

TECHNICKÁ UNIVERSITA V LIBERCI

Ústav zdravotnických studií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2012

Josef Volenec

TECHNICKÁ UNIVERSITA V LIBERCI

Ústav zdravotnických studií

Studijní program: B 3944 Biomedicínská technika
Studijní obor: 3901R032 Biomedicínská technika

**Technická řešení pro omezení vzniku dekubitu a kreativní návrhy pro
konstrukci antidekubitních lůžek**

Technical solutions for the limitation of the affection by decubitus and
creative suggestions for the construction of antidecubite sick-beds

Autor: Josef Volenec

Vedoucí práce: prof. Ing. Aleš Richter, CSc.

Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kdo mě k tématu přivedli a motivovali. K tématu mě přivedl nynější rektor Technické univerzity v Liberci Prof. Dr. Ing. Zdeněk Kůs. Chci také poděkovat panu prof. Ing. Aleši Richterovi, CSc.-MTI, který mou práci vzal pod křídla svého ústavu a panu Doc. Ing. Pavlu Rydlovi, Ph.D., se kterým jsem řešil konkrétní technická řešení a realizace. Za inspiraci bych chtěl poděkovat i Ing. Ondřeji Novákovi, který se ve své disertační práci zabýval vlastnostmi materiálů pasivních antidekubitních matrací, který mé návrhy podpořil.

P r o h l á š e n í

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL. V tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Anotace

Práce se zabývá popsáním patologické anatomie a fyziologie dekubitu, příčinami jeho vzniku, jeho klasifikací a lokalizací. Součástí práce je i rešerše současného stavu antidekubitních pomůcek a systémů, ve které je jako ukazatel kvality popsán koeficient cpp a jeho kritická hodnota.

Cílem práce je nalezení technického řešení konstrukce antidekubitní postele, tedy lůžka, jež by bylo prevencí vzniku dekubitu u pacientů. Práce obsahuje návrh samotného aktivního lůžka s pohonem, návrh na zhotovení autonomního řídicího systému a návrh pro monitorování stavu pacienta na lůžku s pomocí NiTi drátů. Antidekubitní lůžko bylo navrženo tak, aby splňovalo veškeré v České republice a EU platné technické pravidla a normy, týkající se bezpečnosti pacienta.

Klíčová slova: dekubitus, klasifikace dekubitu, pasivní a aktivní systémy, návrh lůžka

Annotation

This work deals with description of pathological anatomy and physiology of decubitus, causes of it and its origin as well as its classification and localization. The work includes research in today's anti-decubitus systems construction situation; as quality indicator is given coefficient cpp and its critical value.

The aim of the work is to find a technical solution for an anti-decubitus bed, it means a bed which will prevent patients from formation of decubitus. The work contains a suggestion of an active bed design itself, including its drive system, then a suggestion of an autonomous control system, as well as a suggestion how to monitor a patient on the bed by using NiTi wires. Anti-decubitus bed is designed according to all current technical rules and standards of the Czech Rep. and European Union regarding patient's safety.

Key words: decubite, classification of decubitus ulcer, passive and active solution, new suggestion of a bed

Seznam obrázků	7
Seznam tabulek	7
Seznam schémat	7
Seznam příloh.....	7
1 Úvod	8
2 Dekubitus.....	9
2.1 Faktory přispívající ke vzniku dekubitů	9
2.1.1 Mechanické.....	9
2.1.2 Jiné vlivy	10
2.2 Patologická anatomie postižené tkáně	11
2.2.1 Obecné stupně dekubitu.....	11
2.2.2 Rizikové partie	11
2.3 Dekubitus z hlediska ošetrovatelské péče.....	13
3 Rešerše antidekubitních pomůcek a postelí.....	15
3.1 Pasivní systémy.....	15
3.1.1 Pasivní matrace	15
3.1.2 Drobné antidekubitní předměty	18
3.2 Aktivní systémy	18
3.2.1 Aktivní systémy vzduchové.....	19
3.2.2 Aktivní systémy vodní	19
3.2.3 Aktivní systémy pracující s laterální polohou pacienta	20
4 Návrh konstrukce antidekubitních systémů.....	23
4.1 Řízení lůžka z hlediska potřeb pacienta.....	23
4.2 Diskuze nabízených řešení.....	24
4.3 Hlavní technické řešení.....	26
4.4 Řešení stability postele	27
4.5 Pohonná soustava.....	27
4.6 Celkové řízení natočení postele	29
4.7 Monitorování s NiTi dráty	30
4.8 Řešení stability pacienta	32
4.6.1 Variabilní pevné podpěry s ocelovou konstrukcí	32
4.6.2 Systém kloubního základního roštu	33
4.6.3 Vodní postel	33
4.6.4 Kombinace otáčení a vzduchové matrace.....	33
4.7 Konstrukce a návrh systému z hlediska použití norem.....	34
4.8 Doporučení pro další postup při řešení antidekubitních postelí	35
4 Závěr	36
Zdroje.....	37
A. Příloha k bakalářské práci.....	40
A.1 Doplnující informace k pasivním matracím Linet	41
A.2 Pohledy na polohovací postel	43
A.3 Blokové schéma pro ošetření bezpečnosti	45

Seznam obrázků

- obr.2.1- jednotlivé stupně dekubitů
- obr. 2.2 - obecný přehled predilekčních míst
- obr 2.3 - predilekční místa v jednotlivých polohách
- obr 3.1 - nabídka pasivních matrací firmy DMA praha
- obr. 3.2- variabilní matrace
- obr.3.3 - drobné antidekubitní předměty
- obr 3.5- ukázky aktivních vzduchových systémů DMA
- obr. 3.6 - laterální vzduchová matrace
- obr.3.6 - laterální pečovatelské lůžko
- obr 3.7 - systém Multicare Linet
- obr. 4.1- změna tlakového pole
- obr.4.2 - šneková převodovka
- obr 4.3 -postel s pevnými podpěrami

Seznam tabulek

- tab. 2 -hodnocení rizika vzniku dekubitu- Nortonová "

Seznam schémat

- Schéma 1 – rozdělení systémů
- schéma 2 – zpětnovazební systém otáčení
- schéma 3- celkový přehled pohonů postele
- schéma 4- NiTi aparatura
- schéma 5- Zpětnovazební systém otáčení s NiTi

Seznam příloh

- A.1 Doplnující informace k pasivním matracím Linet
- A.2 Pohledy na polohovací postel
- A.3 Blokové schéma pro ošetření bezpečnosti

1 Úvod

Předkládaná práce se zabývá tématem, které se týká pacientů upoutaných na lůžko se sníženou schopností pohybu z důvodů těžkých úrazů nebo starších pacientů. Případy pacientů s rozvinutými dekubity nezdědka končí sepsí a úmrtím.

Přes vysoké technologické možnosti dnešní doby, problematika dekubitu zůstává nedořešena zejména v možnostech automatizace.

Cílem mé práce je popsat anatomicko-fyziologickou stranu problému, ukázat na aktuální situaci v technickém řešení antidekubitních lůžek v rešerši a diskutovat nová technická řešení a otevřít problematiku v alternativním řešení antidekubitních systémů, popřípadě upozornit na úskalí při návrhu optimalizované a řízené jednotky.

Téma je dlouhodobě řešeno a je k dispozici celá řada zdrojů pro objasnění problému.

Práce by splnila svůj cíl, pokud by u pacienta existoval jistý předpoklad, že při využití řešení by bylo riziko vzniku dekubitu bylo minimální a zamýšlená terapie by byla účinná. Tento cíl je podmíněn zohledněním všech faktorů, které přispívají ke vzniku dekubitu a jejich eliminaci. Ve zkratce to jsou především tlak na tkáň pacienta vznikající vzájemným působením matrace a těla, svěrná síla při posunu pacienta po matraci, metabolismus pacienta, tepelný režim na rozhraní kůže-matrace, potivost a s tím řešená vlhkost v blízkosti povrchu těla.

