



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

DESIGN RENTGENOVÉHO ZAŘÍZENÍ.

DESIGN OF RADIOGRAPHIC ARRANGEMENT.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

TOMÁŠ HRDA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

akad. soch. LADISLAV KŘENEK, Ph.D.

BRNO 2008

ANOTACE

Předmětem této diplomové práce je design rentgenového zařízení pro lékařství – angiografického kompletu sestávajícího se z C-ramene a angiografického stolu.

Práce se zabývá především návrhem atraktivního organického designu, který má pozitivní psychologický dopad na pacienta a inovací konstrukce přístroje tak, aby byl v dané kategorii co nejuniverzálnější, vyhovoval nejnáročnějším lékařským požadavkům a postupům, a posunul tak diagnostické možnosti oproti stávající produkci vpřed. V práci jsou zohledněny diagnostické postupy, které tak společně se zásadními technickými a ergonomickými faktory přímo ovlivňují jak tvarování, tak i celkovou koncepci kompletu. Práce neobsahuje samostatný zobrazovací systém, který není součástí zadání.

KLÍČOVÁ SLOVA

Angiograf, angiografie, rentgenové zařízení, C-rameno, design

ANNOTATION

The subject of this diploma thesis is design of X-ray apparatus for medical intention – an angiographic set which consists of a C-Arm and an angiographic table.

The elaboration deals particularly with an attractive organic design, that is aimed to have a positive psychological effect, and with an innovation in construction of apparatus in order to be as various-purpose as possible, to conform to the most exacting requirements and procedures, and to advance diagnostic possibilities in the given category. In the thesis diagnostic procedures, which along with technical and ergonomical factors influence the shape and also the total set conception, are considered. This thesis does not contain a separate display system which is not a part of project.

KEYWORDS

Angiography, Card Angiography, X-ray machine, C-Arm, Design

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HRDA, T. *Design rentgenového zařízení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 58 s. Vedoucí diplomové práce akad. soch. Ladislav Křenek, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je mým původním dílem, které jsem vypracoval samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem pro zpracování textové části čerpal, jsem uvedl v seznamu použitých zdrojů.

V Brně dne 16. 5. 2008

Tomáš Hrdá

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce akad. soch. Ladislavu Křenkovi, Ph.D za zájem, jeho cenné připomínky a čas, který věnoval mé práci.

Vřelé díky patří všem pedagogům za jejich vstřícnost a ochotu podělit se s námi o velice cenné a značně přínosné vědomosti a zkušenosti. Velice děkuji panu Molíkovi za významnou pomoc a trpělivost při výrobě našich modelů během celého studia.

Zároveň děkuji všem svým kolegům z ateliéru a doktorandům za neobvykle příjemné studijní i pracovní prostředí a naprosto nezapomenutelné a neopakovatelné zážitky.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat rodině a všem svým blízkým za ohromnou podporu během své cesty za snem, který jim umožní pustit mě s klidným srdcem do světa.

OBSAH

	Úvod	12
1.	Analýza tématu	14
	1.1 Postup vyšetření a terapeutických zákroků	15
	1.2 Historická analýza a vývoj	18
	1.3 Technická analýza	19
	1.4 Designérská analýza	26
2.	Variantní studie designu a konečné tvarové řešení	30
	2.1 Prvotní návrhy a skici	31
	2.2 Finální koncept	33
3.	Ergonomické řešení	38
	3.1 Angiografický stůl a jeho polohovatelnost	39
	3.2 Ovládání	41
	3.3 Bezpečnost	41
4.	Barevné a grafické řešení	45
5.	Provozně technologické řešení	46
	5.1 Technická koncepce	47
	5.2 Rozsah pohybů přístroje	49
	5.3 Použité materiály	50
6.	Závěr	51
7.	Seznam použitých zdrojů	53
	7.1 Publikace a online zdroje	54
	7.2 Obrázky	54
8.	Seznam příloh	57

ÚVOD

Když jsem si jako téma diplomové práce vybral lékařský rentgen, zdaleka jsem ještě netušil, že existují nějaké speciální RTG přístroje, jako je právě angiograf. K tomuto typu rentgenu jsem se rozhodl až po analýze rodiny lékařských RTG přístrojů. Vybral jsem si jej především kvůli velmi netypické konstrukci a výraznému designu. V té chvíli jsem ale nečekal, že to bude tak složité a komplikované téma. Především z technické problematiky bylo velmi složité zjistit informace, které nejsou známe ani samotným lékařům a výrobci je neradi poskytují. Cesta poznání byla velmi dlouhá a často jsem kvůli novým poznatkům musel měnit některé části koncepce.

Angiografický komplet, nebo také angiograf je rentgenový přístroj sloužící jak k diagnóze, tak k zobrazování během samotných léčebných zákroků. Název angiograf pochází z latinského angeion – céva a graf – psát a jak tedy název napovídá, slouží k zobrazování cév a krevního řečiště obecně. Je to tedy velmi specifický rentgenový přístroj jak funkcí, tak konstrukcí a tedy i designem. Toto je jeden z důvodů, proč jsem si zvolil právě tento typ rentgenového přístroje.

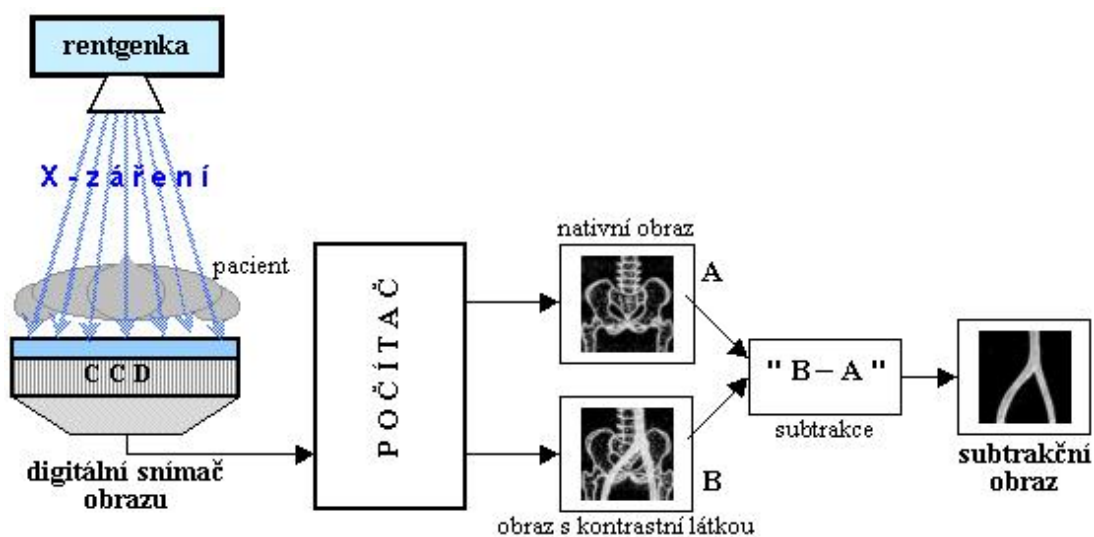
Design současné produkce je podle mého názoru příliš technický a k pacientům není příliš přívětivý. Proto cílem této diplomové práce bylo vytvořit design s měkkým tvarováním, který bude mít pozitivní psychologický dopad na pacienta. Dalším neméně významným cílem bylo zvýšit manipulační rozsah přístroje a posunout tak jeho diagnostické možnosti dle nejnovějších trendů oproti stávající produkci vpřed.

1. ANALÝZA TÉMATU

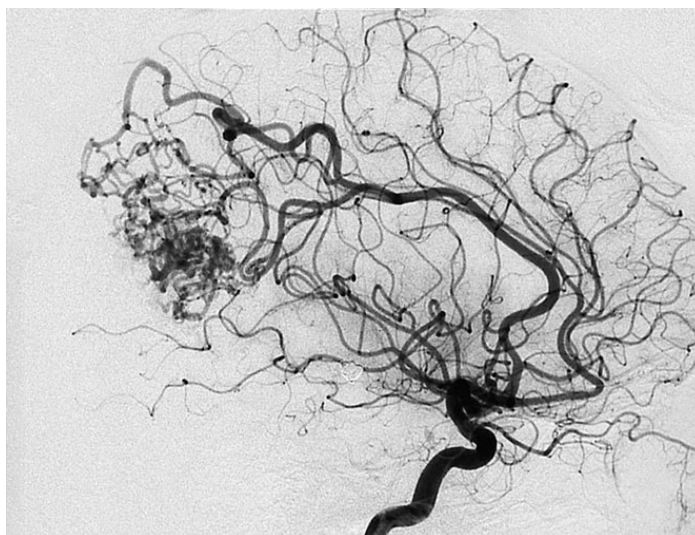
1.1 Postup vyšetření a terapeutických zákroků

Pro pochopení tématu je na začátek velmi důležité seznámit se se základy **angiografie** - vyšetřovacími a terapeutickými úkony prováděnými pomocí angiografického kompletu.

Angiografie patří do lékařského oboru nazývaný **intervenční radiologie**. Intervenční radiologie dnes představuje velmi důležitou disciplínu a od ostatních chirurgických disciplín ji odlišuje fakt, že chirurg nevykonává zákrok pod přímou zrakovou kontrolou nebo pomocí optiky, ale využívá virtuální RTG obraz. Angiografické zobrazování je založené na zobrazování krevního řečiště pacienta po intravenózním podání kontrastní. Kontrastní látka způsobí to, že krevní oběhový systém, který je jinak pro RTG záření neviditelný, je nyní detekovatelný a zobrazitelný. Počítač poté digitálně odečte obraz bez kontrastní látky od obrazu s látkou kontrastní (obr. 1.1). Výsledkem je obraz, na němž je pouze krevní řečiště, které bylo „obarvené“ kontrastní látkou (obr. 1.2) – tomuto se říká **digitální substrakční angiografie**. Na rozdíl od klasického statického RTG snímku, dochází k pořizování sekvence několika snímků za sekundu a lékaři se tak zobrazuje obraz v reálném čase – **angiogram**.



Obr 1.1 Princip Digitální substrakční angiografie



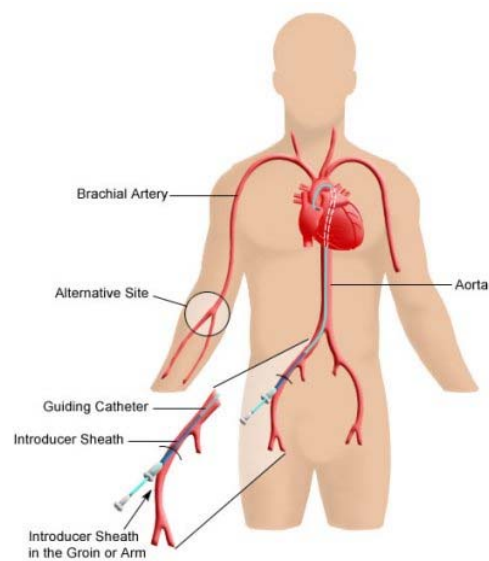
Obr 1.2 Angiogram hlavy

Při angiografickém vyšetření pacient leží na vyšetřovacím stole, nad stolem je zavěšená obrazovka, na které lékař sleduje vyšetřovanou oblast a za hlavou pacienta je umístěno C-rameno s RTG zářičem a detektorem. Toto C-rameno se během vyšetření natáčí tak, aby bylo možné zobrazit vyšetřované cévy z nejrůznějších směrů a pohledů, dle potřeb lékaře (obr. 1.3). Z takto získaných snímků je možné také v počítači sestavit 3D model vyšetřované oblasti podobně jako u metody CT nebo MRI.

Klíčový princip katetrizační angiografie spočívá v zavedení katetru a speciálních vodičů přes jehlu do cévního systému pacienta. Tímto systémem vodičů je pak možné propracovat se do libovolné cévy v těle a to i do cév s průměrem menším než 1mm a tam ji léčit. Z důvodů dostupnosti se katetr zavádí většinou do stehenní tepny (obr. 1.4). Diagnostická i terapeutická procedura je zcela bezbolestná. Na začátku vyšetření lékař provede lokální znecitlivění katetrizačního místa a provede vpich – toto je jediný moment, kdy pacient může cítit bolest. Následuje vpich kontrastní látky, po její aplikaci pacient může cítit rozlévající se teplo, které látka způsobuje. Po celou dobu vyšetření je pacient při vědomí a komunikuje s lékařem, který mu zadává pokyny, např. ke změně polohy, zadržení dechu apod. Toto vyšetření je velmi málo rizikové, ale protože se jedná o invazivní vyšetření (zasahuje se těla pacienta), je třeba maximálně dodržet přípravu a čistotu.

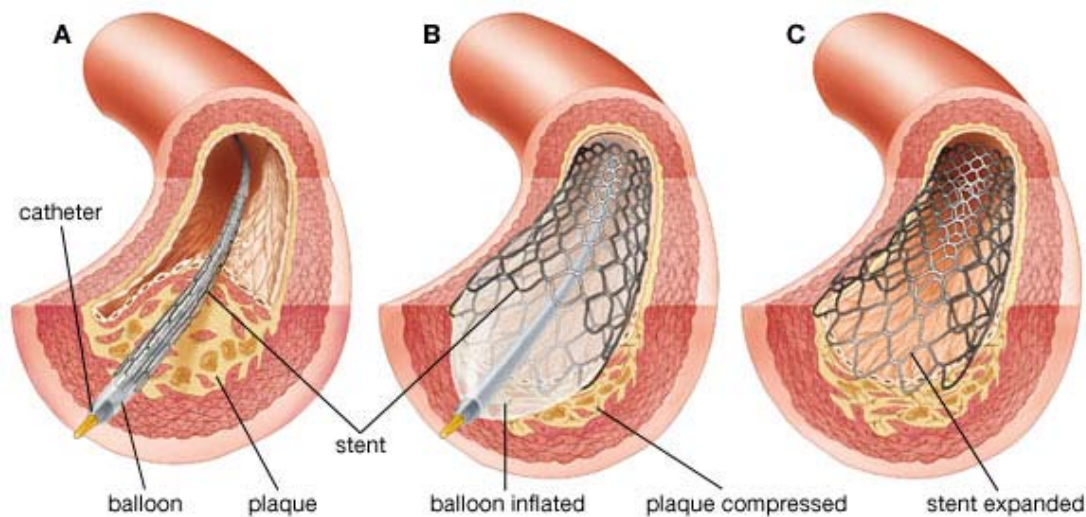


Obr. 1.3 Angiografické vyšetření na přístroji GE Innova 2100IQ



Obr. 1.4 Znázornění zavedení kateru do tepny

Angiografické vyšetření se nejčastěji provádí zejména při podezření na ucpaní, nebo zúžení tepen, tzv. arteroskleróze, vznikající nakupením tukových částecek ve stěně cévy. Následná léčba se provádí zavedením vodiče přes katetr do postiženého místa, nafouknutí dilatačního balónku a implantace stentu (určitý druh výztuže). Tento postup se nazývá **angioplastika** (obr. 1.5 – 1.) a její průběh se sleduje právě na angiogramu.



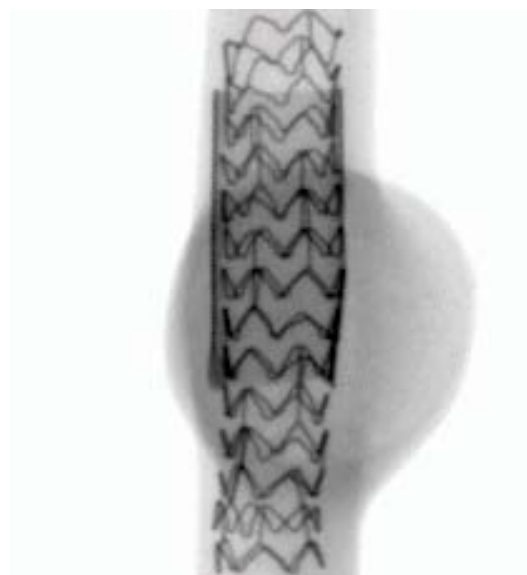
© 2007 Encyclopædia Britannica, Inc.

