

Design počítačového tomografu

diplomová práce

autor: Bc. Eva Bojková

vedoucí diplomové práce: doc. akad. soch. Miroslav Zvonek, Ph.D.

Brno 2009

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá návrhem designu výpočetního tomografu (CT), což je lékařský přístroj, který slouží k určení diagnózy pacienta. Práce zkoumá a analyzuje současný stav a produkci těchto přístrojů. Následně je navržen nový design přístroje za dodržení zejména ergonomických, technických a estetických parametrů.

klíčová slova: počítačová tomografie, výpočetní tomografie, CT, design, lékařské zařízení, rentgenové záření

Abstract

The graduation thesis is engaged in the design of computed tomography (CT). It is a piece of medical equipment which helps to define the diagnosis of a patient. The first part of the project is a research into contemporary stage and production of CT systems. Consequently the new design of computed tomography is designed in a way to maximise ergonomical, technical and aesthetic quality.

keywords: computed tomography, CT, design, medical equipment, X-Rays

Bibliografická citace

BOJKOVÁ, E. Design počítačového tomografu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 53 s. Vedoucí diplomové práce doc.akad.soch. Miroslav Zvonek, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s využitím zdrojů uvedených v seznamu použité literatury.

Poděkování

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu diplomové práce doc. akad. soch. Miroslavu Zvonkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při tvorbě této práce, a také celému pedagogickému sboru průmyslového designu VUT Brno, nejen za rady při tvorbě diplomové práce, ale za provázení celým mým studiem.

Mé vřelé díky patří hlavně rodině, přátelům a spolužákům za jejich neustálou podporu a ochotu mi pomáhat a zdárně mě tak dovést k cíli studia, a to velmi příjemnou cestou.

Za cenné rady, pomoc a ochotu při tvorbě této práce děkuji své mamince MUDr. Miladě Bojkové. Dále děkuji panu Ing. Václavu Roubalíkovi a panu Lubošovi Tůmovi za pomoc při objasnění technické problematiky daného tématu.

Obsah

Úvod	13
1. Vývojová, technická a designérská analýza tématu	15
1.1 Vývojová analýza	15
1.1.1 Vývoj zobrazování v medicíně	15
1.1.2 Objev vlastností rentgenového záření	16
1.1.3 Vynález a vývoj výpočetní tomografie	17
1.2. Technická analýza	17
1.2.1 Princip funkce	17
1.2.2 Jednotlivé části přístroje	18
1.2.3 Nová generace přístrojů	19
1.3 Designérská analýza	19
1.3.1 Průmyslový design v medicíně	19
1.3.2 Současná produkce	19
1.3.2.1 Philips	19
1.3.2.2 GE	20
1.3.2.3 Toshiba	20
1.3.2.4 Siemens	21
1.3.2.5 Magnetická rezonance	22
2. Variantní studie designu	23
2.1 První návrhy a vize CT	23
2.2 Vývoj návrhu	25
2.2.1 Změna prstence	25
2.2.2 Tvar a naklápění gantry	27
2.2.3 Vyšetřovací stůl	28
3. Ergonomické řešení	29
3.1 Průběh vyšetření	29
3.2 Ovládače a sdělovače	30
3.3 Vyšetřovací lůžko	31
3.4 Psychologické hledisko	32
4. Tvarové (kompoziční) řešení	33
4.1 Tvarové řešení gantry	33
4.2 Tvarové řešení stolu	34
4.3 Propojení gantry a stolu	35
4.4 Rozdělení hmoty	36
5. Barevné a grafické řešení	37
5.1 Barevné řešení	37
5.2 Grafické řešení	38

6. Provozně-technologické řešení	41
6.1 Uspořádání vnitřních komponent a rozměry přístroje	41
6.2 Polohovatelnost některých částí	43
6.3 Materiály a způsob výroby	44
6.4 Spáry a rozebíratelnost stroje	45
7. Rozbor technické, ergonomické, psychologické, estetické, ekonomické a sociální funkce designérského návrhu	47
7.1 Rozbor technické funkce	47
7.2 Rozbor ergonomické funkce	47
7.3 Rozbor psychologické funkce	47
7.4 Rozbor estetické funkce	47
7.5 Rozbor ekonomické funkce	47
7.6 Rozbor sociální funkce	48
Závěr	49
Seznam použitých zdrojů	51
Seznam obrázků	53
Seznam příloh	55

Tématem této diplomové práce je design výpočetního (počítačového) tomografu.

Výpočetní tomograf je lékařské zařízení, které pomocí ozáření pacienta rentgenovým zářením a následným počítačovým zpracováním získaných dat, dokáže zhotovit snímky požadovaných řezů lidského těla. Lékař na základě analýzy těchto snímků může stanovit diagnózu pacienta. Vyšetření spadá do lékařských metod radiologie. Pro tento přístroj se rozšířeně používá zkratka CT, což vychází z anglického názvu „computed tomography“.

Výpočetní tomograf je zařízení větších rozměrů a vyšetření probíhá zasunutím pacienta do otvoru v přístroji, proto je přístroj také neodborně nazýván „tunelem“.

Na poli technickém dochází u výpočetního tomografu k neustalému vývoji. Technické parametry se stále zlepšují a vyvíjí se jednotlivé součásti. Je třeba inovovat vnější plášť přístroje tak, aby odpovídal současné situaci a požadavkům. Jelikož se jedná o přístroj, u něhož je důležité vnitřní uspořádání a rozměry jednotlivých komponent, je nutné právě na těchto parametrech zakládat design přístroje.

Jedná se o zařízení, které je v úzkém kontaktu s člověkem, a proto je jedním z cílů této diplomové práce splnění ergonomických požadavků. Provedení přístroje by mělo být takové, aby jeho užití bylo i z pohledu pacienta i z pohledu personálu co nejpohodlnější a nejjednodušší. Je také důležité zaměřit se na pocity pacienta během vyšetření a nepříjemné pocity se snažit omezit na minimum.

Samotný vzhled tomografu je nesmírně důležitý a to z několika důvodů. Je nutné, aby vzhled výpočetního tomografu vzbuzoval pocit spolehlivosti a bezpečnosti, jelikož se jedná o zařízení, které úzce souvisí s lidským zdravím. Dále také vzhled tohoto přístroje plní funkci reprezentativní, reprezentuje nemocnici, výrobce, ale také stát a úroveň lékařské péče.

V této práci bych se chtěla zaměřit na hledání nových možností v designu výpočetního tomografu, které by mohlo přinést k dnešnímu stavu jistý užitek, a to tak, aby splňovaly všechny výše uvedené cíle.

1. Vývojová, technická a designérská analýza tématu

1.1 Vývojová analýza

1.1.1. Vývoj zobrazování v medicíně

Lékařství je jednou z nejstarších profesí, která neustále provází dějiny lidstva stejně jako jej provází nemoci. Jelikož se jedná o lidské zdraví, je to obor nesmírně ceněný. Metody se postupem času vyvíjely, což úzce souvisí se stupněm poznání. V dnešní době je lidské tělo velmi podrobně prozkoumáno a možností pro stanovení diagnózy pacienta je mnoho.

Po dlouhou dobu bylo zobrazování a zkoumání vnitřních orgánů lidského těla tabu. V době renesance se staly populární pitvy a také veřejné pitvy a toto tabu se začlo postupně odhalovat. Toto zkoumání zdokonalovalo vědění o vlastnostech a nemocech lidského organismu.



obr. 1: Pitva doktora Tulpa

V dnešní době existuje hned několik metod, jak nahlédnout do vnitřku lidského těla bez jeho narušení, což bývá při stanovení diagnózy směrodatné. Správné stanovení diagnózy je podstatnou částí léčby.

Právě radiologie umožňuje nedestruktivní způsoby zkoumání a zobrazování lidských orgánů. Je to oblast medicíny, která využívá ionizovaného záření ke stanovení diagnózy pacientů a k jejich léčbě. Jedním z přístrojů radiologie je právě výpočetní tomograf, který k vyšetření používá rentgenové záření.

Dále mezi radiologické metody patří zhotovování rentgenových snímků. Do oboru radiologie byly zařazeny i některé diagnostické metody, které nepoužívají ionizující záření. Mezi nimi je například sonografie, která k vyšetření používá ultrazvuk (vysokofrekvenční zvukové vlny). Je zde zařazena také magnetická rezonance (MR/MRI), která využívá silná magnetická pole. Snímky získané pomocí MR poskytují nejlepší rozlišení měkkých tkání ze všech zobrazovacích způsobů.

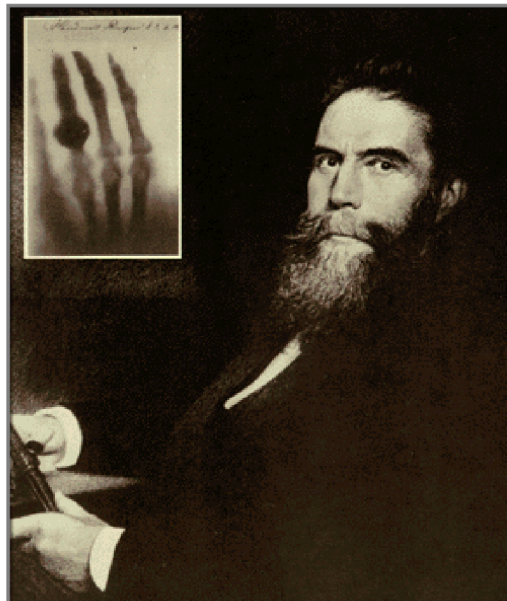
Radiologické vyšetření může provádět specializovaný lékař – radiolog.

1.1.2 Objev vlastností rentgenového záření

Přelomovou událostí v oblasti zobrazování lidského těla v medicíně se stal objev rentgenového záření.

Tento objev se stal obrovským mezníkem a vlastnosti rentgenového záření se ve velké míře používají dodnes, ať už v oblasti medicíny nebo v jiných oblastech (zkoumání vad materiálu, apod.).

V roce 1895 W.C. Roentgen objevil rentgenové záření. Zkoumal katodové paprsky, jak to v 19. století činili i jiní badatelé. Při svém výzkumu sledoval světélkování katodových paprsků v temné komoře a objevil „záření X“ neboli rentgenové záření. Když mezi katodovou trubicí a luminescenční stínítko vložil papír, nebo knihu, zjistil, že záření stále prochází. Až když mezi trubicí a stínítko vložil kovový předmět, objevil se na stínítku stín. Následnými pokusy zjistil, že právě kovy, ale také lidské kosti jsou neprůhledné pro toto záření.



obr. 2: Pan Roentgen a jeho snímek

„Roentgen za své objevy obdržel vůbec první Nobelovu cenu za fyziku. Rentgenové záření je formou elektromagnetického záření o malých vlnových délkách a vysokých frekvencích (vlnových délkách 10 – 0,1 nm a frekvenci 10^{17} - 10^{20} Hz). Jedná se o formu ionizujícího záření a jako takové může být nebezpečné.“[5]

„Během roku po objevení rentgenového záření bylo publikováno více než 1000 vědeckých pojednání o novém objevu. Nicméně, tento prvotní výzkum a práce měla za následek škody na zdraví, a také smrt. Dřívější rentgenové trubice postrádaly ochranu a nebyly stanoveny žádné standartní pravidla pro vystavení vlivu záření. Mezi lety 1896 a 1903, 14 Britských odborníků zemřelo na následky přílišného vystavení vlivu rentgenového záření. Následovně byly představeny normy pro vystavení záření a ochranu a byla vytvořena společnost, která zajišťovala profesionální instruktáž pro operátory zařízení.“[5]

1.1.3 Vynález a vývoj výpočetní tomografie

Dalším velikým mezníkem po objevu rentgenového záření se staly 70. léta 20. století, kdy došlo k vynálezu výpočetní tomografie. Na rozdíl od rentgenových snímků, na kterých se jednotlivé kosti a jiné viditelné orgány překrývají, pomocí výpočetní tomografie jsme schopni zobrazit části lidského těla v jednotlivých řezech. Od této vlastnosti také pochází název „tomografie“ (z řeckého „tomos“), což vlastně znamená zobrazování v řezech. Rozšířeně používaná zkratka CT pochází z anglického názvu „computed tomography“. V češtině se užívá dvou názvu, výpočetní tomografie, který je z hlediska překladu z angličtiny správný, anebo počítačová tomografie, což je název také rozšířený.

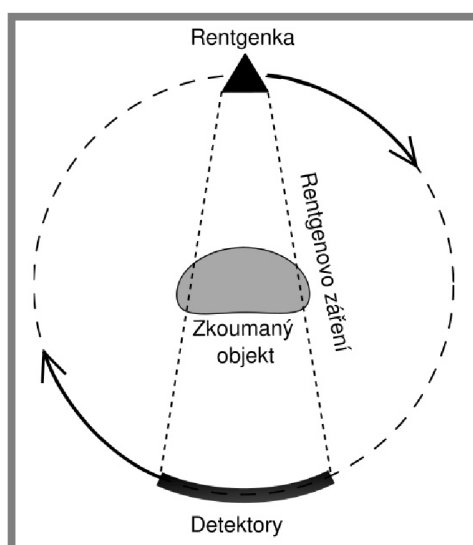
„Za objevitele počítačové tomografie se považuje Brit Godfrey Newbold Hounsfield. První přístroj vznikl v roce 1972 ve výzkumných laboratořích EMI. Nezávisle na Hounsfieldovi stejný objev učinil Američan Allan McLeod Cormack z Tufts University a v roce 1979 oba dva taktéž získali Nobelovu cenu.“ [5]

Od svého vynálezu, prošla výpočetní tomografie již dlouhou cestu a mnoho se změnilo. Základní princip a víceméně i vzhled zůstávají principiálně stejné, ovšem technické parametry se stále zlepšují. Jedním z příkladů je čas potřebný k vyšetření. Zatímco kdysi byly potřebné k vyšetření pacienta rentgenovým paprskem minuty, dnes jsou to řádově sekundy. Samotné vyšetření ovšem trvá déle. Po dlouhou dobu se v přístroji používala jedna rentgenka, ale dnes se již vyrábí přístroje, kde jsou rentgenky dvě, což velmi urychluje vyšetření a zlepšuje jeho kvalitu. Jelikož je ozáření rentgenovými paprsky nebezpečné a zdraví škodlivé, právě zkrácení vyšetřovacího času je důležitým faktorem ve vývoji CT systémů.

1.2 Technická analýza

1.2.1. Princip funkce

Princip funkce výpočetního tomografu spočívá v tom, že okolo pacienta po kruhové dráze obíhá rentgenka, která je zdrojem rentgenového záření a na protější straně jsou umístěny detektory, které zachycují záření, které prošlo pacientem.



obr. 3: Princip CT

Rentgenka i detektory jsou spolu s jinými komponentami ukryty v prstenci zvaném gantry. Na základě toho, že různé tkáně člověka různě absorbují rentgenové záření a nasnímáme pacienta z různých úhlů, je možné získat obraz řezu. Počítač vypočítá soustavu rovnic a na základě výsledků vytvoří obraz požadovaného řezu.

