

Д-р Марселла Заки Ал-Амин

**НИСКОДОЗОВА КОМПЮТЪРТОМОГРАФСКА
УРОГРАФИЯ**

АВТОРЕФЕРАТ

За присъждане на образователна и научна степен „ДОКТОР”
Област на висше образование: 7. Здравеопазване и спорт
Професионално направление 7.1. Медицина
Докторантска програма:
Образна диагностика

НАУЧЕН РЪКОВОДИТЕЛ

Проф. Д-р Васил Георгиев Хаджидеков, дм

НАУЧНО ЖУРИ:

- | | |
|--|------------------------|
| 1. Проф. д-р Васил Георгиев Хаджидеков, дм | вътрешен член |
| 2. Проф. д-р Петър Любенов Симеонов, дм, дмн | вътрешен член |
| 3. Проф. д-р Николай Георгиев Наумов, дмн | външен член |
| 4. Доц. Д-р Захари Тончев Стойков, дм | външен член |
| 5. Доц. Д-р Николета Иванова Трайкова | външен член |
| 6. Доц. Д-р Румяна Панайотова Кръстева, дм | вътрешен резервен член |
| 7. Доц. Д-р Елисавета Вълчева Георгиева, дм | външен резервен член |

София, 2015г.

Изследванията за настоящата научна разработка са извършени в Отделение по Образна диагностика към УМБАЛ „Александровска”, гр. София.

Дисертационният труд съдържа 141 стандартни страници и включва 53 фигури, 49 таблици и 2 приложения. Оформен е в 5 глави, заключение / вкл. декларация за оригиналност /, изводи, приноси, приложения и литературни източници. Библиографията обхваща 192 източника, като 149 от тях са публикувани след 2000 год., а 8 от тях са български.

Номерацията на фигурите и таблиците в автореферата е различна от тази в дисертационния труд.

Дисертационният труд е обсъден на разширен Катедрен съвет в Катедра по Образна диагностика към Медицински Факултет, Медицински Университет – София на 06.10.2014г. и е насочен за защита пред научно жури.

Материалите по защитата са на разположение в секретариата на Катедрата по Образна диагностика, УМБАЛ „Александровска”, МУ-София, бул. „Св.Г. Софийски” №1, София, 1431.

Публичната защита ще се състои на **27.02.2015** година, петък, от **14-00ч.** в Аудиторията на Клиниканата по неврология, УМБАЛ „Александровска”, МУ-София, съобразно заповед на ректора **№ РК 36-2705** от 25.11.2014г.

Автор: д-р Марселла Заки Ал-Амин

Заглавие: Нискодозна компютъртомографска урография

Област на висше образование: 7. Здравеопазване и спорт

Професионално направление: 7.1.Медицина

Докторантска програма: Образна диагностика

"Каквото сме направили само за себе си в живота ни, умира с нас. Каквото сме направили за другите и за света, остава завинаги."

Албърт Пайк
(1809 – 1891)

С искрена благодарност към:

- **Проф. Васил Хаджидеков**, мой пръв учител и научен ръководител
- **Проф. Николай Наумов, доц. Георги Хаджидеков и д-р Радослав Петков**, вдъхновили ме в тематиката
- **Илия Дяков**, за изключителната, безгранична подкрепа и упорита работа, които направиха възможни цитираните резултати
- **Доц. Лъчезар Пенев и д-р Галина Георгиева-Козарова**, за добросъвестното им и всеотдайно обучение
- **Всички колеги от УМБАЛ „Александровска“**, за безкористното им сътрудничество
- **Майка ми и брат ми**, за безвъзмездната им обич и изключителна подкрепа

Съдържание:

I. Въведение	1
II. Цел и задачи	3
III. Материал и методика	4
1. Методика.....	4
1.1. КТ уредба, технически параметри, протоколи на скениране.....	4
1.2. Използвани средства за измерване.....	4
1.3. Методи за изпълнение на задачите на проучването.....	6
1.3.1. Методи за контрол на качеството на КТ уредби.....	6
1.3.1.1. Програма за контрол на качеството.....	6
1.3.2. Методи за измерване на физикотехническите параметри.....	6
1.3.2.1. Анодно напрежение.....	6
1.3.2.2. Слой на полуотслабване и филтрация.....	6
1.3.2.3. КТ индекс на дозата свободно във въздуха по оста на ротация (CTDI _{air}).....	7
1.3.2.4. Геометрични показатели.....	7
1.3.2.5. Стойности на HOUNSFIELD-ови числа.....	8
1.3.2.6. Шум на образа.....	8
1.3.2.7. Висококонтрастна разделителна способност и нискоконтрастна визуализация.....	8
1.3.2.7.1. Висококонтрастна разделителна способност.....	9
1.3.2.7.2. Нискоконтрастна разделителна способност.....	9
1.3.2.8. Монитори и принтери.....	10
1.3.3. Методи за дозиметрия и контрол на качеството.....	10
1.3.3.1.1. Стандартизиран подход.....	10
1.3.4. Оценки на дозата при клинични изследвания.....	11
1.3.5. Определяне на органните дози и ефективната доза.....	11
1.3.3. Методи за оценка на качеството на образа.....	11
1.3.4.1. Чрез фантомни измервания.....	11
1.3.4.2. Чрез проучвания с пациенти.....	12
1.4. Клиничен контингент.....	13
1.4.1. Клинична симптоматика.....	16
1.4.2. Насочваща предварителна диагноза/симптоматика на изследваните пациенти.....	17
1.5. Статистически анализ на данните.....	18
IV. Резултати и обсъждане	19
1. Резултати от оценката на качеството на образа.....	19
2. Демографска характеристика на изследваните пациенти.....	20
3. Нискодозова компютъртомографска урография.....	22
4. Разпределение на пациентите спрямо клиничната симптоматика и насочващите диагнози.....	23
5. Находки от проведените нискодозови КТУ протоколи.....	28
6. Резултати по отношение на контрол на качеството.....	34
7. Дозиметрични резултати.....	35

7.1. Дозиметрия с фантом.....	35
7.1.1. Дозиметрия с фантом за КТУ.....	36
7.1.2. Дозиметрия с фантом LightSpeed.....	37
8. Проучване на дозите при КТ урография и оптимизация на протоколите.....	37
8.1. Дозиметрия на пациенти.....	37
8.2. Зависимост на CTDI от теглото на пациентите.....	38
9. Изследване на факторите, влияещи върху дозата (CTDI).....	39
9.1. Изследвания на факторите, влияещи върху дозата при 120kV	39
9.1.1. Полът като фактор, определящ дозата.....	39
9.1.2. За установяване на факторното влияние на теглото (по Borngard) върху дозата.....	40
9.1.3. Проверка на съвместното влияние на теглото и полът върху дозата.....	41
9.1.4. Анализ на влиянието на възрастта на пациента върху дозата.....	42
9.1.5. Проверка на хипотезата за съвместното влияние на теглото, полът и възрастта върху CTDI.....	42
9.1.6. Проверка на хипотезата за факторното влияние на променливата тегло във вариант над и под >80, <80 кг.....	43
9.2. Изследвания на факторите, влияещи върху дозата при 100kV	44
9.2.1. Полът като фактор, определящ дозата.....	45
9.2.2. Установяване на факторното влияние на теглото (по Borngard) върху дозата	45
9.2.3. Проверка на съвместното влияние на теглото и полът върху дозата.....	46
9.2.4. Проверка на хипотезата за съвместното влияние на теглото, полът и възрастта върху CTDI.....	46
9.2.5. Проверка на хипотезата за факторното влияние на променливата тегло във варианта над и под >80, <80 кг.....	48
9.3. Изследване на факторите, влияещи върху дозата при 80kV	50
9.3.1. Полът като фактор, определящ дозата	50
9.3.2. Установяване на факторното влияние на теглото (по Borngard) върху дозата при 80kV..	51
9.3.3. Проверка на съвместното влияние на теглото и полът върху дозата.....	51
9.3.4. Проверка на хипотезата за съвместно влияние на теглото, полът и възрастта върху CTDI.....	52
9.3.5. Проверка на хипотезата за факторното влияние на променливата тегло във варианта над и под >80, <80 кг.....	53
9.4. Обобщителен анализ.....	54
10. Резултати от оценката на ефективната доза.....	55
11. Заключение.....	56
V. Изводи	57
VI. Приноси	58
X. Научни публикации и съобщения по темата на разработката	59

Използвани в текста съкращения на кирилица:

ДРН - диагностични референтни нива
ЕВРАТОМ - Европейска общност за атомна енергия (ЕОАЕ)
ЕДКТ - едндетекторните (едносрезови) компютъртомографи
ЕУ - Екскреторна урография
ИЙЛ - източници на йонизиращи лъчения
КИН - контраст-индуцираната нефропатия
КК - контрол на качеството
КС – контрастни средства
КТ – компютърна томография
КТУ - компютъртомографската урография
МДКТ - многдетекторни компютъртомографи
МРТ – магнитнорезонансна томография
МРУ - магнитнорезонансна урография
ОК - осигуряване на качеството
РУП - ретроградната уретеро-пиелография
ТЛД - термолуминисцентни дозиметри
УЗД - ултразвуковата диагностика

Използвани в текста съкращения на латиница

3D – three dimensional
ACR - American College of Radiology
ALARA - As Low As Reasonably Achievable
AUA - American Urological Association
BMI – body mass index
CTDI - компютър-томографски индекс на въздушната керма / компютър-томографски индекс на дозата
CTDI_{air} - компютър томографски индекс на дозата свободно във въздух
CTDI_{PMMA} – компютъртомографски индекс на дозата във фантома
CTDI_{vol} - обемен компютъртомографски индекс на дозата
CTDI_w - претеглен компютъртомографски индекс на дозата
CTDI_C - компютъртомографски индекс на дозата в центъра на фантома
CTDI_i - компютъртомографски индекс на дозата в четирите периферни точки
nCTDI_w - нормализиран претеглен компютър-томографски индекс на дозата
CTDI_p - компютър-томографски индекс на дозата в периферията на фантома
DCT10 - Йонизационна камера
DDM2 - Dose Datamed 2 „Study on European Population Doses From Medical Exposure
DICOM - Digital Imaging and Communication in Medicine
DLP- произведение доза-дължина
E - ефективна доза
EAU - European Association of Urology
ESUR - The European Society of Urogenital Radiology
FOV - field of view (зрително поле)

Gy – Грей

HU- Hounsfield Unit

IAEA - International Atomic Energy Agency

ICRU - International Commission on Radiation Unit

K_0 - въздушната керма

kV – киловолти

mA - анодният ток

mAs - зависимостта между дозата и количеството електричество

MPD - Мултифункционален детектор

mSV - millisievert

PET-CT - positron emission tomography computed tomography

PMMA – фантом

ROI – КТ число в област на интерес

K – керма/доза

I. Въведение:

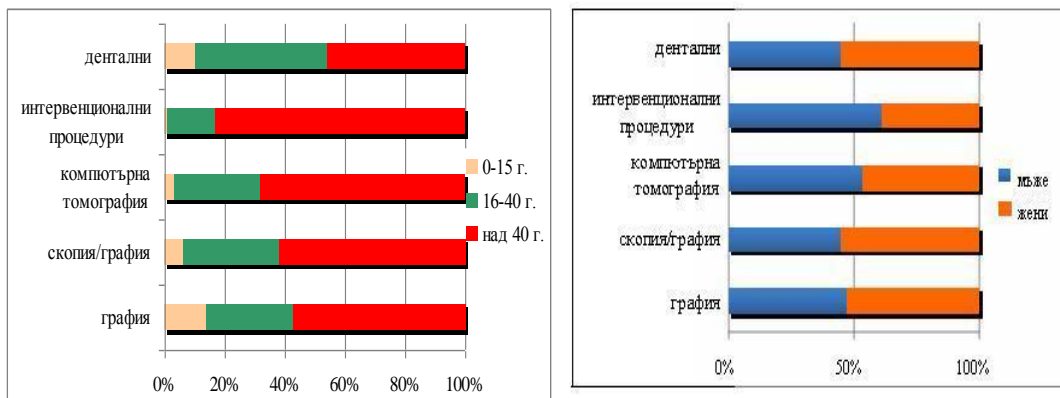
Компютърната томография (КТ) има основна роля в съвременната образна диагностика. Причина за нарастващата приложимост на метода са неговата голяма информативност и диагностични възможности. С появата на МДКТ се стига и до развитието на компютъртомографската урография (КТУ), като модалност на КТ образна диагностика, а това от своя страна довежда до увеличаване значително на броя на изследванията. През последните две десетилетия използването на КТ в световен мащаб се е увеличило с 800%. В Съединените Американски Щати в периода от 1991 до 2002 г. е документирано увеличение на КТ изследванията с 10% годишно. За същия период се наблюдава нарастване с 25% при изследванията на коремната област, 27% на тазовата, 26% на гръдната и нарастване с 235% на сърдечно-съдовите изследвания. В България, както и във всички развити страни, медицинското облъчване е основният техногенен източник на облъчване, съставляващо, според обобщени оценки, около 87% от надфоновото облъчване и около 32% от общото облъчване на населението. Според националната статистика, общият брой на рентгеновите изследвания (включително денталните графии) за 2011 г. е 4,1 милиона, или средно 560 изследвания на 1000 души от населението. Наблюдава се слабо повишаване на броя на изследванията спрямо предходните няколко години. (фиг.1)



Фигура 1

Динамика в честотата на рентгеновите изследвания в България.

На фигура 2 е представено разпределението на петте групи рентгенови изследвания по възрастови групи и по пол на пациентите. Приносът на изследванията на деца до 15 г. в общата честота е 12,1%, като най-голям е при рентгенографиите (14,0%) и денталните графии (12,1%) и очаквано най-малък е при интервенционалните процедури (0,8%). Около 2,9% от КТ изследвания са на деца, което показва добра практика за по-малко прилагане на този лъченатоварващ метод при децата. От разпределението на изследванията по пол се вижда, че рентгеновите изследвания са с малко по-голяма честота при жените - 53%, срещу 47% при мъжете; почти поравно е разпределението и на КТ изследванията.



Фиг.2 Разпределение на рентгеновите изследвания по възрастови групи и по пол

Тези данни наложиха и да се изучи възможността на прилагане и оптимизиране на нискодозовите компютъртомографски протоколи при използването на КТУ, с цел намаляване на дозата йонизиращо лъчение, но запазвайки и информативността на образите.

II. Цел и задачи

Цел на настоящата разработка е проучване на възможностите за нискодозовата компютъртомографска урография и оптимизацията ѝ при диагностиката на някои заболявания и състояния на урогениталния тракт.

За постигане на тази цел са поставени следните задачи:

1. Да проучим възможностите на нискодозовата компютъртомографска урография в диагностиката на някои заболявания: вродени вариетети на урогениталния тракт, съдови ренални вариетети, злокачествени и доброкачествени формации.
2. Да проучим възможностите за оптимизация на параметрите на протоколите за нискодозова компютъртомографска урография.
3. Да разработим програма за осигуряване на качеството при нискодозовата компютъртомографска урография, базирана на промените в дозата и качеството на образа, проучени чрез фантомни и клинични изследвания.
4. Да проучим минималните прагове на дозата при различни клинични ситуации, при които качеството на образа запазва своята диагностична информативност.
5. Да сравним лъчевото натоварване при екскреторната урография и нискодозовата компютърна томография при групи пациенти, с приблизително еднакъв телесен индекс
6. Да проучим и предложим в практически клинични условия оптимизирани протоколи за нискодозова компютъртомографска урография.

III. Материал и методика

1. Методика

1.1. КТ уредба, технически параметри, протоколи на скениране:

Методите на КТУ, приложени в настоящото проучване са три нискодозови протокола на скениране, определени като стандартен, нискодозов и ултранискодозов. С цел оптимизация на наложената практика бяха променени използваните киловолти за два протокола на скениране. Всички останали параметри на скениране са еднакви и за трите протокола, както и дебелината на срезове и реконструкциите, използвани при тях. (табл.5)

Протокол	Дебелина на среза	волтаж	Ефективни mAs	Време на въртене	Дебелина на среза	реконструкции
Стандартен	0,5x64	120kV	219	0,5	5.00мм	5.00мм
Нискодозов	0,5x64	100kV	163	0,5	5.00мм	5.00мм
Ултранискодозов	0,5x64	80kV	114	0,5	5.00мм	5.00мм

Таблица 5. Параметри на използваните нискодозови протоколи на скениране

За целите на разработката скениранията са проведени на 64-срезов мултидетекторен компютъртомограф в Клиниката по образна диагностика на УМБАЛ „Александровска” гр. София.

С цел да се провери, дали подобни оптимизирани протоколи могат да се използват и при други КТ уредби, беше използван протокола СТ LightSpeed Pro16.

1.2. Използвани средства за измерване

Средствата за измерване трябва да са калибрирани за измерване в обхват на анодни напрежения от 100 до 150 kV, мощност на доза от 0,1 mGy/s до 50 mGy/s и качество на лъчение RQT9 (120 kV, 0,25 mm Cu, 8,4 mm Al) [27].

За измерване на параметрите анодно напрежение, слой на полуотслабване и CTDI сме използвали мултифункционален уред 59 Barracuda (RTI Electronics, Sweden) с включените към него различни детектори. (фиг.8)



Фигура 8

Различни видове детектори към Barracuda: А: КТ йонизационна камера DCT10; Б: мулти-функционален детектор MPD.

Фотометър за яркост и осветеност тип LXplus (Wellhofer Dosimetry, Германия). Измерителен обхват 0,05 – 200 000 cd.m⁻² и 0,01 – 200 000 lx.

Пластини от алуминий за измерване на слой на полуотслабване с чистота 99 % и дебелини 0,5; 1 и 2 mm с обща дебелина 10 mm.