Obr. 1.5 Postup při balónkové angioplastice – zavedení vodiče do stenózy (A), dilatace balónkem (B), implantace stentu (C)

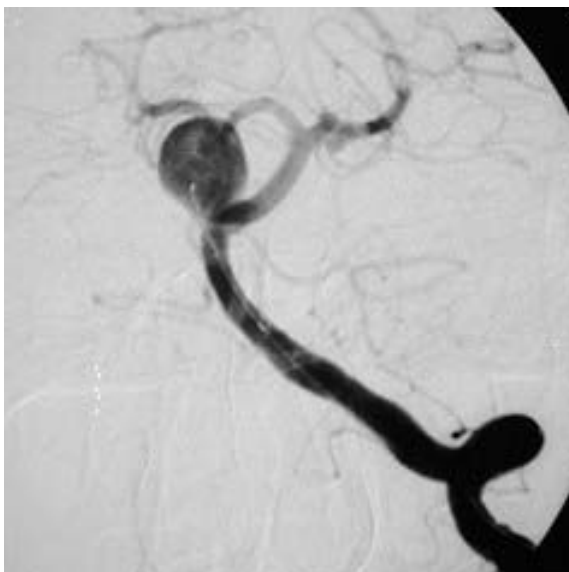
Další velmi závažné onemocnění léčené pomocí angiografu jsou **cévní malformace** (vady ve stavbě cévního řečiště) mohou vyskytnout jako **aneurysma** (vakovité rozšíření tepny) nebo **žilně-tepenný zkrat**. Orgán, který postižená tepna zásobuje, není dostatečně okysličován a může tak dojít k jeho kolapsu, nebo protože je stěna tepny zpravidla v tomto místě oslabena dojde k jejímu protržení (např. cévní mozková příhoda), při které přežívá asi jen 5% pacientů. Takto postižená místa se léčí překlenutím aneurysma stentgraftem (stent s tkaninou) nebo jeho vyplněním.



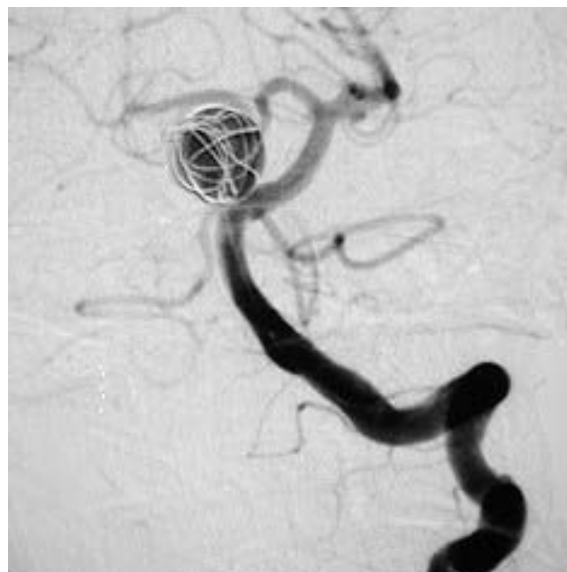
Obr. 1.6 Obrázek zobrazující překlenutí místa s aneurysmatem



Obr. 1.7 Detail angiogramu zobrazující překlenutí místa s aneurysmatem



Obr. 1.8 Angiogram mozkového aneurysma před zákrokem



Obr. 1.9 Angiogram mozkového aneurysma po zákroku

Dále se angiografická vyšetření provádějí při diagnostice nádorů páteř a míchy, plicní embolii, zjištění, jaké krevní zásobení má nádor určený k vyjmutí, až po prokazování mozkové smrti atd.

[1] [3] [4]

1.2 Historická analýza a vývoj

Pravděpodobně první úspěšné pokusy s kontrastními látkami na člověku byly provedeny v již v roce 1923. Jednalo se však o ojedinělé pokusy s různým stupněm úspěchu. Potenciál byl však zřejmý, proto množství klinických testů vzrůstalo. Angiografie jako taková tedy byla do začátku 2. světové války rozpracována zatím jen v klinické praxi. Po válce se v angiografii začala psát další kapitola podrobným vývojem cílených vyšetření. Bylo třeba udělat velký pokrok ve vývoji kontrastních látek a katetrů. Do podoby blízké se dnešním angiografickým zákroků se medicína propracovala v 60. letech. Na začátku 70. let se s nástupem CT (počítačové tomografie), US (ultra sonografu) a později MRI (magnetické rezonance) mohlo zdát, že úlohu klasických angiografií převzme. V kvalitě a rychlosti zobrazování však angiografie nebyla překonána, navíc v 80. letech, s nástupem digitální substrakční angiografie, se tento rozdíl ještě zvětšil. V poslední době se angiografické zobrazování posouvá o další kus cesty vpřed, a to tím, že místo doposud používané technologie, kdy se RTG záření převádělo na viditelné světlo a toto snímáno optickou soustavou, se nahrazuje detektory, ve kterých probíhá přímá konverze mezi RTG zářením a digitálním signálem. Takovýto digitální signál se dále snadněji zpracovává počítači. Ve výsledku takto získáme ostřejší obraz s lepším rozlišením než kdykoliv předtím.

[4]

1.3 Technická analýza

1.3.1 Základní rozdělení angiografů dle technického uspořádání



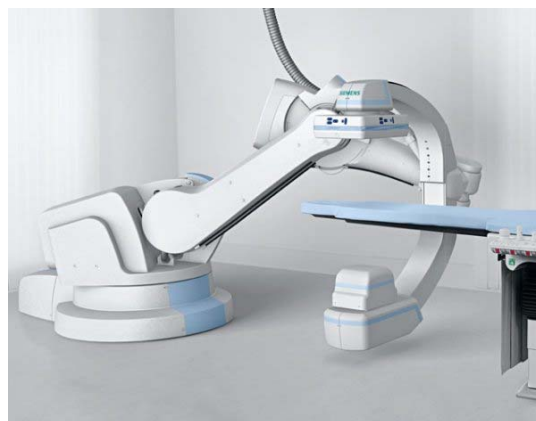
Obr. 1.10 Angiograf s C-ramenem zavěšeným na stropě



Obr. 1.13 Multifunkční angiograf C-ramenem na stěně



Obr. 1.11 Angiograf s C-ramenem ukotveným v podlaze



Obr. 1.14 Multiosý angiograf



Obr. 1.12 Biplane angiograf s dvojicí C-ramen (jedno na podlaze, druhé je zavěšené)



Obr. 1.15 Mobilní angiograf

1.3.2 Technický popis angiografu a jeho základních komponent



Obr. 1.16 Technický popis angiografu

1. Rentgenka a napájecí zdroj
2. Kolimátor
3. Detektor RTG záření
4. C-rameno
5. Vedení C-ramene
6. Podstava
7. Ukotvení v podlaze
8. Vedení kabelů
9. Polohovatelná deska stolu
10. Ovládací panel
11. Teleskopická konzola stolu

1 - Rentgenka (rentgenový záříč) a napájecí zdroj

Napájecí zdroj dodává potřebná napětí pro provoz rentgenky (anodové a žhavicí napětí) a sestává se z transformátoru vysokého napětí a žhavicího transformátoru. V napájecím zdroji je transformátorem vysokého napětí síťové napětí 120 – 380 V transformováno nahoru, na střídavý proud vysokého napětí, řádově 30 000 – 200 000 V. Rentgenka (obr. 1.17) je v podstatě elektronka s vysokým stupněm vakua a je to nejdůležitější částí rentgenové soupravy, neboť v ní vzniká rentgenové záření. Na elektrody rentgenky je přiváděno vysoké napětí, to elektrody velmi zahřívá. Elektrony jsou vysokým napětím urychlovány a velkou rychlostí dopadají na wolframovou anodu. Při dopadu se jejich kinetická energie mění na teplo (více než 99 %) a jen nepatrná část se mění na energii fotonů rentgenového záření vystupujícího z anody.



Obr. 1.17 Rentgenka v řezu

2 - Kolimátor RTG záření

Kolimátor cloní RTG přebytečné záření, nastavuje požadovaný úhel kužele svazku vyzařovaných RTG paprsků a směřuje tak tyto paprsky jen do požadovaného prostoru.



Obr. 1.18 Rentgenka s kolimátorem

3 - Detektor RTG záření

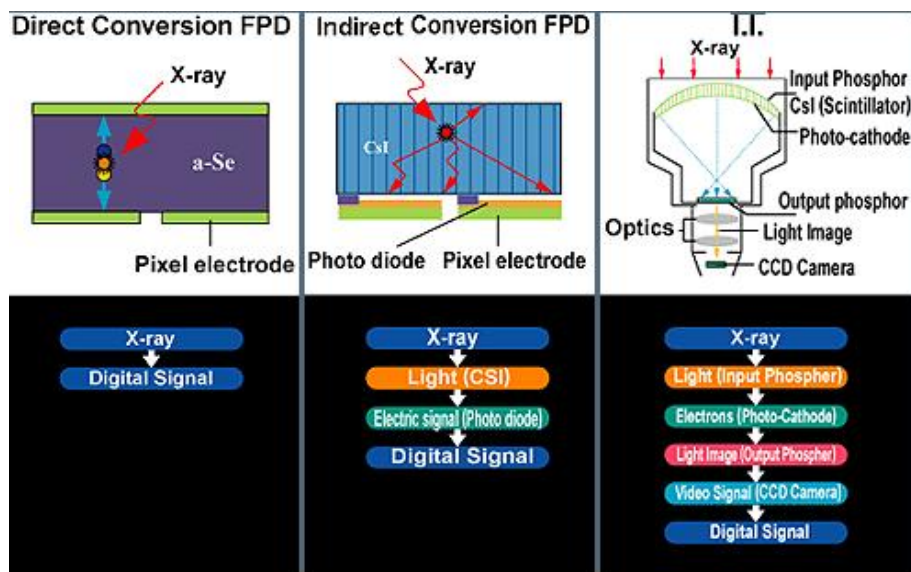
V současné době v medicínské praxi spolu koexistují druhé generace angiografů. Angiografy s optickou soustavou s klasickým televizním okruhem (obr. 1.19) a angiografy vybavené moderními plochými detektory FPD (flat panel detector) (obr. 1.20). FPD na rozdíl od klasického optického systému vyniká nejen lepšími detekčními schopnostmi, ale také mnohem menšími rozměry atd. FPD jsou dále dva typy: s přímou konverzí RTG záření na digitální signál a nepřímou konverzí (obr. 1.21). Vzhledem ke všem pozitivům, která hovoří ve prospěch FPD, s tímto systémem jsem dále také uvažoval při řešení této diplomové práce. Rozměry detektorů se liší dle specializace angiografu. Od univerzálních angiografů, které mají rozměr detektoru i 17x17 palců, po speciální kardi angiografy o rozměrech 9x9 palců.



Obr. 1.19 Detektor s optickou jednotkou



Obr. 1.20 FPD (flat panel detector)



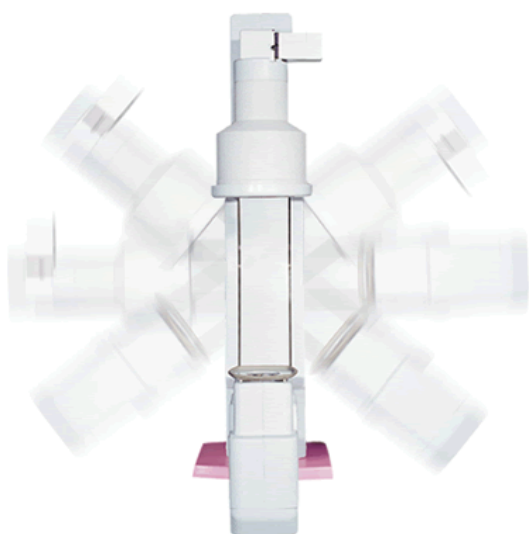
Obr. 1,21 FPD s přímou konverzí, nepřímou konverzí a převodem RTG na viditelné světlo

4 - C-rameno

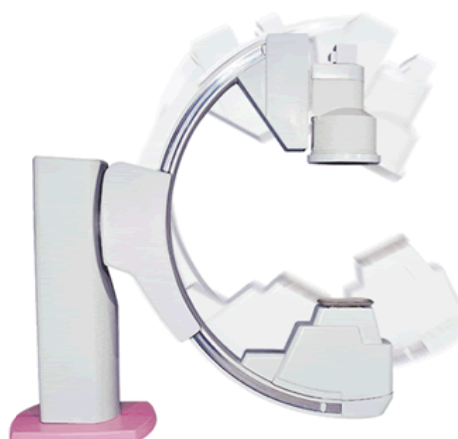
C-rameno je nejdůležitější konstrukční částí angiografu. Na jednom konci C-ramene se nachází rentgenka a na protilehlém konci ramene detektor RTG záření. Detektor je zpravidla osazen na výsuvném mechanismu, který zajišťuje vysunutí detektoru směrem k rentgence a tím zároveň také blíže k pacientovi (obr. 1.22). Tímto posunem se mění ohnisko snímání na požadovanou úroveň. Z hlediska kvality obrazu se, pokud to je alespoň částečně možné, užívá pravidlo: rentgenka co nejdále od pacienta a detektor naopak co nejbližší. Toto je jeden z velmi zásadních parametrů, který ovlivňuje celkovou konstrukci a design angiografu. C-rameno vykonává v určitém rozsahu rotační pohyb kolem své osy a kolem osy vedení ramene (obr. 1.23 a 1.24). Vedení C-ramene umožňující jeho rotační pohyb se nachází většinou po jeho obvodu a je valivého charakteru. Samotný pohon rotace ramene zajišťuje ozubený řemen, který vede po jeho hřbetě a jehož oba konce jsou na rameni pevně uchyceny. Řemen je v místě vedení sveden do podstavy, kde jej soustavou kladek pohání (obr. 1.25). Z důvodů přesnosti jsou tyto pohyby zajišťovány krokovými elektromotory.