„Množství záření, dopadající na detektor, je registrováno jako číselná hodnota a předává se ke zpracování počítači. Registrace těchto koeficientů oslabení záření v prvcích tkáňového objemu vrstvy, se děje plynule během celého pohybu systému rentgentka-detektor, rotujícího kolem nemocného. Výpočetní tomografie je metodou densitometrickou, protože měří hustotu tkáňových objemů výpočetní cestou.“[4]

Výsledkem je zobrazení jednotlivých příčných řezů pacienta požadované části těla (mozek, břišní oblast, apod.). Tyto obrázky jsou v odstínech šedi.

„Kosti se zobrazují bílé, měkké tkáně v odstínech šedi a vzduch se jeví černě.“[7]

1.2.2 Jednotlivé části přístroje

Výpočetní tomograf se skládá z gantry, vyšetřovacího lůžka a výkonného počítače. Gantry spolu s vyšetřovacím stolem se nazývá také vyšetřovací stativ. Celá CT stanice je rozmístěna ve dvou místnostech ze vzhladu na bezpečnost personálu.

„Gantry je vertikální část stativu, orientovaná v základní poloze kolmo k podlaze.“[2]



obr. 4: Gantry a vyšetřovací stůl

V gantry se nachází rentgenka, detektory a další zařízení. Rentgenka je zdrojem rentgenového záření a je to jeden z nejmasivnějších prvků, který se nachází uvnitř gantry. Je opatřena krytem a chladícím systémem. Dále se zde nachází soubor čidel a zařízení pro pohyb rentgenky a čidel během expozice. Ve většině přístrojů je umístěna jedna rentgenka, ale u těch nejmodernějších a nejvýkonnějších přístrojů jsou již rentgenky dvě. Pod rentgenkou je umístěn kolimátor, což je optický člen, který tvaruje záření do potřebného tvaru, a to do vějířovitého paprsku. Na protější straně je umístěn pruh detektorů a také zařízení, které zpracovává data na digitální signál. Dále je vevnitř umístěn generátor vysokého napětí. Gantry je sklopitelné dopředu i dozadu, úhel se liší u jednotlivých přístrojů (většinou se jedná o úhly 20 až 30° dopředu i dozadu). Vevnitř gantry je umístěn motor s mechanismem pro pohon náklonu.

Průměr otvoru v gantry se u jednotlivých přístrojů liší, většinou je průměr 70 cm (u většiny přístrojů společnosti GE), ale také třeba 82 cm (u přístroje Siemens Somatom Definition).

Snímačem rentgenového záření jsou detektory. Existuje více variant provedení detektorů (detektory plošné, lineární). V dnešní době je důležitým faktorem, že se

do přístroje umísťuje několik řad detektorů. Původně byla ve výpočetním tomografu pouze jedna řada detektorů, později se začaly vyrábět přístroje s více řadami detektorů. Zlepšuje se tak výkon přístroje a podstatně se zkracuje doba vyšetření pacienta, a tedy i doba jeho ozáření.

1.2.3 Nová generace přístrojů

V polovině 90. let 20. století byl uveden do praxe zdvojený detektorový systém. Vznikl rozštěpením původně jednolitého detektorového elementu na dva segmenty stejné šíře. Později ke konci devadesátých let dochází k dalšímu rozštěpení detektorových řad, a to na 4 řady, a později 8, 16, 32, 64 a v dnešní době se objevuje dokonce 128 nebo 320 řad detektorů, přičemž násobení stále pokračuje.

Až do nedávné doby bylo pravidlem, že přístroj obsahoval jednu rentgenku a k němu příslušné řady detektory. V roce 2006 byly poprvé ve dvou amerických zdravotních centrech instalovány CT systémy obsahující dvě rentgenky a k nim příslušné detektory.

Přístroj Siemens Somatom Definition je první dvouzdrojový CT systém na světě spojující dva rentgenové zdroje a dva 64 řezové detektorové systémy v jednom snímacím zařízení. Tato instalace dvou rentgenek výrazně urychluje vyšetření.

1.3 Designérská analýza

1.3.1 Průmyslový design v medicíně

Design nemocničního přístroje je velmi důležitý. Přístroje jsou umístěny na očích mnoha lidem, denně jsou jimi vyšetřeny značné počty pacientů a tvoří vlastně i jakousi reprezentativní funkci nemocnice, kraje, země či společnosti vyrábějící tyto zařízení. Poukazují také na úroveň lékařské péče v daném místě. Jelikož se při jejich použití jedná o zdraví pacientů, je velmi důležité, aby přístroje svým vzhledem vzbuzovaly dojem spolehlivosti a bezpečnosti.

Průmyslový design v medicíně je důležitý z hlediska ergonomie. Ergonomie se snaží co nejvíce přizpůsobit přístroje tak, aby vyšetření nebylo pro pacienta nepříjemné, a také se snaží co nejvíce zjednodušit a přizpůsobit obsluhu přístroje pro personál.

1.3.2 Současná produkce

Společnosti specializujících se na výrobu výpočetních tomografů není mnoho. Jedna se totiž o velice komplexní a složitá technická zařízení, kde je kvalita a bezpečnost rozhodujícím faktorem. V České Republice se tyto přístroje nevyrábí. Mezi společnostmi vyrábějící výpočetní tomografy patří Siemens, GE (General Electric), Philips, Picker nebo Toshiba.

1.3.2.1 Philips

Na následujícím obrázku (obr.5) vidíme přístroj vyrobený společností Philips. Design tohoto přístroje je spíše jednoduchého minimalistického typu mluvíme-li o gantry. Vyšetřovací stůl vypadá již trochu složitěji v důsledku technického řešení pobytu lůžka. Otvor gantry je olemován širším světle žlutým pruhem ve tvaru kruhu,

ale celek gantry je tvarován do kvádru se zaoblenými hranami. Horní hrany jsou zaoblené, zatímco spodní jsou zachovány přímé a gantry tímto dosedá na zem, kde je ještě opatřeno o jisté odsazení. Barevnost je světlých odstínů, z větší části je přístroj světle šedý, jeví se až bílý a doplňkovými barvami jsou světle žlutá a šedá. Logo společnosti je umístěno nad horním okrajem otvoru gantry.



obr. 5: Philips

1.3.2.2 GE

GE neboli General Electric Company se také řadí mezi společnosti vyrábějící CT systémy. Na dalším obrázku (obr.6) lze vidět ukázkou přístroje z jejich produkce. Z designerského hlediska je tento přístroj zařazený mezi klasické. Ničím nevyčnívá z řady mnoha jiných CT systému. Zepředu se gantry jeví jako kruh přecházející do čtverce se zaoblenými rohy.



obr. 6: General Electronics

1.3.2.3 Toshiba

Další společností vyrábějící CT systémy je japonská firma Toshiba. Na následujícím obrázku (obr.7) je ukázkou designu jednoho z jejich přístrojů. Design tohoto přístroje

se celkem značně liší od předchozích ukázek. Tvar není již tak minimalistický, jsou na něm znatelné futuristické prvky. Po designérské stránce je přístroj zajímavý a jelikož je vzhled spíše futuristický, zanechává dojem technické vyspělosti a pokroku, čili větší spolehlivosti a kvality.



obr. 7: Toshiba

1.3.2.4 Siemens

Společnost Siemens se řadí mezi opravdové špičky v produkci CT systému. Po technické stránce je jeden z nejvýkonnějších a nejmodernějších přístrojů právě produktem této společnosti. Jedná se o přístroj Siemens Somatom Definition (obr.8). Gantry je ve tvaru „donutu“ vloženého do nesymerického bloku. Modrá barva kruhu a šedé pruhy okolí odlehčují celkový dojem z přístroje. Pruhovaná část přístroje je nesymerická. Toto jsou vše prvky, které se opakují i u jiných přístrojů této společnosti, takzvaně prvky jedné přístrojové rodiny. Také barevnost je u všech přístrojů, které společnost vyrábí v této době stejná a velmi často aplikují na některé části šedé pruhy, což je po stránce vzhledu u CT systému novinkou a malou designérskou hříčkou.



obr. 8: Siemens

1.3.2.5 Magnetická rezonance

Po designérské stránce je zajímavé se zmínit také o přístroji magnetické rezonance. Je to přístroj pracující na odlišném principu, ale patří také mezi radiologické metody. Svým vzhledem a funkcí velmi připomíná výpočetní tomograf. Tvar gantry se trochu liší, protože princip, na kterém přístroj pracuje je odlišný, a právě od něj se tento tvar odvíjí. Ovšem vyšetřovací lůžko zde plní zcela totožnou funkci a přesto bývá někdy zpracováno odlišnými způsoby. Lůžko zde nepodpírá noha přímo pod jeho plochou, ale je napojeno na stojnou nohu, která se nachází na boku a navazuje na část gantry.

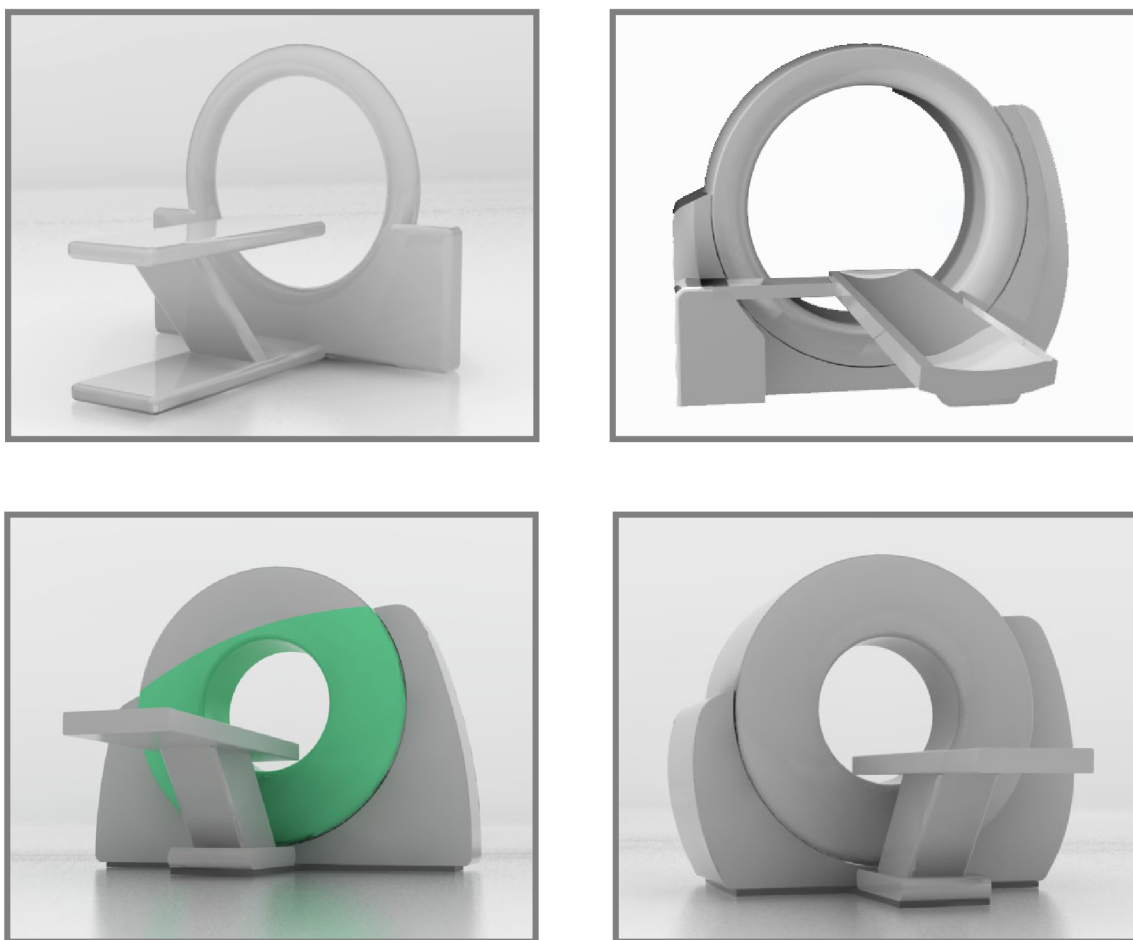


obr. 9: Magnetická rezonance (Siemens)

2. Variantní studie designu

2.1 První návrhy a vize CT

Mezi první návrhy patří skicy k předdiplomovému projektu, jehož název zněl Vize výpočetního tomografu. Tématem práce bylo vytvořit design výpočetního tomografu s pohledem do budoucnosti a tedy i částečně spekulovat o tom, jakým směrem by se vývoj mohl ubírat a jakým způsobem tento vývoj může ovlivnit design. Následně právě na tuto práci navazuje diplomový projekt Design počítačového tomografu, a proto jako výchozí návrhy slouží hlavně varianty předdiplomového projektu.

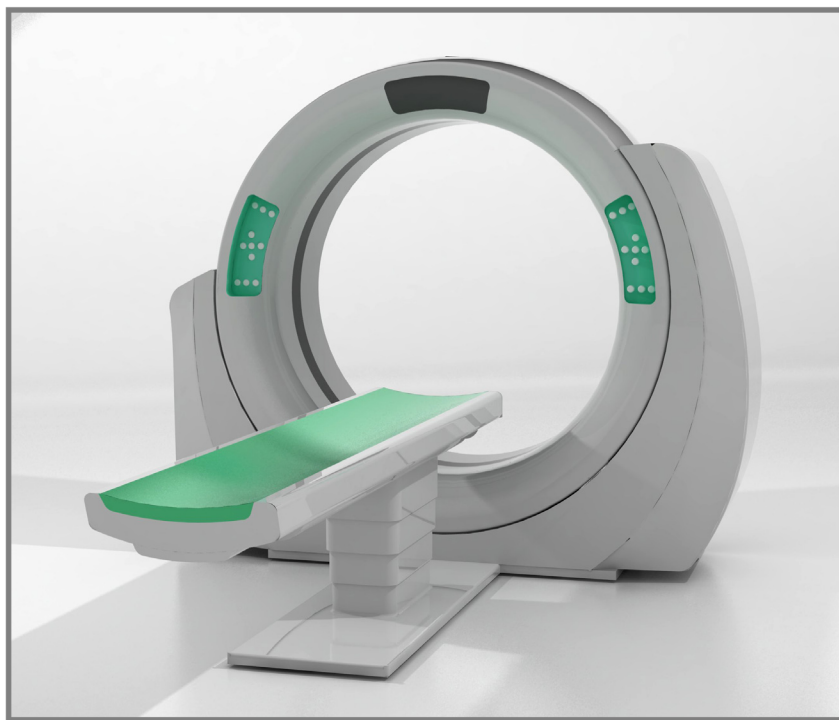


obr. 10, 11, 12, 13: První návrhy

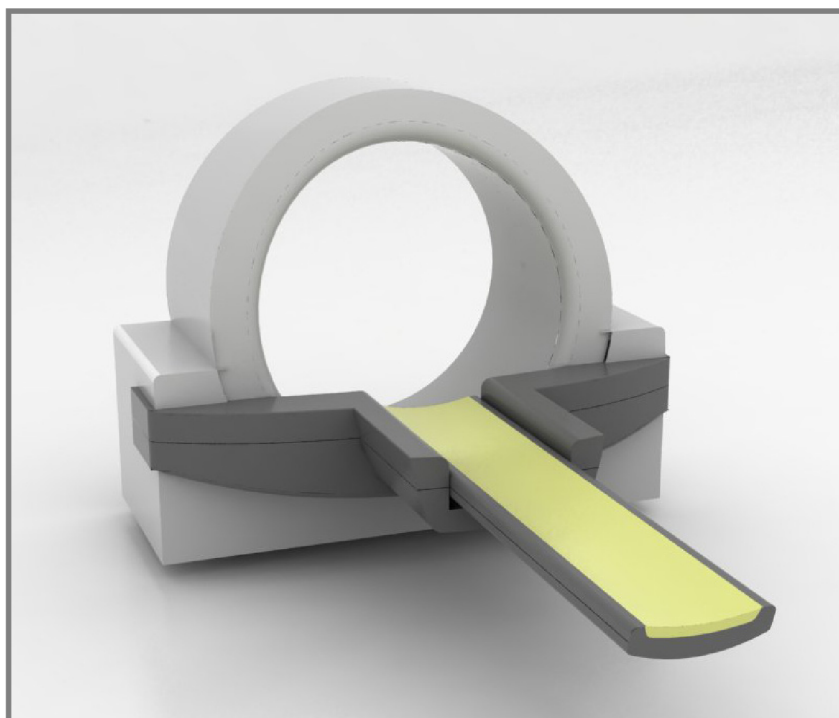
Základní změnou oproti dnešním stávajícím produktům u Vize výpočetního tomografu byla šířka prstence. Šířku prstence jsem zásadně zmenšila, přičemž vnější poloměr jsem zachovala spíše klasických rozměrů. Vznikl tak velký prostor uprostřed gantry, který byl mým záměrem, a to z následujících důvodů. Snažila jsem se vzhled přístroje odlehčit. Také jsem chtěla nějakým způsobem zmírnit klaustrofobické pocity u pacienta, které se při vyšetření CT systémem bohužel někdy objevují.