Верификационени рентгенови филми тип Ready Pack

Фантоми

Водоеквивалентен фантом с минимален диаметър 160 mm

Фантом за качество на образа – „Performance Phantom C”, Hitachi, който е разделен на секции с различно приложение:

- Секция А – дебелина на среза
- Секция Б – разделителна способност;
- Секция В – точкова функция на разпределение;
- Секция Г – нискоконтрастна визуализация;
- Секция Д – точност на СТ числата.

Стандартни дозиметрични СТ фантоми от PMMA за измерване на CTDI с минимална дължина 140 mm и диаметър: за глава: 160 mm; за тяло: 320 mm

Специализирани фантоми за калибриране и контрол на качество към съответната уредба PX79-07600 Toshiba.

Според Наредба 30 на МЗ от 2005 г. всяка конвенционална рентгенова уредба трябва да бъде оборудвана с дозиметър за измерване на доза по площ (ДАП метър). Използваната от нас рентгенова уредба Process (CGR) е оборудвана с дозиметър за измерване на дозата, която получават пациентите при конвенционални рентгенови изследвания. ДАП метърът се калибрира по тандемен метод, като за референтен дозиметър използвахме MPD на Barracuda. MPD поставяхме на пациентския плот. Чрез светлинния визьор облъчваното полето в равнината на MPD ограничавахме до размери 10x10 cm. При всяка експонация едновременно се регистрираха показанията на ДАП-метъра и MPD. Тези данни използвахме за калибрирането на ДАП-метъра.

1.3. Методи за изпълнение на задачите на проучването:

Методите се разделят в три групи:

- 1.) Методи за контрол на качеството на КТ уредбите
- 2.) Методи за дозиметрия и оценка на дозата
- 3.) Методи за оценка на качеството на образа

1.3.1 Методи за контрол на качеството на КТ уредби

1.3.1.1. Програма за контрол на качеството

Физикотехническите параметри на КТ уредбите се оценяват в съответствие с програма за контрол на качеството. В програмата са заложили първоначално пълно и периодични изпитвания на уредбата, чиято цел е проверка на съответствието на параметрите с определените граници и проследяване на промяната на параметрите с времето.

1.3.2. Методи за измерване на физикотехническите параметри

1.3.2.1. Анодно напрежение

Точността на анодното напрежение се проверява с мултифункционалният детектор MPD на Barracuda. Измерват се всички налични стойности на анодното напрежение, като се отчитат осреднените пикови стойности на анодното напрежение. Изчисляват се относителните разлики Δr между измерените U_k и зададените U_s стойности на анодното напрежение:

$$\Delta_r = \frac{(U_k - U_s)}{U_s} \cdot 100 [\%]$$

Повторяемостта на анодното напрежение се оценява при същите условия. Сканира се три пъти при еднакви условия. Отчитат се осреднените пикови стойности на анодното напрежение, и се пресмятат средноаритметичната стойност \bar{U} и процентната разлика $|\Delta_r|$ между всяка от получените стойности U_k и \bar{U} :

$$\Delta_r = \frac{(U_k - \bar{U})}{\bar{U}} \cdot 100 [\%].$$

1.3.2.2. Слой на полуотслабване и обща филтрация

Оценката на слоя на полуотслабване и общата филтрация беше осъществена чрез MPD на Barracuda и специализирана функция на софтуера за директно показване на резултата.

1.3.2.3. Компютър томографски индекс на дозата свободно във въздух по оста на ротация ($CTDI_{air}$)

За измерването се използва камера DCT 10 на Barracuda, поставена на подходящ статив и позиционирана с помощта на светлинните (лазерните) маркери.

Измерванията на $CTDI_{air}$ се провеждат при експонационни параметри, съответстващи на стандартни протоколи за изследване на глава и тяло в режим на един аксиален срез. $CTDI_{air}$ се определя от отношението на измерената от дозиметъра стойност на произведението доза-дължина, dI_p , в $mGy.cm$, и номиналната ширина на използвания срез T в cm :

$$CTDI_{air} = \frac{dI_p}{T} [mGy].$$

Проверката за повторяемост на резултатите от измерванията се извършва чрез три последователни сканирания при едни и същи условия. Изчислява се средноаритметичната стойност от измерванията и се определя стандартното отклонение.

За сравняване на резултатите със стойностите на дозата при различни уредби се изчислява нормализирания компютър томографски индекс на дозата ($nCTDI_{air}$), като стойността на $CTDI_{air}$ се раздели на количеството електричество, Q , в mAs :

$$nCTDI_{air} = \frac{CTDI_{air}}{Q} [mGy.(mA.s)^{-1}].$$

1.3.2.4. Геометрични показатели

За измерването на съвпадение на светлинната индикация с равнината на среза, точността на локализацията на равнината на среза от топограмата и дебелина на среза върху образа се използва верификационен рентгенов филм тип Ready Pack.

Светлинната индикация, показваща средата на равнината на сканиране, се маркира върху филма с няколко метални индикатора или друг рентгеноконтрастен маркер. Извършва се едно аксиално сканиране, след което филмът се проявява при стандартни условия и се измерва разстоянието между центъра на облъчената ивица и позицията на маркерите.

Оценка за дебелината на среза може да се направи по описания начин с филм тип Ready Pack. Правят се няколко аксиални среза с различна дебелина, като стъпката между отделните срезове трябва да е по-голяма от 40 mm. Дебелината на среза може да се оцени и като се сканира Секция А на „Performance Phantom C”, използвайки данни за стандартен протокол за глава и FOV 210.

1.3.2.5. Стойност на HOUNSFIELD-ови числа

Средната стойност на СТ-числото за вода се определя експериментално чрез сканиране на водоеквивалентен фантом, позициониран в центъра на ротация на гентритото, и последващо компютърно пресмятане на СТ-числото в област на интерес (ROI) с форма на окръжност с площ около 500 mm^2 , разположена в центъра на образа. Препоръчително е използването на фантома, който се използва при калибрирането на КТ уредбата. В аксиален режим се сканира един срез с експонационни параметри, съответстващи на рутинно изследване на глава на възрастен пациент. Не се извършва допълнително изглаждане на образа. Използва се средноаритметичната стойност на СТ-числата за вода при най-малко три последователни сканирания.

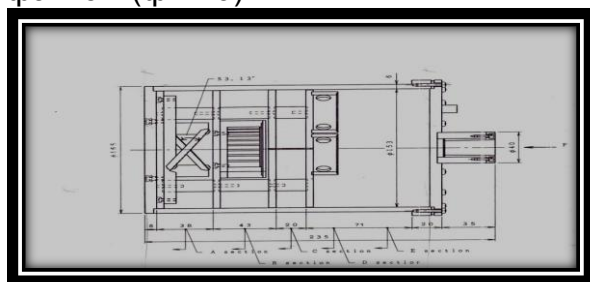
За оценка еднаквостта на HOUNSFIELD-овите единици (HU) се използва хомогенен фантом (вода или тъканно еквивалентен), позициониран в центъра на ротация на гентритото. Извършва се сканиране в централната област на фантома, като се използва стандартен протокол за изследване на глава на възрастен пациент, без да се извършва допълнително изглаждане на образа. Чрез компютърно пресмятане се определят средните стойности на HU в област на интерес с площ около 500 mm^2 в центъра и в четири точки лежащи на 10 mm от повърхността на фантома, разположени на 0° , 90° , 180° и 270° .

1.3.2.6. Шум на образа

Определя се чрез сканиране в режим на един аксиален срез на хомогенен фантом (вода или тъканно еквивалентен), като се използва стандартен реконструиращ алгоритъм за глава на възрастен пациент. Избира се област на интерес (ROI) в центъра на образа на фантома във форма на окръжност с площ около 500 mm^2 . Оценява се нивото на шума в образа от стандартното отклонение на HU в избраната област на интерес.

1.3.2.7. Висококонтрастна разделителна способност и нискоконтрастна визуализация

За оценката на висококонтрастна разделителна способност и нискоконтрастната визуализация се използва специализиран фантом. (фиг. 9)



Фигура 9
Фантом за
качество на образа
– „Performance
Phantom C”, Hitach

1.3.2.7.1. Висококонтрастна разделителна способност.

Проверява се способността на КТ да различава близкостоящи обекти, притежаващи висок контраст. Специализираният фантом се позиционира на пациентската маса, така че секцията за висококонтрастна разделителна способност да се намира в равнината на сканиране. Извършва се сканиране, като се спазват изискванията, посочени в таблица 6.

Параметър	Препоръчвана стойност
Диаметър на фантома	~ 200mm
Параметри на сканиране: 1.) Диаметър на сканираното поле 2.) Размер на оптичния фокус 3.) Брой на проекциите 4.) Ширина на среза 5.) Количество електричество 6.) Ускоряващо напрежение	1.) 200 - 250 mm 2.) Минимален 3.) Максимален 4.) 1 – 3 mm 5.) Максимум 700 mAs 6.) 125 ± 5 kV
Параметри на визуализация: 1.) Реконструиращ филтър 2.) Фактор на увеличение 3.) Ширина на прозореца	1.) Стандартен за глава без изглаждане и увеличение 2.) Максимум 5 3.) ≥ 1000

Таблица 6. Изисквания към параметри на скениране за оценка на висококонтрастната разделителна способност

1.3.2.7.2. Нискоконтрастна разделителна способност.

Проверява се възможността на СТ уредбата да разграничава обекти с нисък контраст (обикновено разлика от 4 HU до 10 HU). Поради това, че сигналът (разликата между обекта и фона) е много малък, шумът се оказва основен фактор, за да не се визуализират обекти с малък контраст и малък размер. За оценка на този параметър се предлагат няколко метода, но все още широко приложение намират субективните методи за оценка.

Специализираният фантом се поставя на пациентската маса. Секцията за нискоконтрастна разделителна способност се позиционира в центъра на ротация с помоща на светлинните (лазерните) маркери. Извършват се серии сканирания на фантома при параметри, съответстващи на рутинно изследване на глава и тяло на възрастен пациент. Нискоконтрастната разделителна способност се оценява субективно, чрез най-малкия обект, който може да бъде наблюдаван в образа. Оценката се извършва от най-малко двама наблюдатели, независимо един от друг, при оптимални условия за визуализиране.

Записва се осреднената оценка от наблюденията за всеки конкретен случай.

1.3.2.8. Монитори и принтери

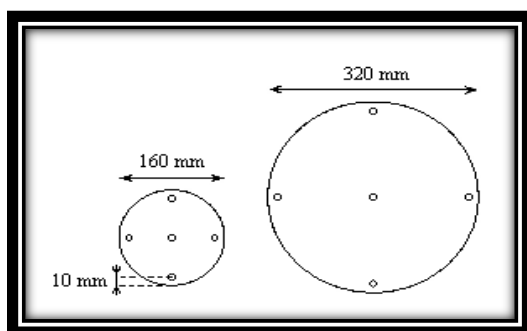
Тестовите на мониторите и принтерите се основават на препоръките на AAPM TG18 [AAPM, On-line Report № 03, April 2005. Assessment of display performance for medical imaging systems]. За оценката на отделните параметри се използват различни софтуерни тестови обекти [http://deckard.mc.duke.edu/~samei/tg18]. Тестовите за разделителна способност, нискоконтрастна визуализация и обхват на яркостта се провеждат чрез субективна оценка на тестовия обект. Останалите параметри се оценяват чрез измерване с фотометър LXplus на различни области от тестовия обект.

1.3.3. Методи за дозиметрия и оценка на дозата

Съществуват различни методи за дозиметрия в КТ. В практиката най-често се използват различни видове йонизационни камери или твърдотелни детектори. Чрез тях, се измерва CTDIPMMA, посредством специализирани фантоми от PMMA.

1.3.3.1.1. Стандартизиран подход

Стойности на CTDI, близки до тези при клиничните условия, се получат чрез използването на стандартен дозиметричен фантом (фиг.11) и камера DCT 10, която се поставя във фантома. За симулиране на тяло на възрастен пациент фантомът е с диаметър 320 mm, а на тяло на дете и на глава на възрастен пациент - с диаметър 160 mm.



Фигура 11

Схематичен вид на стандартни дозиметрични СТ фантоми.

Фантомите се позиционират на пациентската маса, респективно на стойката за глава при фантома с диаметър 160 mm, с помощта на светлинните центратори, като надлъжната и напречната повърхности трябва да са успоредни на оста на сканиране и на томографската равнина. Централният отвор на фантомите трябва да съвпада с центъра на ротация на гентритото. Йонизационната камера се поставя в специални отвори - един централен и четири периферни, лежащи на 10 mm от

повърхността, разположени на 0° , 90° , 180° и 270° . В останалите отвори се поставят цилиндрични пръчки от плексиглас, за да се осигури хомогенност на фантома. Последователно, при еднакви условия на облъчване, се измерват $CTDI_C$ в центъра на фантома и $CTDI_i$ в четирите периферни точки и се изчислява $CTDI_p$ в периферията на фантома.

Измерванията се провеждат съответно: за стандартни протоколи за тяло с фантома с диаметър 320 mm и за стандартни протоколи за глава с фантома с диаметър 160 mm.

За сравнимост между различните КТ уредби се изчислява нормализиран претеглен компютър-томографски индекс на дозата, $nCTDI_w$.

Проверката за повторемост на резултатите от измерванията се извършва чрез три последователни скенирания, при едни и същи условия. Изчислява се средноаритметичната стойност от измерванията и се определя стандартното отклонение.

1.3.4. Оценки на дозата при клинични изследвания

Освен CTDI и DLP се регистрират всички експонационни параметри, свързани с изследването. Анатомичните данни на пациентите се използват за определянето на "стандартния" пациент, а експонационните параметри дават пълна представа за начина, по който се провежда изследването. Чрез тази информацията могат да се предложат начини за оптимизация на работата.

Преди започването на изследването се записват експонационните параметри на всички фази и данните за пациента. При въвеждането на желаните параметри, софтуерът показва прогнозиран CTDI, който се променя заради индивидуалните особености на пациентите, по които системата модулира анодния ток. Истинските стойности на CTDI и DLP се записват в обобщен файл (SUMMARY), който се показва заедно с образите след края на изследването. Обобщеният файл съдържа както CTDI и DLP за цялото изследване, така и стойностите за отделните фази.

1.3.5. Определяне на органните дози и ефективната доза

Измерените дозиметрични величини се използват за оценка на органните дози и на ефективната доза. За изследванията с КТ уредба оценката бе направена със специализиран софтуер CT expo v. 2.1. (Medizinische Hochschule Hannover, Germany). След въвеждане на експонационните данни, информацията за пациента и областта на сканиране, софтуерът определя ефективната доза и органните дози. Това позволява сравняването на дозата при КТ изследване с тази, получавана при други диагностични методи. Освен това може да се изчисли рискът за пациента.

1.3.3. Методи за оценка на качеството на образа

1.3.3.1. Чрез фантомни измервания:

За оценката на качеството на образа се използва воден или водноеквивалентен фантом. Шумът в образа чрез стандартното отклонение σ на СТ-числата, се измерва по гореописания начин. Препоръчително е използването на фантома, който се използва при калибрирането на КТ уредбата. Друг начин, по който се оценява шумът, е чрез специализирани софтуери Sante Dicom viewer и RadiAnt Dicom viewer. Програмите позволяват анализирането на образи в стандартен формат DICOM, от които се получават данни за пациента, отделението, КТ уредбата, както и информация за дозиметричните величини и за шума.

Образите от фантомните измервания могат да се използват, за да се изчисли отношението сигнал-шум (SNR), отношението контраст-шум (CNR) и факторът за качество (FOM) по формулите:

$$SNR = \frac{PV_{фон} - PV_{обект}}{\sqrt{\frac{SD_{обект}^2 + SD_{фон}^2}{2}}},$$

$$CNR = \frac{PV_{обект} - PV_{фон}}{SD_{фон}},$$

$$FOM = \frac{SNR^2}{CTDI},$$

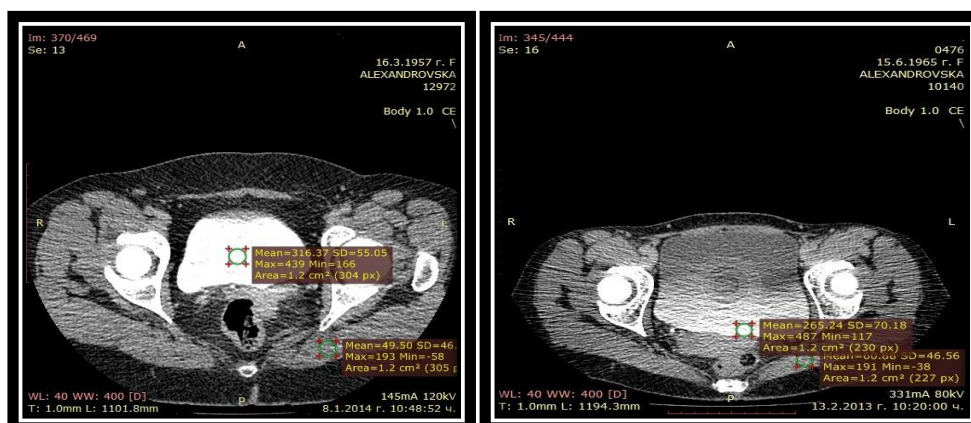
където PV е средната стойност на СТ – числата в областта на интерес (ROI), а SD е стандартното отклонение в областта. Отношенията SNR и CNR , и факторът за качество FOM , се използват за обективна оценка на качеството на образите.