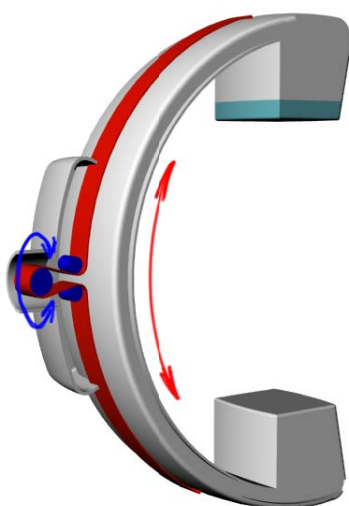
Obr. 1.22 Vysunutí detektoru k tělu pacienta



Obr. 1.23 Pohyb C-ramene kolem osy vedení



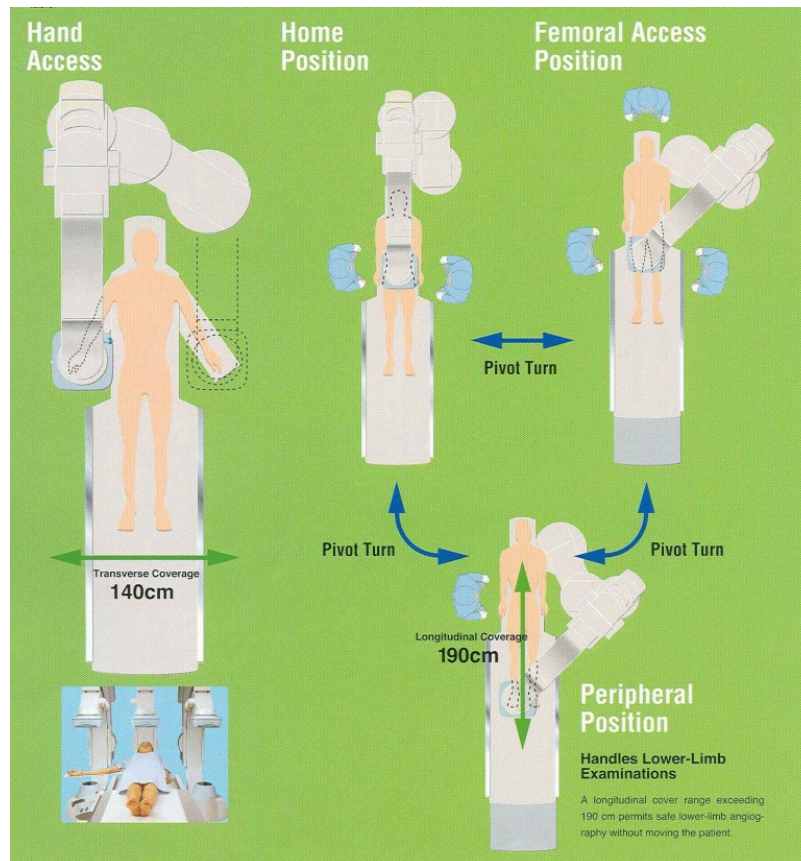
Obr. 1.24 Pohyb C-ramene kolem své osy



Obr. 1.25 Princip pohonu rotace C-ramene

5 - Vedení C-ramene, 6 - podstava a 7 - ukotvení v podlaze

Kombinace těchto tří elementů definuje možnosti rozsahu pohybů celého angiografu a společně s možnostmi polohování stolu vyšetřitelnou plochu pacientova těla (obr. 1.24). Toto je jeden hlavních faktorů užitné hodnoty přístroje. C-ramena, která jsou zavěšena u stropu, jsou v mnohých ohledech výhodnější, avšak z technických důvodů této diplomové práce (tvorby 3D reálného modelu a jeho následné prezentace), jsem zvolil variantu s ukotvením ramene na podlaze.



Obr. 1.26 Příklad pokrytí celého pacientova těla angiogramem Shimadzu HeartSPEED Safire HF

8 - Vedení kabelů

Některé angiografy mají kabely vedené uvnitř C-ramene, některé vnějškem. V této diplomové práci jsem se přiklonil k variantě vedení kabelů uvnitř.

9 - Polohovatelná deska stolu

Polohovatelnost desky stolu ve vodorovném směru zajišťuje snadný přístup detektoru k libovolné části pacientova těla (obr. 1.24). Z důvodů získání co nejlepšího obrazu je nutné, aby byla deska pokud možno co nejtenčí a zároveň byla vyrobena z materiálu, který velmi dobře propouští RTG paprsky a nevytváří tak na snímcích nechtěné artefakty. V praxi se nejlépe osvědčily desky z karbonových vláken, která jsou navíc pevná a tuhá. Takovéto desky pak při podpírané ploše několika málo desítek centimetrů mají nosnost i 250kg (obr. 1.25).



Obr. 1.27 Philips – MultiDiagnost Eleva

10 - Ovládací panel

Ovládání celého angiografu se provádí buď z tohoto místa, nebo dálkově z přidruženého počítačového stanoviště.

11 - Teleskopická konzola stolu

Touto teleskopickou nohou polohujeme sůl ve vertikálním směru, a to z důvodů jak snadnějšího nastupování pacienta, tak z diagnostických důvodů (změna ohniska záření atd.).

1.4 Designérská analýza

V současné době je vidět zřetelný posun úrovně designu v lékařské technice a architektuře zdravotnických zařízení. Tento trend nastal z důvodů snahy odbourání psychologických zábran pacienta vůči lékařské technice a nemocničnímu prostředí, z důvodů marketingových a také díky rychlému rozvoji nových technologií. A protože výrobou drahých lékařských přístrojů se zabývají převážně velké nadnárodní korporace, jež si vzájemně konkurují, stal se dobrý design otázkou prestiže. Vnější tvarování tak přestává postupem času plnit pouze obalovou funkci, která přesně vyplývá z konstrukce, ale začíná se stávat estetickým designem, který stále plnohodnotně plní obalovou a ochrannou funkci. Geometrické tvarování se postupně mění v měkké křivky a citlivé tvarování. Příklad vývoje designu u dvou vybraných produktů – obr. 1.26 – 1.29



Obr. 1.28 Philips Integris V5000 z roku 1999



Obr. 1.29 Philips Allura Xper z roku 2004



Obr. 1.30 CT Siemens Somatom Emotion z roku 2007



Obr. 1.31 CT Siemens Somatom Plus S z roku 1997

V případě některých společností, například Siemens a General Electric Company, se design jejich výrobků stává de facto součástí corporate identity. Při návrhu barevného provedení používají odstíny firemních barev, grafiku a kompozici (obr. 1.30 a 1.31) a tímto způsobem se tak dále propagují.

GE Healthcare



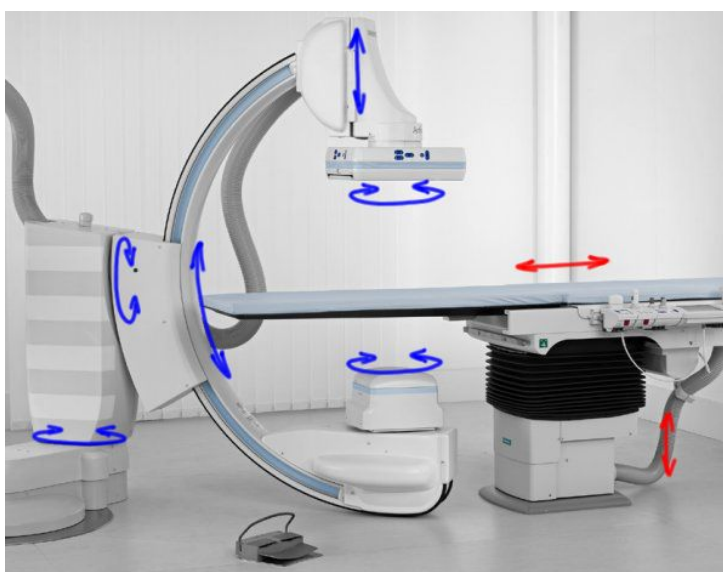
Obr 1.32 Logo společnosti GE Healthcare



Obr 1.33 FPD přístroje GE Innova 3000

Angiografický komplet (dále pouze angiograf) je velmi složitý přístroj nejen technologicky, ale také konstrukcí. Angiograf musí být schopný velkého rozsahu pohybů (obr. 1.32), proto jeho design není snadnou záležitostí. Díky svým specifickým parametrům tak získává jedinečný výrazný designový prvek, a tím je rameno ve tvaru C, proto se všeobecně nazývá **C-rameno** (v angličtině **C-Arm**). Tento název se natolik vžil, že se v seriózních zdrojích ustálil jako běžný pojem. Společnost Philips naproti tomu lehce vybočuje a prezentuje některé své angiografy jako s G-ramenem.

Celkově si však myslím, že je v designu stále prostor pro větší změny, a to směrem k organickému tvarování. Stávající produkce je dle mého názoru ještě příliš technická. Například design angiografu Siemen Artis Zeego (obr. 1.35) je sice velmi zajímavý a atraktivní, ale dle mého názoru na lékařský přístroj je příliš technický až robotický. Pocit jaký bych z něj jako pacient postižený, např. infarktem, kterého čeká docela závažné vyšetření aorty, by se dal nazvat jako „respekt“ a to není rozhodně dobře. Proto klíčovou myšlenkou mém projektu je použití měkkého organického tvarování, jenž nevyvolá napětí. Použití měkkých a přírodněji tvarovaných křivek má rozhodně pozitivní psychologický dopad na pacienta a snižuje tak jeho nervozitu, která je zde velmi nežádoucí.



Obr. 1.34 Pohyby vykonávané angiografem

Z designového hlediska jde sortiment angiografů rozdělit na tři hlavní skupiny:

a) angiografy s ramenem zavěšený u stropu na pojízdných kolejkách

Design angiografů tohoto typu je jednodušší a čistší než u variant s ukotvením ramene v podlaze. Tím, že je C-rameno odpoutáno od podlahy, získává lehkost a eleganci. Nejsou zde žádné výraznější rušivé elementy, C-rameno zde zcela dominuje.

Velkou předností této konstrukce je, že rameno lze libovolně posouvat ve vodorovných osách x a y, a to díky závěsu na pojízdných kolejkách. Velmi snadno tedy docílíme pokrytí celého těla pacienta. Rameno taktéž můžeme kdykoliv odsunout zcela stranou. Tento typ se často také používá na operačních sálech.

Nevýhodou může být komplikovanější montáž a nároky na konstrukci stropu.



Obr. 1.35 Philips Allura Xper

b) angiografy s ramenem ukotveným v podlaze

Tento typ angiografů má oproti předcházejícímu typu nevýhodu v komplikovanosti tvarování podstavy. Podstatně složitější je také vyrovnat se přecházejícímu typu dosahem C-ramene. Proto se častěji používá na pracovištích, kde se neprovádějí příliš komplikované výkony, nebo se používá jako sekundární angiograf v biplane angiografickém kompletu. Jedná se o kombinaci dvou angiografů - se stropním zavěšením C-ramene a C-ramene s ukotvením v podlaze. Z důvodu zadání a řešitelnosti této diplomové práce jsem se rozhodl právě pro tento typ angiografického přístroje.



Obr. 1.36 Shimadzu AngioSPEED HF

c) ostatní typy angiografů (biplane, rameno ukotvené na stěně, mobilní atd.)



Obr. 1.37 Philips Integris Allura Biplane



Obr. 1.38 Siemens Artis Zeego



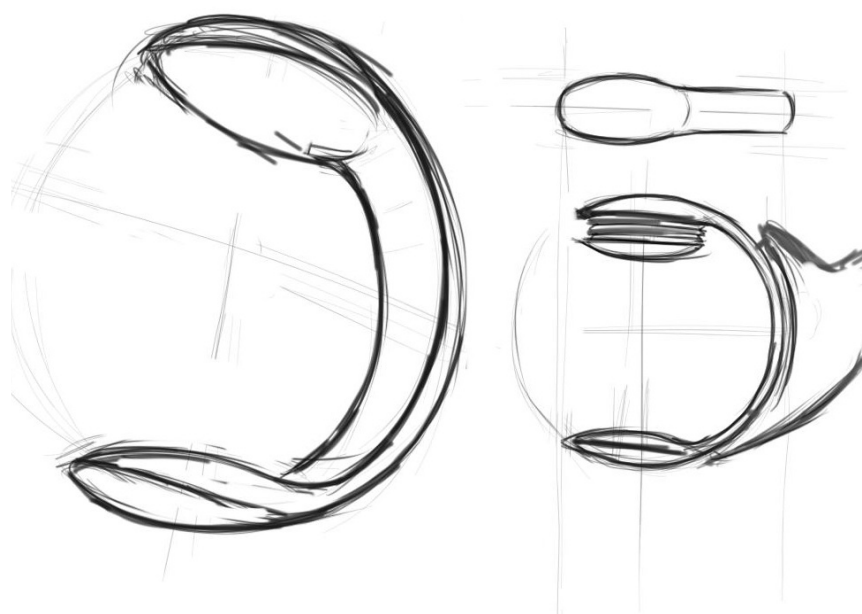
Obr. 1.39 Shimadzu Cvision Safire

**2. VARIANTNÍ STUDIE
DESIGNU A KONEČNÉ
TVAROVÉ ŘEŠENÍ**

2.1 Prvotní návrhy a skici

Protože designově nejdůležitější částí angiografu je C-rameno, které je tvarově velmi zajímavé a výrazné, začínal jsem při navrhování designu právě od něj.

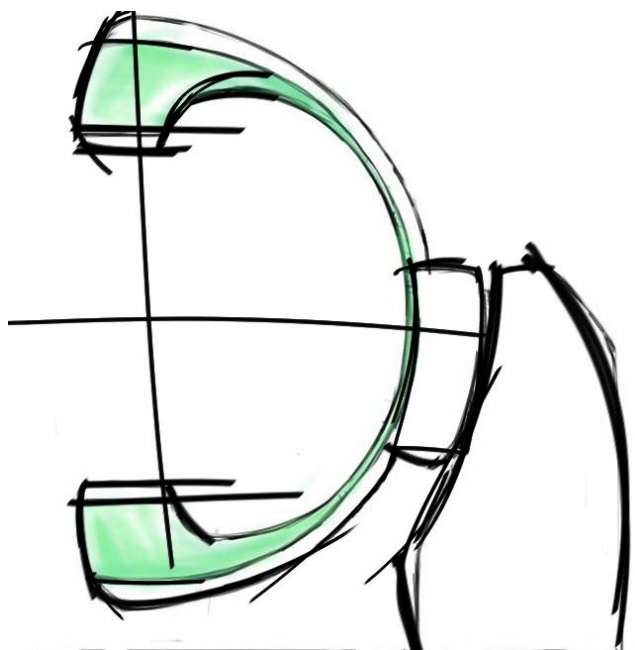
Na první skice obr. 2.1 jsem se nechal inspirovat plynulým a jemným tvarování čajové lžičky. Tvar se mi líbil, ale po technické stránce nebyl příliš použitelný. Později jsem se k tomuto návrhu vrátil a inspiroval jsem se jím u konečné varianty.



Obr. 2.1 Skica C-ramene

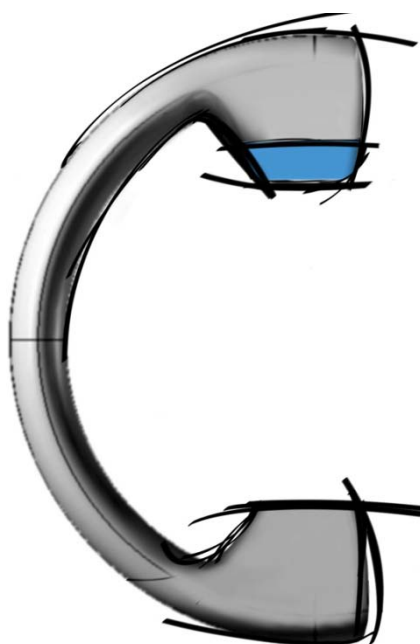


Obr. 2.2 Skica C-ramene



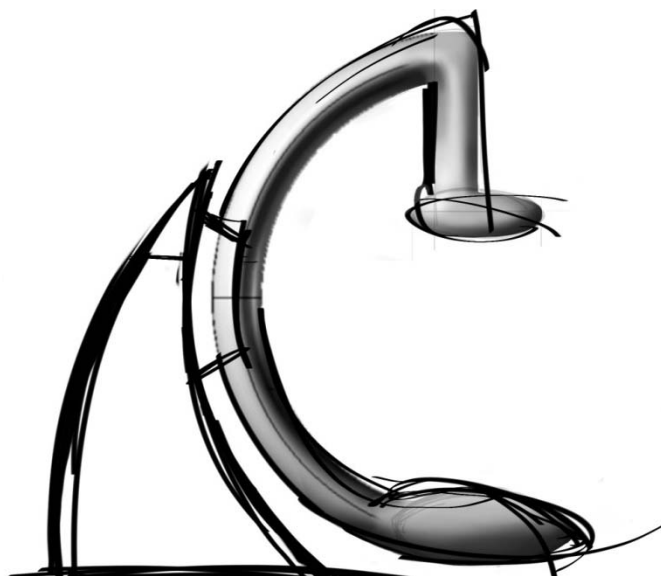
Obr. 2.3 Skica C-ramene

Na obr. 2.4 je varianta, o které jsem vážně uvažoval, tvarově jednoduché. Nakonec jsem ale od této koncepce upustil, neboť se mi zdála jako příliš konvenční.