Lůžko, které by svou konstrukcí mělo nahradit nedostatky v absenci zdraví, musí svou kinetickou povahou nahradit pohyb zdravého člověka při normálním spánku a dynamicky řešit potenciál vzniku dekubitu.

Při pohledu na obrázky s již vzniklými dekubity je jasné, že tato problematika by měla být aktivně řešena. Práce by měla řešit problém nemocničního prostředí tak, aby pacient mohl pocítit komfort a personál mohl pouze dohlížet na bezproblémovou práci techniky.

2 Dekubitus

Abychom přesně pochopili vznik dekubitu, musíme nejdříve porovnat metabolismus zdravého jedince s narušeným metabolismem rizikového pacienta. Problém se týká primárně narušení pohybového a nervového aparátu, stavu tkání mezi pevnou kostí a podložkou, kde je pacient umístěn. Dalším faktorem vzniku dekubitu je kinetika těla, která probíhá v určitém čase. Přerušená funkce nervové soustavy a neschopnost reagovat na potřeby zdravého držení těla.

U **zdravého pacienta** je přítomna schopnost kdykoliv změnit svou polohu. Tělo si je samo schopno určit optimalizovanou polohu díky citlivosti zpětnovazebního mechanismu nervové soustavy a díky předchozí denní aktivitě je v jiném metabolickém stavu, který je výrazně odlišný od pacienta upoutaného na lůžko

U **postiženého pacienta** závisí situace na celkové diagnóze. Nejčastěji na tom jsou pacienti s celkovým pohybovým postižením těla, většinou po úrazu krční páteře, kdy je přerušena mícha, což způsobí sníženou pohyblivost těla. Pokud tento problém vznikl akutně, musí se zdravotnický personál přizpůsobit situaci a zacházet s pacientem s ohledem na vážnost postižení tak, aby se stav ještě nezhoršil.

2.1 Faktory přispívající ke vzniku dekubitů

2.1.1 Mechanické

Tlak je přirozeným faktorem vznikajícím v gravitačním silovém poli země, v důsledku toho je tkáň lokálně svírána mezi kostí a podložkou. *Hussain 1953* píše o změnách v metabolismu – zejména omezení cirkulace krve v kapilárách a tím i deoxygenci a devitalizaci tkáně. *Trachtová 2001* pak upozorňuje na vznik nekrotické, odumřelé tkáně v různých oblastech těla, které jsou vystavené tlaku. Tkáň odumírá v důsledku neprůchodnosti kapilár. Mezní hodnota tlaku je dána velikostí 32 mmHg.

Burman 1993 popisuje interakci mezi matrací a pacientem, která vzniká na určité ploše styku pacienta a matrace. Mezi pacientem a matrací vzniká tzv. kontaktní tlak, který je hlavní příčinou vzniku dekubitu.

Kromě přirozeného působení ve většině situací existují ještě jiné druhy tlakového působení, např. při frakturách, nebo umělých náhradách orgánů. *Dle Kosiaka 1961* je působící tlak nejvyšší v těch místech, kde je soustředěna váha těla, nebo v místech, kde je tělo podložkou přednostně podpíráno, např. v místech výčnělků a vystupujících částí. Hodnota tlaku je také vyšší v místech, kde je tenká tkáň a vzdálenost ke kostem je nižší, dále v místech, kde je tkáň tužší apod..

Novák 2010 hovoří o faktoru tzv. svěrného účinku, který se v literatuře neuvádí, ale jeho vliv je značná. **Skluz tkáně po podložce** vyvolávající **smyskové napětí** je jedním z vlivů, které přispívají ke vzniku problému. K jeho vzniku dochází, je-li pacient posunován po podložce, nebo v sedě, kdy sklouzává, není-li dostatečně podepřen. K velikosti napětí přispívá charakter materiálu, se kterým je pacient v kontaktu. Jednotlivé vrstvy tkání se navzájem posunují a dochází ke zmenšení průsvitu kapilár, o němž hovoří *Reichl 1958*. Toto hledisko bude nutné vzít v úvahu při konstrukci lůžka.

Doba působení tlaku je další veličinou, která je ovšem paradoxní. Intenzita tlaku obecně však může stoupnout vysoko nad hodnotu 32 mmHg, ale doba působení musí být krátká, řádově do několika minut. Faktorem je odolnost těla proti tlaku. Tuto odolnost může mít každý člověk. Závisí na stavu organismu, především cév. Dalším faktorem je i dosavadní mechanické poškození těla.

2.1.2 Jiné vlivy

U pacientů s rizikem vzniku dekubitu se předpokládají i problémy s inkontinencí, která se musí řešit dobrým odvodem moči a potivostí. Nejsou výjimkou ani dekubity spojené s tlakem cévky na močové cesty. Dále může situaci zhoršit jakákoliv tekutina, se kterou pacient může dojít ke kontaktu, např. zbytky potravin a jakýchkoliv roztoků. Zvýšená teplota periférií těla přispívá ke vzniku dekubitu. Jeli teplota nižší, je její účinek kladný. Byly provedeny experimenty na zvířatech, které tuto skutečnost prokazují – např. *Kokateb 1995*.

Díky nehybnosti, účinku konstantní tlakové síly, smyskového tření způsobující uzavěr cév, zvýšené teplotě a potivosti, které snižují oxygenaci tkáně docházíme k závěru, že tento problém se musí řešit kompenzací výše zmíněných veličin.

2.2 Patologická anatomie postižené tkáně

Stav tkáně postižené dekubitem se rozděluje do určitých stupňů dle obrázku, přičemž proces vzniku je velmi zákeřný a zpočátku nemusí být vůbec rozpoznán, protože rána se otevře až v situaci, kdy je stav pacienta velmi vážný.

2.2.1 Obecné stupně dekubitu¹

1.stupeň - erytém - tlakové léze bez poškození kůže. Na neporušené kůži se objevuje neblednoucí zčervenání, oblast je oteklá, teplá a nebolestivá. Přesto však nemocný pociťuje pálení, svědění pokožky.

2.stupeň - puchýř - tlakové léze s částečným poškozením kůže. Dochází k poškození pokožky a kůže, vytváří se puchýře. Tato fáze je velmi bolestivá.

3. stupeň - nekróza - tlaková léze se zničením tkáně mezi kostí a pokožkou. Poškození zasahuje podkožní vrstvy, v nichž může docházet k odumírání tkáně. Tvoří se hluboký vřed, který je často kryt suchou černohnědou krustou (strup) z odumřelých buněk nebo vlhkým žlutohnědým povlakem. Objevuje se teplota a nechutenství jako jedny z mnoha odpovědí

lidského těla na probíhající zánět.

4. stupeň - vřed - tlakové léze provázené ostitidami a artritidami. Dochází k rozsáhlé destrukci, odumírá svalová tkáň poškozena je i kost. I tato rána může být pokryta černohnědou krustou z buněk odumřelé tkáně.