1.3.3.2. Чрез проучвания с пациенти

Най-бързият начин за оценка на шума, SNR , CNR и FOM е чрез софтуера към КТ уредба. Върху получения образ се избира ROI, в който автоматизирана функция на софтуера показва σ . Другият начин, използван за оценяване на качеството на образите, е чрез специализираните софтуери. За обект при оценяването беше използван пикочен мехур с контраст, а като фон - меки тъкани. (фиг.15)

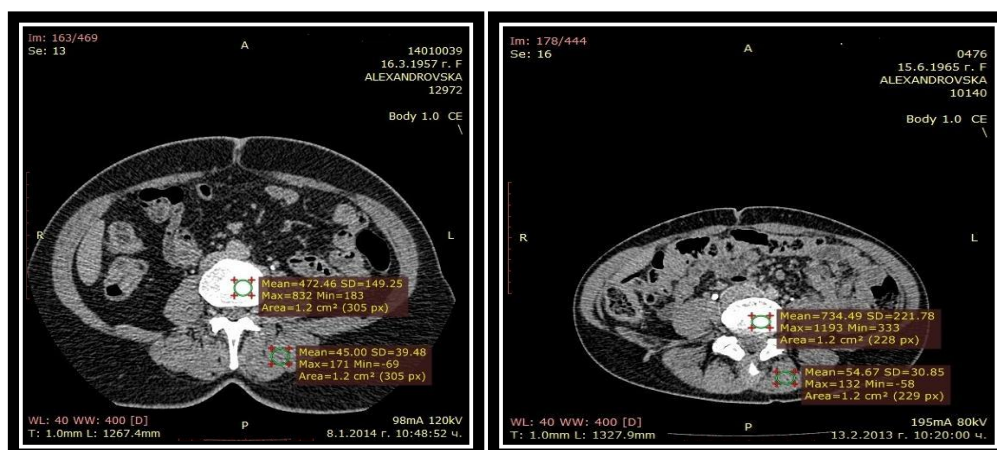
За оценка на клиничните образи се разработват анатомични критерии, характерни за всеки вид процедура. Чрез тях се оценява субективно дали полученият образ е с достатъчно добро качество. Модел за това предоставят европейските препоръки за критерии за качеството при КТ, където заедно с анатомичните критерии за всяка

процедура се посочват типични стойности на CTDI и DLP и примери за добра практика.



Фиг. 15 Оценка на качеството на образите, чрез обектите: контрастиран пикочен мехур и меки тъкани

За да се провери приложението на метода бяха измерени СТ-числата и в други части от тялото. (фиг.16)



Фиг.16 Оценка на качеството на образите в други области на тялото.

1.4..Клиничен контингент:

За периода 2010-2014 година проучването е проведено при 94 пациента с три нискодозови компютъртомографски протоколи на сканиране(стандартен, нискодозов и ултранискодозов) на 64-срезов МДКТ апарат.

Тридесет и четири от общо 94-те пациента са изследвани с 120kV-стандартен протокол, от които 8 жени и 26 мъже на средна възраст -61,9 години; 19 от изследваните пациенти са с телесна маса под 80 килограма, а 15 – над 80 килограма. При един от 34-те пациента, нивата на серумния креатинин и уреята са били завишени. При общо 31 от 34-те пациента е проведена екскреторна фаза, като при 24 от тях на 8-тата минута, след въвеждането на контрастното средство, а при 7 на

15-тата минута. При 22-ма от изследваните пациента са открити допълнителни находки, като 14 от които с клинично значение. (табл.7)

Двадесет и четири от общо 94-те пациента са изследвани с **100kV-нискодозов протокол**, от които 14 жени и 10 мъже на средна възраст- 59,5 години; 12 от изследваните пациента са с телесна маса под 80 килограма и 12 са с над 80 килограма. При един от 24-та пациента, нивата на серумния креатини и уреята са били завишени. При общо 22 от 24-мата пациента е проведена екскреторна фаза, като при 17 от тях на 8-та минута, а при 5 на 15-тата минута след инжектирането на контрастното средство. При 15 пациента са открити допълнителни находки, като всички те са с клинично значение. (табл.7)

Тридесет и шест от общо 94-те пациента са изследвани с **80kV-ултранискодозов протокол**, от които 19 жени и 17 мъже на средна възраст-57,8 години; 20 от изследваните пациента са с телесна маса под 80 килограма, а 16-над 80 килограма. При 3-ма от 36-те изследвани пациента, нивата на серумния креатини и уреята са били завишени. При 31 от тях е проведена екскреторна фаза, като при 20 на 8-тата минута, а при 11 на 15-та минута след инжектирането на контрастно средство. При 23 от изследваните са открити допълнителни находки, от които 17 с клинично значение. (табл.7)

Протокол на скениране	120kV Стандартен протокол	100 kV Нискодозов протокол	80 kV Ултранискодозов протокол
Изследвани пациенти	34 (от общо 94)	24 (от общо 94)	36 (от общо 94)
Жени	8	14	19
Мъже	26	10	17
Средна възраст	61,9 години	59,5 години	57,8 години
Под 80килограма	19	12	20
Над 80килограма	15	12	16
Завишени стойности на серумен креатинин и урея	1	1	3
Екскреторна фаза	31	22	31
8-ма минута	24	17	20
15-та минута	7	5	11
Допълнителни находки	22	15	23
Допълнителни находки с клинично значение	14	15	17

Табл. 7 Представяне на изследваните групи пациенти, с трите протокола на сканиране

Изследваните пациенти, според телесния им индекс, са разделени на две основни групи (фиг.17):

- Пациенти под 80 килограма – **общо 54 (57,4%)**
- Пациенти над 80 килограма – **общо 40 (42.6%)**



Фигура 17

Брой пациенти под 80 и над 80 килограма.

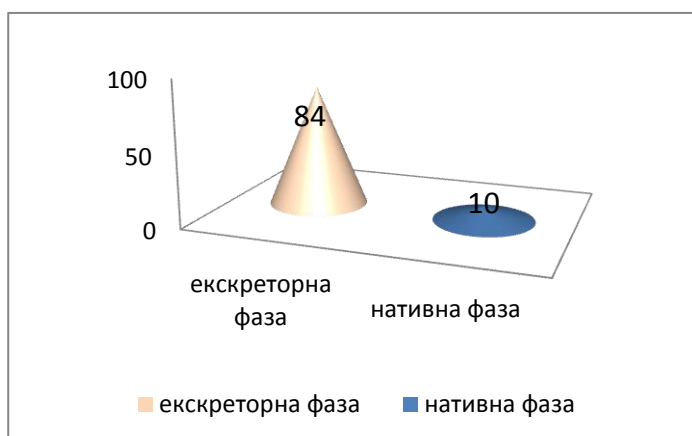
Средната възраст на изследваните пациенти е 59,7 години, като 44 са жени, 50 са мъже.

Осемдесет и девет пациента са с нормални стойности на серумен креатинин и урея, а 5 от тях са със завишени стойности между 175-190mmol/l за серумен креатинин и между 15,6 -18,3mmol/l за урея. (фиг.19)



Фигура 19. Представяне на броя пациенти със завишени и с нормални стойности на серумен креатинин и урея.

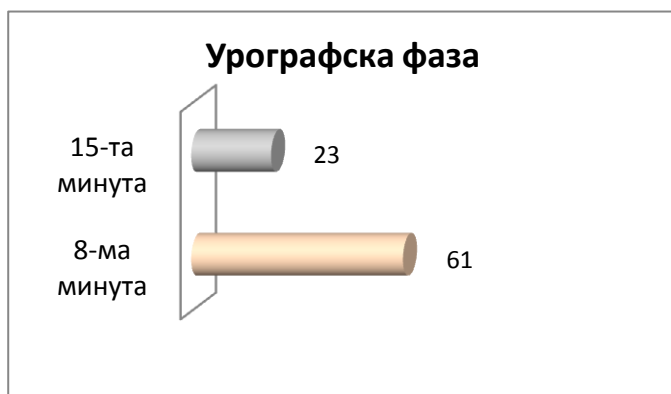
При 84 от пациентите сме провели нискодозово компютъртомографско изследване по време на екскреторната фаза, а при 10 – по време на нативната фаза. (фиг.20)



Фигура 20.

Брой на проведените нискодозови КТ изследване по време на нативната и екскреторната фази

При 61 от пациентите, урографската фаза е проведена на 8-та минута след въвеждането на контрастното средство, а при 23 – на 15-тата минута. (фиг.21)



Фигура 21.

Брой на проведената урографска фаза на 15-та и 8-ма минута след въвеждането на КС.

Съобразно законовите изисквания всички пациенти, след подробно разясняване на процедурата, са подписали информирано съгласие за провеждането на КТ образно изследване. Всеки пациент е хидратиран с 1000ml. вода, приета пер орално 20-60 минути преди провеждането на изследването. При всички 84 пациента е използвано контрастно средство Iopamidol 370mg I/ml (Scanlux), въведено еднотелно чрез автоматичен инжектор със скорост на инжектиране: 3-4ml/sec.

Общо при 11 пациента, обект на настоящето проучване, е проведена конвенционална екскреторна урография, от които 8 жени и 4 мъже със средно тегло 69 кг. Използван беше ръчен избор на данни с експонационни параметри 70-90 kV, 32-50 mAs, 125-200 mA, 160-500 ms. Като преобразувател на образа бяха използвани CR детектори и четец на фирма Agfa.

1.4.1.Клиничната симптоматика

За целите на разработката клиничната симптоматика на пациентите е разделена в 5 големи групи (Таблица 8):

Групи	Клинична симптоматика
I група	асимптоматични
II група	пациенти с хематурия (микро и макроскопска)
III група	пациенти с ренална колика
IV група	пациенти, с дизурични смущения
V група	пациенти с абдоминални формации

Таб. 8 Разпределение на пациентите, спрямо клиничната им симптоматика.

Находките от проведеното КТ изследване са разпределени в 11 големи групи (Таблица 9):

Групи	<u>Находки</u>
I група	нормална находка
II група	вариант в развитието на бъбреците, уретери и пикочен мехур
III група	вариант в ренални вени
IV група	Конкременти (бъбречни, утеретериални, в пикочен мехур)
V група	смущения в дренажа (хидронефроза, хидроуретер)
VI група	кистични формации – бенигнени
VII група	нефросклеротични промени
VIII група	афункция на бъбрек
IX група	Ту формация на бъбрек
X група	Ту на уретер
XI група	Ту формация на пикочен мехур

Таблица 9 Разпределение на находките от проведените КТ изследвания

Допълнителни находки са открити при 60, или 63.8%, от изследваните, като при 46, или 76.7%, от тях **същите са с клинично значение** (в това число: *формации, изхождащи от матката, дисеминационни лезии в черния дроб, туморни формации на черения дроб, цирроза, хепатомегалия, хиатална херния, лимфаденомегалия, аденом на надбъбрека, холецистит/холелитиаза, Синдром на Лериш–хронична тромбоза*).

1.4.2. Насочваща предварителна диагноза/симптоматика при изследваните пациенти:

Всеки от изследваните пациенти е насочен за КТ изследване с **предварителна диагноза**, като общо диагнозите могат да бъдат разпределени в 5 основни групи (Таблица 10):

Групи	<u>Предварителни диагнози</u>
I група	Нефролитиаза
II група	дренажни смущения / хидронефроза
III група	Ту формации (бъбрек, уретер, пикочен мехур)
IV група	Състояние след оперативни интервенции по повод туморни формации извън уринарния тракт. Контрола
V група	Други: пациенти, с хематологични и лимфопролиферативни заболявания; пациенти- бъбречнидонори; пациенти, със съмнение за туморни формации и или дисеминационни лезии извън уринарния тракт.

Таблица 10. Разпределение на предварителните диагнози на изследваните пациенти.

1.5.Статистически анализ на данните за дозата:

За установяване на факторното влияние върху дозата, измерена с CTDI, са приложени:

- **дисперсионен анализ**
- **регресионен анализ**

поотделно за всяко едно от направените измервания при – 120 kV, 100 kV и 80kV.

За проверка на различните хипотези, свързани с прилаганите основни методи са използвани също **Тест на Levene** и **линейни корелационни коефициенти**.

Използвали сме и **индекс на Borngard**, чрез който да определяме теглото на пациентите по формулата:

$$\text{ръст} \cdot \text{гръдна обиколка} = X$$

$$X/240 = \text{тегло (kg)}$$

IV. Резултати и обсъждане

1. Резултати от оценката на качеството на образа

Резултатите от направената оценка на качеството на образите чрез фантомни измервания са представени в таблица 11.

Протокол	SNR	CNR	FOM
120 kV	3,10	9,94	0,25
80 kV	1,01	3,07	0,07

Табл.11. Фантомни измервания

Образите, получени с 80 kV протокол, са по-шумни от тези с 120 kV протокол, като стойностите на SNR, CNR и FOM са **над три пъти по-малки** при 80 kV протокол.

Тази обективна оценка на качеството обаче не предоставя адекватна информация за диагностичната стойност на образите. За такава оценка е необходимо да се изследват получените образи **обективно и субективно**.

Резултатите от обективните изследвания са преставени в таблица 12. От нея може да се направи заключението, че тези резултати потвърждават резултатите от фантомните измервания, като наблюдаваните отклонения се дължат на разликите в теглото на пациентите.

Субективната оценка, с която се определя диагностичната стойност на образите, е направена чрез адаптиране на критериите на *Европейските препоръки за критерии за качеството при КТ* за КТ урография.

Протокол	SNR	CNR	FOM
120 kV	1,85	5,76	0,29
100 kV	1,72	4,78	0,32
80 kV	1,21	4,39	0,15

Табл. 12. Изследвания на образи на пациенти

Проверка на получените образи се извърши и при фантомните тестове, проведени с КТ уредба LightSpeed. Резултатите са представени в таблица 13 и показват намаление на стойностите на SNR и CNR при използване на по-ниски kV.

Обективната оценка на качеството е полезна и необходима при оптимизирането на стандартната практика. Чрез нея промяната в образите придобива числено изражение, което може да се използва за поддържане качеството на образа при контрола на качеството на КТ уредбата.

Протокол	SNR	CNR
120 kV	5,23	16,86
100 kV	4,65	15,74
80 kV	3,57	10,42

Табл. 13. Стойности на SNR и CNR при по-нисък волтаж

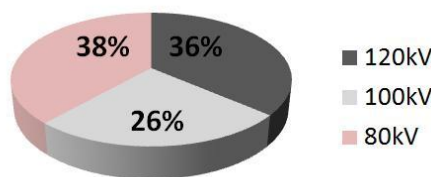
Тази оценка обаче не е достатъчна, за да се определи прагът на приложимост на оптимизираните протоколи. За такава оценка е необходимо изработването на адаптирани за КТУ критерии, чрез които субективно да се оцени диагностичната стойност на образите.

В тази връзка, с приносен характер е изследването на възможността за използването на нискодозови протоколи с възможно най-ниските kV, за да се покаже, че е достигнат прагът на приложимост, при който получените образи са с достатъчна диагностична стойност при всички индикации и за откриването на всички находки.

2. Демографска характеристика на изследваните пациенти:

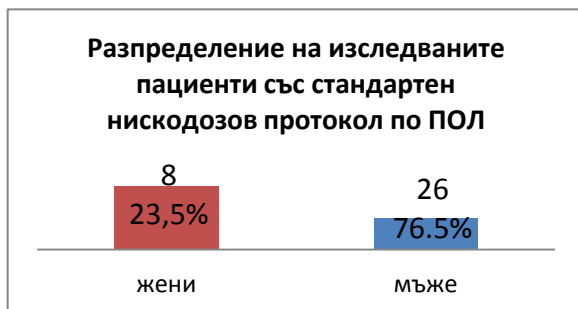
От изследваните 94 пациента 41 (43,6%) са жени, 53 са мъже (56,4%). Пациентите са със средна възраст 59,74 години.

При 34 (36,2%) от изследваните 94 пациента е проведена КТ със стандартен нискодозов протокол, като при 31 от тях е проведена и екскреторна фаза, при 24 (25,5%) – с нискодозов КТ протокол, като при 22-ма е проведена и екскреторна фаза и при 36 (38,3%) – с ултранискодозов КТ протокол, като при всички 31-ма е проведена и екскреторна фаза. (фиг.23)



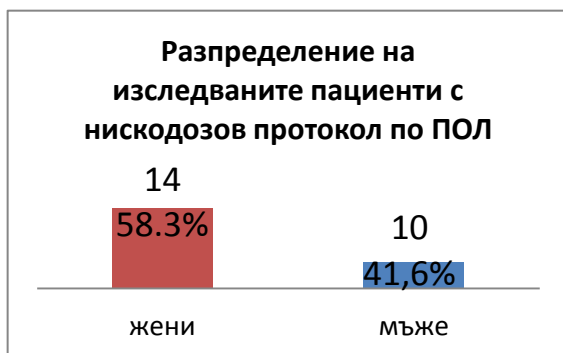
Фиг.23.Графично представяне на процентното разпределение на пациентите, изследвани спрямо използваните КТ протоколи

От изследваните 34 пациента със стандартен КТ протокол, 8 (23,5%) са жени и 26 (76,5%) са мъже, със средна възраст 61,9 години. (фиг.25)



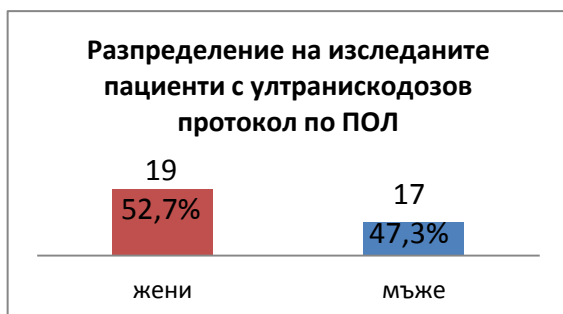
Фиг. 25. Разпределение на изследваните пациенти със стандартен нискодозов КТ протокол по пол.

От изследваните 24 пациента с нискодозов КТ протокол, 14 (58,3%) жени и 10 (41,6%) мъже, със средна възраст 59,5 години. (фиг.26)



Фиг. 26. Разпределение на пациентите по пол, изследвани с нискодозов КТ протокол.