Obr. 2.4 Skica C-ramene

Výchozí skicou pro další práci jsme společně s vedoucím práce zvolili obr. 2.5, a to protože jde o skutečně organický tvar a něco zcela nového než je stávající produkce. Uvažoval jsem použití plochého FPD detektoru, který nebude čtvercového půdorysu, ale kruhového. Tato volba se ukázala jako správná cesta, neboť opravdu vedla k organičtějším designu.



Obr. 2.5 Skica C-ramene realizované varianty

2.2 Finální koncept

Tělo ramene vychází z půloblouku o elipsovitém průřezu. Na spodním konci ramene je rentgenka umístěná do objektu trojosého (protaženého) elipsoidu. Trojosý elipsoid z toho důvodu, aby se do něj rozměrově vešla válcovitá rentgenka s kolimátorem, zdrojem napětí a potřebnou elektronikou. Na protilehlé straně je rameno zalomeno směrem k rentgence a na konci je detektor integrovaný do objektu o tvaru rotačního elipsoidu. Všechny tři objekty tedy spojuje průřez stejného charakteru. Dalším krokem navrhování byla tvorba hmotových studií C-ramene (obr. 2.6 – 2.12).



Obr. 2.6 Výchozí hmota.



Obr. 2.7 Hmotová studie



Obr. 2.8 Hmotová studie



Obr. 2.10 Hmotová studie



Obr. 2.9 Hmotová studie



Obr. 2.11 Hmotová studie

Na původním jednoduchém tvaru (obr. 2.6) jsem udělal plynulé přechody mezi jednotlivými segmenty ramene. V místě zalomení ramene jsem také uvažoval místo zaoblení možnost ostré hrany, ta ale z některých pohledů nepůsobila dobře – koncertovalo se zde napětí a celé rameno tak opticky rozbíjela na více částí. Dalším pokusem bylo vytvořit tvarově zajímavou plochu řezem ramene po jeho obvodu. Protože mi bylo jasné, že v dalších fázích designování přibudou spáry a technické detaily, rozhodl jsem se pro tvarově nejčistší variantu (obr. 2.7). Po ujasnění tvaru ramene jsem tedy pokračoval designováním podstavy C-ramene a vyšetřovacího stolu. Po mnohých úvahách jsem se rozhodl vedení ramene umístit, místo po jeho obvodu, na jeho hřbet (obr. 2.12). Tím získám jednodušší a elegantnější, snadnější snímání krytů při servisování. Díky snadnějšímu přístupu pod kryty jsem vyřešil vedení kabelů jejich integrací do těla ramene. Odstraněním kabelů jsem se vyhnul jednomu z problémů designu stávajících výrobků.

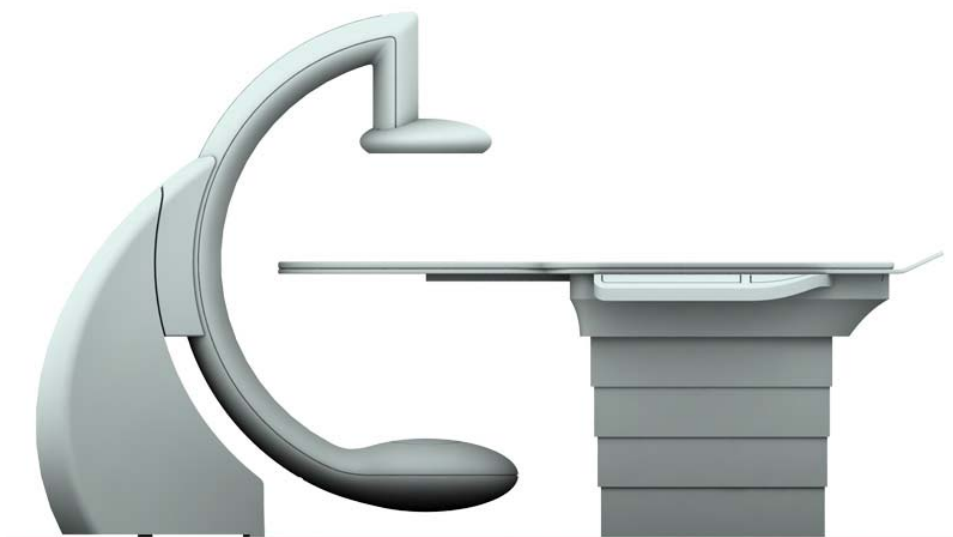


Obr. 2.12 Podstava s vedením, C-rameno a komplet

Design podstavy vycházel přímo ze skici (obr. 2.5). Oproti skici jsem však změnil tvar vedení, které nyní plynule navazuje na podstavu a ve výchozí poloze je hřbetní a boční plocha podstavy totožná s plochou vedení. Boční plochy se směrem k ramenu sbíhají a na jeho úrovni plynule navazují na tvar ramene. Plocha vnitřní strany vedení i podstavy kopíruje tvar ramene. S tímto tvarem jsem byl zcela spokojen, proto jsem pokračoval dále.

Další etapou navrhování byl samostatný angiografický stůl. Ten se skládá z teleskopické konzoly stolu, umožňující měnit jeho světlostou výšku z ovládacího panelu, vedení desky stolu a samotné desky.

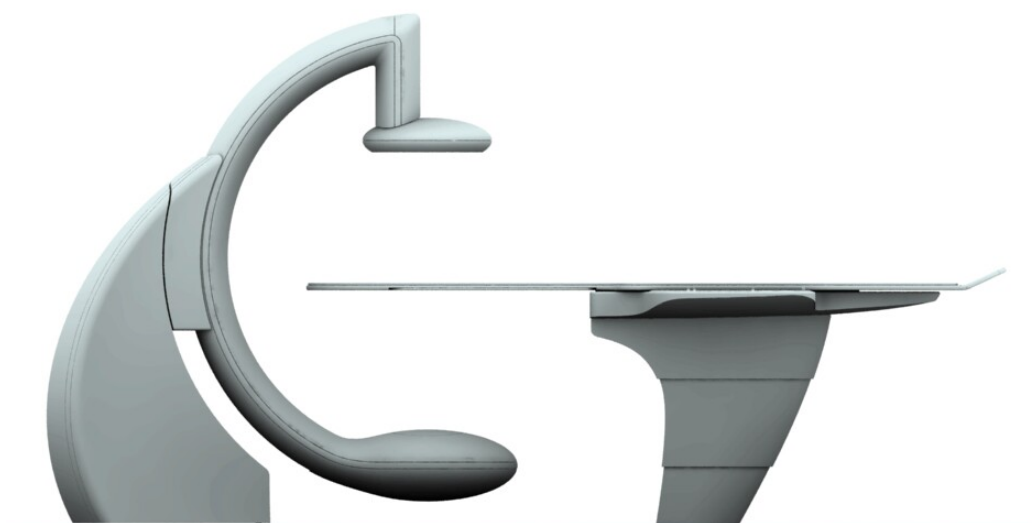
První varianta stolu sloužila spíše pro ujasnění si funkcí, ergonomie a technických požadavků (obr. 2.13). V další jsem změnil přílišnou vizuální strnulost a mohutnost první varianty na design, který by svojí podobou byl části s ramenem příbuznější. Provedl jsem tedy zaoblení na části teleskopické konzoly tak, aby lépe doplňovala celek (obr. 2.14). Výsledek však nebyl podle mého očekávání. Konzola se nyní zdála oproti zbytku stále příliš mohutná a plocha teleskopické části příliš členěná. Dalším problémem této koncepce bylo to, že se vnitřní strana konzoly nacházela příliš blízko C-rameni a mohla by tak bránit většímu úhlu vytočení C-ramene (viz kap. 5.2, obr. 5.6). Také proto jsem provedl z vnitřní strany konzoly půlobloukové vybrání. Teleskopickou část jsem zredukoval ze čtyř stupňů na tři - opticky se tak plocha konzoly zjednodušila a je čistší. Ovládací panel a vedení desky stolu jsem integroval do jednoho kusu. Výsledkem byl zajímavý tvar – mezi koncem C-ramene a vnitřní stranou konzoly tak vznikl zajímavý a hlavně funkční prostor. Na druhou stranu, se vzhled stolu stal až příliš dynamický a nevyjadřoval takovou stabilitu, jaká by se od stolu čekala (obr. 2.15).



Obr. 2.13 Varianta finálního konceptu – tvarování stolu

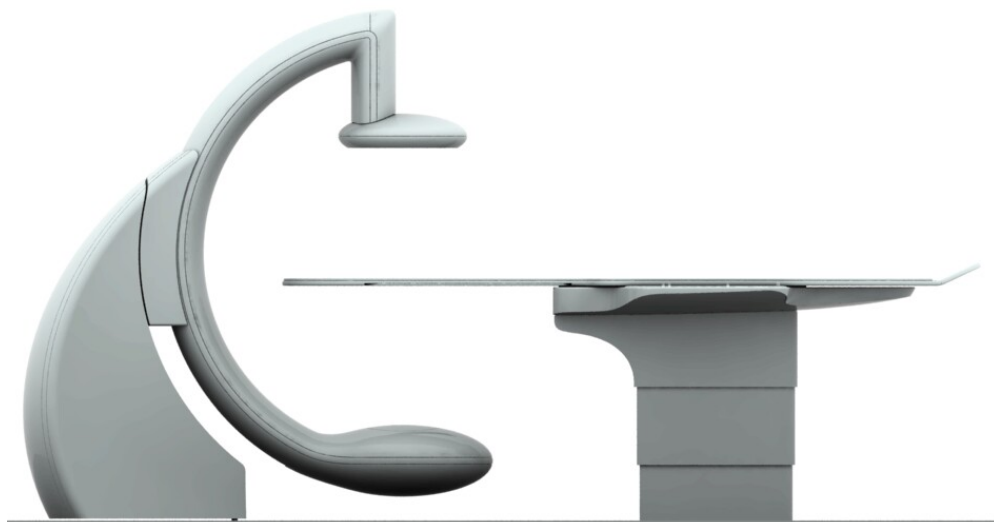


Obr. 2.14 Varianta finálního konceptu – tvarování stolu



Obr 2.15 Jedna z posledních variant

Pomocí kombinace designových prvků předchozích variant v konečnou finální – skloubení visuelní stability stolu a odlehčení vybráním v přední části konzoly a v horní části stolu dynamičtější částí s integrovaným ovládacím panelem.



Obr 2.15 Finální varianta



Obr. 2.16 Finální varianta v 3D pohledu

3. ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

3.1 Angiografický stůl a jeho polohovatelnost

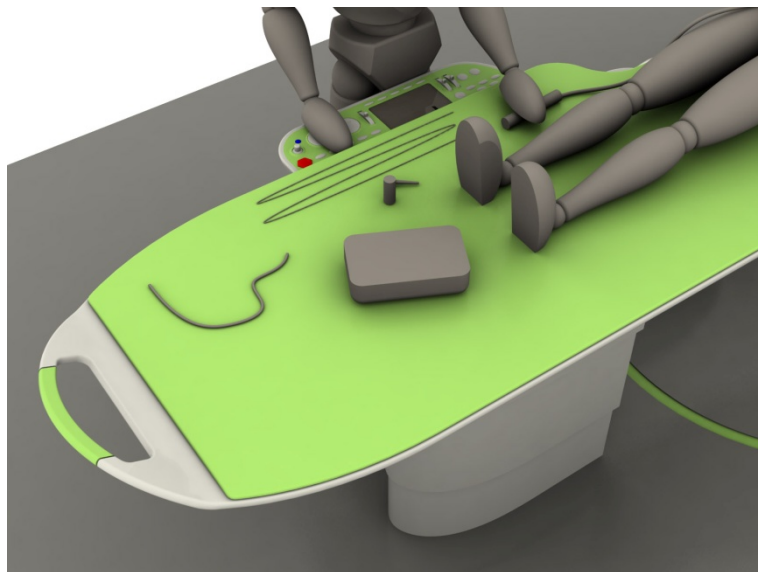
Ulehání pacienta na diagnostický stůl se usnadňuje snížením světlé výšky stolu a odsunutím (viz kap. 5.2) celého diagnostického přístroje stranou (obr. 3.1). Stůl je díky použití teleskopické konzoly ve vertikálním směru snadno polohovatelný. Při navrhování nejmenší světlé výšky jsem vycházel z ergonomicky doporučené světlé výšky sedáku 43cm. ^[5] Z konstrukčních důvodů je však nejnižší světlá výška stolu 45cm, což je stále přijatelná hodnota. Běžná pracovní světlá výška stolu je 100cm.

Pro lepší komfort pacienta během delších vyšetření je deska opatřena snímatelnou podložkou o tloušťce 2cm ze speciální pěny, která je radiolucenční (RTG průsvitná). Rozměrově je deska řešena co nejúspěšněji. Šířku jsem zvolil lehátka tak, aby i rezervou vyhovovala 95% percentilnímu pacientovi. Vycházel jsem z nejširšího rozměru 95% percentilní postavy, což je šířka v ramenou. U této postavy to se doporučuje hodnota 490mm. ^[5] Deska je dále směrem dozadu zhruba od místa, ve kterém se obvykle nachází pas ležícího pacienta, rozšířená na rozměr 802mm. Vzniká tak dostatečná pracovní plocha na zavádění katetru (obr. 3.2). Dále se na konci stolu nachází hlavní pracovní a odkládací plocha pro přípravu katetrů, zaváděčů, atd. Šířka této plochy je 802mm a její délka závisí na výšce ležícího pacienta, u 175cm vysokého pacienta, je to cca 820mm.

Pro diagnostiku horních končetin je deska stolu vybavena vyklápěcími podporami. Takto oddělená ruka se mnohem snadněji vyšetřuje (obr 3.3).



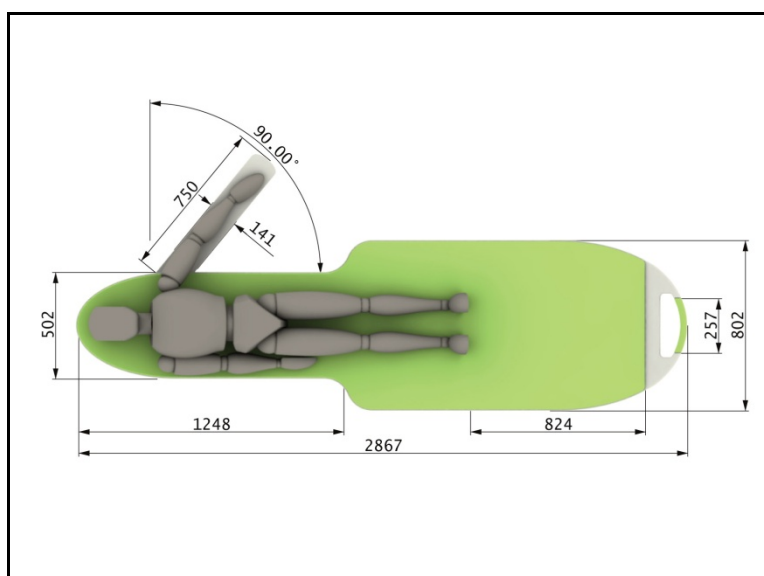
Obr. 3.1 Stůl v krajní poloze dole



Obr. 3.2 Pracovní a odkládací plocha stolu



Obr. 3.3 Použití podpory horních končetin

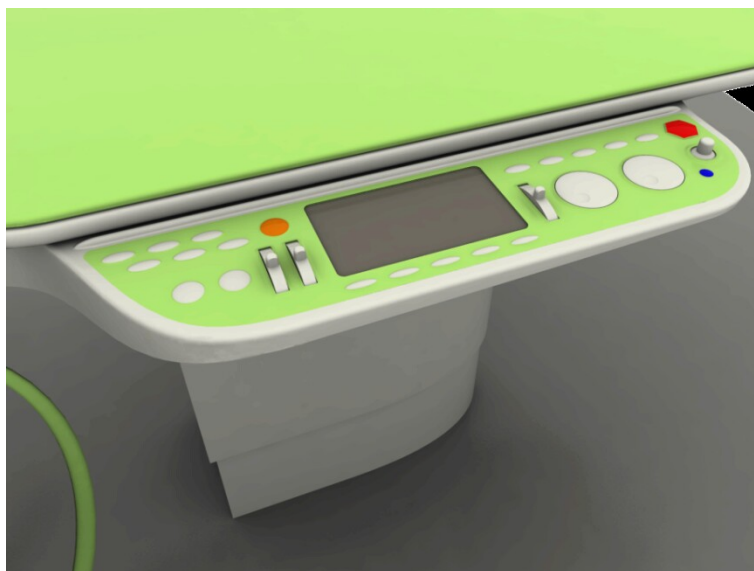


Obr. 3.4 Rozměry desky angiografického stolu

3.2 Ovládání

Ovládací panel je zakomponován do konzoly stolu. I když mojí původní myšlenkou bylo, aby byl panel ve vodorovném směru posunovatelný společně s deskou stolu, je nakonec navržen jako nepolohovatelný, a to z důvodu, že by se v některých případech mohl dostat do záběru RTG, což není žádoucí ať už z důvodů radiační ochrany lékaře či zaručení kvality snímkování.