Při navrhování jsem se ubírala různými směry a vytvořila několik variant. Prvním směrem byl prstencem umístěný v jakémsi tělese, přičemž prstencem byl vizuálně odlišen od zbylé části. Dalším směrem byly přístroje, kdy prstencem byl začleněn do tvaru gantry a nebyl tak patrný.

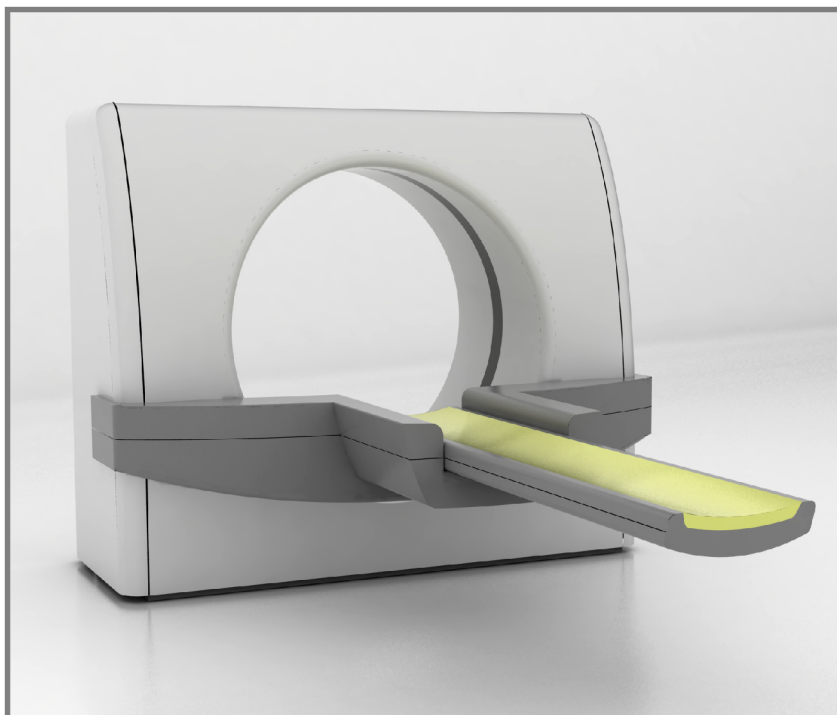
V předdiplomovém projektu jsem vytvořila tři rozdílné propracovanější varianty. První z nich (obr.14) se stala výchozím bodem pro tvorbu této diplomové práce. Umístění vyšetřovacího stolu a gantry je klasického stylu. U dalších dvou variant (obr. 15, 16) jsem se inspirovala přístroji magnetické rezonance, u kterých se někdy objevuje jiný způsob uchycení vyšetřovacího stolu, a to takový, že stůl je přímo připojen k tělu gantry. Noha stolu se nenachází pod pacientem, ale je z boku a tvarově navazuje na tělo gantry (obr. 9).



obr. 14: Varianta 1



obr. 15: Varianta 2



obr. 16: Varianta 3

Inspirovala jsem se tedy tímto netypickým řešením magnetické rezonance a posunula jsem jej ještě dále. U mých návrhů je lůžko přichyceno s obou stran gantry a noha vlastně úplně mizí. Bohužel přístroj působí poněkud nestabilně. Po technické stránce je stabilita tohoto přístroje lehce řešitelná, ovšem vizuální nestabilita zde pořád zůstává. I u mých návrhů i u výše zmíněného přístroje magnetické rezonance, kdy noha přímo nepodpírá stůl, může pacient nabýt nepříjemného dojmu, že by jej stůl nemusel udržet. I přesto že by jej ve skutečnosti udržel, tento dojem může mít negativní psychologický efekt na pacienta a probudit v něm prvotní nedůvěru v přístroj, která může mít za následek strach z vyšetření. Proto jsem se rozhodla v této variantě dále nepokračovat.

Rozhodla jsem se navázat na návrh s klasickým vyšetřovacím stolem a nesymetrickým provedením gantry (variantu 1).

2.2 Vývoj návrhu

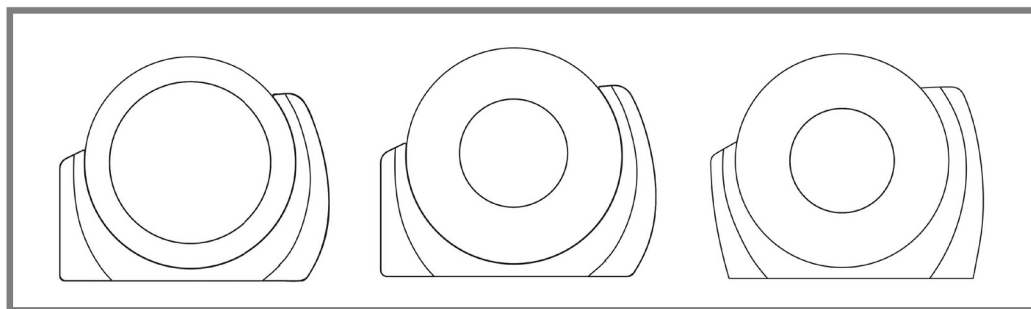
Výchozím bodem se stal návrh předdiplomového projektu Vize CT. Jelikož už se dále nejedná o vizi do budoucna, ale o návrh přístroje současného, bylo třeba změnit některé parametry. Nelze pouze změnit vybrané parametry a přístroj zanechat stejným jako u Vize CT. Mým cílem bylo navrhnout přístroj tak, aby působil jako jednotný vyvážený celek, a proto jedna změna určité vlastnosti, má za následek často řadu dalších změn.

2.2.1 Změna prstence

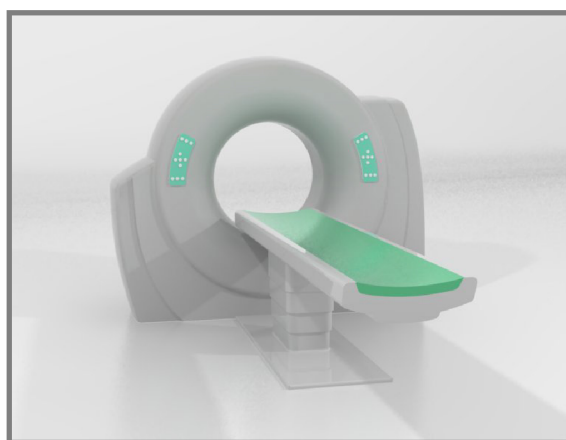
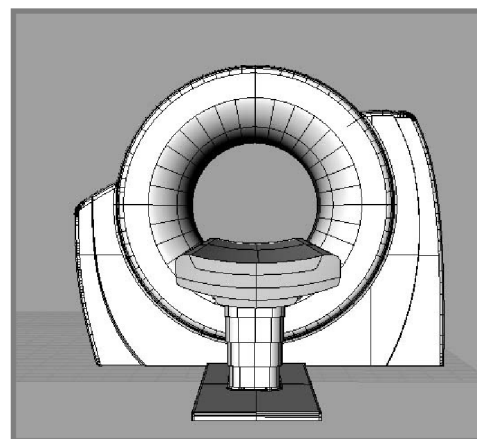
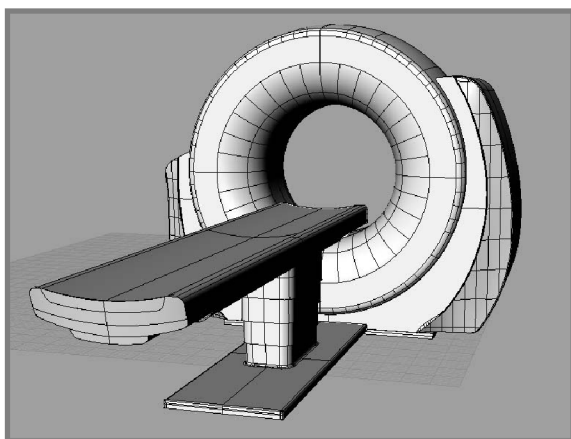
Prvním krokem, který se musel změnit na návrhu diplomového projektu byla velikost prstence v gantry, což následně velmi změnilo vzhled a podle toho se také musely další změny a návrhy ubírat. Prstenec byl zvětšen a průměr díry v něm zmenšen do klasických rozměrů, v jakých se v dnešní době tomografy vyrábí, a to z důvodů rozměrů a uspořádání vnitřních komponent. Není zatím tendence otvor

v gantry příliš zvětšovat, i když by tento faktor měl pozitivní vliv na pocity pacienta, neboť při zvětšení průměru otvoru by bylo nutné zvýšit dávku rentgenového záření, což je pro jeho škodlivost nežadoucí. Intenzita záření klesá se čtvercem vzdálenosti, a proto by bylo nutné zvětšit dávku záření, aby na detektory dopadlo jeho požadované množství, které stačí pro výpočet obrazu. Výpočetní tomograf s největším otvorem v dnešní době má průměr 82 cm a já jsem se rozhodla také použít tento rozměr.

Právě tato změna prstence značně změnila vzhled přístroje. Přístroj najednou působí spíše těžkopádně a masivně ve srovnání s vizí. Proto je třeba zasáhnout do tvaru a snažit se docílit zredukování těžkopádného dojmu. Rozhodla jsem se pozměnit tvar přístroje při pohledu zepředu tak, aby se tento dojem zmírnil (obr. 17). Následně jsem navrhla několik variant, které jsem zpracovala prostorově (obr. 18-21).



obr. 17: Vývoj tvaru při pohledu zepředu



obr. 18, 19, 20, 21: Vývoj návrhu

2.2.2 Tvar a naklápění gantry

Prvkem, který následně může velmi ovlivnit design přístroje je naklápění gantry. Gantry je potřeba naklápět přibližně 30° na každou stranu. Je více variant jak vyřešit toto naklápění. Je možné nechat pohybovat samotný prstenec v gantry, nebo se může pohybovat prstenec s částí gantry nebo úplně celé gantry. U některých přístrojů, kdy se pohybuje pouze prstenec, vzniká při vyklopení nežadoucí ostrý roh. Tento roh působí negativně, odkrývá se ostrá hrana, která může být i nebezpečná. Právě takový problém je patrný u přístroje společnosti Siemens (obr.22), která jinak po designérské i technické stránce produkuje přístroje na vysoké úrovni.



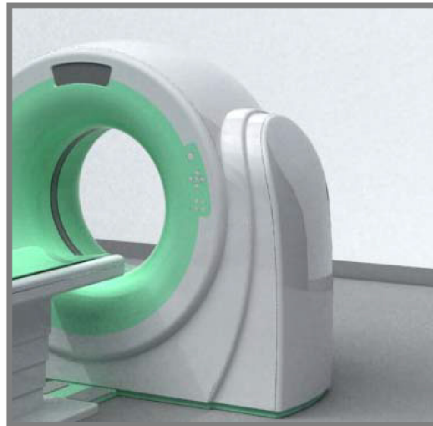
obr. 22: Naklápění gantry u přístroje firmy Siemens

Při této fázi mého návrhu, by při pohybu tato hrana také vznikala, a proto bylo nutné tento problém vyřešit. Variantu, u které se pohybuje celé gantry, jsem zavrhla, protože při tomto pohybu vypadá přístroj nestabilně, jakoby padal a nemá žádný viditelný nosný prvek, což se jeví jako negativní dojem, a proto jsem se právě této variantě chtěla vyhnout. V další fázi jsem naklápění navrhla tak, že se bude pohybovat prstenec i s jistou částí gantry, protože se tento způsob zdál být bez větších překážek. Ovšem při návrzích způsobu rozdělení gantry na pohyblivou a nepohyblivou část, vznikaly varianty, které nepříliš korespondovaly s dosavadní představou a vzhledem návrhu. Vodorovná linie řezu narušila linie probíhající po tomografu shora dolů, a právě tyto linie jsou na přístroji dominantním prvkem a jejich narušení naruší celý vzhled gantry (obr.23, 24).



obr. 23, 24: Varianta naklápění

Po těchto úvahách jsem se opět vrátila k variantě naklápění pouze prstence a snažila se problém odkrývající se ostré hrany vyřešit jiným způsobem. V další fázi došlo k zaoblení boční části gantry, čímž se tento problém odstranil, a také tvarově došlo ke naznačení faktu, že se prstenec bude otáčet.



obr. 25: Zaoblení boční části gantry

2.2.3 Vyšetřovací stůl

U předdiplomového projektu jsem se snažila navrhnout vyšetřovací stůl v jednoduchém duchu. V této práci bylo mým záměrem přispůsobit změnu tvaru stolu změně tvaru gantry a najít nějaké prvky, které by spolu souvisely a působily tak jako celek a ne dvě zcela odlišné části. Způsob pohybu stolu i zde zůstává teleskopický. Důležitá je ergonomie, která je popsána v následující kapitole Ergonomické řešení.