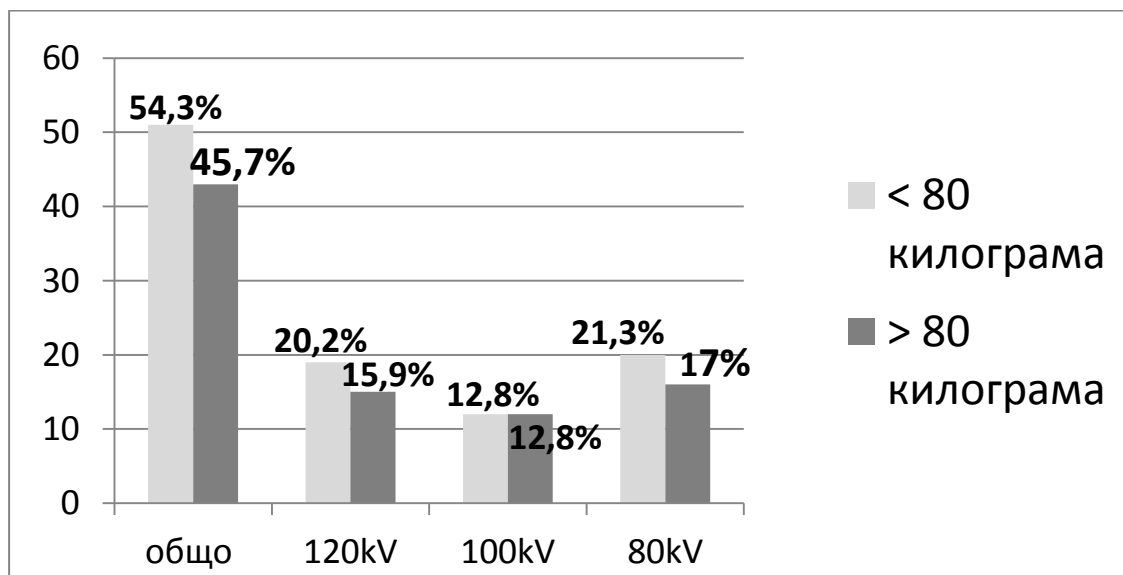
От изследваните 36 пациенти с ултранискодозов КТ протокол, 19 (52,7%) жени и 17 (47,3%) мъже на средна възраст 57,8 години. (фиг.27)



Фиг.27. Разпределени на изследваните пациенти с ултранискодозов КТ протокол по пол.

Всички пациенти бяха разделени на две основни групи, спрямо телесния им индекс, като за улеснение е използвано разпределение на пациентите на такива под и над 80 килограма. От общо всички

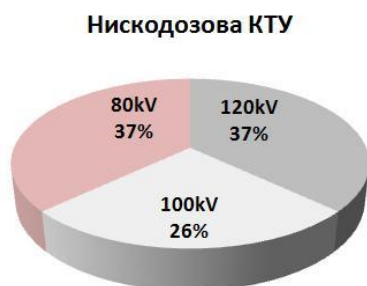
изследвани 94 пациента, тези с телесна маса под 80 килограма са **51(54,3%)**: от които 19 (20,2%) са изследвани с 120kV стандартен протокол, 12 (12,8%) – с нискодозовия 100kV протокол и 20 (21,3%) – с ултранискодозовия 80kV протокол, а тези с телесна маса над 80 килограма са **43 (45,7%)**: от които 15 (15,9%) са изследвани с 120kV стандартен протокол, 12 (12,8%) – с нискодозовия 100kV протокол и 16 (17%) - с ултранискодозовия 80kV протокол. (фиг.28)



Фиг.28. Процентно разпределение на пациентите по телесна маса и протоколи на изследване.

3. Нискодозова компютъртомографска урография (КТУ)

При осемдесет и четири (89.4%) пациента е проведена КТ урография с трите протокола. И трите протокола на сканиране са извършени с четири фази, а именно нативна, артериална, нефрографска и екскреторна. При тридесет и един (36,9%) от тях е проведена със стандартния 120 kV протокол, при двадесет и двама (26,2 %) с нискодозовия 100 kV и при тридесет и един (36,9%) с ултранискодозовия 80 kV протокол на изследване. Пациентите, изследвани с 100 и 80 kV протоколи, преминават нискодозова нативна и екскреторна фаза, и нормални артериална и венозна фази.(фиг.29)



Фиг.29.

Процентно разпределение на проведената нискодозова КТУ с трите протокола на изследване(120 kV, 100 kV, 80 kV)

По отношение на образите в екскреторната фаза има редица проучвания за получаването им на 3-та, 7-ма, 12-та и 15-та минута,

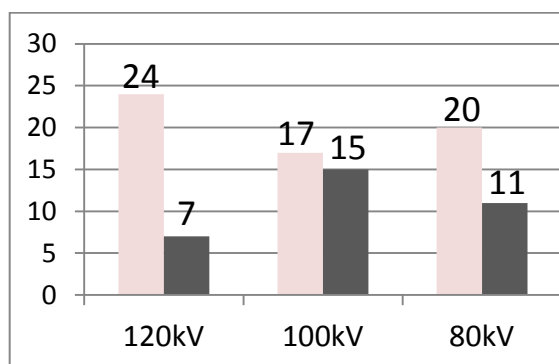
като въз основа на всички данни е възприето, че оптималното време за получаване на изображения на пиелокаликсната система при КТ урография е между 7,5 и 15-тата минута, след въвеждането на контрастното средство.

Екскреторната фаза в настоящата разработка е разделена на две групи:

- Екскреторна фаза, проведена на **8-та минута**, след въвеждането на контрастното средство
- Екскреторна фаза, проведена на **15-та минута**, след въвеждането на контрастното средство.

Това наложи пациентите да бъдат разделени съответно в две групи, по трите протокола на изследване.

- Тези, на които е проведена стандартна нискодозова КТУ с 120 kV протокол на изследване на 8-та минута, след въвеждането на КС са двадесет и четирима (от общо 31-ма изследвани с този протокол), което е 77,4 % от общия брой на проведените КТУ по този протокол. При седем от тях, т.е. 22,6 % от общия брой, КТУ е проведена на 15-та минута.
- При седемнадесет или 77,3 % от общо 22 -мата пациента, изследвани с нискодозов КТ протокол е проведена КТУ на 8-та минута, а на петима от тях или 22,7 % - на 15-тата минута, след инжектирането на контрастното средство.
- При двадесет или 64,5 % от общо 31-мата пациента, изследвани с ултранискодозовия КТ протокол е проведена и екскреторна фаза на 8-та минута, а при единидесет от тях или 35,5 %– на 15-тата минута. (фиг.30)



Фиг.30.

Разпределение на пациентите по брой, на които е проведена КТУ на 8-та и на 15-та минута с трите протокола на изследване:
(120 kV, 100 kV, 80 kV)

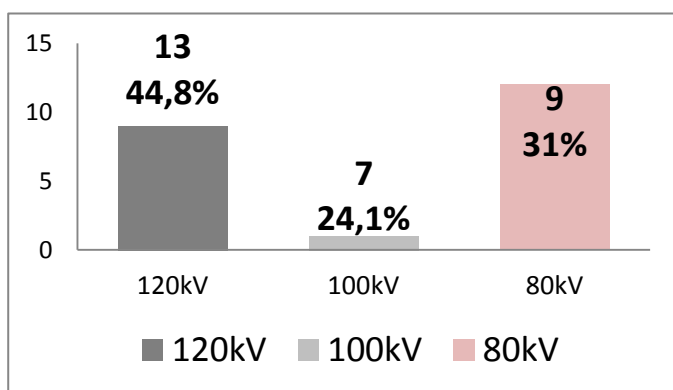
4. Разпределение на пациентите спрямо клиничната симптоматика и предварителните/насочващи диагнози

Пациентите са разпределени в 5-големи групи спрямо клиничната им симптоматика, както и в 5 големи групи спрямо насочващите им, предварителни диагнози. (Табл. 14)

Разпределение на пациентите спрямо клиничната симптоматика	Разпределение на пациентите спрямо предварителните/насочващи диагнози
I група: асимптоматични	I група: нефролитиаза
II група: пациенти с хематурия (микро и макроскопска)	II група: дренажни смущения / хидронефроза
III група: пациенти с ренална колика	III група: Туморни формации (бъбрек, уретер, пикочен мехур)
IV група: пациенти, с дизурични смущения	IV група: Състояние след оперативни интервенции по повод Туморни формации извън уринарния тракт. Контрола
V група: пациенти с абдоминални формации	V групи: Други (хематологични и лимфопролиферативни заболявания. нефродонори; съмнение за Туморни формации / метастатични лезии извън уринарния тракт)

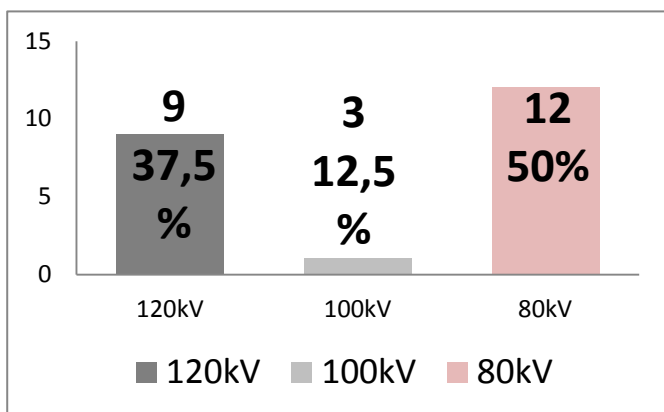
Табл.14. Разпределение на пациентите по групи клинична симптоматика и предварителна/насочваща диагноза.

Общо двадесет и девет пациента (30,9 %) от изследваните деведесет и четирима са асимптоматични. От тях дванадесет (41,4 %) са жени, седемнадесет (58,6 %) – мъже. Тринадесет или 44,8 % от асимптоматичните пациенти са изследвани със стандартния 120 kV нискодозов КТУ протокол, седем или 24,1 %– с нискодозовия 100 kV КТУ протокол и девет или 31% – с ултранискодозовия 80 kV КТУ протокол.(фиг.31)



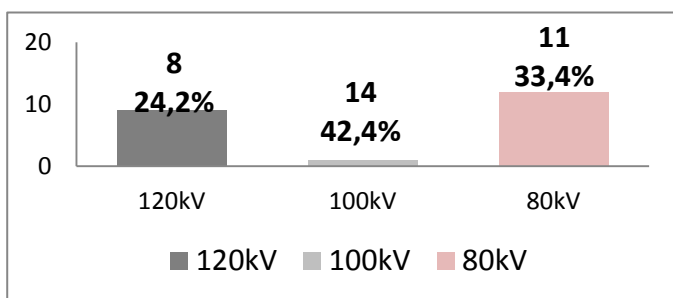
Фиг.31. Разпределение на асимптоматичните пациенти по брой и процент, спрямо трите КТУ протоколи

Към втората група – пациенти с хематурия (микро/ и макроскопска) спадат общо двадесет и четири пациента (25,5 %) от всички деведесет и четири, като от тях седем или 29 % са жени, а седемнадесет или 71 % са мъже. При девет от тези пациенти (37,5 %) е проведена 120 kV стандартна нискодозова КТУ, при трима (12,5 %) - нискодозова 100 kV КТУ, а при дванадесет пациента или 50 % от общия брой пациенти в тази група е проведена ултранискодоза 80 kV КТУ. (фиг.32)



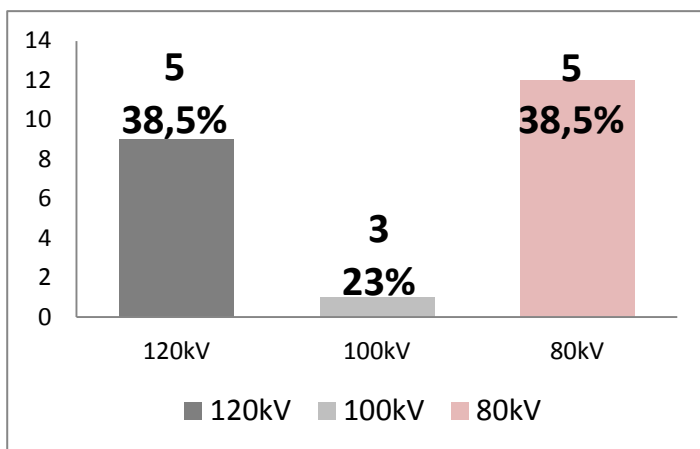
Фиг.32.
Разпределение на пациентите с хематурия (микро/макроскопска) по брой и процент, спрямо трите КТВ протоколи.

Общият брой на пациентите, с ренална колика е 33 или 35 % от общия брой на изследваните, като от тях 17 или 51,5 % са жени, а 16 или 48,5 % са мъже. При 8 от тези пациенти (24,2 %) е проведен стандартния нискодозов протокол, при 14 или 42,4 % – нискодозовия и при 11 (33,4%) – ултранискодозовия протокол на изследване.(фиг.33)



Фиг.33.
Разпределение на пациентите с ренална колика по брой и процент, спрямо трите КТВ протоколи.

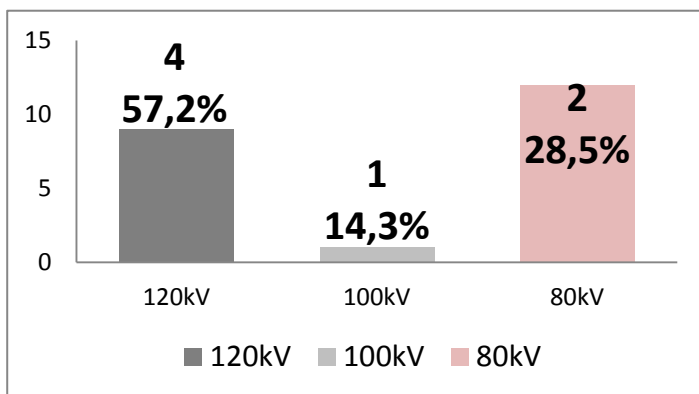
Тринадесет или 13,8 % от всички изследвани, са пациенти с дизурични смущения, в това число: никтурия, полиурия, парене при уриниране. Седем (53,8 %) от тях са жени, а шест (46,2 %) са мъже. Със стандартен нискодозов протокол на изследване са прегледани петима от тях или 38,5 %, с нискодозов –трима или 23 %, а с ултранискодозов протокол на изследване:петима или 38,5 % от всички пациенти в тази група.(фиг.34)



Фиг.34.
Разпределение на пациентите с дузурични смущения по брой и процент, спрямо трите КТВ протоколи

Към петата група – пациенти с абдоминални формации – спадат общо седем пациента или 7,4 %, от които седем (100 %) са жени. При четири от тях (57,2 %) е проведена 120 kV стандартна нискодозова КТВ,

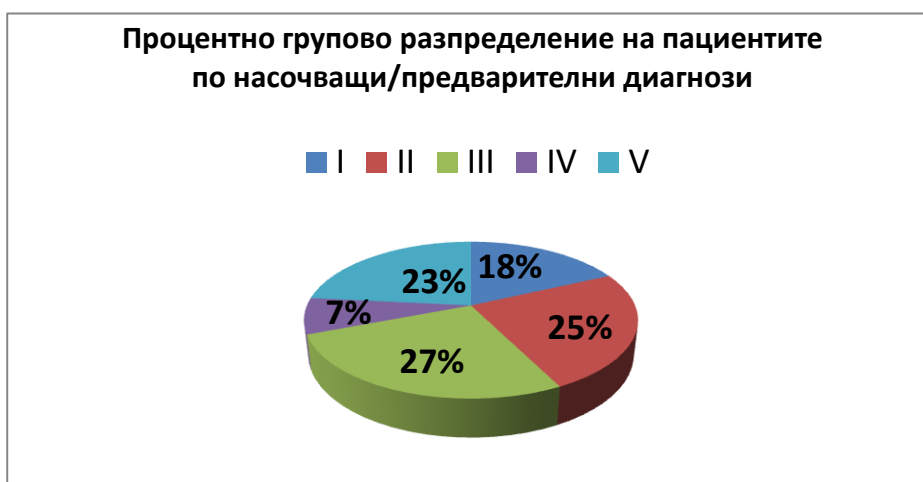
при една от тях (14,3 %) - нискодозова 100 kV КТУ и при две (28,5 %) - ултранискодоза 80 kV КТУ. (фиг.35)



Фиг.35.

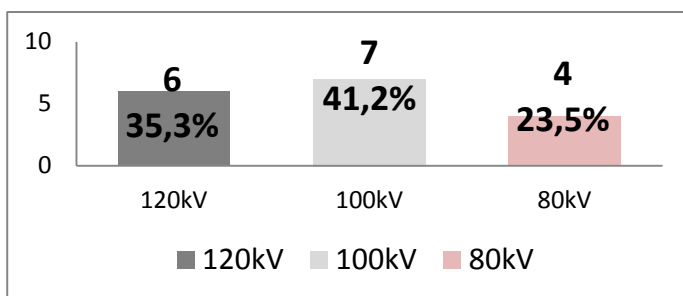
Разпределение на пациентите с абдоминална формации по брой и процент, спрямо трите КТУ протоколи

Разпределението на пациентите по предварителна или насочваща диагноза е представено на фигура 37.



Фиг.37.Процентно разпределение на пациентите по предварителна/насочваща диагноза.