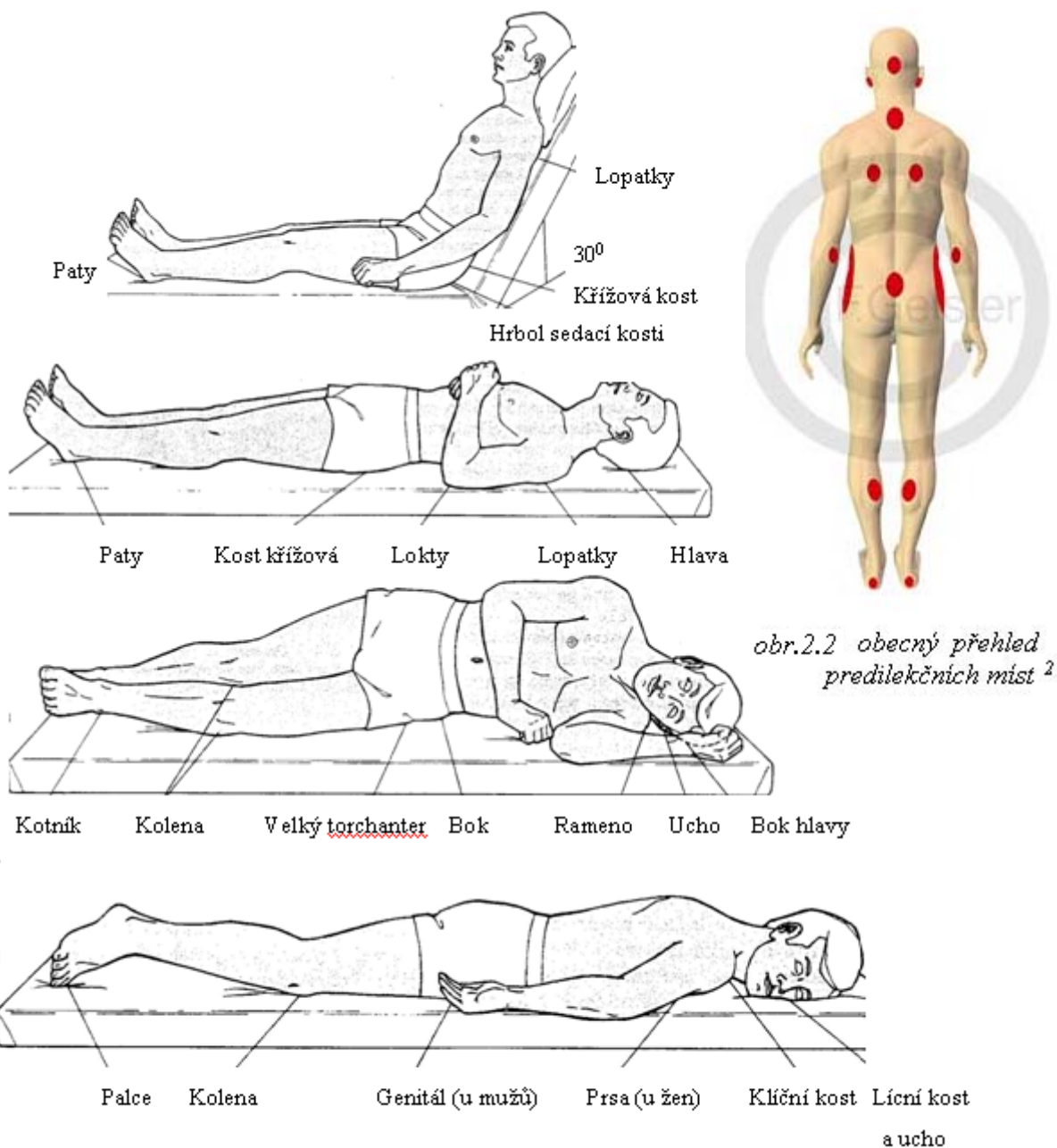


obr.2.1 jednotlivé stupně dekubitů

2.2.2 Rizikové partie

Rizikovými partiemi se běžně označují jako predilekční místa. Jsou to části těla, kde dochází k sevření veškeré tkáně mezi podložkou, na které pacient leží a tvrdou kostí. Přesnou lokalizaci jsem převzal z práce Číperové 2007, nicméně tyto místa se dají považovat jako všeobecně známá. Odůvodnění vzniku dekubitů na určitých místech vysvětluje Kosiak 1961, který říká, že vznik dekubitu je podmíněk kumulací tlaku vzniklého vlastní vahou těla na místech, kde je tělo přednostně podpíráno.

¹ DEKUBITY - PROLEŽENINY. www.zdravi-cz.eu [online]. 20.2.2008 [cit. 2012-03-2]. Dostupné z: <http://compex.zdravi-cz.eu/dekubity-prolezeniny.php>



23

obr 2.3- predilekční místa v jednotlivých polohách

²GEISLER, FRANK. Haut, Dekubitus, Wunde: skin, decubitus, wound. *Anatomie Physiologie: Medical Art* [online]. [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: http://www.anatomie-physiologie.de/ana_site/ober32.html

³KOZIEROVÁ, B. – ERBOVÁ, G. – OLIVIEROVÁ, R. *Ošetrovatelstvo* 2. 1. vyd. Martin – SR: Osveta, 1995. 840 s. ISBN 80-217-0528-0.

2.3 Dekubitus z hlediska ošetrovatelské péče⁴

Podle Trachtové 2001 jsou dekubity (z latinského decumbere – položit, lehnout si) alterací v integritě kůže u osob upoutaných na lůžko. Objevují se v oblastech vystavených vysokému tlaku tělesné váhy na kostní výčnělky. Stupeň poškození je místní ischemický (nedokrvení tkáně) až nekrotický (odumření tkáně).

Historicky je dekubitus velmi stará záležitost. Cuřínová 1996 zmiňuje práci s tvarem lůžka, hygienou lůžka i pacienta a především jeho polohou. Co se týká pomůcek, zmiňuje kaučukové věnce, polštáře plněné vodou, nebo vzduchem.

Za příčinu vzniku dekubitu

Celkem se bere v úvahu **deset základních faktorů** -dlouhodobý tlak,tření, imobilizační syndrom, cévní faktory, výživu, tělesnou hmotnost, inkontinenci, zdravotní stav, imunosupresi, věk.

Při hraničním tlaku je **32 mmHg (4266 Pa)**, dochází k uzávěru drobných cév. **Nerozhoduje síla tlaku, ale doba jeho trvání.** Ischemické poškození – doba 1 až 6 hodin

Tření vede k poškození kůže,ale i svalů a tím přispívá k riziku infekce. Způsobená anoxie má následky poškození tkáně až na kost, zejména u křížové kosti, to vše při absenci spontáních pohybů vedoucí ke snížení tlaku.

Ošetrovatelský postup a výběr

Je třeba minimalizovat poranění kůže **při polohování a přesunu**. Rozvrh polohování je třeba přizpůsobit potřebám nemocného. Poloha na boku, kolmo k podložce, je riziková, protože může dojít k poranění kůže na predilekčních **místech**. Při polohování je dobré používat pěnové klíny, polštáře. Predilekční místa je dobré vypodložit. Oddělte výčnělky v oblasti kolen a kotníků od vzájemného kontaktu. Zabezpečte úlevu tlaku na paty, a to zvednutím, a oddělením lůžka.

K hodnocení rizika vzniku dekubitu a samotného stupně dekubitu se používají různé škály. Postupuje se tak, že se zhodnotí pacient podle určitého dotazníku. Podle Trachytové 2001 existuje celá řada škál a klasifikací. Je to Danielova klasifikace,

⁴ část je převzata z Trachtové 2003

Seilorovo posuzování vzhledu proleženín, stupnice podle Nortonové, Knollova stupnice, Waterlowova škála a stupnice podle Brandenové.