3. Ergonomické řešení

Ergonomie je u tohoto nemocničního zařízení nutno řešit ze dvou pohledů. Za prvé musíme řešit ergonomický vztah stroje vzhledem k pacientovi a za druhé vztah stroje k personálu. Některé aspekty ovlivňují pacienta i personál.

3.1 Průběh vyšetření

Na počátku vyšetření se pacient položí na vyšetřovací stůl, nebo v případě, že se nemůže položit sám, je na lůžko umístěn personálem. Většina pacientů se vyšetřuje vleže na zádech, ale probíhají i vyšetření na břicho či na boku. Poté co je pacient uložen a nachystán pro vyšetření, zůstane v místnosti sám a personál odejde do vedlejší místnosti, kde skrze okno vidí pacienta a přístroj. Pacient je v místnosti sám, ale může nadále komunikovat s lékařem skrze mikrofón a reproduktor umístěný na přístroji.

Vyšetřovací stůl zajede do gantry, a je-li to požadované, gantry se naklopí o daný úhel a probíhá samotné vyšetření, což znamená že se snímací soustava vevnitř prstence začne otáčet a snímat pacienta s různých úhlů. Při dnešních výkonných zařízeních netrvá samotné vyšetření rentgenovým paprskem příliš dlouho, jedná se řádově o desítky sekund. Při vyšetřování obíhá kolem pacienta rentgenka, detektory a některá další zařízení. Vše se ovšem děje vevnitř gantry, takže pacient tento pohyb nevidí. Pro pacienta s klaustrofóbií může být vyšetření velice nepříjemné, i když je zcela bezbolestné. Pacient je totiž obklopen mohutným prstencem o nevelkém průměru (70-80cm). Také je nutné vydržet požadovanou dobu v nehybné poloze

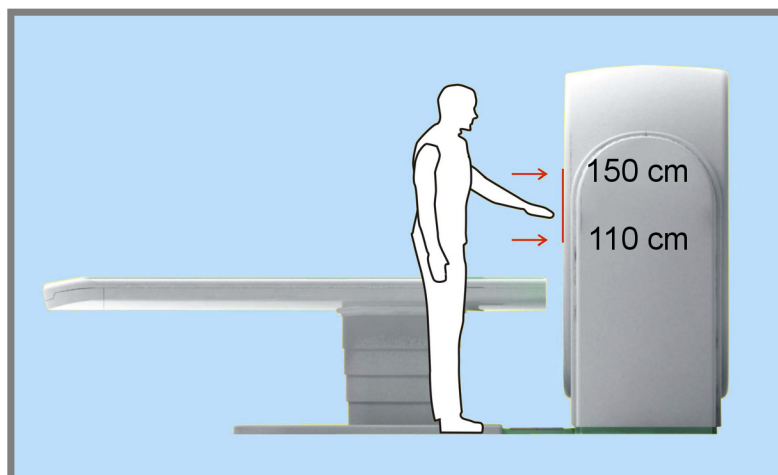


obr. 26: Vyšetření

a je-li pacient vyzván, tak je třeba zadržet dech. Jelikož se doba vyšetření stále snižuje, u novějších přístrojů již pacient může volně dýchat. Některým pacientům je podávána kontrastní látka (injekčně, orálně), která pomůže zviditelnit požadované orgány a cévy na snímku. Výpočetní tomograf není hlučný, na rozdíl od magnetické rezonance, která je mu vzhledově velmi podobná, avšak v průběhu otáčení zařízení můžeme slyšet lehké bzučení či vrčení. Po vyšetření stůl s pacientem opět vyjede a pacient může opustit přístroj. Další část spočívá pouze na lékaři, který musí vhodně zhodnotit zpracovaná data. Těmito daty jsou snímky řezu vyšetřované části pacientova těla. Výsledné snímky jsou v odstínech šedi a lékař je prohlíží na počítači.

3.2 Ovladače a sdělovače

Ovladače a sdělovače je nutno většinou řešit vzhledem k personálu. Personál během obsluhy přístroje stojí, takže je třeba přihlídnout k vhodnému umístění ovladačů z hlediska snadné dosažitelnosti a také viditelnosti.



obr. 27: Umístění ovladačího panelu

Ovladače jsou umístěny ve výšce 130 cm. Jsou umístěny po obou stranách vyšetřovacího otvoru, aby je personál mohl obsluhovat, ať už se nachází na jakékoliv straně gantry. Tvar ovladačího panelu vychází z tvaru samotného kruhu. Na panelu je umístěno výrazné tlačítko sloužící k okamžitému vypnutí přístroje. Tlačítka jsou ve stejné rovině jako ovladačí panel. Tlačítka ve tvaru trojúhelníků slouží pro ovládní pohybu vyšetřovacího lůžka.

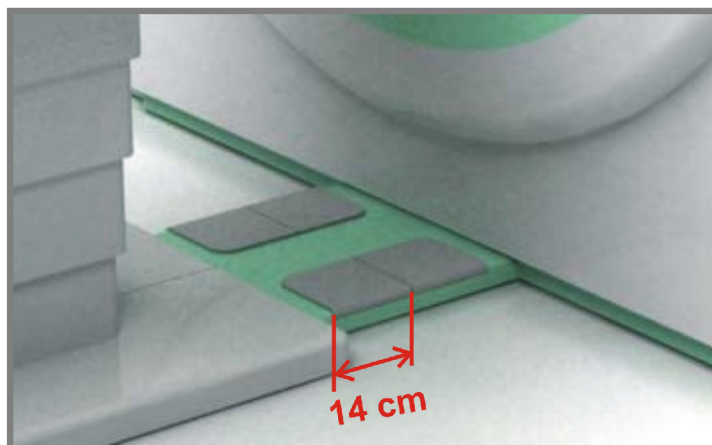


obr. 28: Ovládací panel

Dalšími ovladači jsou pedály umístěné na zemi, a to v části, kde se podstava vyšetřovacího lůžka spojuje s podstavou gantry. Tyto pedály slouží k ovládní vertikálního pohybu lůžka. Levý a pravý pedál je od sebe oddělen pouze spárou, jinak tvoří celek. Pedály jsou lehce vyvýšené nad povrchem spojovací části. Celková šířka obou pedálů dohromady je 28 cm, čili pro jeden pedál dostáváme šířku 14 cm, což je dostatečná šířka pro pohodlné sešlápnutí i větším chodidlem.

Mezi sdělovače umístěné na CT systému patří displej umístěný nad otvorem gantry. Tento displej zobrazuje číselné informace, které odečítá personál. Je umístěn ve výšce 170 cm, je tedy dobře viditelný i z větších vzdáleností, personál nemusí

stát v bezprostřední blízkosti přístroje, aby odečetl údaje. Displej má stejný tvar jako ovládací panely umístěné po stranách.



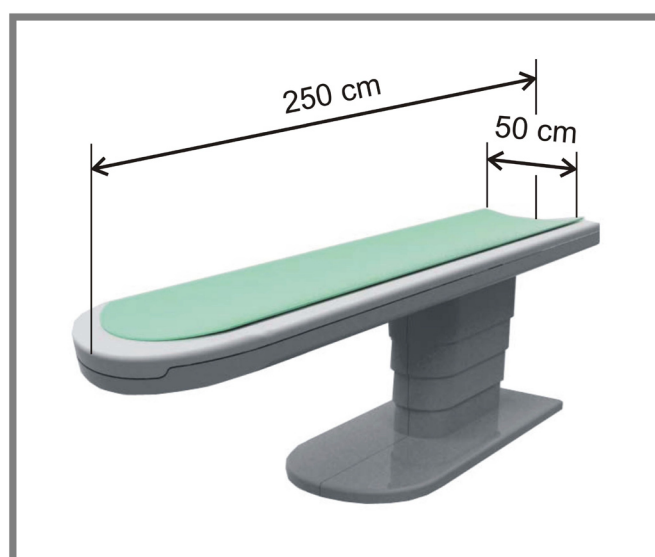
obr. 29 :Pedály

3.3 Vyšetřovací lůžko

Po ergonomické stránce je nutné u vyšetřovacího lůžka dodržet hlavně požadované rozměry, vhodné tvarování a zajistit tak pohodlí pacienta při vyšetření, ale také při nástupu a výstupu z lůžka.

Šířka části stolu, na které pacient leží, to je podložka pro něj určená a tvarována, je 50 cm. Celková šířka vyšetřovacího lůžka je 60 cm. Pohyb lůžka je řešen tak, že se pohybuje celá horní část o šířce 60 cm. Toto lůžko je svou šířkou a řešením vhodné a pohodlné i pro rozměrnější pacienty. U některých současných přístrojů se pohybuje pouze část s podložkou pro pacienta a okraje lůžka zůstávají nehybné. Při tomto řešení ovšem může docházet k nepříjemnému tření mezi těmito okraji a částmi pacientova těla, které mohou přecházet přes pohyblivou část. Jedná se často o ruce, které leží volně podél těla při většině vyšetření.

Při nastupování a vystupování z lůžka je nutné, aby po stranách nebyly žádné nerovnosti či ostré hrany, o které by se mohl pacient zachytit nebo zranit. Pacient buď uléhá na lůžko sám, nebo je umístěn na lůžko personálem. V tomto případě je



obr. 30 :Vyšetřovací lůžko

důležité, že nic nebrání po stranách lůžka přesunutí pacientova těla. Délka lůžka je 250 cm, což se zdá lehce předimenzované, ale tato délka se využije při některých způsobech vyšetření, kdy například pacient pokládá ruce za hlavu.

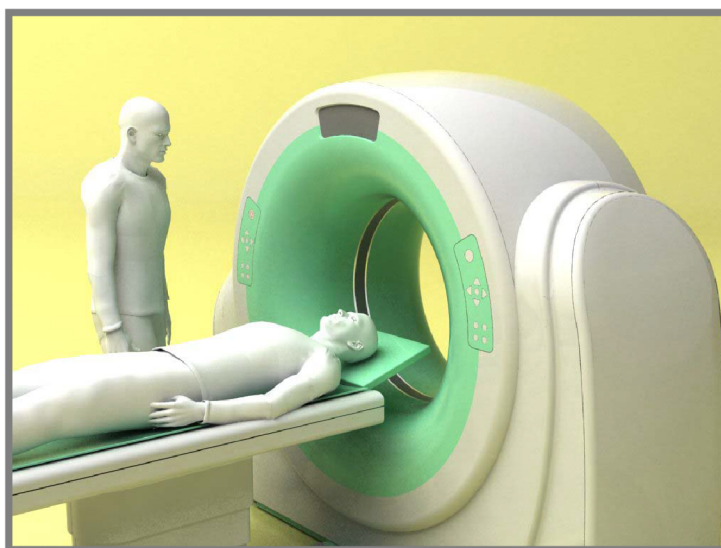
S lůžkem lze pohybovat ve vertikálním i horizontálním směru. Právě pohyb ve vertikálním směru je zde pro pohodlné umístění či usazení pacienta. Vyšetřovací lůžko je možné spustit do výšky 40 cm nad zemí.

Část vyšetřovacího lůžka, která je určena k uložení pacienta, je z měkčího pohodlnějšího materiálu. Tato část je snadno odnímatelná kvůli případnému čištění. Nebo při poničení či poškození této části ji lze snadno vyměnit.

3.4 Psychologické hledisko

Do sféry ergonomie spadá také psychologický vliv na pacienta a na personál. Jak již bylo výše zmíněno, je nutné vzbuzovat dojem spolehlivosti a nebudit strach. Bohužel část populace trpí klaustrofóbií, což je strach ze stísněných a uzavřených prostor. Právě výpočetní tomograf vyvolává někdy tyto nepříjemné pocity, a to z důvodu nepřilíš prostorného otvoru uvnitř masivního přístroje. Právě dojem této masivity a mohutnosti jsem se snažila omezit na minimum, a to vhodným tvarováním a volbou barev.

Co se týče vlivu na personál, je důležité aby byl přístroj citlivě tvarován. Jedná se o opravdu mohutné zařízení, které má personál během práce po dlouhou dobu na očích. Pracovní prostředí a jeho vzhled má bezesporu značný vliv na pocity pracovníka. Esteticky navržený přístroj může pozitivně olivnit celkový dojem na pracovišti.

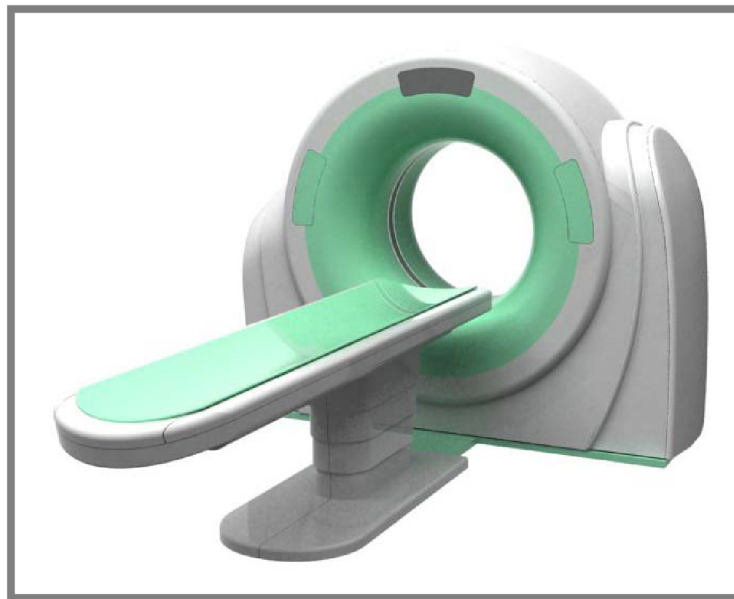


obr. 31: Vyšetření pacienta

4. Tvarové (kompoziční) řešení

Jedním z mých hlavních záměrů bylo navrhnout tvar, který bude nějakým způsobem sympatický člověku. Proto jsem se snažila zaměřit spíše na organické tvary, než na geometrické. Výsledkem je kombinace obou tvarosloví. U produkce spíše staršího data jsme se setkávali s výpočetními tomografy, které vypadaly jako veliký kvádr, do kterého byla vykrojená rozměrná díra. Byly často stavěny na čistě geometrických tvarech. Tyto přístroje musely v lidech spíše strach. Navrhnout ovšem přístroj pouze organických tvarů také není vhodné, jelikož by mohl budit dojem nespolehlivosti po technické stránce. Je třeba tedy najít vyváženou harmonii mezi tvary organickými a tvary geometrickými.