Ovládací panel obsahuje řadu spínačů, dvě točítka, malý joystick a 8,5“ LCD dotekový displej. Nejdůležitější spínače jsou barevně odlišeny a STOP vypínač je nejen červený, ale i tvarově odlišený do šestiúhelníku (asociace s tvarem dopravní značky STOP). Z důvodů co nejjednoduššího udržování čistoty je klávesnice membránová. Celý přístroj je také možné ovládat z přidruženého počítačového stanoviště (není součástí této dip. práce).



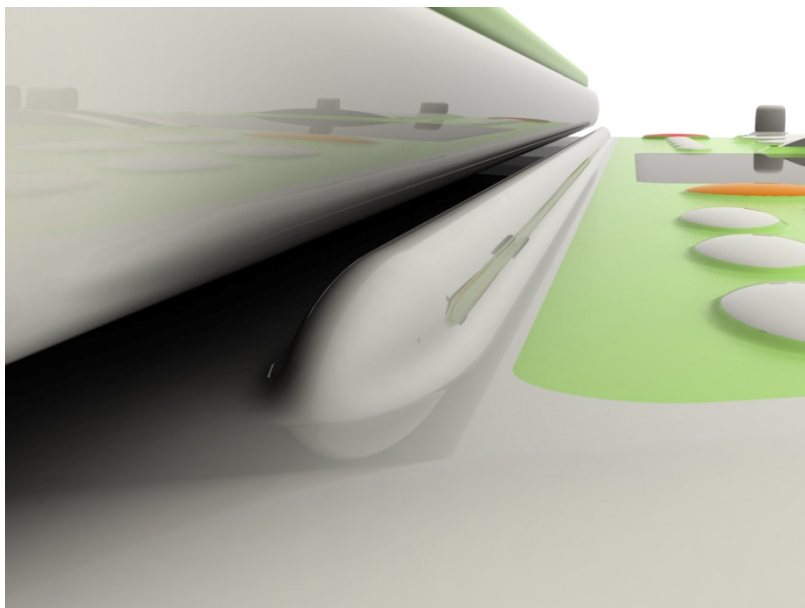
Obr. 3.5 Ovládací panel

3.3 Bezpečnost

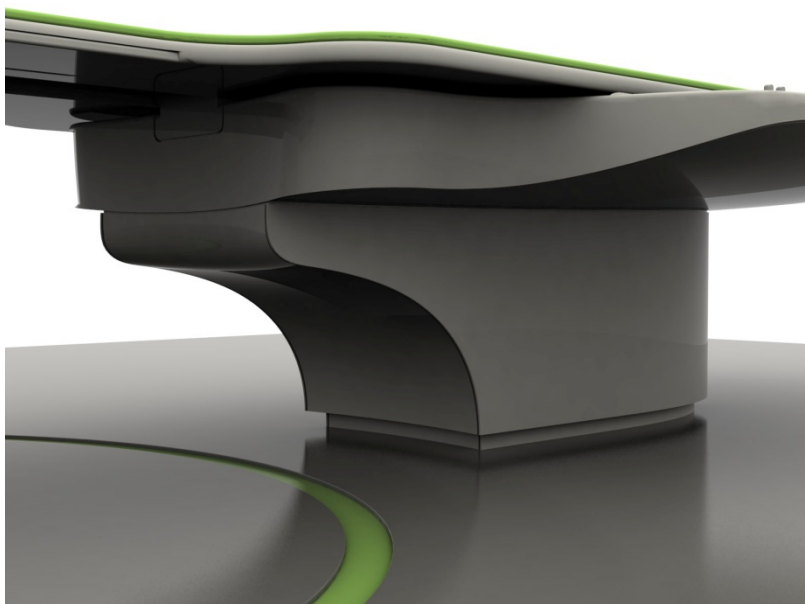
Protože při posouvání desky stolu hrozila určitá míra nebezpečí, že by mohlo v mezeře mezi ovládacím panelem a deskou stolu dojít ke skřípnutí prstu, byla přidána bezpečnostní lišta minimalizující toto riziko zranění (obr. 3.6).

Aby při spouštění stolu nedošlo ke skřípnutí špičky nohy mezi podlahu a stupně teleskopické konzoly, je zde třicetimetrové odsazení od podlahy (obr. 3.7).

Během otáčení točny v podlaze, jenž pohybuje angiogramem (viz. kap. 5.2), by mohlo dojít ke smýknutí nepozorné osoby, která by stála na pohyblivé části. Proto je pohyblivá část točny (mezikruží) barevně od podlahy odlišena a zapuštěna o 8mm pod úroveň podlahy (obr. 3.7). Toto sice kontaktu mezi obuví stojícího a pohyblivé části nezamezí úplně, ale minimalizuje plochu styku podrážky a točny.



Obr. 3.6 Bezpečnostní lišta



Obr. 3.7 Bezpečnostní odsazení

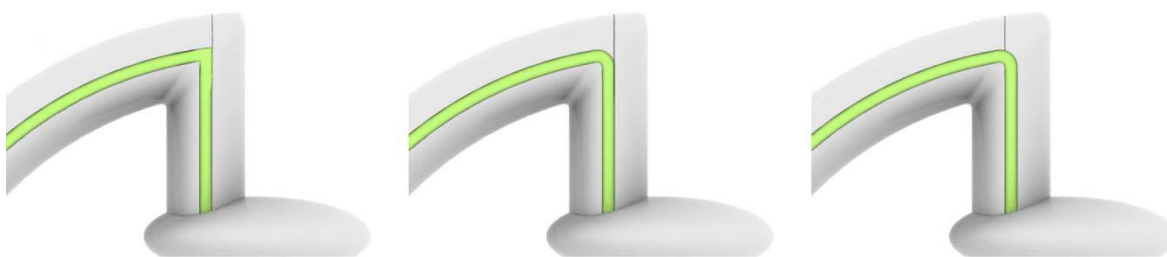
4. BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

Barevnost a její provedení je v tomto případě jedním z klíčových způsobů, jak ovlivňovat psychologického stav pacienta.

Angiografický komplet je z důvodů, protože jde o lékařský přístroj, je z větší části vyveden v bílé barvě. Je to především z hygienických důvodů, které bílá barva splňuje. Zároveň světlé barvy mají tendenci nadlehčovat a působí tedy pozitivně. Z důvodů stárnutí plastů a současné postupné přeměny bílé barvy na zažloutlou, tak doporučuji místo čistě bílé použít velmi, velmi světlou šedou RGB: 244,244,244.

Jako doplňkovou barvu jsem zvolil, barvu světle zelenou RGB:190,225,125. Zelená barva je barvou přírody, symbolizuje hojnost, růst, nový začátek a rozvoj. Pohled na zelenou uklidňuje nervy, oživuje oči, posiluje smysly a dává pocit klidu a zotavení, zlepšuje schopnost koncentrace a uklidňuje nervozitu. [6]

Zelenou barvu jsem použil na lištách, za kterými jsou skryty technologické spáry a šrouby (obr. 4.1 a 4.2). Zároveň posloužili ke zvýraznění jedinečnosti a elegance tvarování.



Obr. 4.1 Varianty vedení spáry na C-rameni

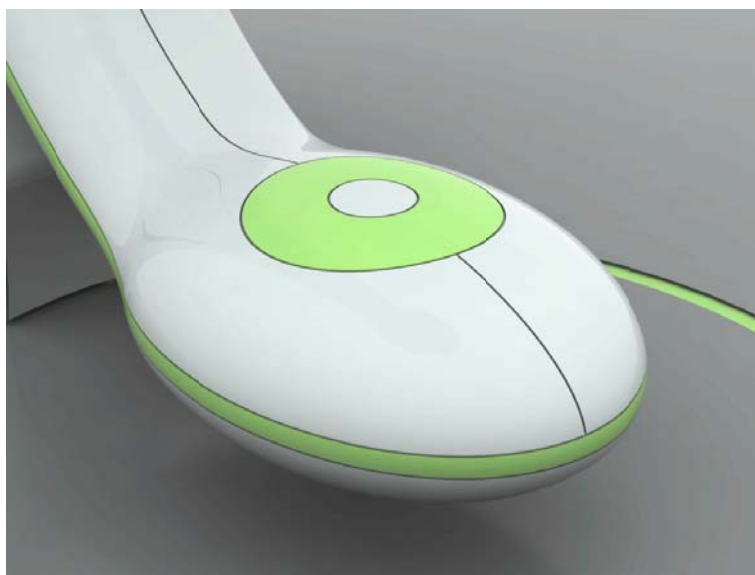


Obr 4.2 Varianty vedení spáry na hřbetu podstavy

Dále je pak zelené barva použita na ploše, na kterou bude pacient reagovat nejvíce. Toto plochou je bezesporu deska stolu, na kterém bude ležet a detektor který se bude k němu vysouvat (obr. 4.3). Pro zdůraznění funkční spojitosti rentgenky a detektoru, je barevně vyznačena také plocha v oblasti zářiče. Oblast kudy vycházejí z ramene RTG paprsky, je vynechána bílá plocha (obr. 4.4).



Obr 4.3 FPD z pohledu ležícího pacienta



Obr. 4.4 Detail části C-ramene v oblasti rentgenky

5. PROVOZNĚ TECHNOLOGICKÉ ŘEŠENÍ

5.1 Technická koncepce

5.1.1 Koncepce podstavy

Jedním z cílů řešení bylo vytvořit takový pohybový systém, který by zaručil snadné pokrytí celého ležícího pacienta C-ramenem. Chtěl jsem se však vyvarovat tvarově složitým konstrukcím. Inspirací k tomuto řešení mně byl systém točny použitý na ozařovacím přístroji Terabalt od společnosti UJP Praha (obr. 5.1). Celý systém spočívá ve dvojité podlaze, ve které je skryt pohon točny. Na tuto točnu je pak připojen stůl s řízeným podvozkem a otáčením točny dochází k otáčení stolu. V mém případě se však nebude otáčet stůl, ale podstava angiografu s ramenem. V podstatě jde tedy o řízený kulisový mechanismus. Aby byla vždy zaručena přesná poloha vůči nulovému bodu, na který rentgenový aparát míří, je směr pohybu stolu dodatečně usměrňován počítačem řízeným podvozkem.



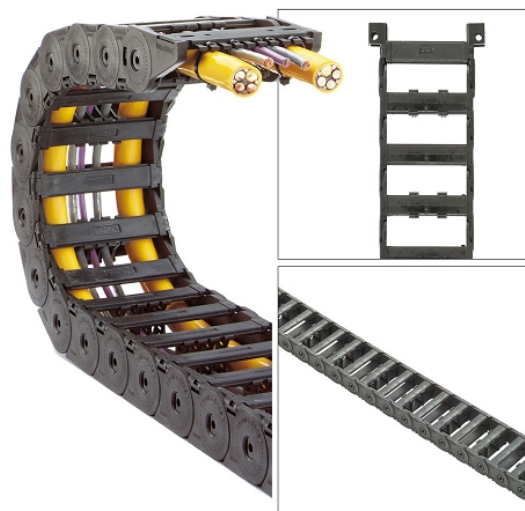
Obr. 5.1 UJP Praha Terabalt

5.1.2 Koncepce ramene

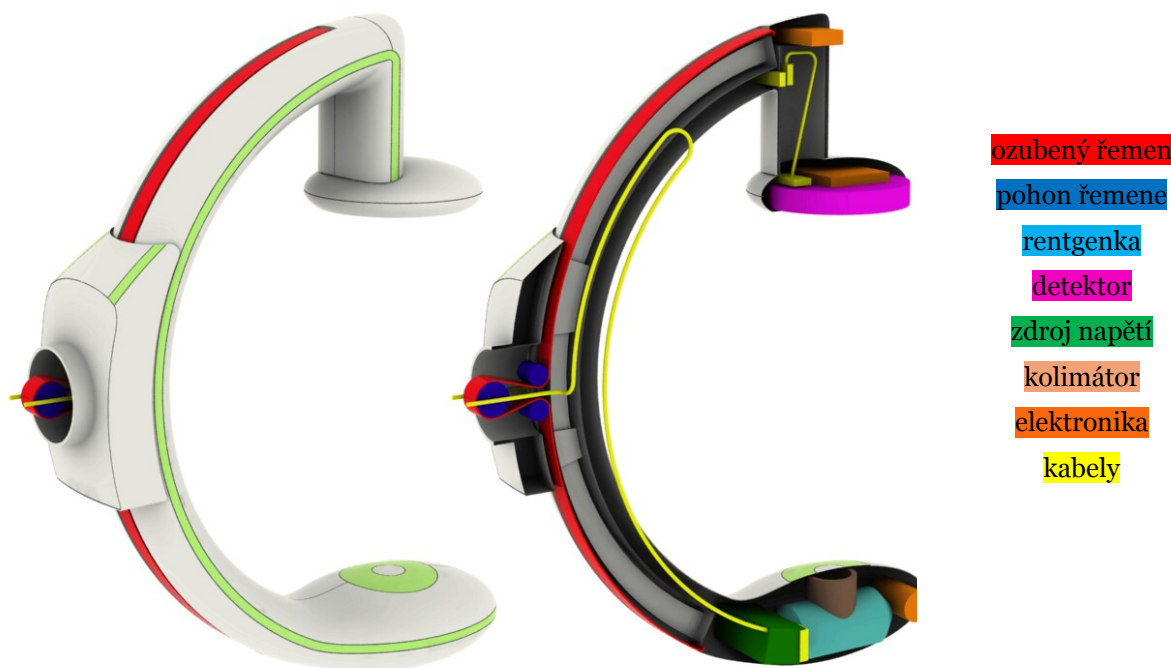
Protože důvodů uvedených v kap. 2.2, jsem si zvolil méně konvenční způsob vedení ramene než je obvyklé, bylo nutné vymyslet alespoň princip technického řešení problému. Obvykle je C-rameno, které má po obvodu drážku vedeno ve vedení s valivými elementy (obr. 5.2). Místo toho jsem umístil vedení ramene po obvodu hřbetu C-ramene (obr. 5.4). Vedení tak nejen nezasahuje tvarově do designu ramene, ale zároveň pomáhá zajišťovat správnou polohu hnacího řemene. Díky tvaru těla ramene, které má průřez elipsy, vzniká uvnitř také dostatečný prostor pro vedení kabelů. Aby nedocházelo k zamotávání kabelů, bylo by jejich vedení použito tzv. energetických řetězů (obr 5.3), které usměrňují jejich pohyb. Díky konstrukci vedení ramene, je kabeláž přístupná snadným odstraněním krytu.