V tabulce 2 je uvedena nejrozšířenější stupnice podle Nortonové. Součtem jednotlivých bodů se dostane číslo, podle kterého je možné se orientovat při výběru vhodného prostředku pro řešení proleženín. Toto číslo bývá v technické dokumentaci antidekubitních prostředků, přičemž riziko vzniká až při celkové součtu bodů 25 a méně.

tab. 2 -hodnocení rizika vzniku dekubitu - Nortonová

Bod	Schopnost spolupráce	Věk	Stav pokožky	Každé další nemoc	Fyzický stav	Stav vědomí	Aktivita	Pohyblivost	Inkontinence
4	úplná	<10	normální	žádné	dobrý	Dobrý	chodí	úplná	není
3	malá	<30	alergie	diabetes, teplota kachexie anémie ucpávání tepen, obezita, karcinom	zhoršený	Apatický	s doprovodem	částečně omezená	občas
2	částečná	<60	vlhká		špatný	Zmatený	Sedačka	velmi omezená	převážně moč
1	žádná	>60	suchá		velmi špatný	bezvědomí	leží	žádná	moč+ stolice

3 Rešerše antidekubitních pomůcek a postelí

Je mnoho cest, co vedou do Říma. Těmito slovy lze shrnout množství způsobů, jak dosáhnout antidekubitního účinku. Co se týká nynějšího řešení dekubitů, je spousta pomůcek, které tento problém řeší. Antidekubitní prostředky lze rozdělit do několika skupin.:

1. dle místa určení
2. velikosti na malé a velké antidekubitní předměty do postelí předměty a do vozíků, sem patří i malé předměty, které pomáhají zdravotnickému personálu při polohování.
3. dle materiálu použitého k výrobě postele – suché PU pěny, vodní, vzduchové aktivní s inteligentním řízením,
4. dle způsobu konstrukce na aktivní a pasivní

3.1 Pasivní systémy

Pasivní systémy jsou takové, které nepracují s pacientem tak, že by ho polohovali proti pohybu, který sám svým působením vyvolává. Jejich výhodou je energetická nenáročnost ve smyslu elektrické energie, ale jsou náročné pro obsluhu personálem a mají své váhové limity. Mezi pasivní lze zařadit velké antidekubitní matrace a malé předměty, které pomáhají při polohování.

3.1.1 Pasivní matrace

Základní volbou v dnešním zdravotnictví je pasivní matrace, které se liší cenou v závislosti na způsobu provedení. Jejich cena je dost příznivá, takže slouží jako základní prevence proti vzniku proleženin. Od odběžných matrací se liší mechanickými a fyzikálními vlastnostmi. Pro výrobu pasivních matrací se používá nejčastěji polyuretanová pěna PU, která má buněčnou strukturu. Technologií výroby lze dosáhnout různé průchodnosti. Jejimi vlastnostmi se podrobněji zabývá Novák 2010

Existuje celá řada polyuretanových pěň – tvrdé, měkké, integrální nebo tzv. studené či teplé.)⁵. Při stavbě lůžka je nutno počítat nejen s vlastnostmi pěny, ale i jejího obalu, který bývá antibakteriální, **paropropustný a omyvatelný**, často vyrobený z PVC.

Nejlevnější bývají matrace s celkově homogenní strukturou, draží pak matrace složené s několika typy materiálů, které mohou být různé ve vertikálním průřezu i v lokalizaci vzhledem k výskytu predilekčních míst, tak aby byly odlehčené pomocí odlišného měkkého materiálu. Pasivní systémy mají vlastnosti, které se odlišují od běžných podložek zejména v reakci na tlak, který pacient svým tělem vytváří a postupně ho disipují. Matrace má v čase specifický účinek, který zaručí rozložení tlaku způsobem, který je lepší pro prevenci vzniku dekubitu, nicméně stále je nutné pacienta polohovat obsluhou a matrace v určitých intervalech otáčet.



obr 3.1- nabídka pasivních matrací firmy DMA praha

Na obrázku jsou zobrazeny matrace od nejlevnější a nejjednodušší až po nejdražší. Firma DMA Praha klasifikuje matrace škálou Norton. . Po řadě 1(Norton 20-16) nízké riziko, 2(20-16),3(16-14), 4 (<12)- vysoké riziko.

⁵ NOVÁK, Ondřej. 3 D netkané textilie ve zdravotnictví - simulace chování matrací při zatěžování. Liberec, 2010. Disertační práce. Technická universita v Liberci. Vedoucí práce Jaroslav Hanuš.

Medicool Trade⁶

Firma MC Medicool trade nabízí zajímavé polohovací řešení v podobě skládací matrace, která je v látkovém obalu. Pro polohování pacienta je nutná ale obsluha. Změny polohy pacienta se dosáhne vyjmutí menších částí matrace. Tyto části se vyjmou v oblastech, které jsou postiženy dekubitou a tak se místa odlehčí. Dotýká se jich pouze potah postele, který vytváří menší kontaktní tlak.



obr. 3.2- variabilní matrace

Linet ČR⁷

Splečnost linet je vynímečná tím, že si sama zavedla koeficient CPP – Critical Pressure Point. Určuje vlastnost matrace při interakci s lidským tělem a vyjadřuje v procentech plochu matrace, na které hodnoty tlaku přesahují 32 mm Hg. Tento koeficient tedy kvantifikuje kvalitu matrace v závislosti na materiálových vlastnostech, které určují hodnotu nebezpečného tlaku. Při pořizování matrace by se tento parametr měl rozhodně zhodnotit, nicméně většina prodejců ho neudává. Je to i díky tomu, že jeho měření je celkem náročné a nikdo neuvádí funkci průběhu tlaku v závislosti na čase a hmotnosti pacienta.

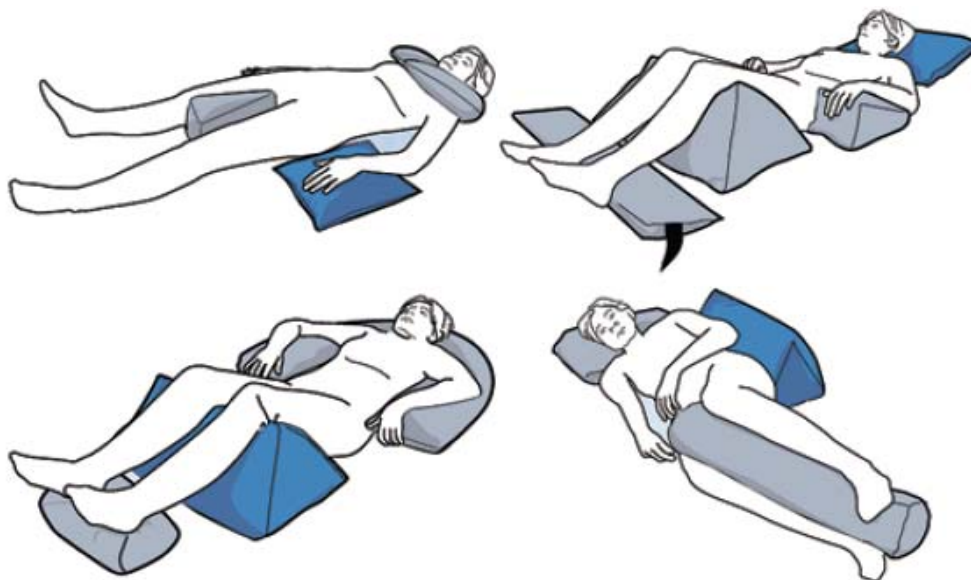
V příloze A.1 jsou uvedeny zveřejněné tabulky výrobků, které tato firma nabízí. Konkrétní použití určitého druhu matrace závisí na stavu a diagnóze pacienta, především s ohledem na dispozice pro tvorbu dekubitů, resp. na stupeň již vzniklých dekubitů. Zajímavý je rozsah podmínek, který výrobce uvádí. Rozsah teplot okolí je od + 10°C do + 40°C, rozsah relativní vlhkosti je od 30% do 75%, rozsah atmosférického tlaku je od 700 hPa do 1060 hPa. Výrobce informuje o nutnosti pravidelně matraci

⁶ MC MEDICOOL TRADE. *Bezúdržbové antidekubitní matrace, IV stupeň dekubitů* [online]. 2011 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.medicool.cz/bezudrzbove-antidekubitni-matrace-do-iv-stupne-dekubitu.html>

⁷ Linet: Matrace. *Linet: Matrace* [online]. 2012 [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <http://www.linet.cz/zdravotnicka-technika/vyrobyky/program-pro-zdravotnictvi/matrace?category=307>

otáčet. Minimální interval je jeden měsíc, přičemž otáčet se smí pouze matrace bez potahu, potah je jednostranný.

