени су теоријом чешког математичара Јохана Радона 1917. године којом објашњава могућност бидимензионалне геометријске реконструкције објекта серијом мерења у различитим пројекцијама. Реализација ове идеје је била могућа 50 година касније, када је достигнут потребан техничко-технолошки ниво за производњу одговарајућег рендгенске апаратуре и произведени компјутери потребног капацитета и величине.

Развој компјутеризоване томографије везан је за име А.М. Cormack-а који је 1963. године почео истраживања усмерена на мерење интензитета снопа рендгенских зракова после проласка кроз одређену материју. За мерење интензитета зрачења коришћен је Гајгер-Милеров бројач. У истраживачким лабораторијама фирме ЕМИ (производња музичких инструмената и грамофонских плоча) 1967. године инжењер Godfrey N. Hounsfield почиње истраживање усмерено на проучавање добијања рендгенске слике у трансверзалним пресецима и обради добијених података у рачунару и њиховом визуелизацијом на монитору. Напори су уродили плодом и октобра 1971. године у Atkinson-Morley болници у Лондону инсталиран је први КТ систем. Првом ЕМИ скенеру било је потребно 6 минута за скенирање и 20 минута за реконструкцију једне слике. Овај КТ систем је представљен јавности априла 1972 године на конгресу Британског Радиолошког Института. Први апарат је конструисан само за скенирање главе, да би у другој половини 1974. године Ohio Nuclear Company развила скенер (ДЕЛТА) способан за скенирање целог тела. У следеће две године још неколико компанија почиње производњу скенера, да би се већ 1977/ 78. појавило више од десет произвођача широм света. У САД први ЕМИ скенер је инсталиран 1973. године. Према доступним подацима први скенер у Србији инсталиран је 1974. године на Неурохируршкој клиници у Београду, 1978. године на Институту за Радиологију у Новом Саду. ВМА добија скенер крајем седамдестих године 20-ог века. На југу Србије први скенер почиње са радом у Нишу на Институту за радиологију средином 1983. године. Кли-

ника за неурологију КБЦ Приштина 1994. године добија скенер марке Schimadzu који се користи за прегледе ендокранијума. Клиника за Радиологију и онкологију КБЦ Приштина 1998. године добија савремени спирални скенер Schimadzu са интегрисаним процесором за обраду филмова. На скенеру су рађени прегледи целог тела, у току рата 1999. године урађена су око 150 прегледа повређених цивила и војника. Након Потписивања Кумановског споразума скенер је као и сва опрема остао у просторијама Клинике.

За достигнућа у области открића принципа функционисања и конструкције компјутеризоване томографије А. М. Cormack и G. N. Hounsfield добијају 1979. године Нобелову награду.

Физички принципи добијања дигиталне слике

Компјутеризована томографија се заснива на прављењу трансверзалних (аксијалних) пресека дела тела, проласком снопа X-зракова кроз прегледани део тела и мерењу степена апсорпције X-зракова детекторима. Као крајњи продукт КТ прегледа добија се слика пресека одређеног дела тела на монитору.

Мерењем степена апсорпције на детекторима добијају се аналогни електрични импулси веома ниског напона, за даљу обраду врши се њихово појачање. Компјутер не може да обрађује слику у аналогном облику, у виду боја или различитих интензитета сиве боје, већ само у дигиталном облику, односно као знакове 0 и 1. Неопходно је претварање аналогне слике у дигиталну. Стварање дигиталне слике се одвија у две фазе: 1. Претварање аналогне слике у дигиталну; 2. Примена сиве скале

1. Претварање аналогне слике у дигиталну

У првој фази аналогна слика се распоређује на мрежу квадрата која се назива матрица слике, а одређени квадрат елемент слике или пиксел (скраћено од picture element), сваки пиксел носи информацију о степену сиве скале.

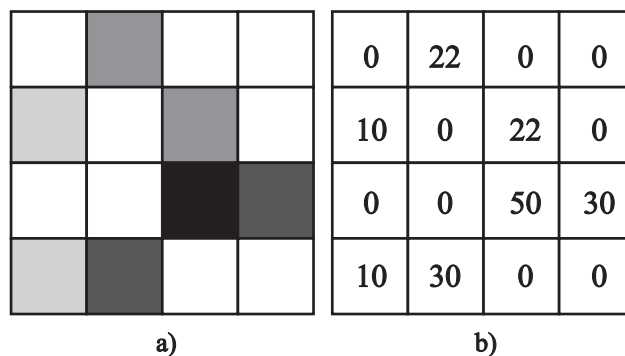


Схема 1. Схематично представљена дигитална слика:
а) Објект представљен у сивој скали на матрици 4x4 пиксела;
б) Бројчане вредности пиксела зависно од различитих степена сивог.