Obr. 5.2 Konvenční způsob vedení C-Ramene s drážkou



Obr. 5.3 Energetický řetěz Viper 20



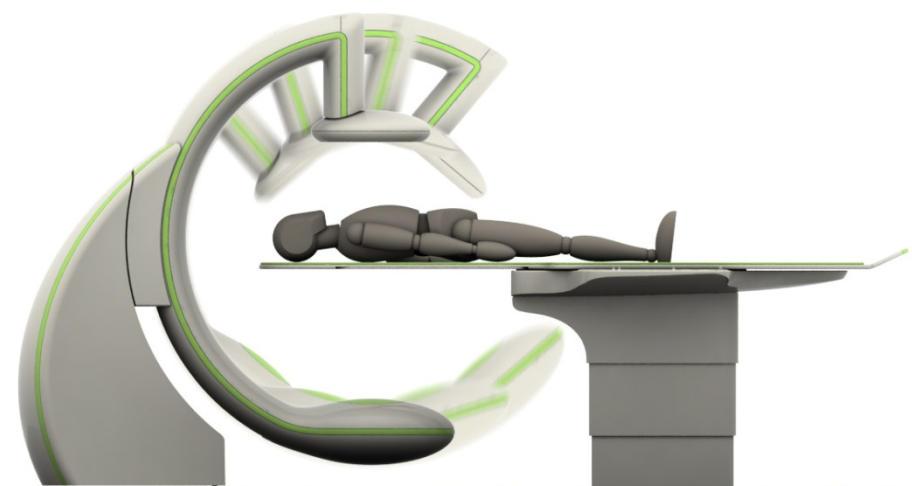
Obr. 5.4 Schéma s návrhem vedení C-Ramene a vyřešení vedení kabelů

5.1.3 Koncepce stolu

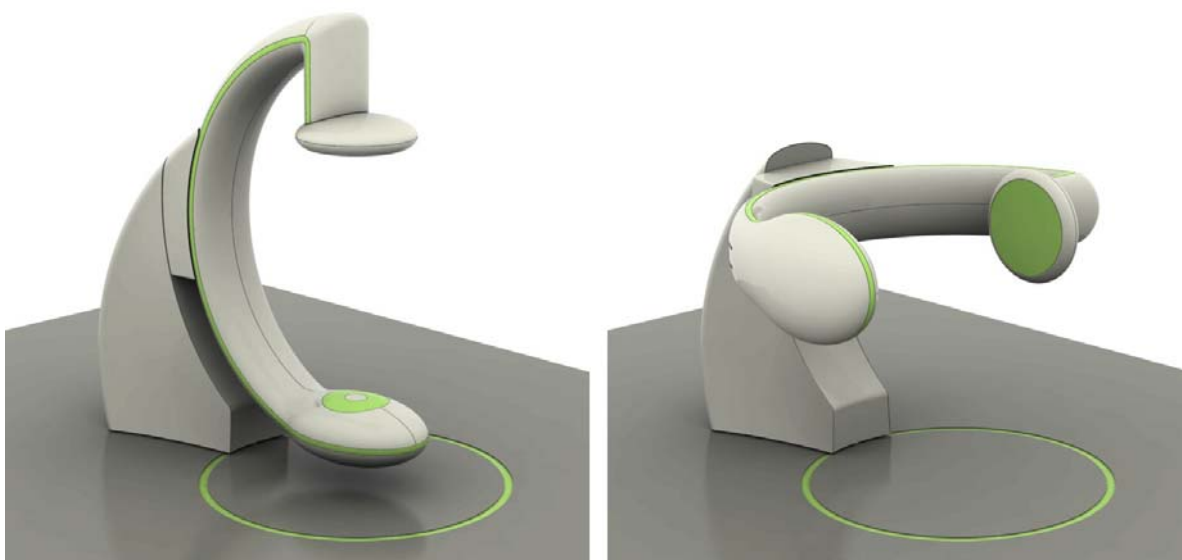
Vertikální polohování je zajištěno klasickým hydraulickým systémem. Horizontální polohování je řízeno krokovým elektromotorem, nebo manuálně táhnutím za madlo. Desku stolu je možné z výchozí polohy vysunout o max. 1150 mm. Při vyšších hmotnostech pacienta než cca 170kg je možné použít výsuvnou podporu.

5.2 Rozsah pohybů přístroje

5.2.1 Rameno a podstava



Obr 5.6 Rotace C–ramena kolem osy ramene



Obr 5.7 Rotace C–ramena kolem osy vedení



Obr 5.8 Pohyb podstavy po podlaze

5.2.2 Stůl

Nejmenší světlá výška stolu při nasedání pacienta je 450 mm, běžná pracovní výška stolu, kdy pacient leží v ose rotace ramene je 1000 mm a největší světlá výška 1100 mm.

5.3 Použité materiály

Angiografický komplet je velmi nákladný přístroj, jehož hodnota se dle technické specifikace pohybuje v cenách od 25 – 40 mil. Kč [7], proto tomu také odpovídá kvalita použitých materiálů. Aby byl přístroj co nejlehčí, tak konstrukce je z hliníkových a hořčíkových slitin, deska stolu kvůli požadavkům vysoké pevnosti a co nejlepší propustnosti RTG záření je z uhlíkových vláken a matrace ze speciální radiolucentní pěny. Z důvodů malých sérií (řádově stovky) by byli plasty vyráběny vakuovým lisováním.

6. ZÁVĚR

Hlavním přínosem řešení, a také důvod, kvůli kterému bylo toto téma zpracováno, je vytvoření originálního a nového designu. Došlo k tvarovému sjednocení C-ramene, jeho vedení a podstavy do jednoho celku. Integrací kabelů do těla C-ramene bylo dosaženo dalšího designového zjednodušení. Barevnost byla vybrána v souladu s psychologickými účinky barev a má nejen uklidňující účinek, ale také zvýrazňuje důležité funkční a tvarové prvky celého přístroje. Výsledkem je příjemný, měkký a organický design, který pomůže odbourat stres pacienta.

Z technického hlediska byl řešen především pohybový systém. Namísto použití systému ramen, je zde použito točny integrované do podlahy. Výsledkem je jednodušší a elegantnější design za současného zlepšení dosahu C-ramene. Takto řešený systém společně s výsuvným stolem velmi snadno pokryje celé tělo pacienta. Bylo tak dosaženo zlepšení komfortu jak pro pacienty, tak i pro ošetřujícího lékaře.

Přestože nebylo v možnostech této práce rozvinout více technické řešení, ale dle mého názoru je výsledek této práce realizovatelný.

Práce na tomto projektu mi přinesla spoustu nového poznání z lékařského prostředí a to jak může design zasahovat i do tohoto segmentu produkce výrobků. Získal jsem také spoustu cenných zkušeností o řešení problému komplexním a detailním způsobem.

7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

9.1 Publikace a online zdroje

- [1] KASPEROVÁ, Martina. Angiografie. *Www.ordinace.cz* [online]. 9. září 2004 [cit. 2008-05-13]. Dostupný z WWW: <<http://www.ordinace.cz/clanek/angiografie/>>.
- [2] Intervenční radiologie . *Www.angio.sk* [online]. 2007 [cit. 2008-05-13]. Dostupný z WWW: <http://angio.sk/index.php?s_id=0201&mn_id=L>.
- [3] MeDitorial s.r.o.. *Www.ulekare.cz* [online]. MeDitorial s.r.o., c2003-2007 [cit. 2008-05-13]. Dostupný z WWW: <<http://www.ulekare.cz/clanek?id=5e628840e4398652701af763f0b9936d&search=angiografi&from=00>>.
- [4] KRAJINA, Antonín, HLAVA, Antonín. *Angiografie*. 1. vyd. Hradec Králové : Nucleus HK, 1999. 550 s. s. ISBN 80-901753-6-8.
- [5] CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 1. Dotisk vyd. Praha : Vydavatelství ČVUT v Praze, 2005. 137 s. ISBN 80-01-02301-X.
- [6] Psychoterapie.estranky.cz : Barvy - co znamenají [online]. c2005-2007 [cit. 2008-05-03]. Dostupný z WWW: <http://www.psychoterapie.estranky.cz/stranka/barvy-co-znamenaji_>.
- [7] Výbor Radiologické společnosti ČLS JEP. Koncepce radiologických oborů, schválena 24.3.2005, [cit. 2008-05-13]. Dostupný z WWW: <http://www.crs.cz/down_art.php?typ=pdf&file_nr=408>.

9.2 Obrázky

- [1.1] Fakultní nemocnice v Motole, Radioterapeuticko - onkologické oddělení [online] [cit. 2008-03-04]. WWW: <<http://www.gypy.sk/zoe/www%20full%20version%2027/pokl/SubtrRtg.gif>>.
- [1.2] Koninklijke Philips Electronics N.V. [online] [cit. 2008-03-04]. WWW: <http://www.medical.philips.com/main/products/xray/assets/images/dosewise/DoseWise_neuropic.jpg>.
- [1.3] GE Healthcare [online] [cit. 2008-03-04] WWW: <<http://www.bjheartcenter.com.cn/en/uploadfile/200708/20070808030021629.jpg>>.
- [1.4] Stanford Hospital & Clinics [online] [cit. 2008-05-08] WWW: <http://www.stanfordhospital.com/healthlib/greystone/heartcenter/heartprocedures/%7Bof35de2d-7fcd-446f-ae4-136ba912ba47%7D/heartCenter/images/es_0086.gif>.
- [1.5] Encyclopædia Britannica [online] [cit. 2008-05-12] WWW: <<http://www.britannica.com/eb/art-95218>>.
- [1.6] The University of North Carolina at Chapel Hill; [online] [cit. 2008-05-12] WWW: <<http://www.unc.edu/news/pics/research/talent.jpg>>.
- [1.7] University at Buffalo Toshiba Stroke Research Center A [online] [cit. 2008-05-12] WWW: <http://www.smbs.buffalo.edu/medphysics/images/image_stent1.gif>.
- [1.8] University at Buffalo Neurosurgery, Inc [online] [cit. 2008-05-12] WWW: <<http://www.ubneurosurgery.com/images/uploaded/ubuff/AneurysmCoilangioB.jpg>>.
- [1.9] University at Buffalo Neurosurgery, Inc [online] [cit. 2008-05-12] WWW: <<http://www.ubneurosurgery.com/images/uploaded/ubuff/AneurysmCoilangioA.jpg>>.

- [1.10] Siemens AG [online] [cit. 2008-03-11] WWW:
<http://www.medical.siemens.com/siemens/en_INT/gg_ax_FBAs/images/product_images/02_Artis_zee_ceiling_angio/Artis_zee_ceiling_overview_viewer.jpg>.
- [1.11] Siemens AG [online] [cit. 2008-03-11] WWW:
<http://www.medical.siemens.com/siemens/en_INT/gg_ax_FBAs/images/product_images/03_Artis_zee_floor_angio/Artis_zee_floor_overview_viewer.jpg>.
- [1.12] Siemens AG [online] [cit. 2008-03-11] WWW:
<http://www.medical.siemens.com/siemens/en_INT/gg_ax_FBAs/images/product_images/05_Artis_zee_biplane_angio/Artis_zee_biplane_overview_viewer.jpg>.
- [1.13] Siemens AG [online] [cit. 2008-03-11] WWW:
<http://www.medical.siemens.com/siemens/en_INT/gg_ax_FBAs/images/product_images/04_Artis_zee_multipurpose/Artis_zee_multipurpose_overview_viewer.jpg>.
- [1.14] Siemens AG [online] [cit. 2008-03-11] WWW:
<http://www.medical.siemens.com/siemens/en_INT/gg_ax_FBAs/images/product_images/01_Artis_zeegeo_angio/Artis_zeegeo_overview_viewer.jpg>.
- [1.15] Siemens AG [online] [cit. 2008-03-11] WWW:
<http://www.medical.siemens.com/siemens/en_INT/gg_ax_FBAs/images/product_images/AXIOM_Artis_U/AXIOM_Artis_U_overview_h6.jpg>.
- [1.16] Siemens AG [online] [cit. 2008-03-11] WWW:
<http://www.medical.siemens.com/siemens/en_INT/gg_ax_FBAs/images/product_images/03_Artis_zee_floor_angio/Artis_zee_floor_overview_viewer.jpg>.
- [1.17] Taiwan Medical System Net [online] [cit. 2008-04-02] WWW:
<<http://www.medicalsystem.com.tw/chinese/part-sales/x-ray/img/ct5.jpg>>.
- [1.18] Production Engineering - Medical Equipment Division [online] [cit. 2008-04-02] WWW:
<http://www.pemed.com/radparts/getuvecollimator32_8.jpg>.
- [1.19] United Medical Technologies Corp. [online] [cit. 2008-03-11] WWW: <<http://www.radiology-equipment.com/instrumentpics/111.jpg>>.
- [1.20] Grupo Tecnologico Del Peru S.A. [online] [cit. 2008-03-11] WWW:
<www.gtp.com.pe/images/radiologia.jpg>.
- [1.21] Shimadzu Corporation [online] [cit. 2008-03-04] WWW:
<<http://www.shimadzu.com/products/medical/oh80jt0000001x02-img/oh80jt0000001zy3.jpg>>.
- [1.22] Koninklijke Philips Electronics N.V. [online] [cit. 2008-03-11] WWW:
<http://www.medical.philips.com/main/products/cardiovascular/assets/multimedia/allura_xper_fd_10_10/Allura_Xper%20FD10_10_Overview.wmv>.
- [1.23] Beijing Teda Oriental Medical Equipment Co.,Ltd [online] [cit. 2008-05-03] WWW:
<<http://www.tomec.com.cn/images/cpjs/%D2%BD%D3%C3X%CF%DF%D5%EF%B6%CF%C9%E8%B1%B8-2-2.gif>>.
- [1.24] Beijing Teda Oriental Medical Equipment Co.,Ltd [online] [cit. 2008-05-03] WWW:
<<http://www.tomec.com.cn/images/cpjs/%D2%BD%D3%C3X%CF%DF%D5%EF%B6%CF%C9%E8%B1%B8-2-3.gif>>.
- [1.26] Shimadzu Corporation [online] [cit. 2008-03-05] WWW:
<<http://www.compray.com/products/shimadzu/hearthf/7.jpg>>.
- [1.27] United Medical Technologies Corp. [online] [cit. 2008-03-11] WWW: <<http://www.radiology-equipment.com/instrumentpics/111.jpg>>.
- [1.28] Koninklijke Philips Electronics N.V. [online] [cit. 2008-04-15] WWW:
<<http://www.kamep.net/isikai/H/busyo/houka/image/h-image7.jpg>>.