3.1.2 Drobné antidekubitní předměty



obr.3.3 - drobné antidekubitní předměty⁸

K polohování pacienta se používají menší předměty, které mají specifické místo určení. Jsou to polštáře, polohovací podložky, abdukční klíny, podkovy ke krku, cylindrické válce atd.. Drobné antidekubitní předměty se využívají zejména u pacientů, u kterých se dekubitus již vytvořil nebo jako pomůcky pro zajištění specifické polohy pacienta. Slouží jako přednostní podpora v místech zdravé tkáně.

3.2 Aktivní systémy

Aktivní systémy se od pasivních liší zejména potřebou zdroje elektrické energie. Jejich vlastností je tedy dodávat do systému vlastní energii, dále pak je možné systém řídit podle potřeb pacienta. Těchto systémů se využívá zejména u pacientů, kde je riziko vzniku dekubitu opravdu vážné a u kterých se už nepočítá s tím, že by se jejich mobilita mohla zlepšit. Patří sem tři skupiny zdravotnických prostředků a to vzduchové, vodní a

⁸ LB Bohemia: Rehabilitační pomůcky [online]. 2009 [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://lbbohemia.cz/bohemia-zdravotnictvi/pdf/strana07.pdf>

postele pracující s laterální polohou pacienta. První skupina je zřejmě nejrozšířenější pro svou eleganci a jednoduchost a všudypřítomnost vzduchu. Vodní prostředky jsou naopak rozšířené nejméně kvůli své náročnosti. Použití prostředku ale závisí na prostředí. V nemocnicích se naopak velice často vyskytují různě polohovatelné postele zejména v smyslu tolerance pohybů těla, tzn. ve směru kolmém na osu těla od hlavy až k nohám. Laterální pohyb lůžek je vzácnější, nicméně i taková lůžka existují a usnadňují personálu polohování.

3.2.1 Aktivní systémy vzduchové

Aktivní matrace řešená pomocí vzduchových komor, které jsou střídavě pod různou kompresí a tak vytváří podmínky pro střídavé zatěžování tkáně. K jejich výrobě se nejčastěji používá PVC potažené látkou příjemnou pro pacienta. Tyto systémy pracují v různých režimech. Jejich součástí jsou ovladače, které regulují systém a v čase pracují s určitým tlakem v komorách a tak mění profil matrace. V zásadě systém dělá dvojí činnost – napouští a vypouští vzduch v různých časových intervalech a v závislosti na kompresi, kterou způsobí tělo pacienta. Kvalitativní rozdíly u těchto systému jsou zejména ve stavbě jednotlivých komor, které jsou buď oddělené, nebo spojené. U těchto systémů je stěžejní součástí ventil, který je napojen na řídicí jednotku. Tímto systémem se jednotlivé komory vypouští a napouští. Všechny jsou vybaveny i tzv. CPR ventilem pro rychlé vypuštění vzduchu. Cena těchto systémů se může pohybovat od jednotek tisíc po desítky tisíc Kč. Lepší systémy mají řízení tlaku podle hmotnosti pacienta

Několikanásobnou cirkulaci vzduchu pomocí kompresoru. Mohou mít v sobě několik různých režimů vhodných zejména pro pacienty se středním až vysokým rizikem vzniku dekubitů. Jsou vybaveny např. alarmem signalizující pokles vzduchu v matraci.

Jejich nevýhodou je, že v lékařském prostředí, kde se používá celá řada ostrých předmětů od jehel až po nůžky, může dojít k propíchnutí, čímž je nadále jejich funkce znemožněna. Nevýhodou obecně aktivních systémů je riziko havárie aktivního systému způsobeného zvýšenou vlhkostí nebo možností styku s hořlavinami.

3.2.2 Aktivní systémy vodní

Tyto systémy jsou obdobou vzduchových. Pracuje se zde ovšem s kapalinou, z čehož vyplývá problematická obsluha, nutnost zdroje odpadu pro vodu. Vodní antidekubitní systémy se v naší zemi příliš nepoužívají, ale vyskytují se v nabídkách zahraničních firem.



obr 3.4 - ukázky aktivních vzduchových systémů DMA⁹

3.2.3 Aktivní systémy pracující s laterální polohou pacienta

Běžné nemocniční postele jsou vybaveny různým technickým vybavením. Často jsou vybavena možností pracovat s polohou těla tak, aby pacient mohl pokrčít nohy, posadit se a jsou rozdělena na několik částí, které se přizpůsobují lidskému tělu, nicméně laterální náklon lůžek je vzácnější a když už ho dovolují, tak pouze s omezeným úhlem. Nicméně již menší úhly náklonu, řádově do 30°, vykazují své výsledky v terapii imobilních pacientů. V práci jsou zmíněny tři příklady práce takových systémů s pacientem, které popisují možnosti různých řešení,

¹⁰Systém ARDO Softrum společnosti AUDY

Tento systém je zajímavý především z hlediska kombinace laterálního náklonu řešeného plněním vzduchových komor.

⁹ DMA PRAHA. DMA: Kompenzační pomůcky [online]. 2011 [cit. 2012-03-03]. Dostupné z: <http://www.dmapraha.cz/katalog/antidekubitni-podlozky/>

¹⁰ Audy: Aktivní antidekubitní systémy. Audy s.r.o. [online]. 2012 [cit. 2012-02-04]. Dostupné z: http://www.audy.cz/katalog/antidec/antidek_s.htm

Systém s automatickým nebo manuálním naklápěním pacienta o 30° vpravo do roviny a vlevo. Polohovací element umístěný pod měkkou matrací a připojen k řídicí jednotce a je vybaven CPR ventilem pro rychlé vypuštění do 5s. Řídicí jednotka umožňuje přepínat mezi manuálním a plně automatickým režimem. V manuálním režimu mění polohy pacienta ošetřující personál na řídicí jednotce. V automatickém režimu se nastaví požadované polohy a časový interval 30,60,90 minut po kterém dojde k naklopení pacienta. Změna polohy je velice pozvolná, bezhlučná a trvá cca 10 minut. Díky naklápění o 30° dochází k odlehčení partií těla, které jsou náchylné na vznik dekubitů.



obr. 3.5 –laterální vzduchová matrace

¹¹Lůžka Latera společnosti Linet

Tato společnost neprezentuje tyto lůžka jako antidekubitní systémy, ale jako lůžka elektrická pro zdravotnictví, nicméně usnadňují personálu polohování pacienta a tak přispívají k řešení problému.