В първата група, или групата с нефролитиаза са включени общо 17 пациента, шест или 35,3 % - жени и единадест или 64,7 % - мъже. Шестима от пациентите или 35,3 % са изследвани със стандартен нискодозов КТУ протокол, седем или 41,2 % с нискодозов и четирима (23,5%) с ултранискодозов КТУ протокол.(фиг.38)

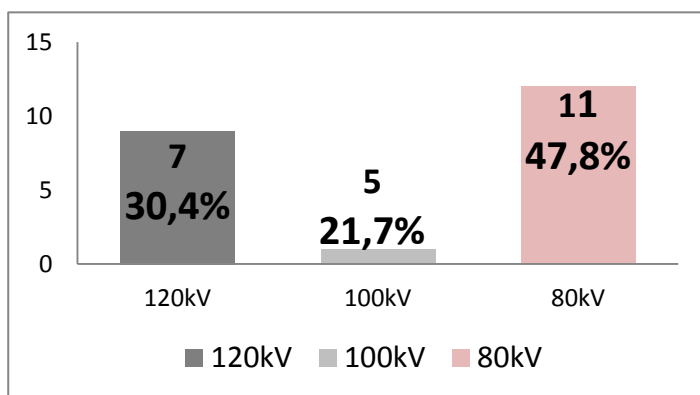


Фиг.38.

Разпределение на пациентите по брой и проценти към групата на нефролитиаза

В групата на пациентите с дренажни смущения/хидронефроза, представляваща 25 % или двадесет и трима от изследваните пациенти,

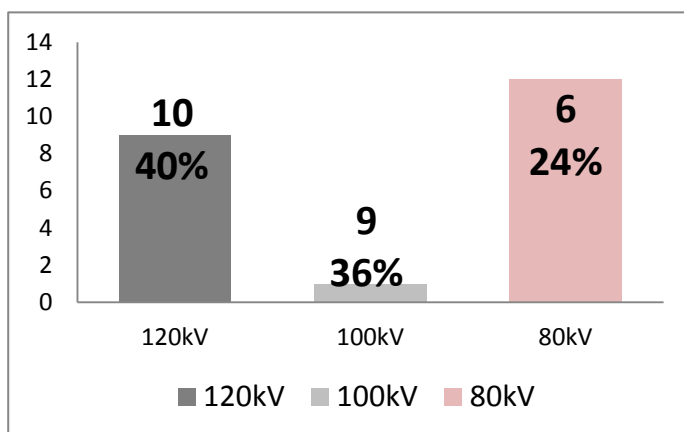
пет или 21,7 % са жени, а осемнадесет или 78,3 % са мъже. Със стандартен нискодозов КТУ протокол са изследвани седем или 30,4% , с нискодозов – пет или 21,7 %, а с ултранискодозов единадесет или 47,8%.(фиг.39)



Фиг.39.

Разпределение на пациентите по брой и проценти към групата на дренажни смущения/ хидронефроза

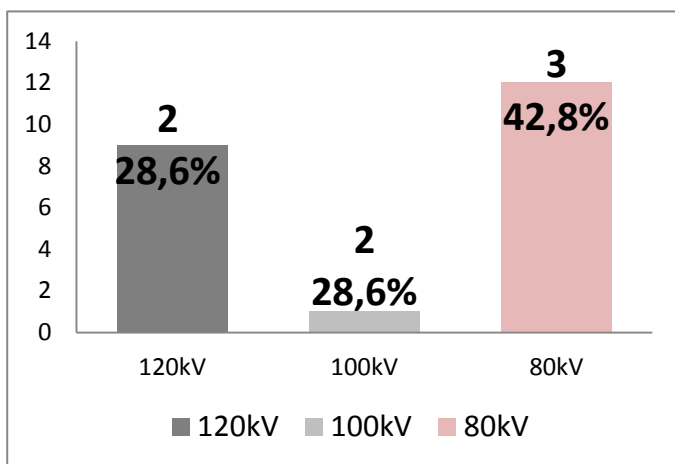
В третата група, тази на пациенти с туморни лезии на бъбреците по хода на уретерите, или пикочния мехур, представляваща 27 % или 25 от общо изследваните, девет (36 %) са жени, а 16 (64 %) са мъже. При десет от тях или 40 % е проведена КТУ със стандартен нискодозов протокол, при девет или 36 % – с нискодозов и при шест или 24 % – с ултранискодозов.(фиг.40)



Фиг.40.

Разпределение на пациентите по брой и проценти към групата на туморни лезии, разположени в бъбреците или по хода на уретерите, или в пикочния мехур.

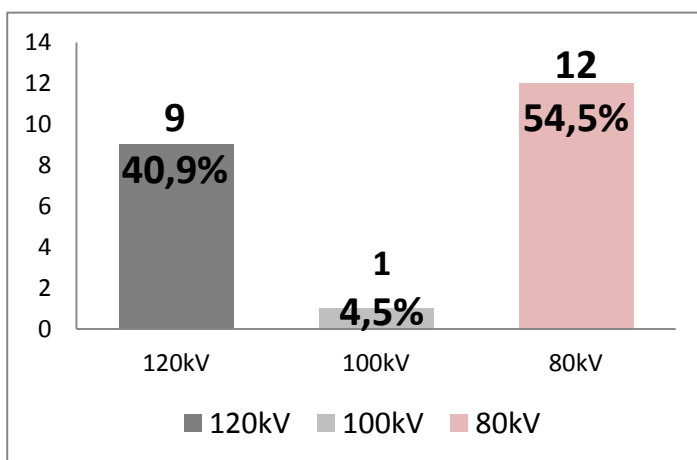
Пациентите, които са били подложени на оперативни интервенции по повод туморни формации извън уринарния тракт представляват 7 % или седем от общо изследваните, като четири или 57,1 % от тях са жени, а трима или 42,9 % са мъже. При двама от тях (28,6 %) е проведена стандартна нискодозова КТУ, при двама (28,6%) – нискодозова и при трима или 42,8 % ултранискодозова КТУ. (фиг.41)



Фиг.41.

Разпределение на пациентите по брой и проценти към групата на пациенти, подложени на оперативни интервенции по повод туморни формации извън уринарния тракт

Към петата група, определена като „Други“, включваща пациенти с лимфопрлиферативни и хематологични заболявания, донори за бъбречна трансплантация или такива със съмнение за наличие на туморна формация или дисеминационни лезии извън уринарния тракт, попадат общо двадесет и двама пациента, които представляват 23 % от общото групово разпределение. Осем или 36,4 % от тях са жени, а четиринадесет или 63,6 % са мъже. Стандартна нискодозова КТУ е проведена при девет от тях или 40,9 %, нискодозова на един или 4,5 %, а ултранискодозова на дванадесет пациента или 54,5 %.(фиг.42)



Фиг.42.

Разпределение на пациентите по брой и проценти към групата, определена като „Други“

5. Находки от проведените нискодозови КТУ протоколи

Находките от проведените нискодозови КТУ протоколи на изследване са разделени на 11 групи (таблица 15).

Към първата група спадат десет пациента или 10,6 % , към втората общо седем (7,4 %), към групата на вариантите на лявата ренална вена попадат девет пациента или 9,6 %, към групата на пациентите с уролитиаза – двадесет и четири или 25,5 %, двадесет и пет са пациентите, които са в групата на дренажните смущения или

26,6 %, тридесет и шест (38,3 %) са с доказани кистични лезии, тринадесет, или 13,8 %, с нефросклеротични бъбреци, трима (3,2 %) са с афункция на бъбрека, единадесет (11,7 %) с ренални туморни формации, при един (1,06 %) е диагностициран уротелиален карцином, а при девет или 9,6 % - са открити туморни формации в пикочния мехур.

Група	Находка	Брой (N)	Процент (%)
I група	нормална находка	10	10,6%
II група	вариант в развитието на бъбреците, уретери и пикочен мехур	7	7,4%
III група	вариант в ренални вени	9	9,6%
IV група	конкременти (бъбречни, утеретериални, в пикочен мехур)	24	25,5%
V група	смущения в дренажа (хидронефроза, хидроуретер)	25	26,6%
VI група	кистични формации - бенигнени	36	38,3%
VII група	нефросклеротични промени	13	13,8%
VIII група	афункция на бъбрек	3	3,2%
IX група	туморна формация на бъбрек	11	11,7%
X група	туморна формация на уретер	1	1,06%
XII група	туморна формация на пикочен мехур	9	9,6%

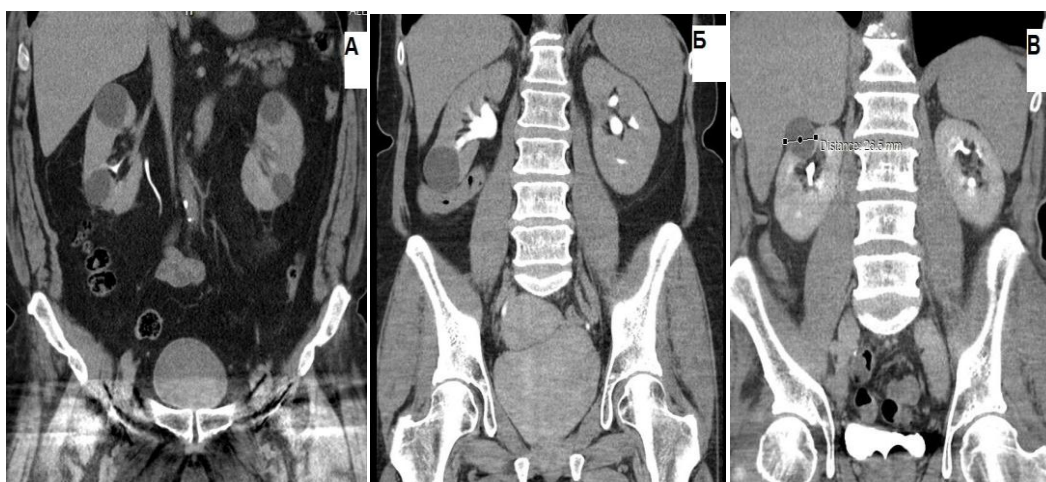
Табл.15. Групово разпределение на находките от проведените КТУ нискодозови изследвания.

В таблица 16 са представени пациентите, разпределени по пол и по протокол на изследване: стандартерн 120 kV нискодозов, нискодозов 100 kV, и ултранискодозов 80 kV КТУ протоколи.

Групи:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Общо	10	7	9	24	25	36	13	3	11	1	9
Жени	7	5	4	13	14	16	4	3	5	1	2
Мъже	3	2	5	11	11	29	9	0	6	0	7
120kV	1	2	2	6	4	17	10	2	3	0	4
100kV	2	2	3	12	5	8	3	0	6	0	1
80kV	7	3	4	6	16	11	0	1	2	1	4

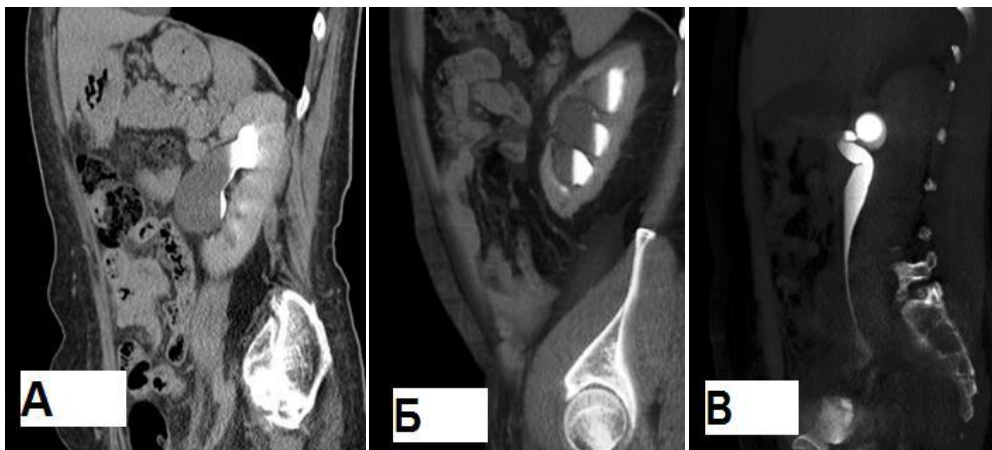
Табл. 16. Разпределение на пациентите по брой, пол и протокол на изследване.

Най-големият относителен дял на находките от изследваните пациенти е този с кистични лезии (36 пациента или 38,3 %). На фигура 44 са представени изображения при пациенти, изследвани с трите използвани протокола, съответно А - със стандартния КТУ протокол, Б – с никодозовия КТУ протокол и В – с ултранискодозовия КТУ протокол, при които са визуализирани кистични ренални формации. Анализът им показва, че диагностичното качество на проведените КТУ и с трите протокола на изследване е отлично или много добро.



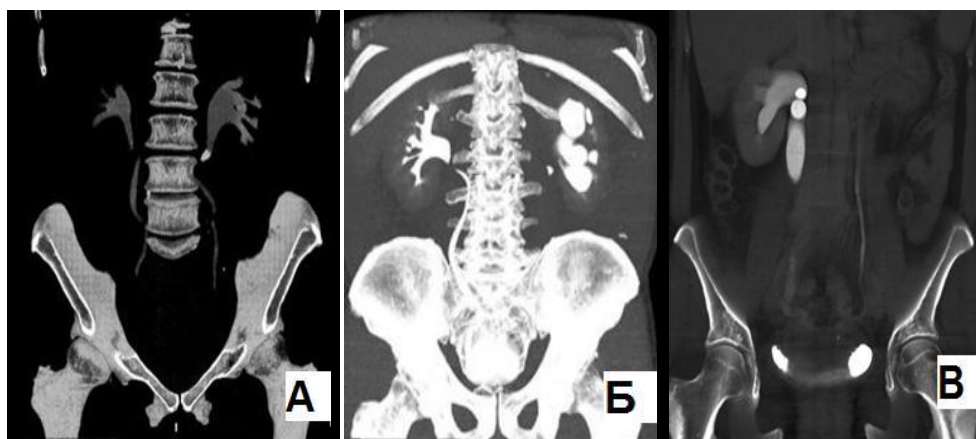
Фиг.44.Паренхимни кисти в бъбреците, представени с: А – 120 kV стандартен КТУ протокол; Б – 100 kV нискодозов КТУ протокол; В – 80 kV ултранискодозов КТУ протокол на изследване. Диагностичната информативност на проведените три протокола е запазена, като качеството на образите е отлично или много добро.

Вторият относителен дял на находките при изследваните пациенти е този на дренажните смущения/хидронефроза, представляващи 26,6 % или 25 пациента. На фигура 45 са демонстрирани три случая с хидронефроза, в сагитален план, с трите компютъртомографски урографски нискодозови протоколи. Качеството на образите е отлично или много добро, като диагностичната информативност не е затруднена.



Фиг.45. КТУ в сагитална равнина: Пациенти с хидронефроза, диагностицирани с: А – 120 kV стандартен КТУ протокол; Б – 100 kV нискодозов КТУ протокол; В – 80 kV ултранискодозов КТУ протокол на изследване.

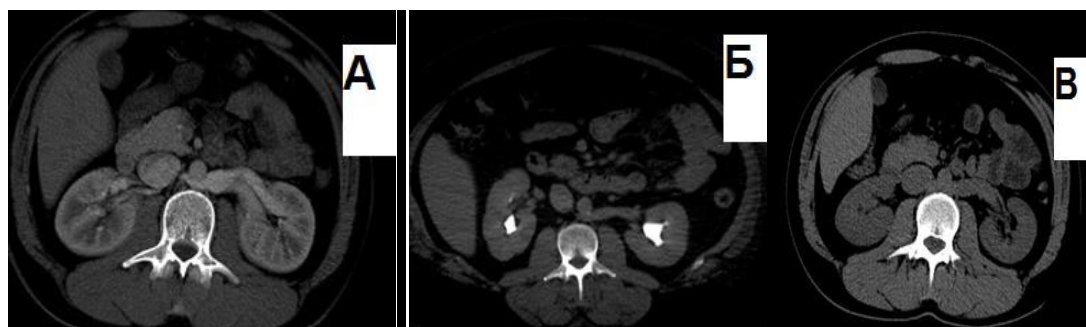
Пациентите с уролитиаза, представляват трета по големина на относителен дял група с 25,5 % или 24 пациента. На фигура 46 са демонстрирани три случая с уретерален конкремент, диагностициран чрез прилаганите КТУ протоколи. Диагностичното качество и при трите протоколи на изследване е отлично или много добро.



Фиг.46. Пациенти с уретерален конкремент; КТУ с: А – 120 kV стандартен КТУ протокол; Б – 100 kV нискодозов КТУ протокол; В – 80 kV ултранискодозов КТУ протокол на изследване.

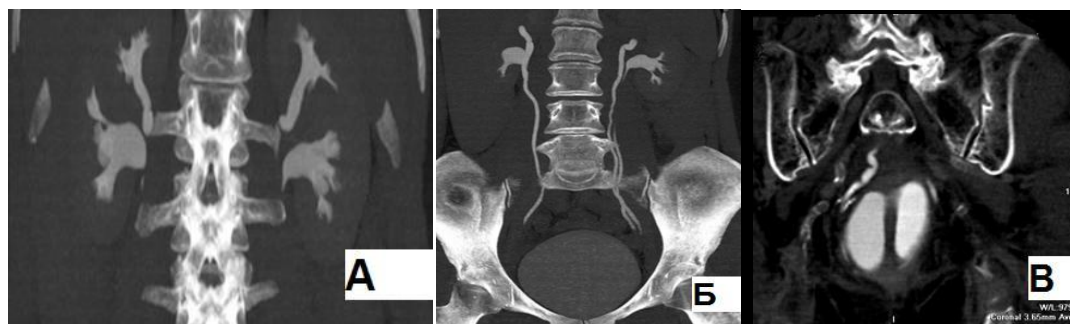
Групата на пациенти с вариетети на лявата ренална вена е 9,6 % или девет от общо всички изследвани пациенти. На фигура 47 са демонстрирани три случая на лява ретроаортална ренална вена. На фигура А е представен пациент с такъв вариант в развитието, визуализиран по време на нефрографската фаза на изследване, със стандартния 120 kV протокол. На фигура Б е представен друг случай на лява ретроаортална ренална вена, визуализирана по време на екскреторната фаза на нискодозовия 100 kV протокол, докато на фигура В е представен случай на пациент със същия вариант в развитието на реналните вени, но проведена с ултранискодозовия 80 kV протокол на

сканиране и то по време на нативната фаза. Диагностичното качество на проведените изследвания, дори и в трите различни фази, с трите протоколи на изследване е отлично или много добро.