4.1 Tvarové řešení gantry

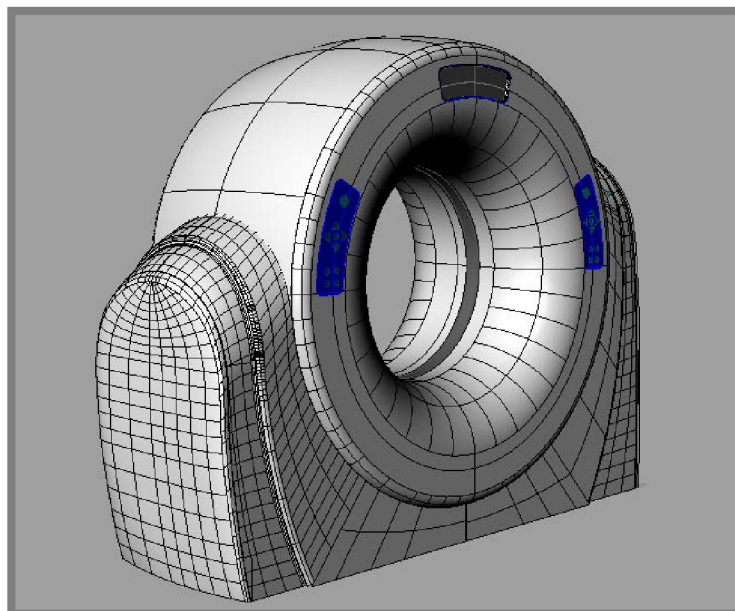


obr. 32: Definitivní tvarová varianta

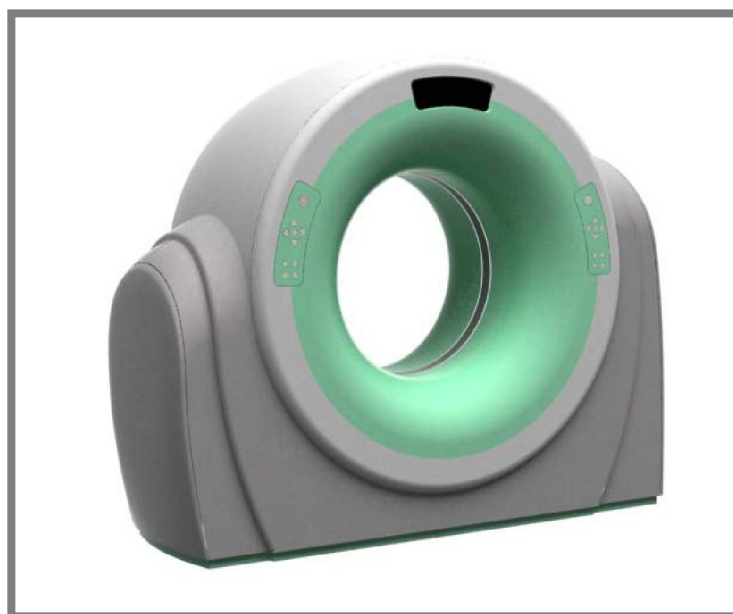
Dominantním tvarovým prvkem přístroje je celé gantry, které se skládá z mohutného prstence a části, která jej drží a umožňuje jeho naklápění. Prstenec je mohutný kruh s menším vnějším rádiusem a větším vnitřním rádiusem. Část, která drží prstenec, je nesymetrická a při pohledu zepředu je tvořena oblými křivkami. Zatímco na jedné straně křivka svisle dosedá na podstavu, na druhé straně se lehce zaobluje směrem dovnitř gantry. Tato linie byla volena velmi citlivě, protože při větším zaoblení budila dojem nestability přístroje. Vytváří zajímavý efekt a mírní dojem mohutnosti přístroje.

Tvar gantry je zvýrazněn a odlehčen dvěma liniemi, které vytváří zvlnění na ploše gantry. Tyto linie probíhají zepředu dozadu a opisují vnější tvar gantry a dělí tak plochu na více menších tvarově příbuzných ploch.

Na gantry se nachází ovládací panely a displej. Při pohledu zepředu mají ovládací panely i displej stejný tvar, a to část mezikružím. Ovládací panely jsou umístěny ve stejné rovině jako gantry, jsou odlišeny pouze barevností a jemnou spárou. Displej je zapuštěn dovnitř gantry.



obr. 33: Tvar gantry (3d model v programu Rhinoceros)



obr. 34: Tvar gantry

4.2 Tvarové řešení stolu

Vyšetřovací stůl je navržen spíše klasickým způsobem. Hlavním cílem při navrhování tvaru stolu bylo dodržení všech ergonomických požadavků a vytvoření takového tvaru, který by korespondoval se zbytkem přístroje. Až na základě definitivního tvaru gantry mohl vzniknout vzhled vyšetřovacího stolu.

Při navrhování tvaru stolu byl nutné spíše použít spíše rovných linií, zatímco na zbytku přístroje se objevují tvary spíše zaoblené. Na stole je pro pacienta určena část, která je lehce prohnutá a na ní je umístěna podložka, která je odnímatelná a dodává pacientovi větší pohodlí.

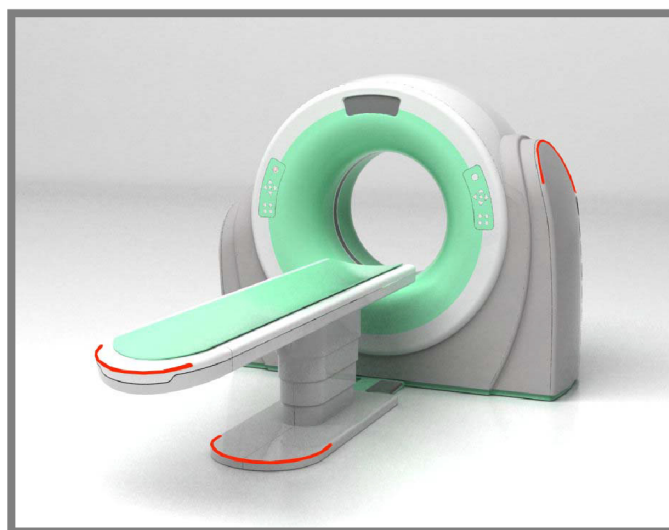


obr. 35: Vyšetřovací stůl

4.3 Propojení gantry a stolu

Gantry a vyšetřovací stůl jsem propojila částí, která tvoří podstavu gantry a vystupuje směrem k podstavě vyšetřovacího stolu a na ní navazuje. Propojovací část má světle tyrkysovou barvu, jako některé další části přístroje. Toto je tedy hmotné propojení gantry a vyšetřovacího stolu.

Dále jsem se zabývala propojením vizuálním. Jedním z prvků, který takto spojuje dvě zmíněné části je barevnost, což znamená že na obou částech jsou aplikovány stejné barvy (bílá a tyrkysová).



obr. 36: Propojení gantry a stolu

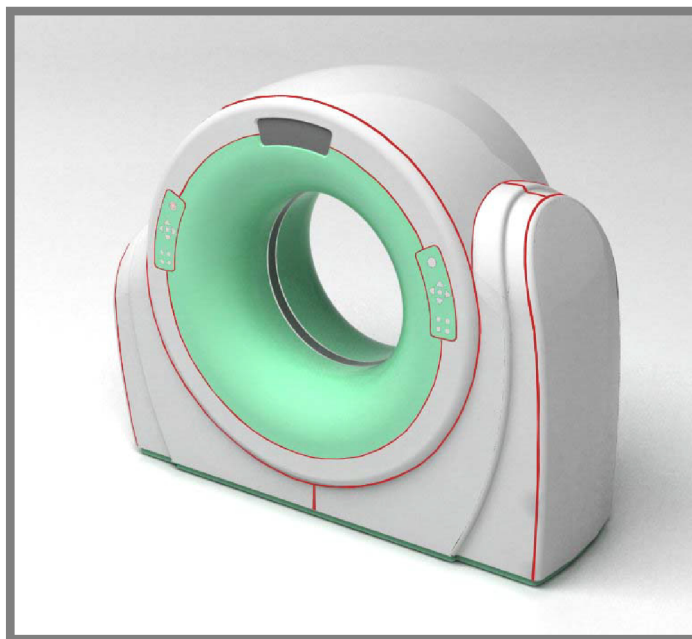
Dalším faktorem je tvar. V průběhu navrhování a hledání tvaru, jsem se snažila nacházet prvky, které tyto dvě části propojí. Jako základní motiv jsem dodržela jednoduchost všech částí a ladnost křivek. Spojovacím vizuálním prvkem se stal oblouk, kterým je zakončená po obou stranách část gantry, ve které je umístěn prsteneček. Při pohledu z boku vidíme na spodní straně horizontální rovnou úsečku, zatímco nahoře je vidět oblouk, který tvoří polovinu kružnice. Jedná se tedy o těleso z jedné strany rovné z druhé strany zaoblené. Tento prvek jsem použila také u vyšetřovacího stolu, a to u jeho podstavce, a také u samotného vyšetřovacího lůžka. Strany, které jsou nasměrovány ke gantry jsou zarovnané, zatímco z druhé

strany je vše zaoblené. Stejný tvarový prvek jsem použila i u zvedací nohy. Aplikací jednotného prvku jsem docílila propojenosti tvaru. Již při prvním pohledu je zřejmé, že lůžko i gantry k sobě patří a tvoří jeden celek.

Výraz přístroje jako celku je jemný, jednoduchý a organický, což bylo původním záměrem při tvorbě designu.

4.4 Rozdělení hmoty

Když byl definitivní tvar hotov, bylo nutné hmotu rozdělit na jednotlivé části, se kterých se přístroj bude skládat. Toto rozdělení hmoty spadá také do řešení technického problému, protože je nutné zvažovat jakým způsobem se budou jednotlivé prvky vyrábět. Toto technické řešení je ovšem nutné propojit s řešením tvarovým, jelikož viditelné spáry ovlivní vzhled přístroje. Rozdělení hmoty je naznačeno na obrázku (obr. 37).

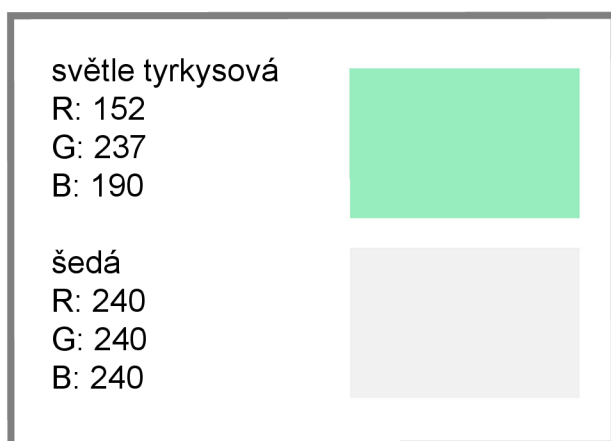


obr. 37: Spáry

5. Barevné a grafické řešení

5.1 Barevné řešení

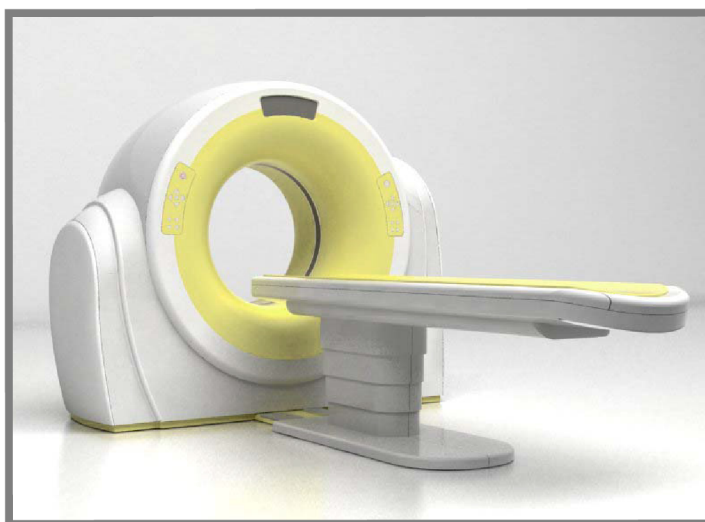
Jako základní barvu jsem zvolila bílou, ve skutečnosti velmi světlou šedou (R:240, G:240, B:240). Tato světle šedá je barva používaná na většině lékařských přístrojů. Vyšetření v temně černém tomografu by bylo pro většinu lidí velmi nepříjemné. U těchto přístrojů je třeba volit barvy světlé, optimistické a uklidňující. Za doplňkovou barvu jsem zvolila světle tyrkysovou (R:152, G:237, B:190), což je barva nacházející se ve spektru mezi zelenou a modrou. Tyrkysová je barva svěží a má na člověka uklidňující vliv. Je to také barva, která je vhodná pro obě pohlaví.



obr. 38: Barevné odstíny

Pro druhou barevnou variantu jsem místo světle tyrkysové zvolila světle žlutou. Žlutá je barvou veselou a působí optimisticky a povzbudivě. Obě dvě barvy jsou vhodné do pracovních a reprezentativních prostředí, což radiologická pracoviště jsou.

Displej na přední straně je tmavě šedý a údaje se na něm zobrazují v bílé barvě, a to z důvodu dobré čitelnosti.

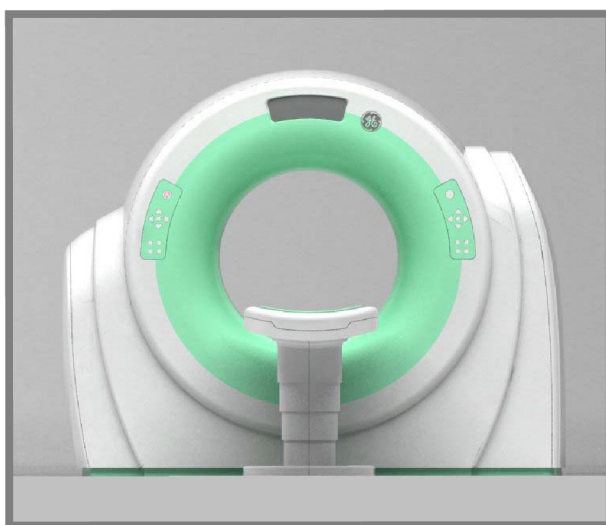


obr. 39: Žlutá varianta

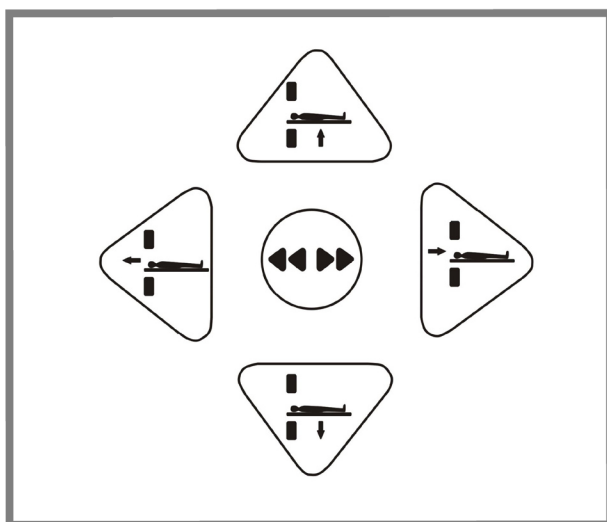
Je nutno barvu nejen dobře zvolit, ale také správně rozmístit. Po zkouškách několika variant, jsem vybrala variantu, kdy barevnost rozděluje část prstence na dvě části. Vnitřní strana je zbarvená do tyrkysova, zatímco vnější zůstává světle šedá. Právě toto rozdělení mělo za následek vizuální odlehčení přístroje. Prstenec se již nejeví tak mohutný, protože jej nevnímáme jako jeden celek, ale je barvou rozčleněn do dvou částí. Ovladací panely jsou také světle tyrkysové a tlačítka jsou opět světle šedého odstínu. Vyšetřovací stůl má stejnou barevnou kombinaci, z větší části je světle šedý, pouze podložka je tyrkysová. Také propojení gantry a stolu je tyrkysové a na něm jsou umístěny pedály šedé barvy. .