Lůžko s laterálním náklonem 15°, je určeno pro hospitalizaci imobilních pacientů na akutních odděleních nemocnic. Náklon pomáhá ošetřovatelům vykonávat řadu ošetřovatelských zákroků s minimální námahou. Lůžko disponuje nastavením výšky a náklonu ložné plochy a polohováním jednotlivých dílů ložné plochy pomocí elektromotorů. Dochází k 10-ti násobnému snížení síly potřebné na přetočení pacienta.



obr.3.6-laterální pečovatelské lůžko

Systém Multicare¹² je skutečnou špičkou. Je složený z několika subsystémů v podobě polohovatelnosti pomocí elektromotorů, antidekubitní vzduchové matrace, váhy určující hmotnost pacienta, která pomáhá při aplikaci farmak. Počítá i s možností

¹¹ Linet: *Latera Acute* [online]. 2012 [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://www.linet.cz/zdravotnicka-technika/vyrobky/program-pro-zdravotnictvi/elektricka-luzka/28993/Latera-Acute-1?category=289>

¹² Linet: *Zdravotnická lůžka: Multicare* [online]. 2012 [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://www.linet.cz/zdravotnicka-technika/vyrobky/vyrobky-pro-zdravotnictvi/Zdravotnicka-luzka/23337/multicare-ARO?category=287>

snadnějšího rentgenování, vše je ergonomicky řešeno tak, aby se vyhovělo použití katetrů a různých snímačů. Tolerancí pohybu a ergonomie je maximálně zohledněn komfort pacienta i obsluhy. Translací určitých dílů usnadňuje dýchání pacienta. Lůžko je vybaveno bezpečnostními systémy pro nejrůznější případy nevyžádaných stavů, jak uvádí výrobce:

„Mozkem lůžka Multicare je mikroprocesory řízená elektronika. Hlídá bezpečnost provozu lůžka, vyhodnocuje provozní situace, zapojuje do činnosti automatické systémy a zajišťuje bezdrátovou komunikaci s informačním systémem LINIS. Předává klinická, provozní a servisní data do informačního systému k následnému vyhodnocování. Takto lze sledovat průběh vybraných terapeutických funkcí a provádět servisní diagnostiku na dálku. To umožňuje rychlé servisní zásahy přímo u zákazníka.“

Toto lůžko díky laterálnímu náklonu zajišťuje tzv. laterální terapii pacientů, kteří trpí nedostatkem pohybu. To se projevuje snížením reziduální kapacity plic, atelaktázy a pneumonie. Automatická laterální terapie je funkce, která udržuje pacienta v trvalém cyklu naprogramovaných laterálních náklonů, které nahrazují přirozený pohyb a působí preventivně proti respiračním problémům. Podle Dodeka 2004, Muscedera 2008 a Finka 1990 je trvalé automatické polohování součástí moderních strategií prevence VAP (*Ventilator Associated Pneumonia – Pneumonie způsobené umělou plicní ventilací*) a napomáhá snižovat výskyt atelaktáz. To znamená, že laterální polohování nemá vliv pouze na dekubity, ale působí i na jiné, zdánlivě nesouvisející obtíže.



obr 3.7 - systém Multicare Linet

4 Návrh konstrukce antidekubitních systémů

Analýzou všech faktorů, které se podílejí na vzniku dekubitu, můžeme dojít k řešení, které fyzikálně předpokládá zajištění postupně změny či ustálení určitých fyzikálních veličin. **Kontaktní tlak a síla** mezi pacientovým tělem by se měly měnit jak **ve velikosti**, tak **v lokalizaci**, s **ohledem na riziková místa vzniku dekubitu**.

Smykové napětí by mělo být co nejvíce kompenzováno. V praxi to znamená určitou kompenzaci sil, které působí proti sobě tak, že nedochází ke svěrnému účinku.

Dalšími veličinami jsou vlhkost a teplota. Nemělo (zdroj) by docházet nadměrné potivosti pacienta, na druhé straně k nadměrnému vysoušení tkáně. Stejně tak k podchlazení, nebo k přehřátí. Těmito faktory se tato práce příliš nezabývá, nicméně zajištění těchto veličin je možné zpětnovazebním regulačním systémem pomocí čidel, které budou měřit vlhkost a teplotu pod pacientem a na základě vyhodnocení odchylky od optimálních hodnot budou regulovat stav těchto veličin, aby nedocházelo k nadměrnému vysoušení a oteplování kůže a naopak.

Pokud by byly technicky zajištěny vše výše uvedené podmínky, dá se říci, že jsme schopni zajistit prevenci vzniku dekubitů.

4.1 Řízení lůžka z hlediska potřeb pacienta

Schéma znázorňuje pro jaké možnosti z hlediska řízení se můžeme rozhodnout. Systém můžeme řídit ovládat tlačítka *run-to-hold*, což je standardizovaný termín normou ČSN EN 60601-2-38. V podstatě to znamená, že zařízení má ovladač, kterým systému nastavujeme sami parametry manuálně. Tohoto systému se využívá u elektrických lůžek například u zubaře, nebo u lůžek s laterálním náklonem. Pro řešení dekubitu je tento způsob nevhodný, protože systém postrádá svou autonomii.

Další možností schématu se myslí situaci, kdy se systém sám nerozhoduje, ale zná určitý režim, ve kterém má pracovat. Toto řešení je vhodné, protože systém je naprosto

předvídatelný. U tohoto systému je vhodné naprogramovat více možných režimů a nabídnout tak optimální řešení pro kohokoliv.

Třetí řešení je nejnáročnější s dilematem ohledně spolehlivosti, nicméně vhodné pro pacienty, kteří jsou aktivnější. Systém dokáže sám zpracovávat údaje získané ze snímačů a na základě těchto údajů se rozhodne, jak s pacientem bude pracovat. K tomuto účelu by mohla sloužit technologie NiTi. U tohoto systému je nutné počítat s určitou softwarovou strukturou.

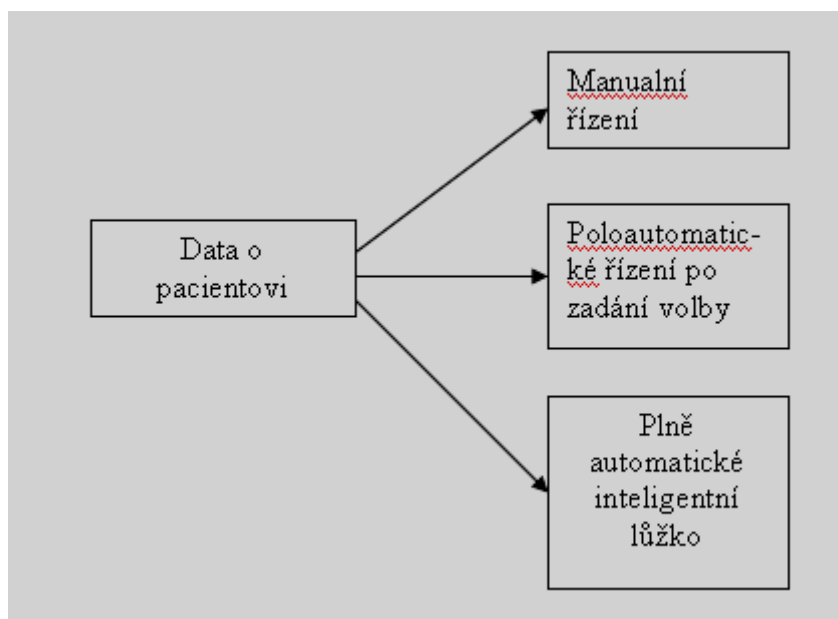


Schéma 1 – rozdělení systémů

4.2 Diskuze nabízených řešení

Každému technickému řešení předchází úvahy o možných způsobech řešení. Rád bych zde zmínil určitou historii myšlenkových pochodů, která probíhala delší dobu. Základním cílem byla změna polohy pacienta a řešilo se, jak změny polohy dosáhnout. Nejprve to byly úvahy o tom, kde je nutné, aby „postel zjistila“, kde se pacient nachází po jakou dobu a jak velké jsou fyzikální veličiny, které na něj působí. Až na základě zpracovaných dat by se s pacientem pracovalo. K tomu měla sloužit podložka americké firmy XSenzor, nicméně její cena a účel znamenaly, že její využití v praxi nepřichází v úvahu.