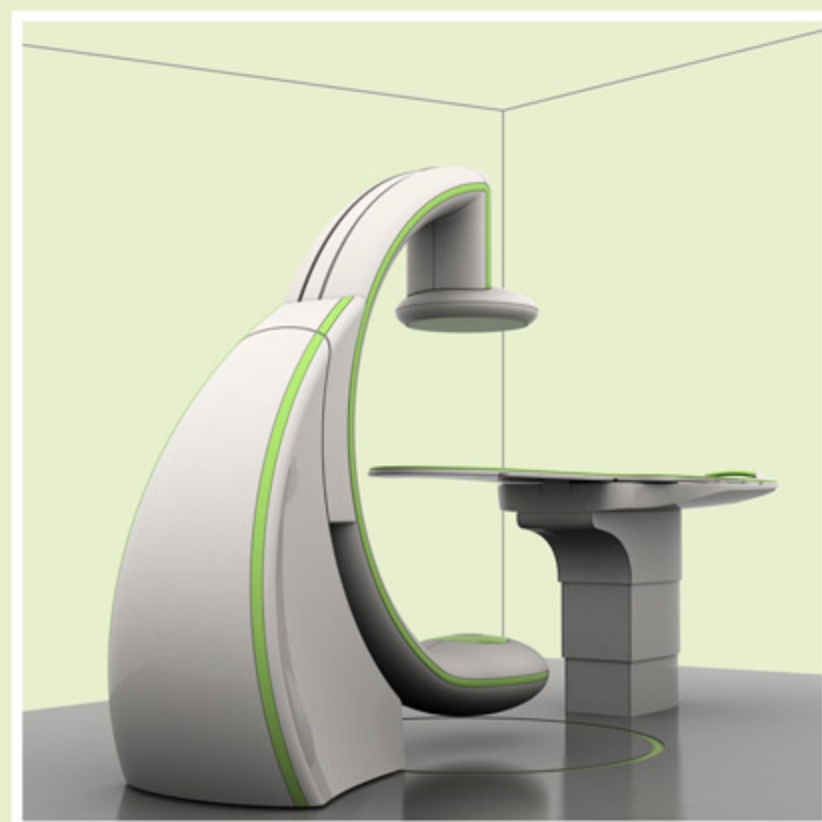
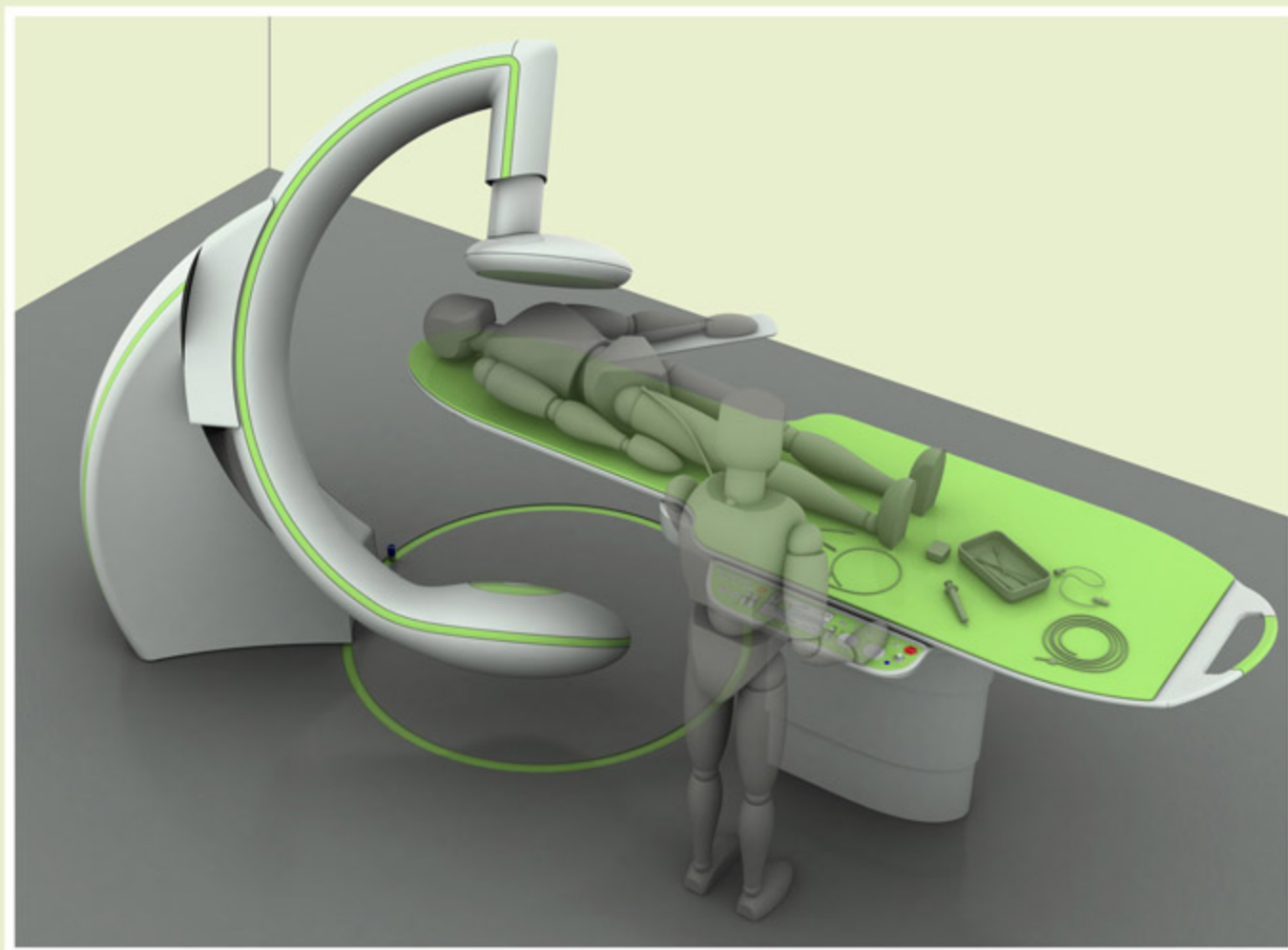
- [1.29] Koninklijke Philips Electronics N.V. [online] [cit. 2008-05-05] WWW:
<http://www.villa.net.pl/public/layouts/villa/wydania/design/47_philips/01.jpg>.
- [1.30] Siemens AG [online] [cit. 2008--] WWW:
<http://www.medical.siemens.com/siemens/en_INT/gg_ct_FBAs/files/brochures/ct_somatom_emotion.pdf>.
- [1.31] United Medical Technologies Corp [online] [cit. 2008-03-11] WWW: <<http://www.radiology-equipment.com/instrumentpics/ACFFAB7.jpg>>.
- [1.32] GE Healthcare [online] [cit. 2008-05-05] WWW:
<<http://www.sppcr.online.pt/GEHealthcare%20logo.jpg>>.
- [1.33] PT Fondaco Mitratama [online] [cit. 2008-05-05] WWW:
<<http://www.fondacommedical.com/images/product/136.jpg>>.
- [1.34] Siemens AG [online] [cit. 2008-04-13] WWW:
<http://www.medical.siemens.com/siemens/en_INT/gg_ax_FBAs/images/product_images/03_Artis_zee_floor_angio/Artis_zee_floor_overview_viewer.jpg>.
- [1.35] Koninklijke Philips Electronics N.V. [online] [cit. 2008-05-05] WWW:
<http://www.villa.net.pl/public/layouts/villa/wydania/design/47_philips/01.jpg>.
- [1.36] Shimadzu Corporation [online] [cit. 2008-05-13] WWW: <http://www.shimadzu-sng.ru/pictures/aspeed_hf.gif>.
- [1.37] Koninklijke Philips Electronics N.V. [online] [cit. 2008-04-23] WWW:
<http://www.medical.philips.com/kr/products/cardiovascular/assets/images/allura1215biplane_big.jpg>.
- [1.38] Siemens AG [online] [cit. 2008-04-04] WWW:
<http://www.medical.siemens.com/siemens/ja_JP/gg_ax_FBAs/images/product_images/01_Artis_zeego_angio/zeego_overview_viewerJ.jpg>.
- [1.39] Shimadzu Corporation [online] [cit. 2008-05-12] WWW:
<<http://www.shimadzu.co.jp/news/press/images/050222.jpg>>.
- [5.1] UJP Praha [online] [cit. 2008-04-20] WWW:
<<http://www.czechdesign.cz/foto.php?lang=1&status=obr&c=1284&o=8644>>.
- [5.2] Koninklijke Philips Electronics N.V. [online] [cit. 2008-05-08] WWW:
<http://www.pr.philips.pl/data/product/small/1119795908_324588.jpeg>.
- [5.3] Wampfler s.r.o.; [online] [cit. 2008-05-08] WWW:
<http://www.wampfler.cz/data/files/bildarchiv/3000_Viper20_105_72_4.jpg>.

8. SEZNAM PŘÍLOH

1. **Sumarizační poster (1 x A1)**
2. **Technický poster (1 x A1)**
3. **Ergonomický poster (1 x A1)**
4. **Designérský poster (1xA1)**

5. **Model (1 x M 1:6)**

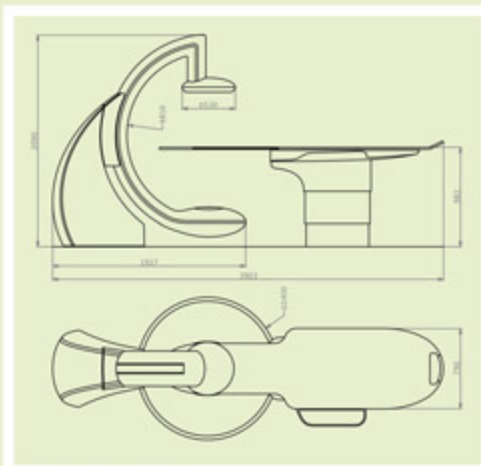
6. **Dokumentační CD (1x)**



3D pohled na komplet



detail rentgenky



základní rozměry

SUMARIZAČNÍ POSTER

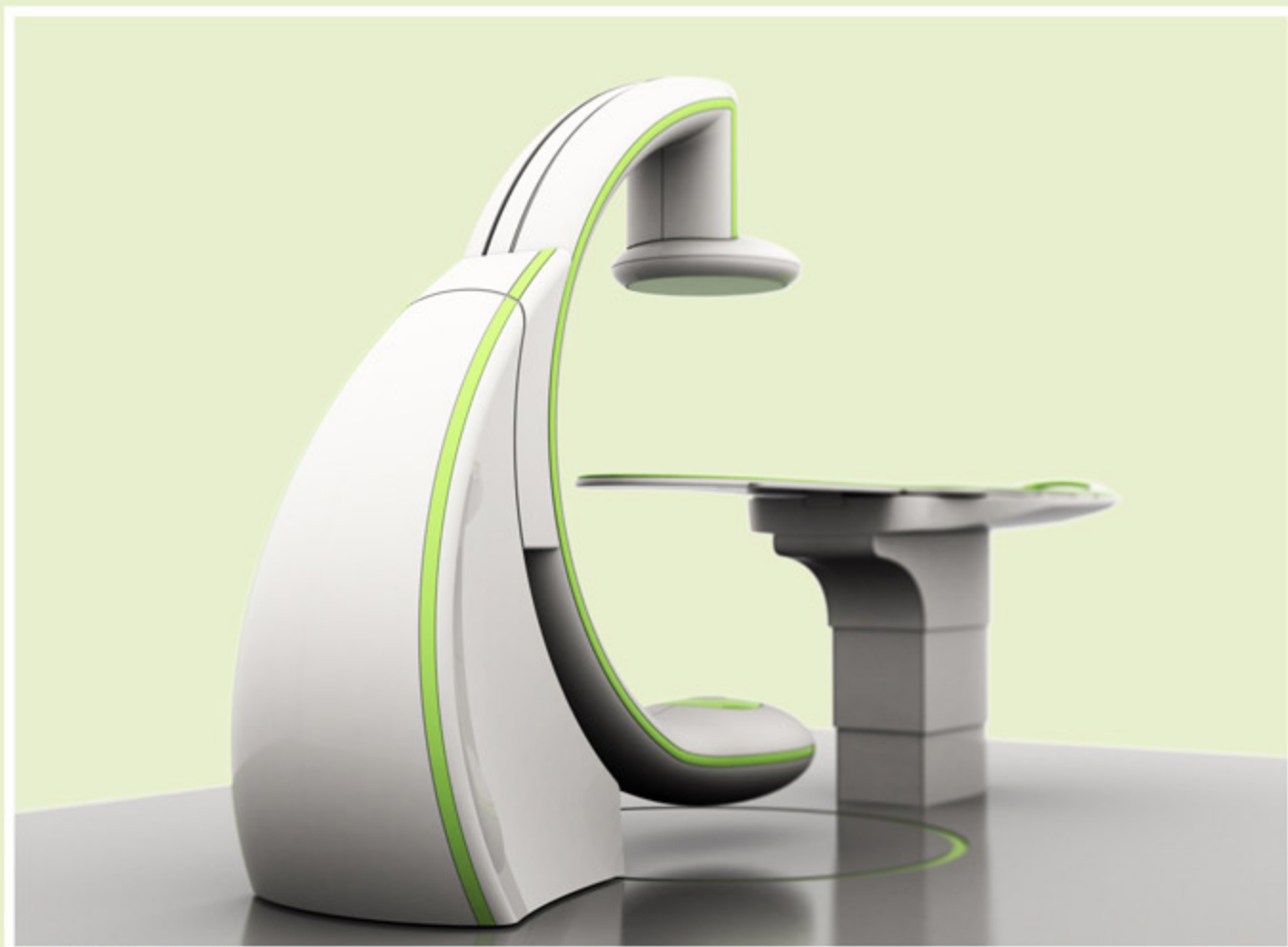
DESIGN RENTGENOVÉHO ZAŘÍZENÍ – ANGIOGRAF

DIPLOMANT: TOMÁŠ HRDA 2007/2008

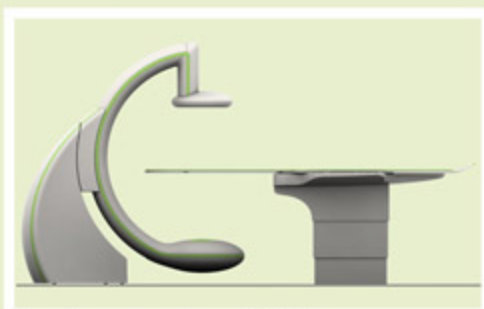
VEDOUcí PRÁCE: AKAD. SOCH. LADISLAV KŘENEK, PH.D.

ODBOR PRŮMYSLOVÉHO DESIGNU | ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ | VUT FSI V BRNĚ