5.2 Grafické řešení

Umístění loga jsem demonstrovala na aplikaci loga General Electric. Toto logo je kruhového charakteru, ale i v případě užití loga jiného vzhledu by bylo jeho umístění shodné.

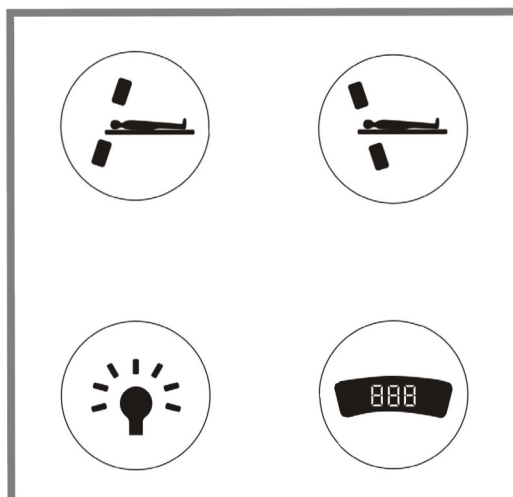


obr. 40: Umístění loga

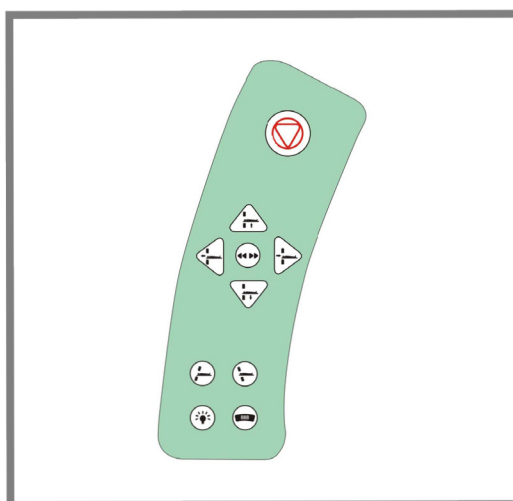


obr. 41: Piktogamy na ovládacím panelu

Piktogramy zobrazené na ovládacím panelu objasňují funkci tlačítek. Jsou navrženy jednoduše, ve snaze být co nejsrozumitelnější. Tyto tlačítka slouží ke změně polohy vyšetřovacího stolu, k náklonu gantry, ale také k zaměření pozičního světla na pacienta či zobrazení údajů na displeji. Největší tlačítko na displeji slouží k okamžitému vypnutí přístroje.



obr. 42: Piktogramy na ovládacím panelu

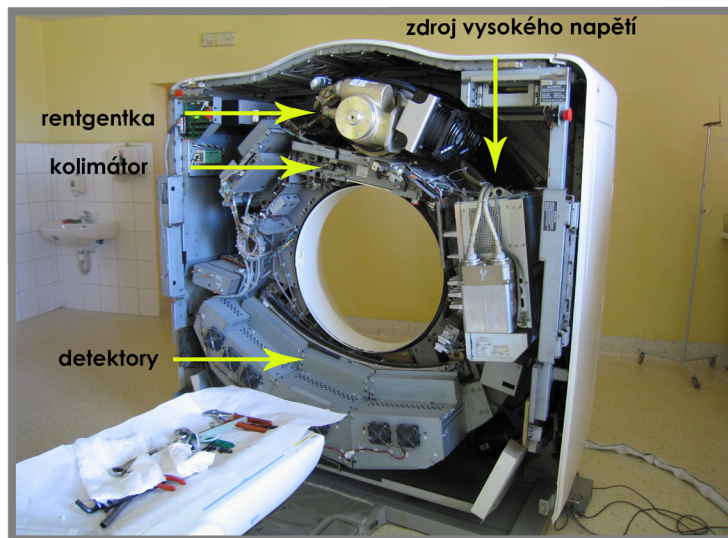


obr. 43: Uspořádání tlačítek na ovládacím panelu

6. Provozně-technologické řešení

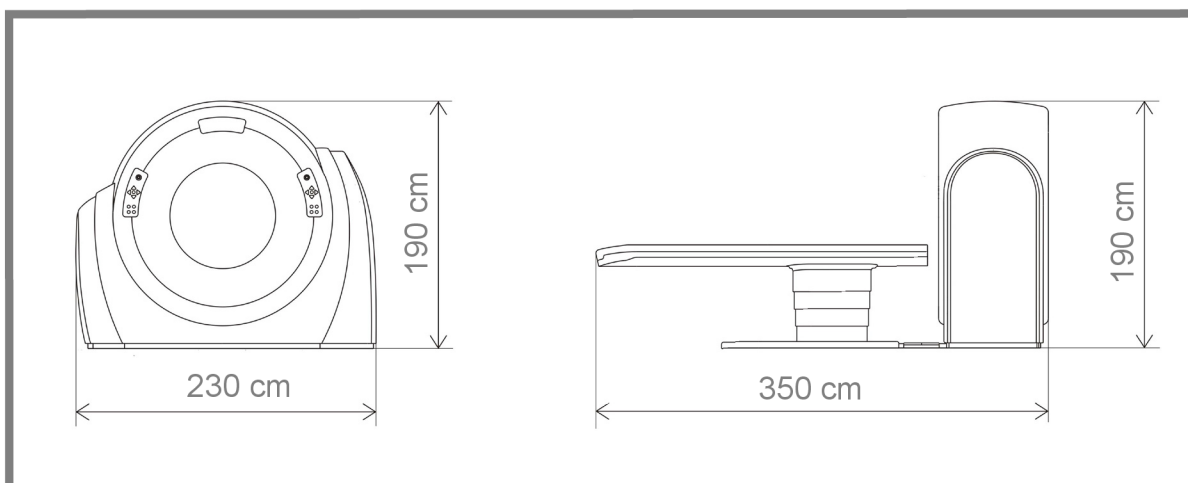
6.1 Vnitřní uspořádání komponent a rozměry přístroje

V nadpisu zmíněné témata, jmenovitě vnitřní uspořádání komponent a rozměry přístroje, spolu úzce souvisí, proto jsou zařazeny do společné kapitoly. Jelikož cílem této práce je návrh designu přístroje, právě posledně jmenovaná část, a to tvar přístroje, byl mým stěžejním úkolem. A tento tvar jsem navrhla právě s přihlédnutím k ostatním dvěma okruhům, a to vnitřnímu uspořádání a rozměrům komponent, a také rozměrům samotného přístroje. Jsou to tři navzájem propojené oblasti, které se neustále ovlivňují a při navrhování přístroje bylo nutné mít na mysli neustále všechny tyto faktory.

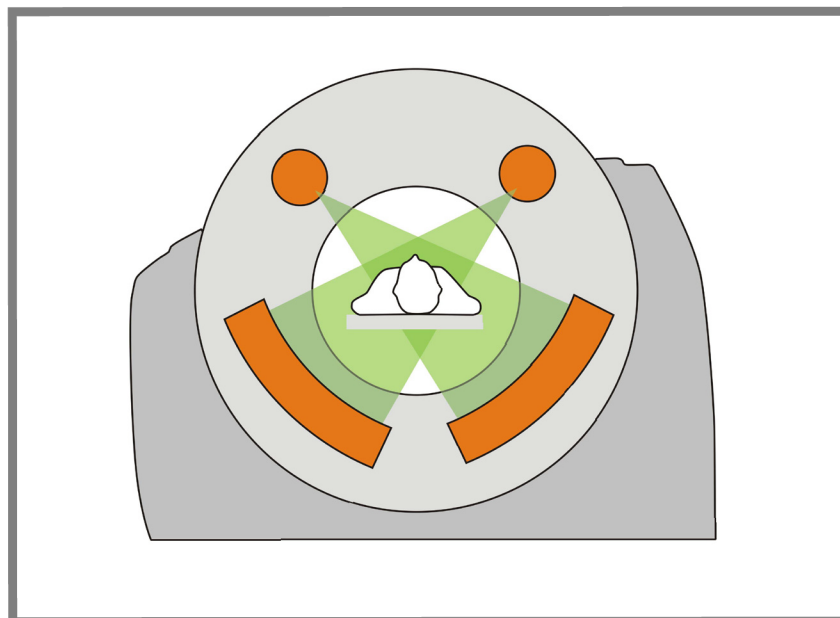


obr. 44: Vnitřní uspořádání u přístroje GE

Vnitřní uspořádání části v navrženém přístroji vychází ze současného stavu poznání. Na obrázku (obr.44) vidíme příklad uspořádání jednotlivých komponent, a to u přístroje společnosti General Electronics.

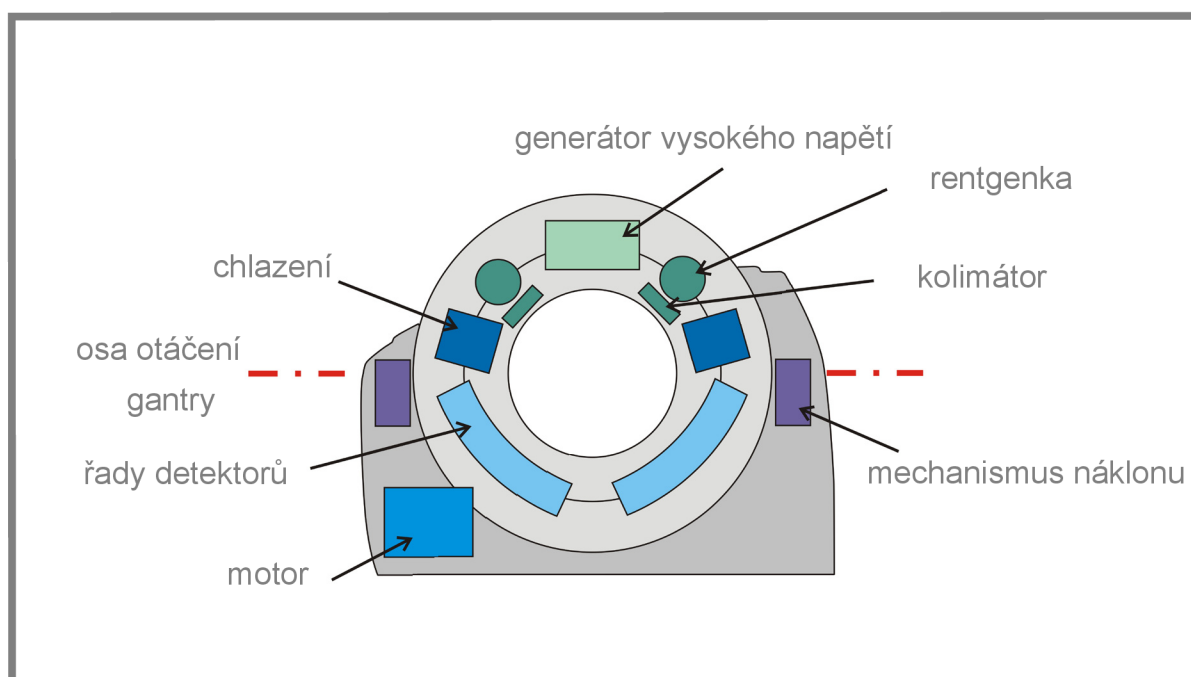


obr. 45: Základní rozměry



obr. 46: Schéma dvouzdrojového CT

Jelikož mezi nejvýkonnější přístroje patří dnes výpočetní tomografy, které obsaují dvě rentgenky a k tomu příslušné detektorové systémy (128 řad detektorů), rozhodla jsem se tomograf navrhnout tak, aby do něj bylo možné umístit právě tuto nejmodernější technologii. V prstenci se nachází rentgentky, detektory, kolimátor, zdroj vysokého napětí a další součásti zajišťující správnou funkci přístroje. Rozměr rentgenky je zhruba 25 x 30 x 40 cm. Na obrázku (obr. 47) vidíme rozmístění základních komponent nacházejících se v přístroji. Gantry se rozdělují na dvě části, a to na část rotační a část stacionární. V rotující části gantry se nachází dvě rentgenky, které jsou vzhledem k sobě pootočené o 90 stupňů. Rentgenky jsou opatřeny chlazením, jelikož produkují veliké množství tepla. Generátor vysokého napětí je také umístěn na rotující části. Energie a signál mezi rotační a stacionární částí gantry se přenáší pomocí sběrných kroužků. Nosný kruh, na kterém je umístěno snímací zařízení rotuje rychlostí vyšší než 1 otáčka za sekundu. Motor, který pohání



obr. 47: Vnitřní uspořádání komponent

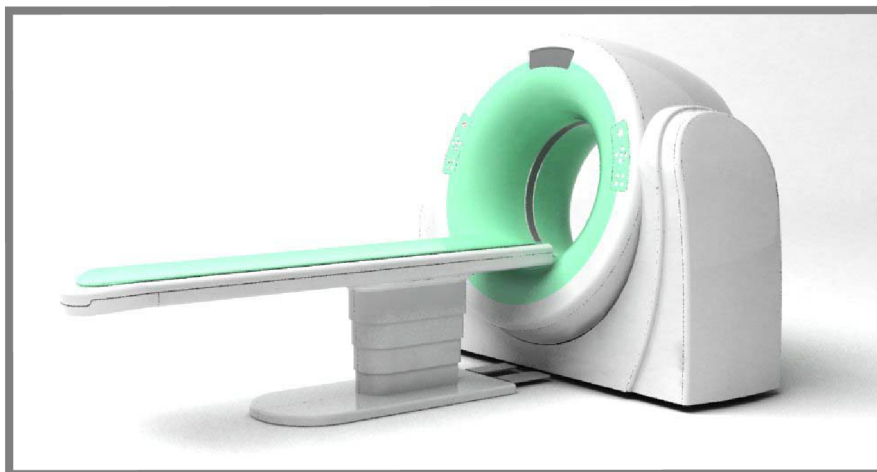
tento nosný kruh je umístěn ve spodní stacionární části gantry. V gantry se nachází elektronika a mechanismus náklonu. Při pohledu na přístroj ze vnějšku působí rotační a stacionární část odděleně, vevnitř jsou ale tyto prostory propojeny.

Od těchto poznatků a také od ergonomických požadavků se odvíjí hloubka a tloušťka prstence a další rozměry. Hloubka prstence u mého návrhu je 80 cm. Otvor v gantry má průměr 82 cm. Celková výška přístroje je 190 cm. Celková šířka při pohledu zepředu je 230 cm. Šířka gantry společně se stolem při pohledu z boku je 350 cm.

6.2 Polohovatelnost některých částí

Na tomto přístroji se nachází dvě polohovatelné části, a to je vyšetřovací stůl a část gantry.