Další úvahy se netýkali přímo zpracování dat získaných o pacientovi, ale toho, jak pracovat s pacientem, aby nedošlo ke vzniku dekubitu. Znamená to, že systém o pacientovi nic neví, ale režim postele je takový, aby k vytvoření dekubitů nedošlo, přičemž je určitá možnost volby režimu postele např. s ohledem na již vzniklé dekubity. Jeden z nápadů byl zvednout pacienta, natočit, vrátit zpátky na matraci pomocí velkých ozubených kol. Dále se mělo jednat o tzv. U-lůžko, kde by byly zajištěny boky pacienta. Celé se mělo naklápět do určitého úhlu pomocí různých mechanismů – lanka, kolejnice, ozubená kola, servomechanismy, hydraulická zařízení atd.. Nicméně všechno vyžadovalo určitou technickou robustnost a komplikaci v zajištění bezpečnosti pacienta a okolí zejména ohledně možnosti např. sevření končetin do mechanismu postele.

Po všech těchto úvahách se došlo k závěru, že je možné pracovat s polohou pacienta bez toho, aniž by nějaký systém o něm cokoliv věděl zejména s ohledem na tlak a polohu. Postel tedy může pracovat v určitých režimech, které se navolí a v těchto režimech pak soustavně pracuje. Zároveň jako **nejjednodušší a nejúčinnější technické řešení se zdá využití nosného rámu , v jehož středu se nachází hřídel**, díky které se může s celým lůžkem otáčet v podstatě o libovolný úhel, nicméně s ohledem na zajištění pevné polohy a podpěry pacienta.

Lůžko by mělo splňovat nároky z hlediska:

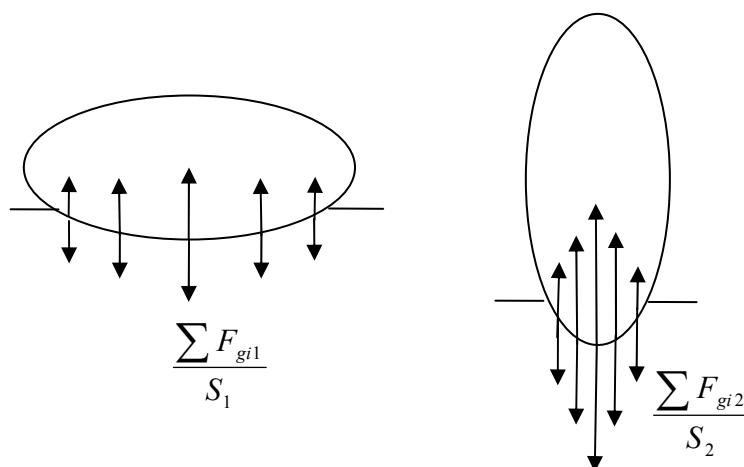
- rozložení tlakové síly působící kolmo na tečnu konvexní plochy těla pacienta pohybem lůžka
- minimalizace smykového tření– vyřešení dynamické podpěry pacienta tak, aby nedocházelo k posuvu pacienta po podložce ve směru tečny konvexní plochy
- návrh technologie vzhledem k zajištění tepelného režimu, zavzdušnění, snížení potivosti a udržení přiměřené vlhkosti
- komfortu, hygieny, bezpečnosti

Pokud bychom předpokládali využití postele pouze pro noční hodiny umožňující možnou absenci sestry, která by pohybovala s pacientem, stačil by rotační pohyb podložky pouze v laterálním směru a žádné dělení postele by nebylo potřeba, stupeň volnosti „1“, jedna osa uprostřed postele pro pohyb $\pm 90^\circ$.

Pokud by ale lůžko mělo složit jako universální postel pro pacienty, kteří jsou schopni jíst, bylo by potřeba minimálně jedno půlení postele v místě, kde se nachází pánev pacienta, tak aby se pacient mohl narovnat. Pokud by pacient byl nakloněn od vodorovné osy o 90° , bylo by možné využít napnuté tkaniny pro odstavení těla od matrace a zajištění dostatečné oxygenace tkáně. Tento požadavek je podmíněn dalším řešením určitého pohonu.

4.3 Hlavní technické řešení

Řešení, ke kterému jsem po všech možných úvahách došel, je založené na principu otáčivé postele v jedné ose, která je umístěná v železné konstrukci. K této ose je připojen řízený pohon v podobě motoru, který zajišťuje otáčení postele maximálně $\pm 90^\circ$ od vodorovné hadiny. Po konzultaci z prostředí medicínské praxe lze pacienta otočit i na břicho. Technické řešení pro otočení pacienta na břicho však není příliš vhodné.



obr. 4.1-změna tlakového pole

Výhodou tohoto řešení je že směr vektoru gravitační síly se plynule během otáčení mění. Tohoto efektu nelze dosáhnout u rovné podložky. Řešení s osou v konstrukci postele představuje maximální zjednodušení celého problému.

V automatickém režimu není nutná obsluha personálu. Otáčení nemá pouze antidekubitní účinek, ale podporuje celkový metabolismus.

Nevýhodou je zajištění stability pacienta a jeho bezpečnost, aby nespadl. Tento úkol by měl splnit systém podpěr, který nejen udrží pacienta na posteli, ale i zajistí terapeutický

efekt. Zde je nutno říct, že čím vyšší bude úhel natočení postele do stran, tím budou vyšší nároky na konstrukci. Další problémem konstrukce je adaptace zařízení na pacienta. Jinou formu bude mít pacient měřící 2m a jinou pacient 1,5 m. Tato adaptabilita by měla být řešena s maximální elegancí a jednoduchostí.

4.4 Řešení stability postele

Při použití konstrukce postele stojíme před zásadními úkoly. Nejdůležitějším a zásadním problémem je stabilita lůžka. V podstatě celá nosná část, jednotlivé polohovací díly a samotný pacient, se ocitá na podložce, která sama o sobě je vysoce nestabilní a při odpojení od pohonu má tendenci překloupit se do polohy která naopak stabilitu zaručuje, ale je téměř nepoužitelná.

K zaručení stability má sloužit samotný pohon, který dovolí jenom určitý rozsah pohybu. Základní faktem je to, že postel se bude otáčet v maximálním úhlu π radián. Výchozí pozici přepokládejme jako vodorovnou. V této poloze je možné pacienta na postel umístit, poté bude následovat volba maximálního úhlu, do kterého se postel bude natáčet, přičemž maximální natočení je těch již zmíněných 90° . Právě ve vodorovné poloze je postel nejméně stabilní. Pro zajištění stability v této poloze můžeme aretaci pro případ, že chceme, aby se systém vůbec nehnul. Tato volba by byla zakázána v případě spuštění pohonu postele. Tento stav se dá připodobnit ke stavu automobilu, který je zaparkován, je zatažena ruční brzda. K jeho zajištění ale slouží i zařazený rychlostní stupeň. Zajištění automobilu tak slouží převodovka. Stabilitu našeho systému bude zajišťovat také převodovka, která ovšem bude šneková.

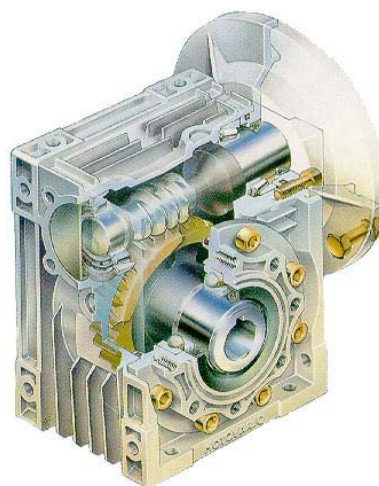
Pohon musí být dost silný na to, aby postel uvedl do provozu a zároveň udržel v žádané poloze, popř. pohybu..

4.5 Pohonná soustava

Řešení šnekové převodovky poháněné asynchronním motorem je jedno z nejlevnějších. Je nutné počítat s dostatečně velkým momentem síly pohonu hřídele, který bude dostatečně naddimenzován, oproti momentu, který vyvolá celý rám i s pacientem.