Матрице имају од 256 x 256 до 1024 x 1024 пиксела, како се приликом снимања посматра пресек одре-

ђене дебљине, сваки пиксел представља мали **запременски** елемент слике. Дигиталне вредности сиве скале добијени у пикселима могу се обрађивати у компјутерима веома сложеним математичким операцијама са великим бројем података. Сваки пиксел има одређен број битова којима је одређено његово место у матрици, као и степен сиве скале на тој позицији.

На овај начин се добија слика и код дигиталних рендгенапарата било да су фабрички произведени као такви или се врши дигитализација класичних рендгенапарата, с тим да се у овим случајевима не користи сива скала и мерење у Hounsfield -овим јединицама. Након обраде и анализе слике иста се преноси на филм-фолију ласерским уређајем за суву обраду слике или ЦД.

2. Примена сиве скале

Концепт сиве скале представљен је схематски на фигури 2. Током реконструкције слике израчунавају се нумеричке вредности атенуације снопа у сваком запреминском елементу слике и конвертују у такозвани ЦТ број. ЦТ број означава **атенуацију** снопа у посматраном елементу запремине релативно у односу на воду и мери се у Hounsfield-овим јединицама. На скали ЦТ бројева вредност од 0 HU означава воду док ЦТ број ваздуха износи - 1000 HU, а костију +1000 HU. Како око може да разликује само ограничен број сивих нијанси, на реконструисаној слици се не приказује читав опсег сиве скале од око 4000 HU јер структуре са малим разликама у вредности ЦТ броја не би биле довољно уочљиве. На реконструисаној слици се приказује само одређени опсег ЦТ бројева који обухватају **атенуацију** структура од интереса за посматрану регију. Овај опсег се назива прозор (Window). За приказ одређених ткива и органа на командним пултовима постоје дефинисани прозори нпр. коштано ткиво, плућа, мозак итд.

Примена различитих прозора и степена сиве скале омогућава приказ промена које у аналогном облику (филм или ТВ монитор рендген апарата) људско око не може да региструје.

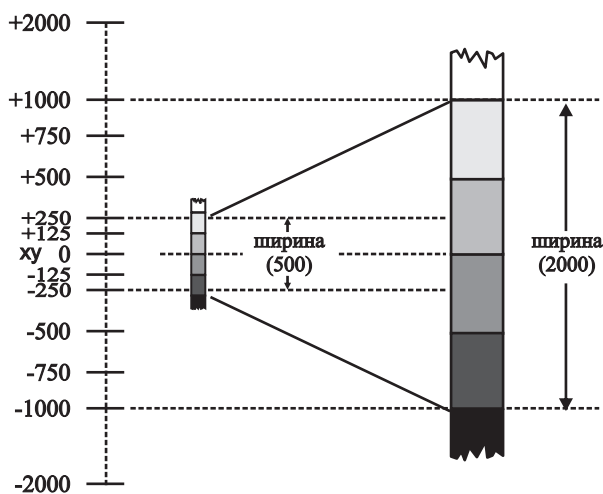


Схема 2. Схематски приказ сиве скале за КТ. ХУ - Хаунсвилд-ове јединице

Слика добијена у дигиталној (нумеричкој) форми мора да се претвори у аналогну слику и овај процес се назива дигитално-аналогна трансформација. Овако добијена аналогна слика може се приказати на ТВ монитору, приказана на филму, у форми видео записа на ЦД-у или у облику DICOM приказа.

Поставља се питање зашто се рендгенска слика преводи из аналогног у дигитални облик, а као крајњи резултат се поново добија аналогна слика. Одговора на ово питање има неколико:

1. Компјутери са њиховим капацитетима омогућавају лаку и брзу обраду дигиталне слике;
2. Постоји могућност побољшања квалитета слике;
3. Омогућена су разна мерења (вредности сиве скале у HU, величина, волумен) било целе слике или појединих делова;
4. Методом реконструкције може се слика представити у три димензије;
5. Добијена слика се може архивирати и накнадно анализирати или обрађивати (post processing)
6. Слика се може пренети на даљину - телемедицина.