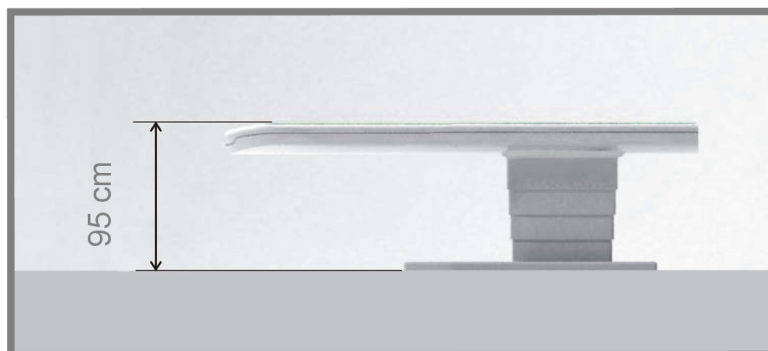
Prstenec v gantry je polohovatelný, může se naklápět do obou stran do úhlu 30°. Naklápění gantry umožňuje vytvoření snímku pacienta, které jsou jiné než kolmé k horizontální linii, což je v některých případech požadované. Prstenec je se zbylou částí gantry propojen čepy, které jsou poháněny motorkem. Osa otáčení prochází středem kruhu (obr.47).



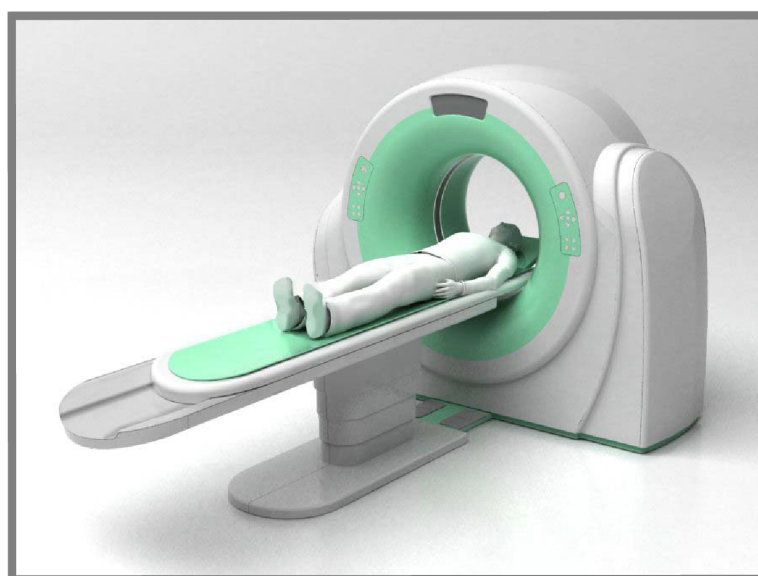
obr. 48: Naklápění gantry

Další polohovatelnou částí je vyšetřovací stůl, se kterým je možné pohybovat ve dvou směrech. Vertikální pohyb zajišťuje rameno stolu. Toto rameno je založeno na principu teleskopického skládání. Jednotlivé části ramene se do sebe mohou zasouvat a vysouvat a mění se tak výška ramene. Toto zvedání pracuje na hydraulickém principu a hydraulika se nachází v rameni. Minimální výška stolu je 40 cm a slouží pro pohodlný nástup pacienta. Maximální výška je 95 cm. Pohyb je ovládán pomocí pedálů, které jsou umístěny při zemi ve spojovací části vyšetřovacího stolu a gantry anebo pomocí tlačítek na ovladacím panelu. Je zde tato dvojitá možnost ovládání ze vzhladu na pohodlnější a snadnější obsluhu.

Vyšetřovací stůl se pohybuje také ve směru horizontálním, a to v průběhu vyšetření pacienta. Pacient ulehne na lůžko a poté je nutné stůl přesunout do otvoru v gantry, aby mohlo proběhnout samotné vyšetření. Tento pohyb je zajištěn motorkem, který je umístěn v těle vyšetřovacího stolu. Pohyblivá část vyšetřovacího stolu je umístěna v kolejnicích stejné části, a může se po nich pohybovat. Personál ovládá tento pohyb již z vedlejší místosti pomocí počítače, kde nastaví příslušné souřadnice anebo opět pomocí tlačítek na ovladacím panelu..



obr. 49, 50: Vertikální pohyb stolu



obr. 51: Horizontální pohyb stolu

6.3 Materiály a způsob výroby

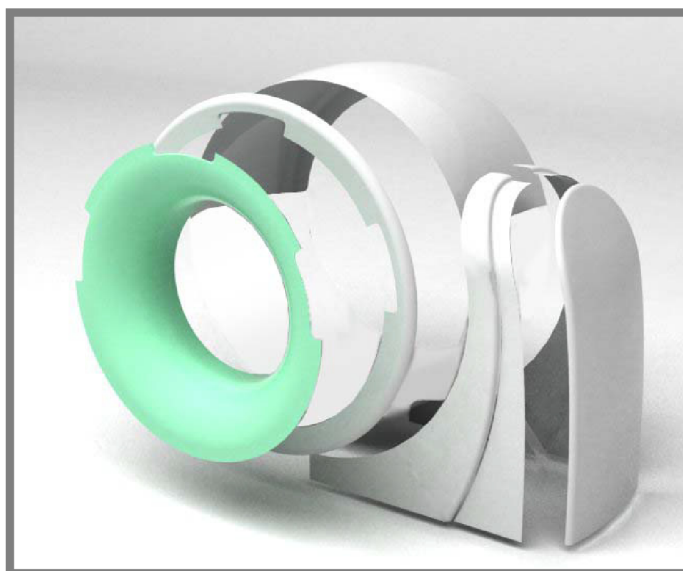
Materiál použitý pro výrobu vnějšího pláště tomografu je plast, a to ABS (akrylonitrilbutadienstyren). Tento plast je dostatečně pevný a zdravotně nezávadný. ABS patří mezi termoplasty. Jednotlivé díly jsou tvořeny pomocí vakuového lisování termoplastů, které je vhodné pro rozmětné díly.

Nosný kruh, který rotuje uvnitř gantry je tvořen slitinou hliníku. Nosná konstrukce gantry je vytvořena z kovových dílů. Další drobné konstrukční prvky jsou ze slitin mědi, železa a z nerezů.

Vyšetřovací stůl je tvořen kovem. Je u něj zabezpečena takto dostatečná nosnost i pro obéznější pacienty.

6.4 Spáry a rozebiratelnost přístroje

Plášť přístroje je vyroben z jednotlivých částí a bylo nutné jej zkounstruovat tak, aby jej bylo možné otevřít přímo na pracovišti a mohly se tak provádět nutné opravy a kontroly. Přední část gántry je odnímatelná a při jejím sejmutí je pohodlný přístup k rentgence, detektorům i ostatnímu zařízení. Zelená a bílá část je vyrobena zvlášť, jak je to znázorněno na obrázku (obr.52), ale dále je již nerozebiratelně spojena a při údržbě přístroje se již odnímá jako celek. Je možné odejmout pouze přední část prstence, ale také přední části bočních částí gantry, a tak otevřít celé gantry zepředu.



obr. 52: Části přístroje

7. Rozbor technické, ergonomické, psychologické, estetické, ekonomické a sociální funkce designérského návrhu

7.1 Rozbor technické funkce

Technická funkce návrhu se týká zejména návrhu vnějšího opláštění a návrhu způsobu jeho výroby. Bylo samozřejmě nutné přihlédnout také k vnitřnímu uspořádání součástí, které je více popsáno v předchozí kapitole 6. Provozně-technologické řešení. Vnější opláštění bylo navrženo s ohledem na výrobu a použití vhodných materiálů.

7.2 Rozbor ergonomické funkce

Ergonomická funkce designérského návrhu spočívá v tom, že návrh je řešen s přihlédnutím k ergonomickým požadavkům, jak je již popsáno podrobněji v kapitole 3. Ergonomické řešení. Ergonomie je u tohoto přístroje velmi důležitá, neboť se jedná o zařízení, na kterém jsou vyšetřováni lidé. Kontakt mezi strojem a člověkem je po dobu provozu přístroje neustálý, a proto hledisko ergonomie nesmírně důležité.

7.3 Rozbor psychologické funkce

Psychologickou funkci návrhu charakterizuje dopad přístroje na psychiku pacienta, personálu a dalších lidí, kteří se s přístrojem dostanou do kontaktu. Přístroj je citlivě tvarován a do jeho tvaru jsou vneseny organické linie. Kromě tvaru působí značně na psychiku barvy a barevné členění. Psychologická funkce daného návrhu je důležitá, protože právě pacient přicházející na vyšetření bývá často nervózní, obává se diagnózy, která může být nepříznivá, a proto je nutné se snažit co nejvíce vylepšit jeho psychický stav, který často může mít přímý vliv i na fyzické zdraví.

7.4 Rozbor estetické funkce

Estetická funkce tohoto přístroje není primárním požadavkem. Nejedná se o výtvarné dílo, které má plnit funkci primárně estetickou, ale i přes to je tato funkce velmi důležitá a úzce souvisí s funkcí psychologickou, sociální a ergonomickou, které jsou pro daný návrh stěžejní. Jedná o přístroj opravdu rozměrný a mohutný. Tvoří nepřehlédnutelný objekt na radiologickém pracovišti, a proto jeho vzhled významně doplňuje vzhled celého pracoviště.

7.5 Rozbor ekonomické funkce

Jedná se o rozměrný přístroj, kde se používá vyspělé technologie, proto je jeho výrobní cena vysoká a pohybuje se řádově v desítkách milionů korun českých. Cenu ovlivňuje hlavně technologie obsažená uvnitř přístroje. Nejdražšími částmi přístroje jsou rentgenová lampa a soubory detektorů. Přístroj s jednou rentgenovou lampou a 16 řadami detektorů se cenově pohybuje kolem 12 milionů korun, zatímco

přístroje s dvěma rentgenkami a dvěma řadami 128 detektorů dosahují až přibližně 45 milionových částek. Celková cena přístroje Siemens Somatom Definition včetně software a čtecích zařízení, který je také dvouzdrojovým CT systémem, je 57 miliónu korun českých.

Jelikož právě tyto vnitřní součásti jsou nejnákladnější částí přístroje, design vnějšího pláště, který je hlavním předmětem této práce neovlivní výrobní částku nijak významně. U mého návrhu jsem použila dnes nejmodernější systém, a to 2 rengenové lampy a příslušných 128 řad detektorů, jedná se tedy o nejdražší kategorii. Tuto nejmodernější, ale také nejdražší variantu jsem vybrala z toho důvodu, že návrh je koncipován s jistým pohledem do blízké budoucnosti, ve které již parametry nejmodernějšího přístroje budou určitě ještě lepší. Dále tyto parametry mají vliv na kvalitu a bezpečnost vyšetření, které jsou u toho přístroje bezpochyby stěžejními parametrem.

7.6 Rozbor sociální funkce

Hlavní sociální funkce počítačového tomografu spočívá v pomáhání nemocným lidem. Je to zařízení, které má významný sociální význam pro naši společnost. Designérský návrh je koncipován se zaměřením na pacienta, jeho potřeby a požadavky, a také se zaměřením na požadavky personálů. Nejedná se o vyšetření zcela běžné, a proto ne každý se dostane do styku s tímto přístrojem. Ale velká část populace tímto vyšetřením prošla, proto sociální funkce je významná, jelikož se týká nemalé části společnosti a úzce souvisí s jejím zdravím. Sociální funkce spočívá v přístroji samotném, v designérském návrhu není sociální takto patrná, ale přináší užitek společnosti tak, že se snaží vylepšit proces vyšetření nemocného člověka.

Závěr

V této práci došlo k detailnímu prozkoumání daného problému, a to výpočetní tomografie po stránce vývojové, technické a designérské a následně k vypracování vlastního řešení. Na základě získaných poznatků jsem navrhla design výpočetního tomografu tak, aby vzhledem odpovídal dnešní době, a to i s jistým pohledem do budoucna. Na přístroji došlo k aplikací ergonomických požadavků, a to zejména co se týče rozměrových požadavků, správného umístění jednotlivých částí a požadavků ovlivňujících psychologické působení na pacienta.

Výsledkem je návrh výpočetního tomografu lehce organických tvarů. Přístroj je takto tvarován z estetických, technických, ergonomických a psychologických důvodů, což jsou důležité faktory ovlivňující kvalitu výrobku. Návrh je koncipován jednoduše, vzhled byl navržen s ohledem na umístění a funkci zařízení. Návrh se snaží co nejvíce svým provedením pozitivně ovlivnit pacienta a zmírnit jeho strach z vyšetření.

Cesta k vytýčenému cíli vedla přes řešení různých problému, které mi v počátku nebyly známy a vznikaly až při tvorbě návrhu a řešení těchto problému je podrobně popsáno v této práci.

Seznam použitých zdrojů

- [1] FERDA, J. – NOVÁK, Z. – KREUZBERG, B. Výpočetní tomografie. 1.vydání. Praha. Galén. 2002
- [2] KOLÁŘ, J. – AXMAN, K. – NEURWIRTH, J. Radiodiagnostické techniky s využitím počítačů. 1.vydání. Praha. Avicentrum zdravotní nakladatelství, 1991, 159 s.
- [3] RUBÍNOVÁ, D. Ergonomie. 1.vydání. Brno. VUT,2006, 62 s., ISBN 80-214-3313-2
- [4] KOLÁŘ, J. – Moderní radiodiagnostické metody. 1.vydání. Praha. Státní pedagogické nakladatelství, 1988, 88 s.

elektronické zdroje:

- [5] URL <http://www.msit.com/rad_hist.html> [cit. 2009-2-1]
- [6] URL <<http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/484901-pocitacova-tomografie>> [cit. 2008-11-7]
- [7] URL <<http://is.muni.cz/el/1411/podzim2007/STDM7X1c.ppt> > [cit. 2009-1-15]

další zdroje informací:

- [8] HSIEH, J. - Computed tomography: principles, design, artifacts, and recent advances. 1. vydání. SPIE Press, 2003, 387 s.
- [9] URL <<http://w1.siemens.com/entry/cc/en/>> [cit. 2009-2-10]

konzultace s lékařem (MUDr. Milada Bojková) a technikem (Ing. Roubalík Václav, Tůma Luboš)

Seznam obrázků

- [1] <http://pitt.edu/~zmli/handlab/2008files/20080506Rembrandt3.jpg>
- [2] http://www.calstatela.edu/faculty/kaniol/f2000_lect_nuclphys/lect1/roentgen.html
- [3] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:PrincipCT.svg>
- [4] <http://www.popsci.com>
- [5] <http://www.maderahospital.org>
- [6] fotografie autora
- [7] <http://geleijns.wordpress.com/computed-tomography/>
- [8] <http://www.medgadget.com/archives/img/46535ct1.jpg>
- [9] <http://www.medgadget.com/archives/img/34654ver.jpg>
- [10] - [21] vizualizace autora
- [22] http://www.medical.siemens.com/siemens/en_US/gg_ct_FBAs/images/product_images/SOMATOM_Emotion/ct_emotion_ca6.jpg
- [23] - [25] vizualizace autora
- [26] http://www.siemens.ig_gr04mx16slice_01_en.jpg
- [27] - [43] vizualizace autora
- [44] fotografie autora
- [45] - [52] vizualizace autora

Seznam příloh

- [1] Sumarizační poster 1xA4
- [2] Ergonomický poster 1xA4
- [3] Technický poster 1xA4
- [4] Designérský poster 1xA4

- [5] Model 1:6
- [6] Dokumentační CD

DESIGN POČÍTAČOVÉHO TOMOGRAFU



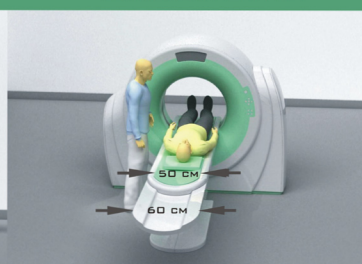
DESIGN



TECHNOLOGIE



ERGONOMIE

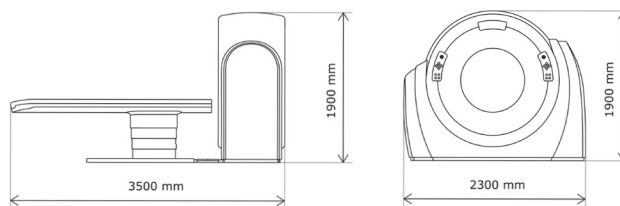


Počítačový tomograf je lékařské zařízení, které pomocí ozáření pacienta rentgenovým paprskem a následným počítačovým zpracováním získaných dat, dokáže zhotovit snímky požadovaných řezů lidského těla. Lékář na základě zhodnocení těchto snímků může stanovit diagnózu pacienta. Vyšetření spadá do lékařských metod radiologie.