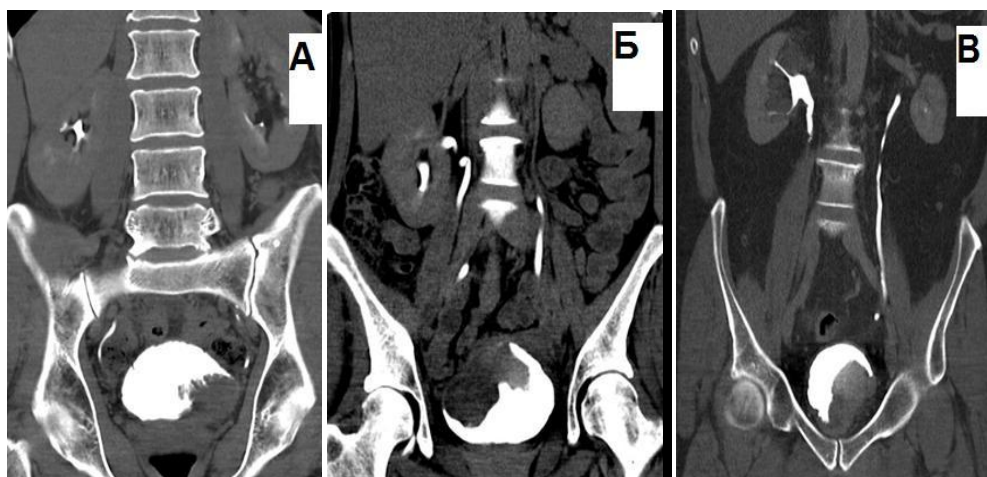
Фиг.47.Случаи на лява ретроаортална ренална вена – вариант в развитието, представени на КТ образ в аксиална равнина с: А – 120 kV протокол; Б – 100 kV протокол; В – 80 kV протокол на изследване.

Седем от пациентите или 7,4 % от общия брой са с варианти в развитието на бъбреците, уретерите и пикочния мехур. На фигура 48 са представени три случая диагностицирани с трите КТУ протоколи.



Фиг.48.Случаи на варианти в развитието на бъбреците, уретерите и пикочния мехур. А-120 kV КТУ демонстрира в коронарна равнина случай на двустранна двойнодренираща система. Б – 100 kV КТУ :случай на двойно дренираща система, с отдренираща се със самостоятелен уретер горна група чашки в ляво, в коронарна равнина. В -80 kV КТУ: двоен пикочен мехур в коронарна равнина. Диагностичното качество на проведените КТУ с трите протоколи на изследване е отлично или много добро.

В групата на туморните формации на пикочния мехур попадат девет или 9,6 % от общия брой изследвания. На фигура 49 са представени три случая, диагностицирани и визуализирани отлично по време на КТУ, както при стандартния нискодозов протокол, така и при останалите два нискодозови КТУ протоколи.

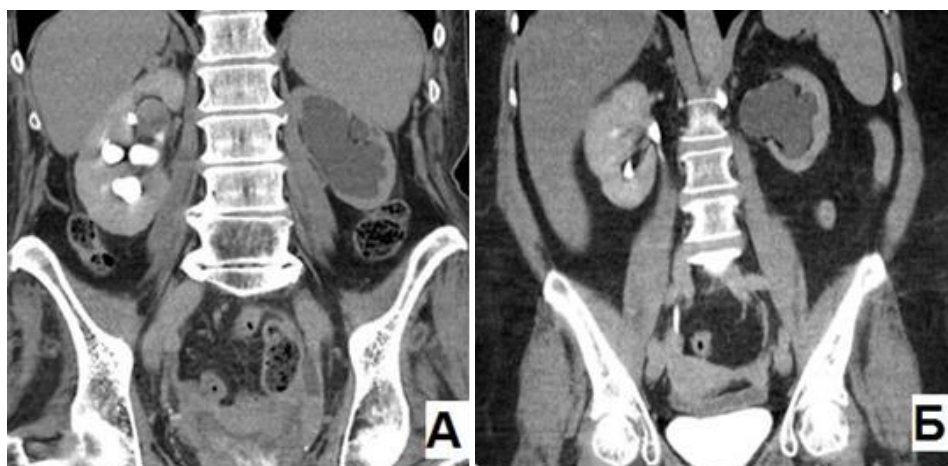


Фиг.49. В коронарна равнина са представени три случая на малигенна формация на пикочния мехур, проведени съответно със стандартен 120 kV протокол –А, с нискодозов 100 kV протокол – Б и ултранискодозов 80 kV протокол –В, по време на екскреторната фаза на изследването. Качеството и диагностичната информативност на трите изображения е отлично или много добро.

В представена по-долу таблица 17 са сравнени параметрите между двата използвани нискодозови протокола: 100 и 80 киловолтовия. Разликите в параметрите между двата протокола са по отношение на напрежението. Всички останали параметри са еднакви и за двата протокола. На фигура 50 са представени два случая на хидронефроза, визуализирана по време на екскреторната фаза в коронарна равнина. Забелязва се незначителна разлика в качеството на образа между двата протокола, но тази разлика в никакъв случай не оказва влияние на диагностичната стойност на изследванията.

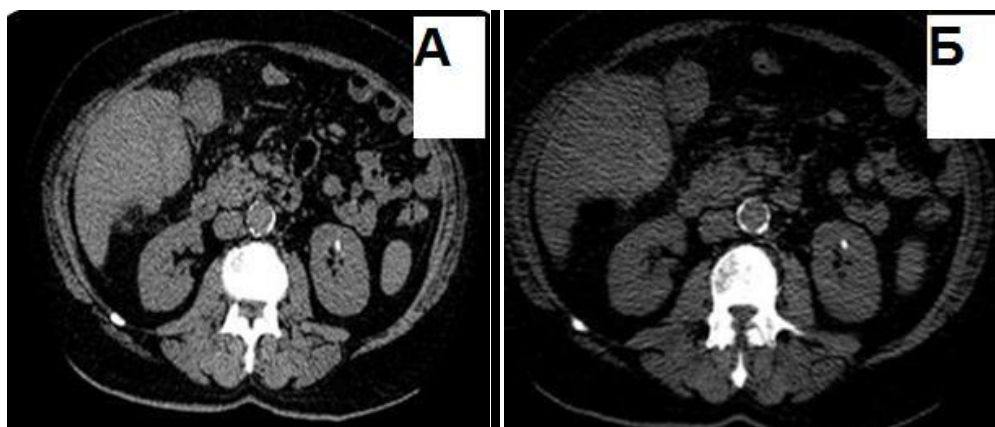
протокол	нискодозов	ултранискодозов
дебелина на среза	0,5x65	0,5x65
волтаж	100kV	80kV
време на въртене	0,5	0,5
ефективни mAs	163	114
време на скениране	8.07	7.79
дебелина на среза	5.00mm	5.00mm
реконструкции	5.00mm	5.00mm

Табл. 17. Параметри на сканиране на 100 и 80kV протоколи



Фиг.50.Случаи на левостранна хидронефроза на пациенти, на които е проведено 100 kV и 80 kV КТУ изследване.

На фигура 51 са представени два случая на левостранна нефролитиаза, също проведени с двата нискодозови протокола на скениране, този с напрежение на тръбата 100 kV и този с напрежение на тръбата 80 kV, имащи за цел да демонстрират запазването на диагностичната информативност на изследванията, проведени с нискодозови протоколи на сканиране.



Фиг.51.Случай на левостранна нефролитиаза с 100 kV протокол на скениране – фигура А; фигура Б – случай на левостранна нефролитиаза с 80 kV протокол на сканиране.

6. Резултати по отношение на контрол на качеството

Измерванията на параметрите от контрола на качеството на КТ уредбата с която е проведено проучването ни показаха съответствие на физикотехническите параметри с изискванията формулирани в Наредба 30 на МЗ от 2005 г.

Максималното отклонение на точността на анодното напрежение е 7.1, повторемостта на анодното напрежение е в границите на нормата, като най-голямото измерено отклонение е 3,8%, а слойът на полуотслабване, измерен при 120 kV с Barracuda е 5,6 mm Al. Измерените стойности на шума в образите от воден фантом са $\sigma = 2,3$

HU (130 kV, 300 mAs, 8 mm, 1 s, 4,0x4mm, реконстр. филтър - FC70).(табл.18)

Зададени	Измерени	Отклонение	Отклонение
kV	kV	%	kV
80.0	84,5	5,6	4,5
100.0	103,9	3,9	3,9
120.0	128,5	7,1	8,5

Таблица 18. Точност на анодното напрежение

Промяната на висококонтрастната разделителна способност е 8 % от базовата стойност. Визуализира се ивичен висококонтрастен тестов растер с размери 0,55 x 0,55 mm (120 kV, 300 mAs, 1,0x4 mm, реконструиращ филтър FC70). Не се наблюдава промяна на нискоконтрастната визуализация от базовата стойност. Визуализират се нискоконтрастни тестови обекти с диаметър 2,5 (120 kV, 300 mAs, 0,5x4 mm, реконструиращ филтър FC70).

Стойностите за дебелината на среза също бяха сравнени с базовите стойности, като максималното наблюдавано отклонение е 11 %. (табл.19)

Зададена (mm)	Измерена (mm)	Базова (mm)	Отклонение от базова стойност %
0,5x4mm	5 ± 0,5	4,5 ± 0,5	11
1,0x4mm	6 ± 0,5	6 ± 0,5	0
2,0x4mm	10 ± 0,5	10 ± 0,5	0
3,0x4mm	16 ± 0,5	15 ± 0,5	7

Таблица 19. Промяна на дебелината на среза

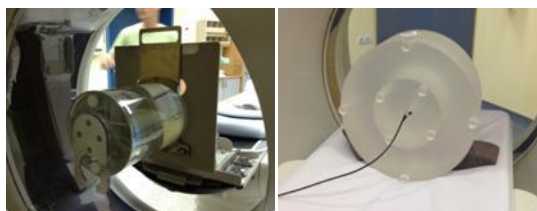
Резултатите от изпитването на физикотехническите параметри от контрола на качеството показват, че компютъртомографската уредба, с която е проведено проучването, е настроена оптимално и използването ѝ е безопасно за пациентите и персонала.

7. Дозиметрични резултати

7.1. Дозиметрия с фантом

Стойностите на CTDI за 64-срезовата КТ уредба бяха измерени за различни, използвани в практиката, протоколи във въздух с фантом за

глава и с фантом за тяло.(фиг.52) Стойностите се използват като базови при сравнение с всяко следващо периодично изпитване, както и за отчитане на всяка промяна в оптималната настройка на апарата.



Фиг.52.Видове фантоми

Измерените през 2011 г. стойности, определени като базови, се сравниха с измерените през 2012 г. Получените резултати са в границите за нормална работа, което показва постоянство на работата на КТ, необходимо за поддържане на оптимална настройка. (табл.20)

Протокол	Данни	nCTDI _{air}	nCTDI _{air} базови	Отклонение
свободно във въздух				
Brain НСТ 5 mm	120 kV, 345 mAs, 16 mm	0,388 mGy.mAs ⁻¹ ₁	0,392 mGy.mAs ⁻¹	1%
Abdomen native	120kV, 185 mAs, 32 mm	0,36 mGy.mAs ⁻¹	0,35 mGy.mAs ⁻¹	3%
Фантом за глава	Данни	CTDI_w	CTDI_w	Отклонение
Head	120 kV, 460 mAs, 16 mm	85,3 mGy	72,9 mGy	17%
Фантом за тяло	Данни	nCTDI_w	nCTDI_w	Отклонение
Abdomen native	120 kV, 370 mAs, 32 mm	0,07 mGy.mAs ⁻¹	0,15 mGy.mAs ⁻¹	51%

Табл.20. Проследяване на CTDI във времето

7.1.1.Дозиметрия с фантом за КТУ

Стандартният дозиметричен РММА фантом беше скениран с трите протокола, за да се провери как влияе намаляването на напрежението, когато е премахната зависимостта от размерите на пациента. Резултатите са представени в таблица 21.

Напрежение kV	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy.cm)	Отклонение на CTDI %	Отклонение на DLP %
120	38	529.4		
100	24.8	474.8	-34.7	-10.3
80	14.4	343.2	-62.1	-35.2

Табл.21.Фантомни измервания за Aquilion 64

Получихме намаление на DLP с:

- 10 % при 100 kV протокол
- 35 % при 80 kV протокол.

7.1.2. Дозиметрия с фантом при LightSpeed

Резултатите от измерванията, които бяха проведени, за да се провери как ще се отрази намаляването на напрежението върху дозата при други КТ уредби, са представени в таблица 22.

Стандартният дозиметричен РММА фантом беше скениран с трите протокола.

Получихме намаление на DLP с:

- 49% при 100 kV протокол
- 73 % при 80 kV протокол.

Напрежение kV	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy.cm)
120	25,4	492,1
100	12,9	249,9
80	6,8	132,1

Табл.22.Резултати фантомни измервания LightSpeed

8. Проучвания на дозите при КТ урография и оптимизация на протоколите

8.1. Дозиметрия на пациенти

След направените изследвания с фантоми на използвания от нас 64-срезов КТ проведохме проучване на дозата на пациентите при компютъртомографска урография. Резултатите са представени в таблица 23.

Фаза	Величина	120kV протокол	100kV протокол	80 kV протокол	Намаляване на дозата 100 kV, %	Намаляване на дозата 80 kV, %
нативна	CTDI (mGy)	38,0	29,8	13,6	- 22,6	- 58,9
	DLP (mGy.cm)	1733,4	825,4	711,8	- 52,4	- 58,9
СТУ	CTDI (mGy)	38,0	20,0	13,8	- 47,4	- 63,7
	DLP (mGy.cm)	1476,5	694,0	536,9	- 53,0	- 63,6

Табл.23.Оптимизация на КТ урография

Анализът показва, че чрез намаляване на анодното напрежение, при постоянни останали параметри и модулация на mA, при осигурено необходимото диагностично качество на образите е постигнато намаляване на дозата с:

- до 53% за 100 kV-протокол
- до 64% за 80 kV-протокол

Изследването на дозите, които пациентите получават при КТ урография потвърди резултатите от фантомните измервания и показва значително намаление на дозата, получавана от пациентите при КТУ.

Резултатите за CTDI и DLP са необходими при изготвянето на типичните стойности на дозата за различните изследвания при работа с КТ уредба. Получените резултати се използват, за да се следи за всяка промяна в работата на уредбата, която би могла да повиши риска за пациента и да влоши качеството на диагностичните образи.

8.2. Зависимост на CTDI от теглото на пациентите

Зависимостта на дозата, получена при КТУ с отделните протоколи, от теглото на пациентите е представена на фигура 53.



Фиг.53. Зависимост на CTDI от теглото при различни протоколи: А: 120kV протокол, Б: 100kV протокол и В: 80kV протокол

Резултатите ясно показват, че 100 kV и 80 kV протоколи могат да се използват за всички пациенти, независимо от тяхното тегло, което води до значително намаление на дозата.

9. Изследване на факторите, влияещи върху дозата (CTDI)

9.1. Изследване на факторите, влияещи върху дозата при 120kV

За да проучим факторите, влияещи върху дозата при пациентите, при които проведохме 120 kV стандартен нискодозов протокол, за анализ използвахме 16 пациента.

9.1.1. Полът като фактор, определящ дозата.

За да проверим хипотезата за влиянието на пола сравнихме средните дози (CTDI), получавани при жените и мъжете.

Проверката правихме ползвайки Дисперсионен анализ, чрез който се установява дали има статистически значима разлика между тези дози при двете подсъвкупности. Анализът е направен с програмният продукт R.

	Df	Sum sq	Mean sq	F value	Pr (>F)
Пол	1	3.5	3.49	<u>0.029</u>	<u>0.868</u>
Residuals	14	1713.6	122.40		

Табл.24. Резултати от дисперсионен анализ за оценка на влиянието на пола върху дозата - CTDI

Дисперсионният анализ показва (Табл.24), че нивото на F статистиката (F value) е много **ниско 0,029**, което съответства на висока стойност на Pr(>F) – равнище на значимост¹ от **0,868**.

Това показва, че няма основание да се твърди, че полът е фактор при определяне на дозата при 120kV.

Анализът е направен, като предварително е потвърдена хипотезата за наличие на мохоскедастицитет² между групите определени по признака пол, чрез тест на Levene. (Pr(>F) = 0,07154). (табл.25)

Тест на Levene			
	Df	F value	Pr (> F)
група	1	3.801	0.07154
	14		

Таблица 25. Проверка на мохоскедастицитета с тест на Levene

1

¹ Вероятност по-голяма от 0,05 се приема за достатъчно основание да не се отхвърли нулевата хипотеза.

2

² Равенство на дисперсиите по CTDI между мъжете и жените. Дисперсионният анализ не работи добре ако това условие не е изпълнено.

9.1.2. За установяване на факторното влияние на теглото (по Borngard) върху дозата

За установяване на факторното влияние на теглото върху дозата проведохме регресионен анализ.(табл.26) На базата на получените резултати трябва да отбележим някои интересни „находки“.

Зависимостта между теглото (по Borngard) и CTDI е статистически значима (**Pr(>t) = 0.000796**) и много силна. Корелационният коефициент между двете променливи е **висок r=0,75**.