Техничке основе КТ

Принципи функционисања КТ. Конвенционални рендгенграм (рендгенграфија) је сумарни дводимензионални приказ структура организма кроз које пролази сноп икс-зракова. На оваквом приказу долази до интерпонирања различитих интензитета сенки и **разветљења**, што у значајној мери отежава интерпретацију и тумачење налаза.. Уско **колимисани** сноп Х-зракова дебљине 1-10 мм по изласку из рендгенске цеви има изглед лепезе, сече прегледани део тела ротирајући око уздужне осовине градећи са њом угао од 90 степени. Овакав однос снопа Х-зракова и уздужне осовине тела омогућава да се свака тачка пресека изложи дејству зрачења у пуном кругу. Апсорпција Х-зракова у свакој тачки пресека је различита. По изласку из тела интензитет зрачног снопа мери се детекторима где се енергија Х-зрачења претвара у електричне импулсе. Добијени импулси се веома сложеним поступцима реконструирају у слику видљиву на екрану монитора. У својој природи КТ је рендгенска метода јер има извор Х-зрачења уз коришћење компјутерске технологије у процесу добијања слике.

Основни делови КТ апаратуре. Компјутеризовани томограф има следеће делове: **гентри**, сто (кревет) за пацијента, високонапонски генератор и командну конзолу. Зависно од произвођача и модела дизајн наведених делова је различит. Уз КТ апаратуру обавезно иде и неки систем за регистрацију слике на филм.

Гентри је део КТ апарата у коме се налази рендгенска цев и детектори, а спрега цев-детектори ротирају око пацијента. Рендгенска цев је посебно конструисана за КТ и ради у режиму тврдог зрачења (130-150 kV и 30-400 mA). Детектори су гасни, кристални или порцелански, има их зависно од апарата 300-1000.

Сто (кревет) за пацијента, на њему лежи пацијент за време прегледа, чиме је омогућено правилно позиционирање и центрирање. Одређеним техничким ре-

шењима омогућено је програмирано увлачење или извлачење из гентрија.

У високонапонском генератору се генерише струја високог напона (130-150 KV), конструктивно су решени као високофреквентни генератори.

Командна (радна) конзола има низ команди за управљање процесом рада и прегледом. У њој или посебно (компјутерска конзола) су најмање два компјутерска система од којих један управља функцијом скенера, а други служи за обраду слике, њену реконструкцију и разна мерења.

Документовање слика

Савремено опремљени КТ уређаји као неизоставни део имају један од система за документовање слика. У употреби су три начина документовања слике:

1. Ласерски запис на филм - фолију, користе се системи за суву обраду слике, где се сликовни запис добија коришћењем ласерских зракова сувим поступком (Dry sistem) термичким ефектима на фолију без развијања.

2. Пацијентов ЦД је једноставан и јевтин поступак за документовање прегледа

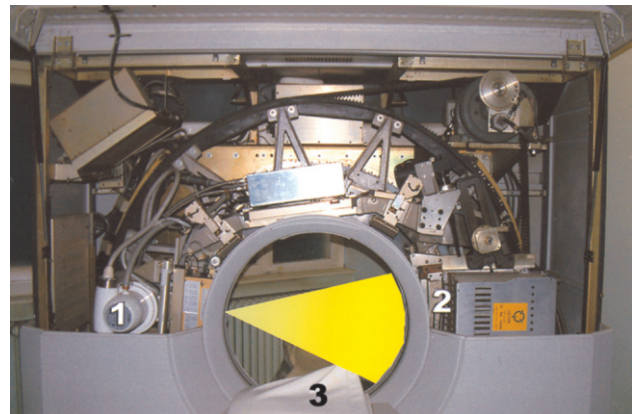
3. Системом DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) дигитална информација може бити пренесена на даљину, архивирана или одштампана на папиру

Савремени компјутеризовани томографи.

Од првог КТ апарата направљеног 1971. године пређен је веома сложени пут развоја који се дефинише кроз генерације уређаја. Према својим техничким особинама сви апарати су разврстани у четири генерације. У савременој употреби су апарати треће генерације и спирални КТ апарати. Опис КТ апарата треће генерације дат је у претходном ставу, у процесу скенирања после сваког пресека настаје пауза и за то време долази до померања кревета (бед инкремент) за задату вредност и враћања спреге цев-детектори у почетни положај. Код КТ апарата са спиралном путањом пресека (хе-



Слика 1. КТ апарат Somatom Smile (Siemens):
1) Гентри, 2) Кревет за пацијента



Слика 2. КТ апарат Elscint Exsel 2400 Elect.
Гентри - видљиви делови у њему: 1) Рендгенска цев,
2) Детектори, 3) Кревет за пацијента,
4) Сноп икс зракова (жута леза).