Princip funkce výpočetního tomografu spočívá v tom, že okolo pacienta po kruhové dráze obíhá rentgenka, která je zdrojem rentgenového záření a na protější straně jsou umístěny detektory, které zachycují záření, které prošlo pacientem. Rentgenka i detektory jsou spolu s jinými komponentami ukryty v prstenci zvaném gantry. Na základě toho, že různé tkáně člověka různě absorbují rentgenové záření a nasnímáme pacienta z různých úhlů, je možné získat obraz řezu. Počítač vypočítá soustavu rovnic a na základě výsledků vytvoří obraz.

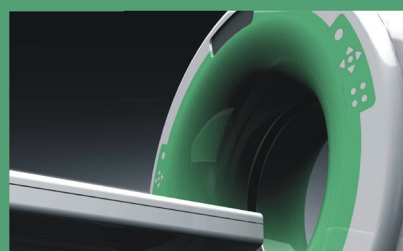
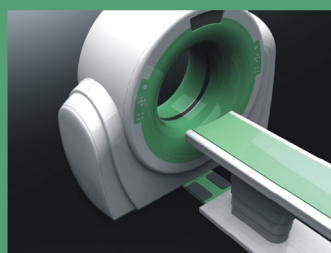
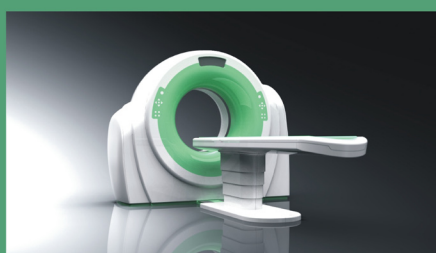
Design nemocničního přístroje je velmi důležitý. Přístroje jsou umístěny na očích mnoha lidí, denně jsou jimi vyšetřeny značné počty pacientů a tvoří vlastně i jakousi reprezentativní funkci nemocnice, kraje, země či společnosti vyrábějící tyto zařízení. Poukazují také na úroveň lékařské péče v daném místě požadovaného řezu.

Výsledkem je návrh výpočetního tomografu lehece organických tvarů. Přístroj je takto tvarován z estetických, technických, ergonomických a psychologických důvodů, což jsou důležité faktory ovlivňující kvalitu výrobku. Návrh je koncipován jednoduše, vzhled byl navržen s ohledem na umístění a funkci zařízení, snaží se nejvíce svým provedením pozitivně ovlivnit pacienta a zmírnit jeho strach z vyšetření.



SUMARIZAČNÍ POSTER

DESIGN POČÍTAČOVÉHO TOMOGRAFU



DESIGNÉRSKÝ POSTER

EVA BOJKOVÁ, VEDOUČÍ: DOG. AKAD.SOCH. MIROSLAV ZVONEK, ART.D., 2008/09, FSI VUT BRNO, DIPLOMOVÝ PROJEKT



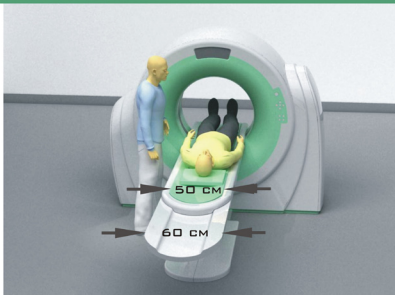
DESIGN POČÍTAČOVÉHO TOMOGRAFU



VYŠETROVACÍ STUL

Po ergonomické stránce je nutné u vyšetřovacího lůžka dodržet hlavní požadované rozměry, vhodné tvarování a zajistit tak pohodlí pacienta při vyšetření, ale také při nástupu a výstupu z lůžka.

Šířka částí stolu, na které pacient leží, to je podložka pro něj určená a tvarována, je 50 cm. Celková šířka vyšetřovacího lůžka je 60 cm. Pohyb lůžka je řešen tak, že se pohybuje celá horní část o šířce 60 cm. Toto lůžko je svou šířkou a řešením vhodné a pohodlné i pro rozměrnější pacienty. U některých současných přístrojů se pohybuje pouze část s podložkou pro pacienta a okraje lůžka zůstávají nehybné, při tomto řešení ovšem může docházet k nepříjemnému tření mezi těmito okraji a částmi pacientova těla, které mohou přichovávat otěs pohyblivou část. Jedná se často o ruce, které leží volně podél těla při většině vyšetření.



PSYCHIKA

Do sféry ergonomie spadá také psychologický vliv na pacienta a na personál. Jak již bylo výše zmíněno, je nutné vzbuzovat dojem spolehlivosti a nebudít strach. Bohužel část populace trpí klaustrofóbií, což je strach ze stísněných a uzavřených prostor. Právě výpočetní tomograf vyvolává někdy tyto nepříjemné pocity, a to z důvodu nepřítěsného prostoru otvoru ložnice masivního přístroje. Právě dojem této masivnosti a mohutnosti jsem se snažil omezit na minimum, a to vhodným tvarováním a volbou barev.

Co se týče vlivu na personál, je důležité aby byl přístroj dobře tvarován. Jedná se o opravdu mohutné zařízení, které má personál během práce po dlouhou dobu na očích. Pracovní prostředí a jeho vzhled má bezesporu značný vliv na psiky pracovníka. Esteticky navrhovaný přístroj může pozitivně ovlivnit celkový dojem na pracovišti.



PRUBEH VYŠETŘENÍ

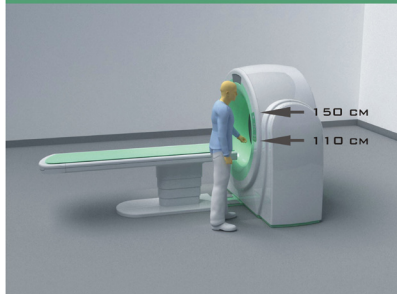
Na požádku vyšetření se pacient položí na vyšetřovací stůl, nebo v případě, že se nemůže položit sám, je na lůžko umístěn personál. Poté co je pacient uložen a nachystán pro vyšetření, zřídka ve místnosti sám a personál odejde do vedlejší místnosti, kde sídlí okno vidi pacienta a přístroj. Pacient je v místnosti sám, ale může nadále komunikovat s lékařem skrze mikrofon a reproduktor umístěný na přístroji. Vyšetřovací stůl zajede do gantry.

Při dnešních výkonných zařízeních netrvá samotné vyšetření rentgenovým paprskem příliš dlouho, jedná se o řádově o desítky sekund. Při vyšetřování obíhá kolem pacienta rentgenka, detektory a některá další zařízení. Vše se ovšem děje ve vnitřní gantry, takže pacient tento pohyb nevidí. Pro pacienta s klaustrofóbií může být vyšetření velice nepříjemné, i když je zcela bezbolestné.



OVLADAČE

Ovladače jsou umístěny ve výšce 130 cm. Jsou umístěny po obou stranách vyšetřovacího otvoru, aby je personál mohl obsluhovat, ať už se nachází na jakékoli straně gantry. Tvar ovladačského panelu vychází z tvaru samotného kruhu. Na panelu je umístěno výrazné tlačítko sloužící k okamžitému vypnutí přístroje. Tlačítka jsou ve stejné rovině jako ovladačský panel. Tlačítka ve tvaru trojúhelníků slouží pro ovládání pohybu vyšetřovacího lůžka. Dalšími ovladači jsou pedály umístěné na zemi. Tyto pedály slouží k ovládání vertikálního pohybu lůžka. Levý a pravý pedál je od sebe oddělen pouze spárou, jinak tvoří celek. Pedály jsou lehce vyvýšené nad povrchem spojující části. Celková šířka obou pedálů dohromady je 28 cm, čímž pro jeden pedál dostáváme šířku 14 cm, což je dostatečná šířka pro pohodlné sešlápnutí i větším chodidlem.



ERGONOMICKÝ POSTER

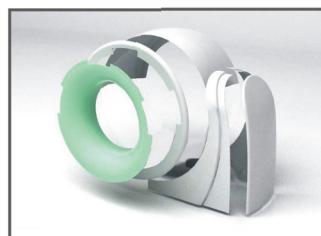
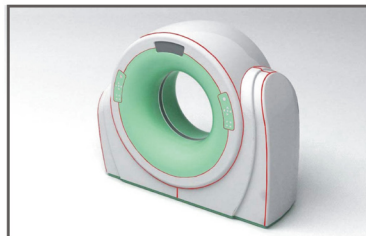
EVA BOJKOVÁ, VEDOUČÍ: DOC. AKAD.SOCH. MIROSLAV ZVONEK, ART.D., 2008/09, FSI VUT BRNO, DIPLOMOVÝ PROJEKT



DESIGN POČÍTAČOVÉHO TOMOGRAFU

SPÁRY A VÝROBA PRÍSTROJE

Plášť přístroje je vyroben z jednotlivých částí a bylo nutné jej zkonstruovat tak, aby jej bylo možné otevřít přímo na pracovišti a mohly se tak provádět nutné opravy a kontroly. Přední část gantry je odnímatelná a při jejím sejmutí je pohodlný přístup k rentgenecím, detektorům i ostatnímu zařízení. Zelená a bílá část je vyrobena zvlášť, ale dále je již nerozebiratelně spojena a při údržbě přístroje se již odnímá jako celek. Je možné odejmout pouze přední část prstence, ale také přední části bočních částí gantry, a tak otevřít celé gantry ze zevnu.



VNITRNÍ USPOŘÁDÁNÍ KOMPONENT

Jelikož mezi nejvýkonnější přístroje patří dnes výpočetní tomografy, které obsahují dvě rentgenky a k tomu příslušné detektorové systémy (128 řad detektorů), rozhodla jsem se tomograf navrhnut tak, aby do něj bylo možné umístit právě tuto nejmodernější technologii. Gantry se rozděluje na dvě části, a to na část rotační a část stacionární. V rotační části gantry se nachází dvě rentgenky, které jsou vzájemně k sobě pootočené o 90 stupňů. Rentgenky jsou opatřeny chlazením, jelikož produkují velké množství tepla. Generátor vysokého napětí je také umístěn na rotační části. Energie a signály mezi rotační a stacionární částí gantry se přenášejí pomocí sběrných kroužků. Nosný kruh, na kterém je umístěno snímání zařízení rotuje rychlostí vyšší než 1 otáčka za sekundu. Motor, který pohání tento nosný kruh je umístěn ve spodní stacionární části gantry.

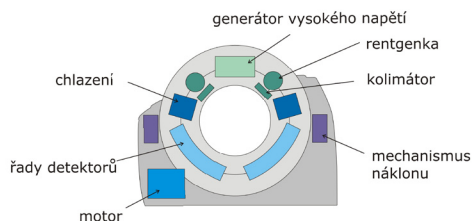
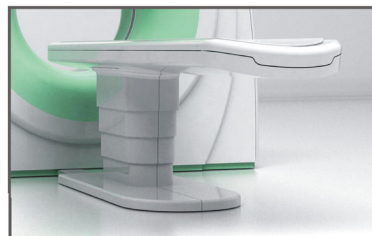


schéma dvouzdrojového CT

POLOHOVATELNOST

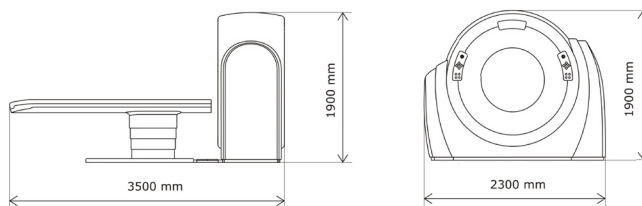
Na tomto přístroji se nachází dvě polohovatelné části, a to je vyšetřovací stůl i část gantry. Prstenec v gantry je polohovatelný, může se naklápět do obou stran do úhlu 3 Prstenec je se zbylou částí gantry propojen čepý, které jsou poháněny motorkem. Osa otáčení prochází středem kruhu. Další polohovatelnou částí je vyšetřovací stůl, se kterým je možné pohybovat ve dvou směrech. Vertikální pohyb zajišťuje rameno stolu. Toto rameno je založeno na principu teleskopického skládacího. Jednotlivé části ramene se do sebe mohou zasouvat a mění se tak výška ramene. Toto zvedání pracuje na hydraulickém principu a hydraulika se nachází v rameni.

Vyšetřovací stůl se pohybuje také ve směru horizontálním, a to v průběhu vyšetření pacienta.



ROZMĚRY PRÍSTOJE

Hloubka prstence u mého návrhu je 80 cm. Otvor v gantry má průměr 82 cm. Celková výška přístroje je 190 cm. Celková šířka při pohledu zepředu je 230 cm. Šířka gantry společně se stolem při pohledu z boku je 350 cm.



Materiál použitý pro výrobu vnějšího pláště tomografu je plast, a to ABS (akrylonitrilbutadienstyren). Tento plast je dostatečně pevný a zdravotně nezávadný. ABS patří mezi termoplasty. Jednotlivé díly jsou tvořeny pomocí vakuového lisování termoplastů, které je vhodné pro rozmětné díly.

Nosný kruh, který rotuje vevnitř gantry je tvořen slitinou hliníku. Nosná konstrukce gantry je vytvořena z kovových dílů. Další drobné konstrukční prvky jsou ze slitin mědi, železa a z nerez.

Vyšetřovací stůl je tvořen kovem. Je u něj zabezpečena takto dostatečná nosnost i pro obéznější pacienty.

TECHNICKÝ POSTER