Това довежда до факта, че 56,43% (Multiple R-squared: 0.5643) от измененията на дозата зависят от теглото на пациента.

	Оценка (Estimate)	Стандартна грешка (Std. Error)	t равнище (t value)	Pr(> t)
Intercept (свободен член)	-32.0673	12.3796	-2.590	0.021376 *
тегло	0.7670	0.1801	4.258	0.000796 ***

Кодове за значимост (Signif. Codes): 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Табл.26.Регресионен анализ между CTDI и теглото (по Borngard) на пациентите

Стандартна грешка на остатъците (Residual standard error): 7.31 с 14 степени на свобода (degrees of freedom)

Коефициент на детерминация (Multiple R-squared): 0.5643,

Ажустиран коефициент на детерминация (Adjusted R-squared): 0.5332

F-statistic: 18.13 с 1 и 14 степени на свобода (DF),

p-value: 0.0007956

Тази зависимост показва, че ако се изключат всички останали възможни фактори и се разгледа само влиянието на теглото, то при единица увеличение на индекса на теглото (по Borngard) CTDI се увеличава с 0,7670 единици.

9.1.3. Проверка на съвместното влияние на теглото и полът върху дозата

И тук проведохме регресионен анализ, като променливата пол, която в своята същност е неметрирана, дихотомна променлива, е кодирана по следния начин Мъж = 1, Жена = 0. (табл.27)

Преди анализа се налага тестване на колинеарността на факторните променливи.

Резултатите показват, че между тях има сравнително силна връзка (корелационен коефициент $r = 0,73$), но дисперсионните инфлационни индекси са от порядъка на 1,45, което отхвърля хипотезата за колинеарност.

	Оценка (Estimate)	Стандартна грешка (Std. Error)	t равнище (t value)	Pr(> t)
Intercept (свободен член)	-60.0963	11.5059	-5.223	0.000164 ***
тегло	1.2859	0.1874	6.860	1.15e-05 ***
пол	-14.4689	3.8034	-3.804	0.002190**

Кодове за значимост (Signif. Codes): 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Табл.27.Регресионен анализ между CTDI, като зависима величина и факторите тегло (по Borngard) и Пол на пациентите

Стандартна грешка на остатъците (Residual standard error): 5.219 с 13 степени на свобода (degrees of freedom)

Коефициент на детерминация (Multiple R-squared): 0.7938,

Ажустиран коефициент на детерминация (Adjusted R-squared): 0.7621

F-statistic: 25.03 с 2 и 13 степени на свобода (DF),

p-value: 3.489e-05

Анализът показва, че двата фактора, при тяхното съвместно отчитане, имат значимо влияние върху дозата. Регресионният коефициент пред пола показва, че при мъжете се налага използването на доза с **14,4689 единици по-малка**, отколкото **при жените**.

9.1.4. Анализ на влиянието на възрастта на пациентите върху дозата

	Оценка (Estimate)	Стандартна грешка (Std. Error)	t равнище (t value)	Pr(> t)
Intercept (свободен член)	20.9680	9.9975	2.898	0.0117*
възраст	-0.1456	0.1575	-0.924	0.3710

Кодове за значимост (Signif. Codes): 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Табл.28.Регресионен анализ между CTDI, като зависима величина и възрастта на пациентите

Стандартна грешка на остатъците (Residual standard error): 10.75 с 14 степени на свобода (degrees of freedom)

Коефициент на детерминация (Multiple R-squared): 0.05751,

Ажустиран коефициент на детерминация (Adjusted R-squared): -0.009814

F-statistic: 0.8542 с 1 и 14 степени на свобода (DF),

p-value: 0.371

Анализът на влиянието на възрастта върху дозата показва, че няма директна връзка между възрастта и дозата.(табл.28)

9.1.5. Проверка на хипотезата за съвместното влияние на теглото, полът и възрастта върху CDTI

При проверката на тази хипотеза отново използваме регресионен анализ.(табл.29) В тази комбинация възрастта се оказва значим фактор (**Pr(>t)=0.045168**). Хипотезата за колинеарност се отхвърля като най-високият **дисперсионен инфлационен индекс (ДИИ) е 2,12³**.

	Оценка (Estimate)	Стандартна грешка (Std. Error)	t равнище (t value)	Pr(> t)
Intercept (свободен член)	-51.12291	10.83363	-4.719	0.000498***
тегло	1.28858	0.16394	7.860	4.5e-06***
пол	-14.50892	3.32631	-4.362	0.000925***
възраст	-0.14949	0.06687	-2.235	0.045168*

Кодове за значимост (Signif. Codes): 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Табл.29.Регресионен анализ между CTDI, като зависима величина и факторите Тегло (по Borngard), Пол и Възраст на пациентите

Стандартна грешка на остатъците (Residual standard error): 4.564 с 12 степени на свобода (degrees of freedom)

Коефициент на детерминация (Multiple R-squared): 0.8544,

Ажустиран коефициент на детерминация (Adjusted R-squared): 0.818

F-statistic: 23.48 с 3 и 12 степени на свобода (DF),

p-value: 2.61e-05

Регресионният коефициент показва, че при увеличаване на възрастта с 1 година, дозата трябва да намалява с 0,14949 единици.

9.1.6. Проверка на хипотезата на факторното влияние на променливата тегло във варианта: >80, <80кг.

За директното (единичното) влияние на тази специфична променлива върху дозата приложихме Дисперсионен анализ.

Като факторна променлива се използва дихотомната променлива Хkg, която приема стойност 0 ако теглото на пациента е >80 кг и стойност 1 ако теглото на пациента <80 кг.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (> F)
Xkg	1	290.2	290.2	2.848	0,114
Residuals	14	1426.8	101.9		

Табл.30.Резултати от дисперсионен анализ за оценка на влиянието на Хkg върху дозата - CTDI

Анализът показва, че Хkg не е фактор при определянето на дозата.
(таблица 30)

Посочените резултати се наблюдават, когато се изследва изолираното влияние на този фактор.

Може да се изследва и контролира влиянието на Хkg, тегло по Borgard и Пол. (таблица 31)

	Оценка (Estimate)	Стандартна грешка (Std. Error)	t равнище (t value)	Pr(> t)
Intercept (свободен член)	-45.4756	14.5450	-3.127	0.008748**
пол	-11.2522	5.1114	-2.201	0.048016*
тегло	1.0606	0.2199	4.823	0.000417***
Xkg	0.7772	4.4079	0.176	0.862978

Кодове за значимост (Signif. Codes): 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Табл.31.Регресионен анализ между CTDI, като зависима величина и пола, теглото по Borgard и теглото (>80,<80кг.) на пациентите

Стандартна грешка на остатъците (Residual standard error):6.08 с 12 степени на свобода (degrees of freedom)

Коефициент на детерминация (Multiple R-squared): 0.7416,

Ажустиран коефициент на детерминация (Adjusted R-squared): 0.677

F-statistic: 11.48 с 3 и 12 степени на свобода (DF),

p-value: 0,0007698

Анализът на резултатите позволява да се потвърди хипотезата, за липса на всякакво влияние на променливата Xkg ($Pr(>t)=0.862978$) при 120kV.

9.2. Изследване на факторите, влияещи върху дозата при 100 kV

За изследване факторите, влияещи върху дозата при пациентите, при които приложихме 100 kV нискодозов протокол, за анализа използвахме 12 пациента.

9.2.1. Полът като фактор, определящ дозата.

За да се провери хипотезата за влияние на пола върху дозата се сравняват средните дози (CTDI), необходими при жените и мъжете. Търси се дали има статистически значима разлика между тези дози при двете подсъвкупности. (табл.32)

	Df	Sum sq	Mean sq	F value	Pr (>F)
Пол	1	28.98	28.98	<u>1.595</u>	<u>0.235</u>
Residuals	10	181.68	18.17		

Табл.32. Резултати от дисперсионен анализ за оценка на влиянието на пола върху дозата - CTDI

Нивото на F value отново е много ниско **1,595**, което съответства на висока стойност на $Pr(>F) = 0,235$.

Това показва, че няма основание да се твърди, че полът е фактор при определяне на дозата при 100kV.

Хипотезата за наличие на хетероскедастицитет между групите определени по признака пол се отхвърля, чрез тест на Levene ($Pr(>F) = 0,827$). (табл.33)

Тест на Levene			
	Df	F value	Pr (> F)
group	1	0.0503	0.827
	10		

Таблица 33.
Проверка на хетероскедастицитета с теста на Levene

9.2.2. Установяване на факторното влияние на теглото (по Borngard) върху дозата при 100 kV

За целта приложихме регресионен анализ.(табл.34) И тук анализът показва, че зависимостта между теглото (по Borngard) и CTDI е **статистически значима (Pr(>t) = 0.00781)** и много силна. Корелационният коефициент между двете променливи е $r=0,72$.

Това позволява отново заключението, че **52,35% (Multiple R-squared: 0.5235)** от измененията на дозата зависят от теглото на пациента.

	Оценка (Estimate)	Стандартна грешка (Std. Error)	t равнище (t value)	Pr(> t)
Intercept (свободен член)	-10.9046	9.3902	-1.161	0.27250
тегло	0.4365	0.1317	3.315	0.00781**

Кодове за значимост (Signif. Codes): 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Табл.34.Регресионен анализ между CTDI и теглото (по Борнгард) на пациентите

Стандартна грешка на остатъците (Residual standard error): 3.168 с 10 степени на свобода (degrees of freedom)

Коефициент на детерминация (Multiple R-squared): 0.5235,

Ажустиран коефициент на детерминация (Adjusted R-squared): 0.4759

F-statistic: 10.99 с 1 и 10 степени на свобода (DF),

p-value: 0.007814

Тази регресия показва, че ако се изключат всички останали възможни фактори и се разгледа само влиянието на теглото, то при единица увеличение на индекса на теглото (по Borngard) CTDI се увеличава с **0,4365 единици**.

9.2.3. Проверка на съвместното влияние на теглото и полът върху дозата

При проверката на това влияние отново ползваме регресионен анализ, като променливата пол е кодирана по следния начин Мъж = 1, Жена = 0 (Табл. 35).

Анализът показва, че двата фактора, при тяхното съвместно отчитане, имат различно по значимост влияние върху дозата.

Полът е **статистически незначим фактор (Pr(>t)=0,3994)**, докато теглото е **единствения значим фактор (Pr(>t)=0,0162)**.

Наличие на колинеарност няма. Най-високият **ДИИ е 1,07**.

При теглото се наблюдава подобна на предходния анализ зависимост, че **на единица увеличение на теглото се налага увеличение с 0,4059 CTDI единици.**

	Оценка (Estimate)	Стандартна грешка (Std. Error)	t равнище (t value)	Pr(> t)
Intercept (свободен член)	-7.2691	10.3452	-0.703	0.5000
тегло	0.4059	0.1375	2.951	0.0162*
пол	-1.9518	2.2063	-0.885	0.3994

Кодове за значимост (Signif. Codes): 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Табл.35.Регресионен анализ между CTDI, като зависима величина и факторите тегло (по Borngard) и Пол на пациентите

Стандартна грешка на остатъците (Residual standard error): 3.203 с 9 степени на свобода (degrees of freedom)

Коефициент на детерминация (Multiple R-squared): 0.5617,

Ажустиран коефициент на детерминация (Adjusted R-squared): 0.4643

F-statistic: 5.766 с 2 и 9 степени на свобода (DF),

p-value: 0.02444

9.2.4. Проверка на хипотезата за съвместното влияние на теглото, полът и възрастта върху CDTI

Отново е използван регресионен анализ. (табл.36)

В случая, възрастта се оказва **незначим фактор** (Pr(>t)=0.4215) както и полът (Pr(>t)=0.7514).

Отново единственият значим фактор в случая е теглото на пациентите (Pr(>t)=0.0166).

	Оценка (Estimate)	Стандартна грешка (Std. Error)	t равнище (t value)	Pr(> t)
Intercept (свободен член)	-5.25715	10.77614	-0.488	0.6387
тегло	0.43247	0.14323	3.019	0.0166*
пол	-0.84977	2.59172	-0.328	0.7514
възраст	-0.07652	0.09032	-0.847	0.4215

Кодове за значимост (Signif. Codes): 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Табл.36.Регресионен анализ между CTDI, като зависима величина и факторите тегло (по Borngard), Пол и Възраст на пациентите

Стандартна грешка на остатъците (Residual standard error): 3.255 с 8 степени на свобода (degrees of freedom)

Коефициент на детерминация (Multiple R-squared): 0.5978,

Ажустиран коефициент на детерминация (Adjusted R-squared): 0.4469

F-statistic: 3.963 с 3 и 8 степени на свобода (DF),

p-value: 0,05299

Тази хипотеза се потвърждава и от директната зависимост между CTDI и възрастта на пациентите при 100kV. (таблица 37)

	Оценка (Estimate)	Стандартна грешка (Std. Error)	t равнище (t value)	Pr(> t)
Intercept (свободен член)	24.60204	6.75873	3.640	0.00454**
възраст	-0.07331	0.10742	-0.682	0.51045

Кодове за значимост (Signif. Codes): 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Табл.37.Регресионен анализ между CTDI, като зависима величина и Възрастта на пациентите

Стандартна грешка на остатъците (Residual standard error): 4.487 с 10 степени на свобода (degrees of freedom)

Коефициент на детерминация (Multiple R-squared): 0.0445,

Ажустиран коефициент на детерминация (Adjusted R-squared): -0.05105

F-statistic: 0.4657 с 1 и 10 степени на свобода (DF),

p-value: 0.5105

9.2.5. Проверка на хипотезата на факторното влияние на променливата тегло във варианта: >80, <80 кг.

За директното (единичното) влияние на тази специфична променлива върху дозата приложихме първоначално Дисперсионен анализ.

Като факторна променлива се използва дихотомната променлива Xkg, която приема стойност 0 ако теглото на пациента е >80 кг и стойност 1 ако теглото на пациента <80 кг.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (> F)
Xkg	1	77.92	77.92	5.87	0,0359*
Residuals	10	132.75	13.27		

Табл.38. Резултати от Дисперсионен анализ за влиянието на Xkg върху CTDI

Анализът показва (табл.38), че Xkg е фактор при определянето на дозата, със статистическа значимост $Pr(>F) = 0.0359$.

Това означава, че има статистически значима разлика между дозата при пациенти с тегло <80 и тези >80, като при това отхвърляме хипотезата тази разлика да се дължи на пола и възрастта.

Този резултат е в синхрон с високата корелация която съществува между променливите Xkg и тегло (по Vorngarg). Този корелационен коефициент е $r = -0,637$. Той е отрицателен заради специфичното кодиране на Xkg.

При анализа на влиянието Xkg, тегло по Vorngarg, пол и възраст се получават посочените в таблица 39 резултати. Хипотезата за наличие на колинеарност между факторите се отхвърля като най-високият ДИИ е 1,79. В случая проблем представляват малкото наблюдения с които се работи – само 12.

Анализът на получените резултатите показва, че при тази комбинация от фактори нито един от тях не е значим.

	Оценка (Estimate)	Стандартна грешка (Std. Error)	t равнище (t value)	Pr(> t)
Intercept (свободен член)	1.4063	13.9389	0.101	0.922
пол	-2.1270	2.2294	-0.954	0.368
тегло	0.2990	0.1794	1.666	0.134
Xkg	-2.3027	2.4585	-0.937	0.376

Кодове за значимост (Signif. Codes): 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Табл.39.Регресионен анализ между CTDI, като зависима величина и пола, теглото по Борнгард и теглото (>80,<80) на пациентите

Стандартна грешка на остатъците (Residual standard error):3.225 с 8 степени на свобода (degrees of freedom)

Коефициент на детерминация (Multiple R-squared): 0.605,

Ажустиран коефициент на детерминация (Adjusted R-squared): 0.4569

F-statistic: 4.084 с 3 и 8 степени на свобода (DF),

p-value: 0,0495

Анализът на силата на връзката между CTDI и Xkg показва, че Xkg обяснява 36,99% (Multiple R-squared: 0.3699) от измененията на CTDI.(табл.40) Корелационният коефициент показва, че при прехода от <80 към >80 на теглото дозата се увеличава средно с 5,169 единици.

	Оценка (Estimate)	Стандартна грешка (Std. Error)	t равнище (t value)	Pr(> t)
Intercept (свободен член)	22.229	1.377	16.142	1.72e-08***
Xkg	-5.169	2.133	-2.423	0.0359*

Кодове за значимост (Signif. Codes): 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Табл.40.Регресионен анализ между CTDI, като зависима величина теглото (>80,<80) на пациентите

Стандартна грешка на остатъците (Residual standard error): 3.643 с 10 степени на свобода (degrees of freedom)

Коефициент на детерминация (Multiple R-squared): 0.3699,

Ажустиран коефициент на детерминация (Adjusted R-squared): 0.3068

F-statistic: 5.87 с 1 и 10 степени на свобода (DF), **p-value: 0.03589**

Съпоставено с влиянието на теглото по Borngard показва, че по-информативния и значим фактор в случая е теглото по Borngard, който обяснява 52,35% (Multiple R-squared: 0.5235) от измененията на дозата.

9.3. Изследване на факторите, влияещи върху дозата при 80 kV

За изследване факторите, влияещи върху дозата при пациентите, при които проведохме 80 kV ултранискодозов протокол, за анализ използвахме 27 пациента.

9.3.1. Полът като фактор, определящ дозата.

За да се провери хипотезата за влиянието на пола върху дозата отново сравнявахме средните дози (CTDI), необходими при жените и мъжете. Проверяхме дали има статистически значима разлика между тези дози при двете подсъвкупности.