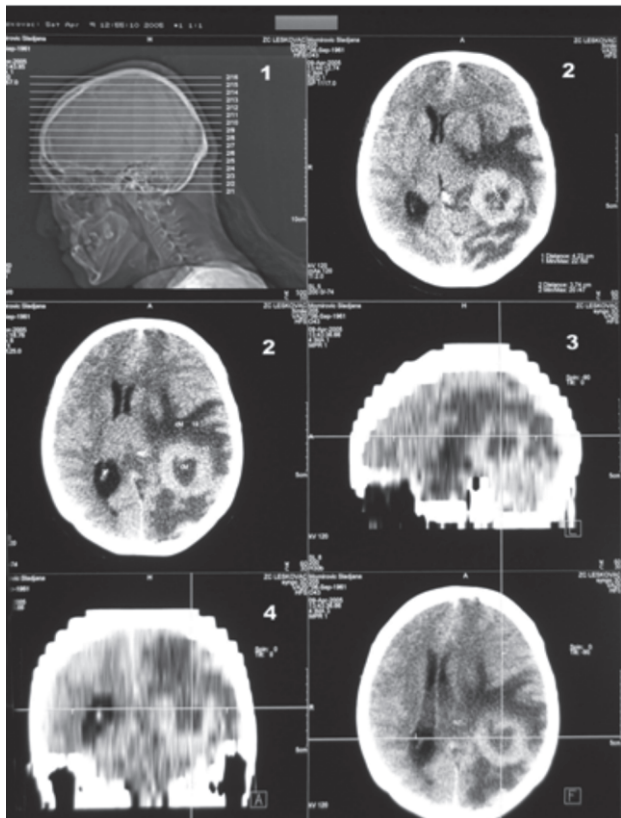
ликат) ротација цеви и детектора је континуирана што је омогућено слип-ринг техником контаката.

Истовремено са ротацијом цеви и детектора долази до увлачења (померања) кревета. На овај начин су добијени континуирани пресеци одређеног дела тела, што значи да нема прескока у скенирању који се јављају код неспиралних скенера. Код најмоћнијих спиралних КТ машина максимално време једне спирале је 60 сек. а максимална дужина спирале 160 цм. Овим је омогућено скенирање великог волумена тела у кратком времену.

Слика у КТ дијагностици

Компјутеризовано томографска слика је састављена од великог броја тачака (пиксела) којима припадају одређене нумеричке вредности па је на њима могуће мерити разне величине, а најважнија је степен апсорпције у Хаунсфилд-овим јединицама. У тумачењу КТ слика користи се појам дензитета (густине) и он представља степен апсорпције рендгенских зрака изражен у Хаунсфилд-овим јединицама. Тачно је одређен за ткива и телесне течности (нпр: јетра 65+/-5, бубрези 30+/-10, масно ткиво 90+/-10, крв 80+/-10, кост спонгиоза 130+/-10 X.U.). Промене могу бити изодензне, хиподензне и хипердензне у односу на нормално ткиво и референтне вредности. За вредност нула у Хаунсфилд-овој скали узета је дензиметријска вредност воде, вредности изнад одговарају телесним течностима и ткивима, испод нуле масном ткиву и гасовима. Уз писани извештај налаз обично се прилаже филм са серијом снимака у аксијалним пресецима и реконструкцијама. Први снимак се назива топограм и на њему је приказан прегледани део тела са референтним линијама. Затим следи серија аксијалних скенова. На сваком снимку се налазе следећи подаци: име и презиме пацијента, назив институције, датум и време прегледа, дебелина пресека и број, дензиметријске вредности и друге мерене величине, као и низ техничких података (слика - 4). Уколико је контраст апликован интравенски посебно се означава на снимцима. Неопходно је напоменути да се у току једног прегледа направи више десетина пресека, а да радиолог

не пренесе све на филм већ само карактеристичне за одређену промену. Из овог разлога не треба доносити дијагностички закључак на основу добијеног филма, већ он служи као илустрација промена описаних у извештају.