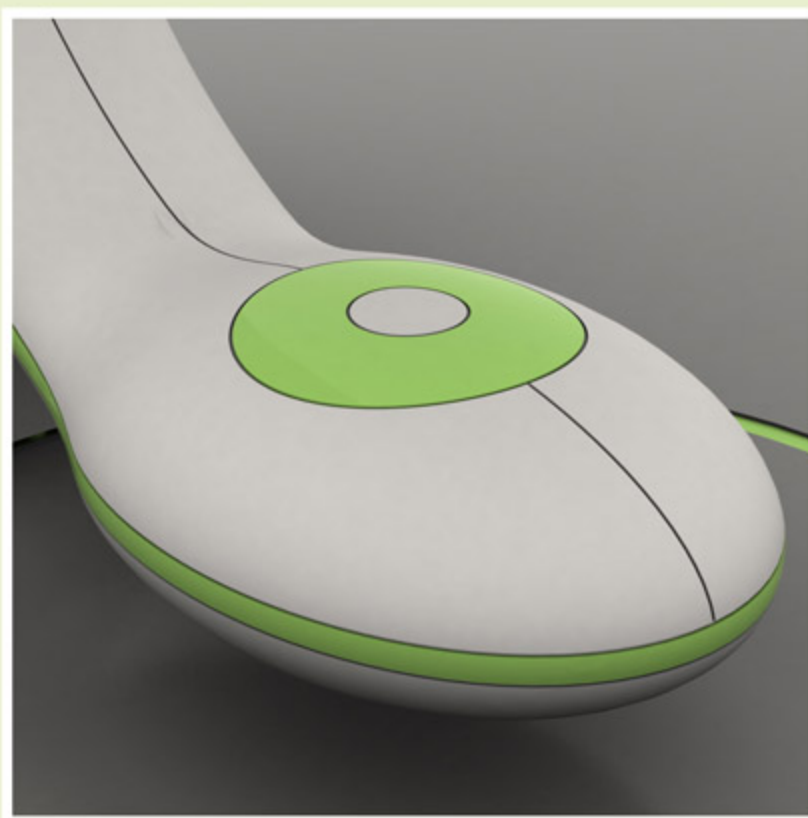
komplet angiografu – 3D



komplet angiografu – pohled z leva



detail podpory paže



detail rentgenky

DESIGNÉRSKÝ POSTER

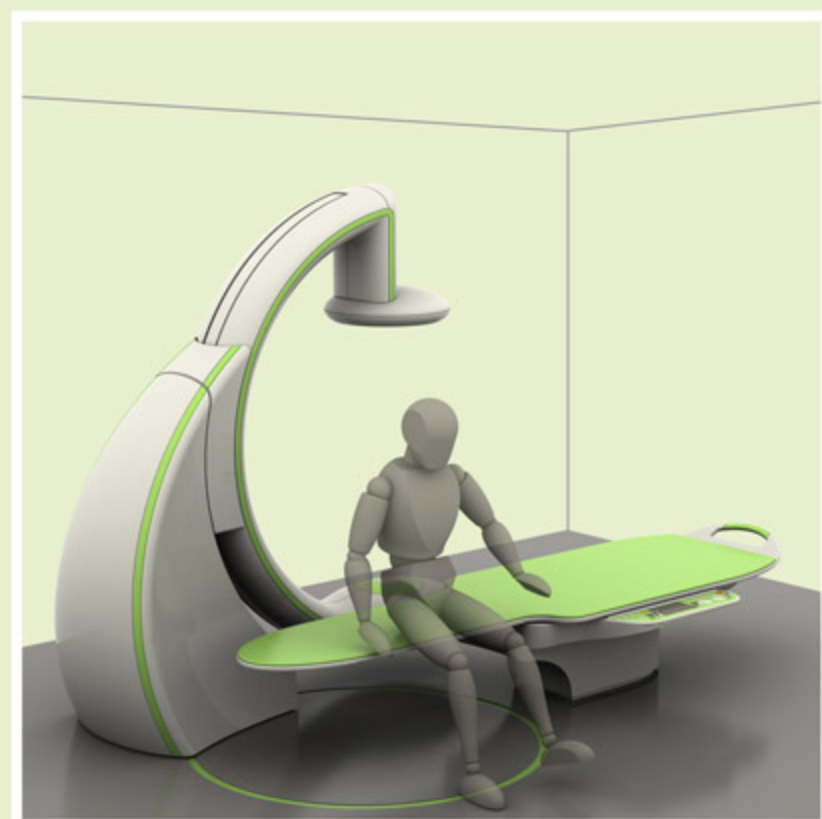
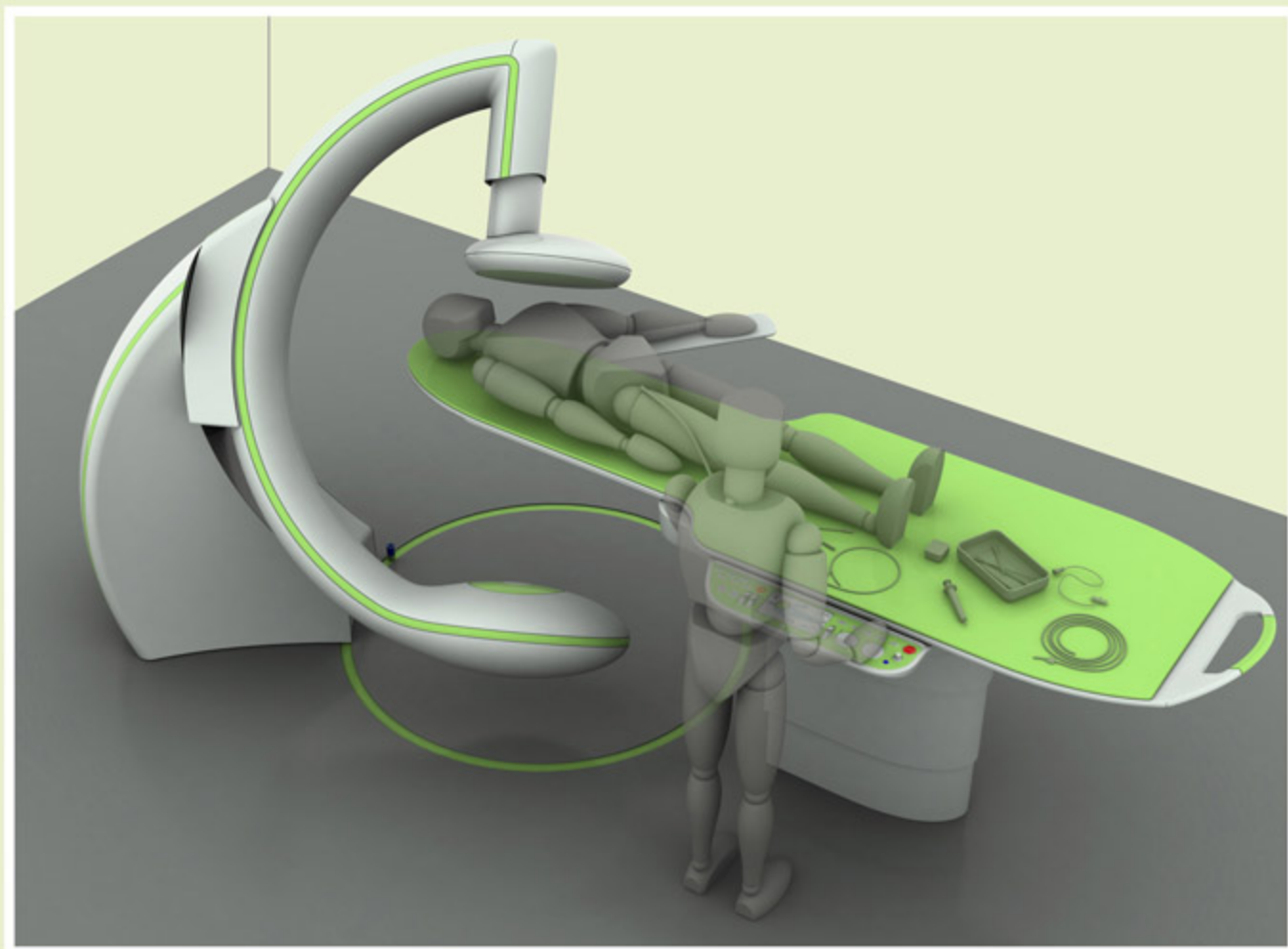
DESIGN RENTGENOVÉHO ZAŘÍZENÍ – ANGIOGRAF

DIPLOMANT: TOMÁŠ HRDA 2007/2008

VEDOUcí PRÁCE: AKAD. SOCH. LADISLAV KŘENEK, PH.D.

ODBOR PRŮMYSLUVÉHO DESIGNU | ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ | VUT FSI V BRNĚ

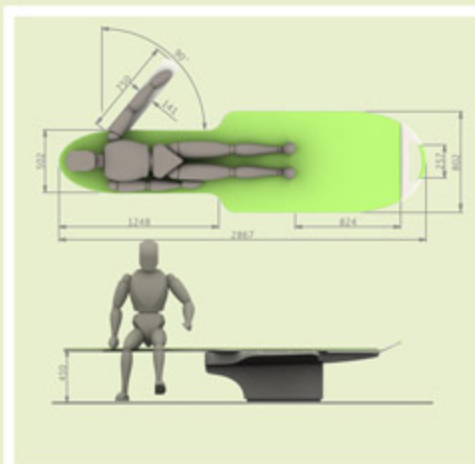
 ústav
konstruování



spuštěný stůl usnadňující ulehání pacienta



přehledný ovládací panel



důležité ergonomické rozměry

ERGONOMICKÝ POSTER

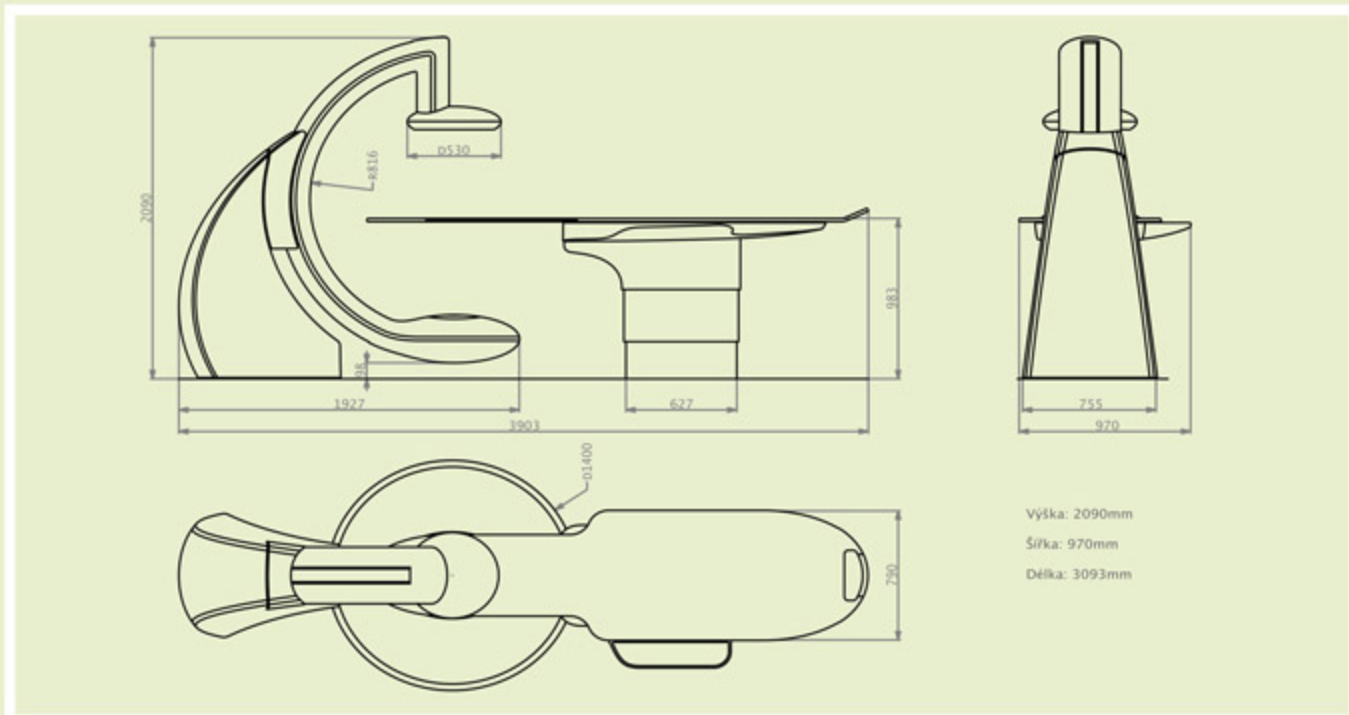
DESIGN RENTGENOVÉHO ZAŘÍZENÍ – ANGIOGRAF

DIPLOMANT: TOMÁŠ HRDA 2007/2008

VEDOUcí PRÁCE: AKAD. SOCH. LADISLAV KŘENEK, PH.D.

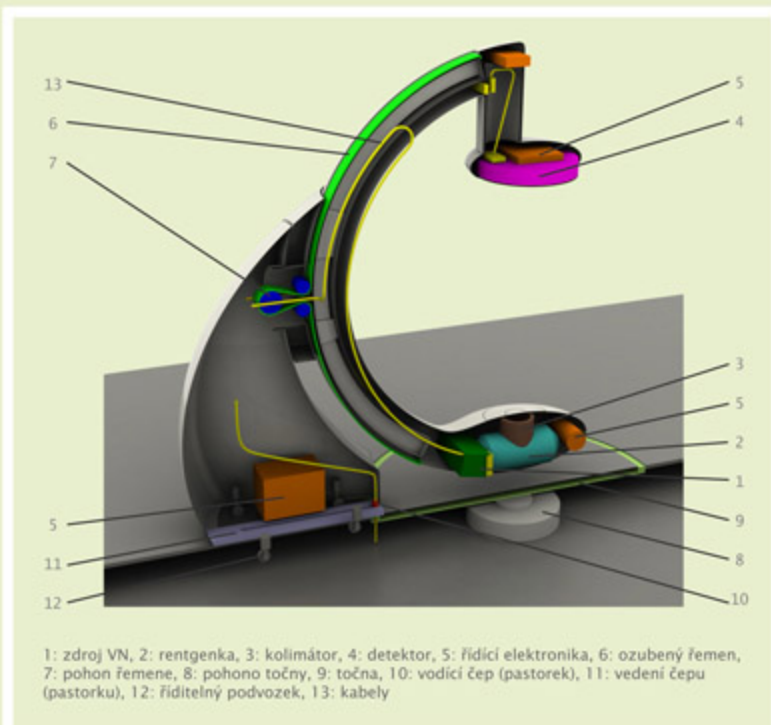
ODBOR PRŮMYSLVÉHO DESIGNU | ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ | VUT FSI V BRNĚ





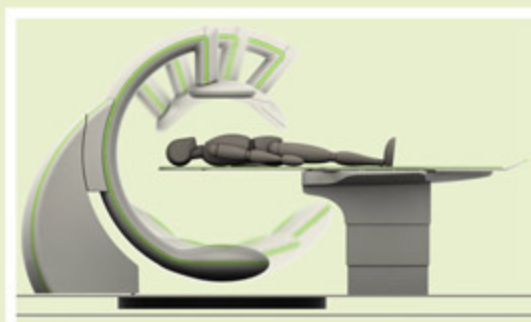
Výška: 2090mm
 Šířka: 755mm
 Délka: 3093mm

základní rozměry

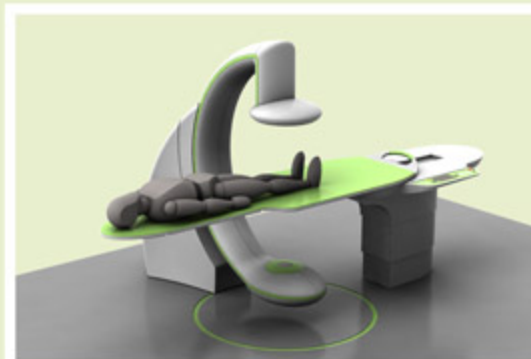


1: zdroj VN, 2: rentgenka, 3: kolimátor, 4: detektor, 5: řídicí elektronika, 6: ozubený řemen, 7: pohon řemene, 8: pohon točny, 9: točna, 10: vodící čep (pastorek), 11: vedení čepu (pastorku), 12: říditelný podvozek, 13: kabely

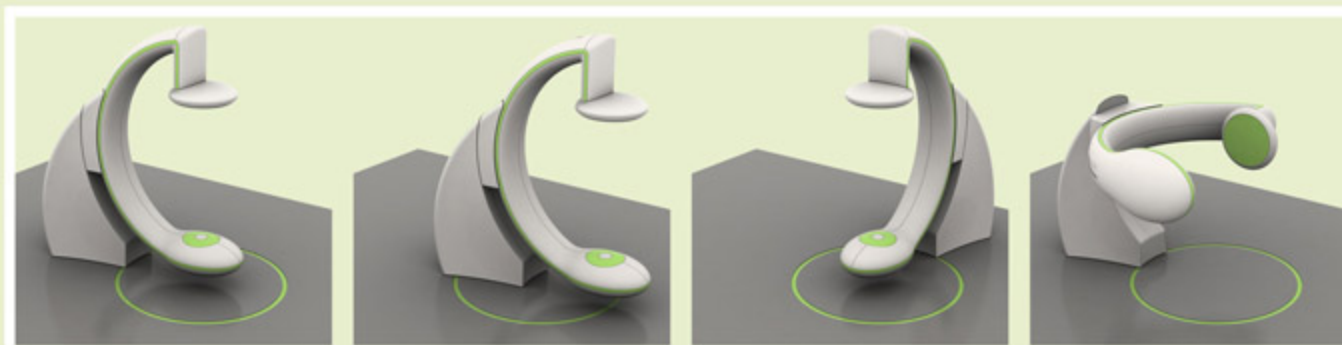
schéma konceptu



rotace C-ramene kolem osy



deska stolu jde vysunout o 1150mm



rozsah pohybů C-ramene

TECHNICKÝ POSTER

DESIGN RENTGENOVÉHO ZAŘÍZENÍ – ANGIOGRAF

DIPLOMANT: TOMÁŠ HRDA 2007/2008
 VEDOUCÍ PRÁCE: AKAD. SOCH. LADISLAV KŘENEK, PH.D.
 ODBOR PRŮMYSLUVÉHO DESIGNU | ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ | VUT FSI V BRNĚ