	Df	Sum sq	Mean sq	F value	Pr (>F)
Пол	1	5.37	5.370	<u>4.021</u>	<u>0.0559</u>
Residuals	25	33.39	1.336		

Табл.41. Дисперсионен анализ на връзката между CTDI и полът на пациентите

Нивото на **F value** отново е **4.021** (Табл. 41), което съответства на висока стойност на $Pr(>F) = 0,0559$. Това показва, че при ниво 0,05 **няма основание да се твърди, че полът е фактор при определяне на дозата при 80kV.**

Хипотезата за наличие на хетероскедастицитет между групите определени по признака пол се отхвърля, чрез тест на Levene ($Pr(>F) = 0,2699$). (табл.42)

Тест на Levene			
	Df	F value	Pr (> F)
group	1	1.2732	0.2699
	25		

Таблица 42
Проверка на хетероскедастицитета чрез теста на Levene

9.3.2. Установяване на факторното влияние на теглото (по Borngard) върху дозата при 80 kV

За целта приложихме отново регресионен анализ.(табл.43) И тук зависимостта между теглото (по Borngard) и CTDI е **статистически значима (Pr(>t) = 2,83E-06) и много силна**. Корелационният коефициент между двете променливи е $r=0,77$. Това довежда отново до факта, че 59,07% (Multiple R-squared: 0.5907) от измененията на дозата зависят от теглото на пациента.

	Оценка (Estimate)	Стандартна грешка (Std. Error)	t равнище (t value)	Pr(> t)	Кодове за
Intercept (свободен член)	6.4602	1.0860	5.949	3.28e-06***	
тегло	0.1039	0.0173	6.007	2.83e-06***	

значимост (Signif. Codes): 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Табл.43.Регресионен анализ между CTDI и теглото (по Borngard) на пациентите

Стандартна грешка на остатъците (Residual standard error): 0.7966 с 25 степени на свобода (degrees of freedom)

Коефициент на детерминация (Multiple R-squared): 0.5907,

Ажустиран коефициент на детерминация (Adjusted R-squared): 0.5744

F-statistic: 36.08 с 1 и 25 степени на свобода (DF),

p-value: **2.834e-06**

Тази регресия показва, че ако се изключат всички останали възможни фактори и се разгледа само влиянието на теглото, то при единица увеличение на индекса на теглото (по Borngard) **CTDI се увеличава с 0,1039 единици**.

9.3.3. Проверка на съвместното влияние на теглото и полът върху дозата

Използване отново регресионен анализ, като променливата пол е кодирана по следния начин Мъж = 1, Жена = 0.(табл.44) Хипотезата за колинеарност се отхвърля ДИИ < 2,7

	Оценка (Estimate)	Стандартна грешка (Std. Error)	t равнище (t value)	Pr(> t)
Intercept (свободен член)	2.99091	1.32309	2.261	0.03314*
тегло	0.16872	0.12312	7.298	1.54e-07***
пол	-1.51256	0.42434	-3.565	0.00157**

Кодове за значимост (Signif. Codes): 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Табл.44.Регресионен анализ между CTDI, като зависима величина и факторите тегло (по Borgard) и пол на пациентите

Стандартна грешка на остатъците (Residual standard error): 0.6574 с 24 степени на свобода (degrees of freedom)

Коефициент на детерминация (Multiple R-squared): 0.7324,

Ажустиран коефициент на детерминация (Adjusted R-squared): 0.7101

F-statistic: 32.84 с 2 и 24 степени на свобода (DF),

p-value: 1.348e-07

Анализът показва, че и двата фактора са със силно значимо влияние. Полът е със статистическа значимост $Pr(>t)=0,00157$, а теглото е със значимост $Pr(>t)=1,54E-07$.

Регресионните коефициенти показват, че при единица увеличение на теглото, CTDI се увеличава с 0,16872 единици.

При пола отбелязваме зависимостта, че за жените средно са необходими с 1,51256 единици CTDI повече, отколкото при мъжете.

9.3.4. Проверка на хипотезата за съвместното влияние на теглото, полът и възрастта върху CDTI

Отново е използван регресионен анализ. В случая, възрастта се оказва незначим фактор ($Pr(>t)=0.538$) докато полът ($Pr(>t)=0.00182$) и теглото ($Pr(>t)=2,3E-07$) са значими. (табл. 45)

	Оценка (Estimate)	Стандартна грешка (Std. Error)	t равнище (t value)	Pr(> t)
Intercept (свободен член)	3.221605	1.390083	2.318	0.02972*
тегло	0.169083	0.023435	7.218	2.39e-07***
пол	-1.514830	0.429845	-3.524	0.00182**
възраст	-0.004409	0.007052	-0.625	0.53800

Кодове за значимост (Signif. Codes): 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Табл. 45. Регресионен анализ между CTDI, като зависима величина и факторите Тегло (по Borngard), Пол и Възраст на пациентите

Стандартна грешка на остатъците (Residual standard error): 0.6659 с 23 степени на свобода (degrees of freedom)

Коефициент на детерминация (Multiple R-squared): 0.7369,

Ажустиран коефициент на детерминация (Adjusted R-squared): 0.7026

F-statistic: 21.47 с 3 и 23 степени на свобода (DF),

p-value: 7.383e-07

И тук възрастта на пациентите не оказва директно влияние върху дозата.(табл.46) Коефициентът на директната зависимост между възрастта и CTDI е статистически незначим (Pr(>t)=0.837).

	Оценка (Estimate)	Стандартна грешка (Std. Error)	t равнище (t value)	Pr(> t)
Intercept (свободен член)	13.074825	0.790246	16.545	5.61e-15***
възраст	-0.002733	0.013170	-0.208	0.837

Кодове за значимост (Signif. Codes): 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Табл.46.Регресионен анализ между CTDI, като зависима величина и Възрастта на пациентите

Стандартна грешка на остатъците (Residual standard error): 1.244 с 25 степени на свобода (degrees of freedom)

Коефициент на детерминация (Multiple R-squared): 0.00172,

Ажустиран коефициент на детерминация (Adjusted R-squared): -0.03821

F-statistic: 0.04308 с 1 и 25 степени на свобода (DF),

p-value: 0.8373

9.3.5. Проверка на хипотезата на факторното влияние на променливата тегло във варианта: >80, <80 кг.

За директното влияние на тази променлива върху дозата приложихме отново Дисперсионен анализ. Като променлив фактор се използва отново Xkg, която приема стойност 0 ако теглото на пациента е >80 кг и стойност 1 ако теглото на пациента <80 кг.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (> F)
Xkg	1	0.37	0.3744	0.244	0,626
Residuals	25	38.39	1.5355		

Табл.47.Дисперсионен анализ за влиянието на Xkg върху CTDI

Анализът показва (Табл. 47), че Xkg със статистическа значимост $Pr(>F) = 0.626$ не е фактор при определянето на дозата.

Това означава, че няма статистически значима разлика между дозата при пациенти с тегло <80 и тези >80 , като при това отхвърляме хипотезата тази разлика да се дължи на пола и възрастта.

При анализа на влиянието на факторите – Xkg, тегло по Borngard, и пол получихме следните резултати представени в таблица 48. Допълнителният им анализ показва липса на колинеарност.

	Оценка (Estimate)	Стандартна грешка (Std. Error)	t равнище (t value)	Pr(> t)
Intercept (свободен член)	2.3194	1.3286	1.746	0.09420
пол	-1.3025	0.4253	-3.063	0.00551**
тегло	0.1722	0.0223	7.722	7.83e-08***
Xkg	0.5389	0.3107	1.734	0.09623

Кодове за значимост (Signif. Codes): 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Табл. 48. Регресионен анализ между CTDI, като зависима величина и пола, теглото по Borngard и теглото ($>80, <80$) на пациентите

Стандартна грешка на остатъците (Residual standard error): 0.6315 с 23 степени на свобода (degrees of freedom)

Коефициент на детерминация (Multiple R-squared): 0.7634,

Ажустиран коефициент на детерминация (Adjusted R-squared): 0.7325

F-statistic: 24.73 с 3 и 23 степени на свобода (DF),

p-value: 2.215e-07

Анализът отново отхвърля Xkg като значим фактор ($Pr(>t)=0.09623$) по отношение на дозата.

9.4. Обобщителен анализ

За да бъдат по-убедителни заключенията е необходимо да се правят анализи върху по-голям брой единици (пациенти). Това че при някои от замерванията сме анализирали 12 или 16 единици прави резултатите до известна степен несигурни и налага допълнителни проучвания и ресурси за тяхната проверка при по-голяма база от данни.

10. Резултати от оценката на ефективната доза

Измеримите дозиметрични величини са удобно средство за определяне на дозите при диагностични изследвания и за проследяване на работата на КТ уредба във времето. Техен основен недостатък обаче е невъзможността им да определят риска за пациента от медицинско облъчване. За тази оценка се използва величината **ефективна доза**, която позволява сравнение на дозите, получавани от пациентите при КТУ с дози от други КТ уредби и други рентгенови изследвания.

Резултатите са представени в таблица 49.

Протокол	Ефективна доза (mSv)
120 kV	22.5
100 kV	7.8
80 kV	5.2

Табл.49.Резултати от оценка на ефективната доза при трите протокола на скениране

Оценката направихме чрез специализиран софтуер СТехро. Намаление на дозата с **65%** постигнахме след въвеждането на 100 kV-протокол и с **77 %** след въвеждането на 80 kV-протокол.

Тези резултати бяха сравнени с резултатите от направеното изследване на дозите на пациентите при конвенционалната ЕУ, като дозите се използваха за изчислението на ефективната доза, която бе оценена на **2,6 mSv**.

Стойността на ефективната доза се получава чрез сумиране на приноса на всеки от органите и тъканите, попадащи в сканираната област, като се отразява и различната им лъчечувствителност. Тя е величината, която се използва за оценка на риска за възникване на стохастични ефекти.

Считаме, че основен принос на разработката е постигането на добра диагностична стойност на образите с оптимизираните протоколи при намаляване на риска за пациентите с **77%**.

Проведеното сравнение на дозите, получавани при пациентите с КТ и конвенционалната ЕУ, показва 2 пъти по-голяма ефективна доза за КТ изследванията след оптимизацията.

11. Заключение:

Целта в днешно време на редица автори е да се изработят нискодозови протоколи на изследване, което се осъществява чрез различни подходи.

Два са начините за оптимизиране на изследване - чрез оптимална настройка на техническите параметри на апаратурата и чрез разработване на оптимални протоколи за провеждане на изследванията, с които да се намали дозата, като се запази приемливо качество на диагностичния образ. Новите технологии, като модулация на анодния ток и съвременните итеративни реконструирани алгоритми, са разпространени и в България. Чрез тях значително се намалява облъчването на пациента, като в някои случаи е възможно намаляване на дозата с над 40%.

В такава посока е насочена работата на Portis и сътр., Juri и сътр. и Kluneg и сътр., които разработват нискодозови КТ протоколи. Portis постига доза на пациента, която е с почти до 75% по-малка (от 15 mSv те намаляват дозата на 2,8 mSv, сравнени с дозата при ЕУ, която е 3 mSv), Juri постига 71% намаление на дозата на екскреторната фаза, а Kluneg описва резултати за дозата, съпоставими с тези при конвенционалната ЕУ. Nemann T и сътр. провеждат проучвания за дозата йонизиращо лъчение, изчислена в mSv, при обзорната рентгенография, при конвенционалната ЕУ, при КТ изследване със стандартен протокол и КТ изследване с нискодозов протокол и регистрират резултати, съответно 0,5-1 mSv за обзорната рентгенография, 1,3 до 3,5 mSv за ЕУ, 4,5 до 5 mSv за КТ със стандартен протокол и 0,97-1,9 mSv за КТ с нискодозов протокол. През 2006 година, P.Dahlmann съобщава, че с правилна оптимизация на дозите, дори и трифазовите протоколи на скениране може да се реализират с ефективни дози под 7 mSv.

Целта на всичките е една: да се постигне нужното качество на образа, за да се изпълни диагностичната задача, с намален риск за пациента.

Нашата работа също нееднозначно показва, че визуализирането на множество находки е възможно чрез използването на нискодозови протоколи, при които образите са с по-голям шум от стандартния, но изследването е с по-малък риск за пациентите.

Считаме че, основен принос на проучването е постигането на добра диагностична стойност на образите с оптимизираните протоколи при намаляване на риска за пациентите с 77%. (от 22,5mSv, ние намалихме дозата на 5,2mSv), което ни доближава до резултатите на повечето от цитираните автори. Проведеното от нас сравнение на дозите, получавани от пациентите при КТ и конвенционалната екскреторна урография, показва 2 пъти по-голяма ефективна доза за КТ изследвания след оптимизацията, поради което, те са несъпоставими с тези на Kluneg и сътр..

V. Изводи:

1. Нискодозовата компютъртомографска урография е диагностичен метод, който визуализира отлично морфологичните промени при широка гама от заболявания на урогениталния тракт, включени в материала на настоящето проучване.
2. Компютъртомографските урографски изследвания, проведени с анодно напрежение 100 kV и 80 kV доставят интерпретируеми диагностични образи на измененията на урогениталния тракт на изследваните пациенти.
3. Фантомни измервания, включени в програмата за осигуряване на качеството при нискодозовата компютъртомографска урография, са надежден принос във валидирането на възприетите съотношения на клинично определената доза и субективната оценка на качеството на образа.
4. Провеждането на компютъртомографска урография с анодно напрежение от 80 kV запазва диагностичната стойност на образите при минимални стойности на пациентската доза при най-широк кръг от клинични ситуации.
5. Ефективната пациентска доза при нискодозовата компютъртомографска урография е два пъти по-висока от тази при конвенционалната екскреторна урография, оценена при групи пациенти, с приблизително еднакъв телесен индекс и е 2,6 mSv.
6. Използваните от нас нискодозови протоколи на скениране при компютъртомографска урография с анодно напрежение 100 kV и 80 kV намаляват лъчевото натоварване на пациента съответно с 65% и със 77% в сравнение със стандартния 120 kV-ов протокол.
7. Намаляване на пациентската доза при нискодозовата компютъртомографска урография чрез протоколи с предложените анодни напрежения се наблюдава при различен клас (64- и 16-редови) компютърни томографи.

VI. Приноси:

1. Научната разработка е първо цялостно проучване в България върху възможностите на нискодозовата компютъртомографска урография в диагностиката при широка гама от заболявания на урогениталния тракт.

Научно-приложни приноси:

2. Предложени и проучени са два нови нискодозови протокола за компютъртомографска урография при диагностиката на заболяванията и състоянията на урогениталния тракт, базирани на намаляване на анодното напрежение, при постоянни останали параметри и модулация на mA.
3. Доказано е съхраняването на диагностичната информативност на образите за конкретни клинични състояния при прилагане на горепосочените протоколи.
4. Постигнатата редукция на дозата при компютъртомографската урография е съпоставима с лъчевото натоварване при екскреторната урография.
5. Проведени са експериментални проучвания чрез дозиметрични измервания на фантоми в подкрепа на тезите на разработката и клиничното им приложение.
6. Възможностите на предложените собствени нискодозови протоколи за компютъртомографска урография са проучени при групи пациенти с различен телесен индекс, пол и възраст.

Методологични приноси:

7. Описани са собствени нови нискодозови протокола за провеждането на компютъртомографска урография за оценка състоянието на урогениталния тракт, различни от интегрираните от производителя в апаратурата, използвана в проучването.
8. Намаляването на лъчевото натоварване чрез предложените нискодозови протоколи за компютъртомографска урография при запазване на информативността на образа са проучени и при компютъртомографска апаратура от различен клас.

VII. Публикации и научни съобщения по темата на дисертацията

Научни публикации

- 1.) **М.Ал-Амин**, В. Хаджидеков, Бъбречна компютъртомографска ангиография. Част I: Бъбречна компютърна артериография и хипертония, Рентгенология и радиология, 2012, 1, стр. 61 – 64
- 2.) **М. Al-Amin**, V. Hadjidekov, D. Zlatareva, I. Diakov, The radiation dose and image quality as a feedback in multislice computed tomography urography, Сборник научни съобщения от Конкурсна сесия 2014, стр. 13-17, 10-12 април 2014, Пловдив
- 3.) **М. Ал-Амин**, Роля на мултидетекторната компютъртомографска урография в диагностиката на някои заболявания на отделителната система, Рентгенология и радиология, 2014, 1, стр. 18-23
- 4.) **М. Al-Amin**, I. Diakov, J. Vasileva, V. Hadjidekov Cutting down the radiation dose on CT urography – how we did it and what results we received;
<http://rpd.oxfordjournals.org> (impact factor 0.861) – *in press*

Научни съобщения на конгреси във връзка с дисертационния труд:

- 1.) **М. Al-Amin**, I. Diakov, J. Vasileva, Low-dose 64-MDCT urography in non-malignant kidney diseases, X Balkan Congress of Radiology, 1-4 november, 2012, Sandanski, Bulgaria
- 2.) **М. Al-Amin**, G. Hadjidekov, I. Diakov, Low-Dose 64 multidetector computed tomography urography detect kidney and ureteral stones as well as high-dose, 20th European Symposium on Urogenital Radiology, September 19-22, 2013, Istanbul-Turkey
- 3.) **М. Ал-Амин**, Компютъртомографска урография при нетуморни заболявания – как да преодолеем недостатъците й?, XV Национален конгрес на Българската асоциация по радиология, 26-29 септември, 2013, София, България
- 4.) **М. Al-Amin**, V. Hadjidekov, I. Diakov, MDCT Urography – Image quality and patient dose using low-dose protocols of research, ECR 2014, 6-10march, EPOSTM, Vienna, Austria
- 5.) **М. Al-Amin**, I. Diakov, J. Vasileva, V. Hadjidekov, Cutting down the radiation dose on CT urography – how we did it and what results we received? International Conference on Radiation Protection in Medicine, Varna, Bulgaria, 30 May - 2 June 2014