Слика 3. Приказ скенова ендокранијума на филму - намењено едукацији, стандардни филмови имају око 20 слика. 1) Топограм, 2) Аксијални пресеци, 3) Сагитална реконструкција, 4) Фронтална реконструкција.

Контрастна средства

Апликација контрастних средстава (КС) може побољшати видљивост патолошких промена изменом дензиметријских вредности нормалних и патолошких ткива. Због овога је у КТ дијагностици уведено пост контрастно скенирање. Технички се изводи тако да се најпре начини серија пресека без контраста, потом се интравенски апликује контрастно средство и уради нова серија пресека. Као контрастна средства користе се нејонски препарати са три атома јода молекули из групе Метризамада.

Други начин примене контрастних средстава је интракавитална апликација, тј. уношење КС у шуљве органе. Овај начин се користи за приказ делова дигестивне цеви у циљу диферентовања од околних паренхимских структура. У овом случају се пер орално апликује разблажени Гастрографин у количини од око 500 мл. Друга могућност је апликација КС у мокраћну бешику, ретроградно пре скенирања кроз катетер се инсталира јодно КС.

Интравенска примена КС носи у себи ризик појаве непожељних алергијских реакција, који се у пракси не може занемарити, иако је применом нејонских јодних препарата сведен на минимум.

Зрачење и заштита

Компјутеризована томографија обухвата дијагностику патолошких промена у свим анатомским деловима човечјег тела укључујући и екстремитете. Код КТ прегледа главе дозе зрачења за стандардних десет пресека су за два пута веће него код стандардне графичке у П-А и профилној пројекцији. Уколико се у току прегледа користи контрастно средство број пресека се повећава на око 16, а примљена доза зрачења за око три пута. Компјутеризована томографија абдомена и карлице даје озрачивање по једном пресеку као и нативни снимак абдомена. Са порастом броја пресека мале дебљине, сваки део ткива прегледаног органа прима велику дозу зрачења.

Основна мера заштите од непожељног дејства јонизујућег зрачења је крајње рестриктивна примена КТ дијагностике, односно правилно одређивање медицинских индикација. Техничке мере заштите су оскудне и тешко се спроводе у пракси.

Индикације за примену у КТ

Дијагностичка примена компјутеризоване томографије обухвата велики број патолошких процеса у разним органима и системима. Најчешће индикације за КТ прегледе појединих анатомских делова тела.

- *Глава. Неурокранијум:* трауме, клинички знаци за епидурални и субдурални хематом, обољења крвних судова мозга, цереброваскуларни акциденти (фокална исхемија, транзиторни исхемијски атак, тромбозе, хеморагије, рани третман унутар прва три сата од почетка свих симптома) примарни и секундарни малигни тумори мозга, тумори хипофизе, инфламаторна обољења мозга, дегенеративна и демјелинизирајућа обољења мозга, промене на коштаном деловима неурокранијума нетрауматског порекла. Висцерални кранијум: Обољења синуса, тумори фаринкса, обољења и трауме орбите, трауме костију лица.

- *Кичмени стуб.* Трауме кичменог стуба, тумори коштане структура и кичменог канала, клинички знаци за дискус хернију, сумње на стенозу латералног рецесуса, сумње на стенозу вертебралног канала.

- *Грудни кош.* Медијастинум: Одређивање узрока проширења медијастинума диференцирањем маса на основу дензиметријских вредности (солидно ткивне, масно ткиво, течности), анеуризме аорте. Плућа: Процена узнатредовалости карцинома бронха, дијагноза плућних промена локализованих у немим зонама, кавитарне промене (каверне и буле), васкуларне промене, бронхиектазије. Плеура: Евалуација плеуралног излива, примарних и секундарних неоплазми, пнеумоторакса. Торакални зид: Трауме, упални и неопластични процеси.

- *Абдомен.* Трауме абдомена, примарни и секундарни тумори јетре, цироза, стеатоза и цисте јетре. Хематом и инфламаторна обољења слезине. Акутни и хронични панкреатитис, тумори.

- *Цисте панкреаса.* Конгениталне аномалије, хематоми, инфламаторна обољења, цисте и тумори бубрега, хидронефроза. Периренални хематом, апсцес и урином, малигни лимфоми и анеуризма абдоминалне аорте.

- *Компјутеризована томографија карлице:* Посттрауматска стања. Инфламаторна обољења мокраћне бешике и тумори, тумори простате, тумори утеруса и оваријума. Дијагностика постојања увећаних лимфних нодула.

- *КТ мишића и коштаног система:* Дијагноза и процена трауме коштаног и околног меког ткива, контрола и праћење динамике зарастања фрактура, тумори костију (локализација и стејџинг), рана дијагностика остеомијелитиса и асептичне остеонекрозе, дегенеративна и метаболичка обољења костију и зглобова

Цена КТ прегледа

Цена коштања КТ прегледа зависи од објективних параметара где спадају врста прегледа односно број пресека и употреба контраста. Прегледи са интравенском апликацијом КС су скупљи за цену контраста и осталог утрошеног материјала као и цену додатног скенирања и филма. Други елемент који одређује цену КТ прегледа зависи од установе у којој се преглед ради, установе различитог нивоа стручности имају и различиту цену прегледа. Тржишна цена прегледа се креће од 4500 до 7000 динара, зависно од прегледаног органа и апликације контрастног средства.

ЗАКЉУЧАК

Компјутеризована томографија је савремена радиолошка дијагностичка метода која користи извор Х-зрачења за добијање аксијалних пресека органа. Дијагностичке могућности су велике, али постоје и ограничења. Примена контрастних средстава омогућава квалитетнију дијагностику, уз одређене ризике. Основна мера заштите од непожељног дејства јонизујућег зрачења је правилно одређивање индикација за КТ преглед. Пре упућивања болесника на КТ преглед потребна је потпуна клиничка обрада и примена других мање сложених и јевтинијих дијагностичких метода. Код одређивања потребе за КТ преглед мора се узети у обзир и његова цена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Goldner B. i sar.: Jedan vek radiologije u Srbiji 1895-1995. Srpsko Lekarsko društvo, Sekcija za Radiološku dijagnostiku, Beograd 1995.
2. Dalagija F, Tvrtković R, Lovrinčević A, Bešlić Š. Indikacije za kompjuteriziranu tomografiju (CT) torakalnih organa. Radiol, Jugosl, April-June, 1987; 21 (2):125-130
3. Doyon D. M, Laval-Jeantet. Ph Halimi E.A. Cabanis, J. Frija.: Tomodensitometrie. Paris. Masson, 1988. .
4. Ledić S. Racionalizacija u spinalnoj radiodijagnostici sa algoritmom pregleda. Radiol, Jugosl, October-December, 1989; 23: 333-341.
5. Milatović S. Kompjuterizovana tomografija neurokranijuma, Niš, Izdanje autora, 2001.
6. Petković G, Kuprešanić S, Marković LJ, Djordjević Z, Vasić-Vilić J, Spasić V, Bjelovuk R, Putnik B. Kompjuterizovana tomografija kostiju i zglobova. Radiološki arhiv Srbije (RAS) 2001; 10 (1): 23-27.
7. Petrović N, Ristić A, Mitrović V, Filipović S, Lakićević N, Stamenković S, Petrović I, Mitić R. Nova terapijska strategija u lečenju infarkta mozga. Praxis Medica 2001; 28 (3-4); 59-66.
8. Semnic R. CT toraksa i abdomena, Institut za onkologiju Sremska Kamenica, 2005, 9-22.
9. Tomašević M, Goldner B. Rendgensko zračenje i zaštita u medicinskoj dijagnostici, Beograd: Velarta, 1998.
10. Gillard JH, Hubbard C, Das R and Sherrif H: Digital radiology in skeletal trauma: assessment officers' performance. JR Soc Med. 1998 March<91(3); 129-132
11. P.F. van der Stelt, Digital Radiology: deficiencies, failures and other adventures. Dentomaxillofac. Radiol., Vol.24, Issue 2, a-68, May 1, 1995
12. Faya F, Innovation en radiology numerique. JORADF vol. 79. no 6, SUP (46p), 1998. 616-620.
13. [http://en.wikipedia.org/wiki/Digital radiography](http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_radiography) 02/25/2009
14. <http://en.wikipedia.org/wiki/X-ray> 02/25/2009
15. Hounsfield G.N. Computed medical imaging. Journal de radiologie Tom 61, no 6-7, pp. 359-468. 1980.
16. Galanski von M, Cramer B.M, Drewes G. Moglichkeiten der Konrtastmittelanwendung bei der Computertomographie. Forsch. Rontgenstr. 132, 2 (1980) 139-144.