Hodnota síly podle normy ČSN EN 60601-2-38,

které by standardní postel odolat je 2250 N
 přibližně 12,5 cm od okraje postele. Hledáme tedy
 takový pohon, který sám o sobě nepohne při
 zatížení hodnotou 850, resp. 1000 Nm a zároveň
 sám dokáže zajistit režim plynulého pohybu postele
 v rozsahu π radiánů. Toto řešení pohonu přináší
 určité výhody, ale i obavy. Problém zajištění
 stability je téměř vyřešen, ale motor s hodnotou
 otáček kolem 1400/min generuje chvění s frekvencí
 přibližně 24 Hz, takže je na světě problém, který by
 se musel řešit určitým utlumením především v
 umístění pohonu na pevném, nikoliv pohyblivém šasi postele.



obr.4.2- šneková převodovka¹³

Výpočet z výchozích hodnot:

- naddimenzovaná hodnota momentu hřídele **$M_h=1000\text{Nm}$** ,
- otáčky motoru 1400/min
- poměr převodu šnekové převodovky **1:100** znamená, že výsledné zatížení elektromotoru za převodem bude **$M_m = 10 \text{ Nm}$** a otáčky převedeny na **14/min**.

Pro výkon motoru platí vztah $P = M\Omega = 10 \cdot \frac{1400}{60} 2\pi = 1470 \text{ W}$.

Pro další snížení otáček postele použijeme frekvenční měnič **Siemens Micromaster 440- 150/2** zvolený podle výkonu motoru, který má i funkci transformace zdroje z jednofázové soustavy na třífázovou, jelikož řízení třífázového motoru je jednodušší. Jeho úlohou bude i posunutí momentové charakteristiky doleva, směrem k nižším otáčkám. Dle výpočtů vychází, že by postel v konečném řešení měla převedený poměr na **0,7 otáčky za minutu**, což je rozumná hodnota pro natáčení v určitých časových intervalech.

¹³ Tespo: *Motovario* [online]. 1999 [cit. 2012-4-4]. Dostupné z: <http://www.tespo.cz/motovario.php>

4.6 Celkové řízení natočení postele

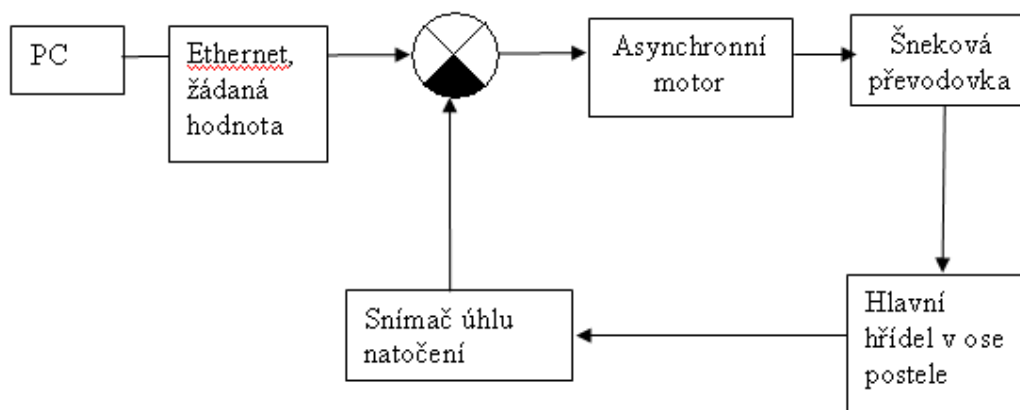


schéma 2 – zpětnovazební systém otáčení

Zjednodušené schéma zpětnovazebního systému znázorňuje systém, který se pracuje na základě žádané a získané hodnoty úhlu natočení hřídele postele, nebo motoru.

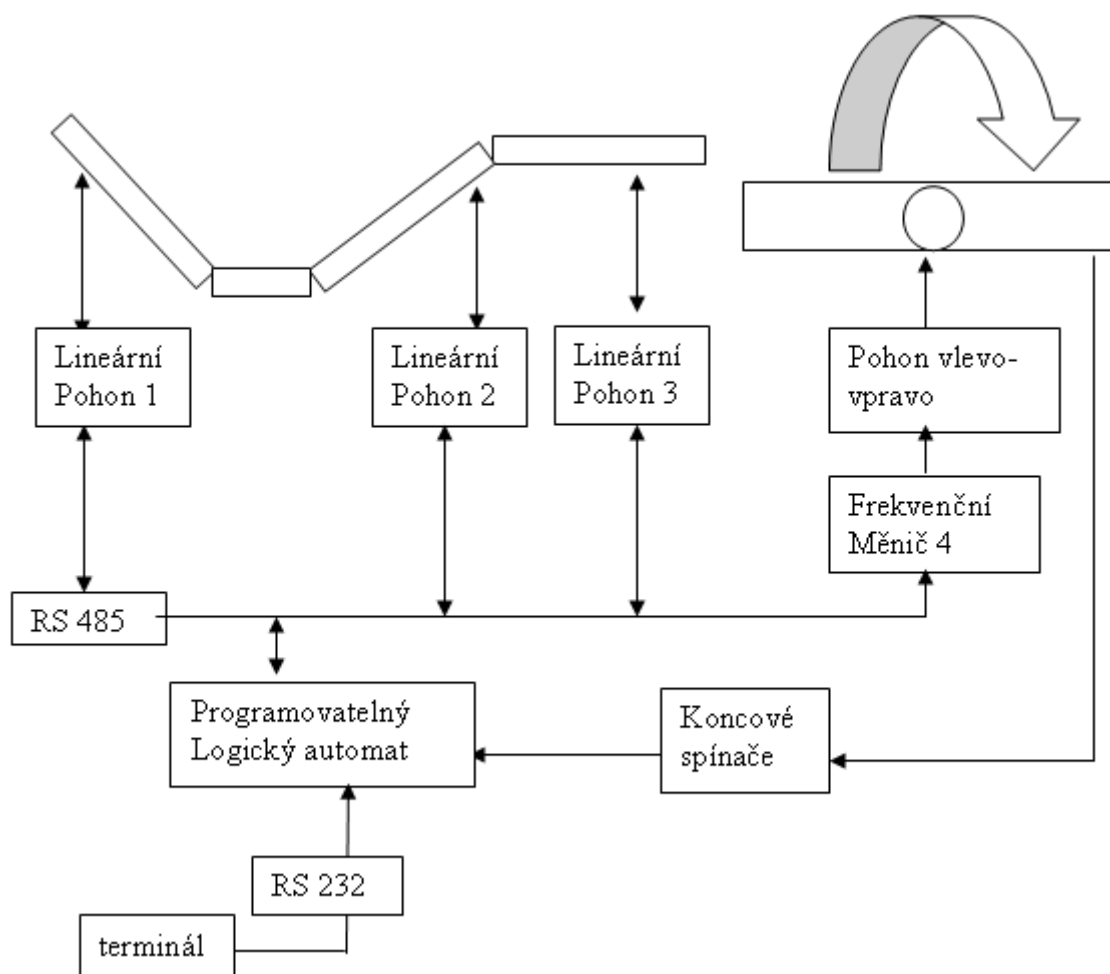


schéma 3-celkový přehled pohonů postele

Dodatečným problémem je kolmém na osu otáčení v případě, že by bylo nutné pacienta posadit. Tuto věc by bylo dobré zohlednit při konstrukci lůžka, dle lékařů je možnost kolmého lomení postele nejlépe na dvou místech nutnou podmínkou pro úspěšnost technologie pro běžnou praxi.

Dle *Haasze 2000* lze použít seriovou linku RS 232 pro měřicí systémy, které jsou poměrně jednoduché. Zajistí komunikační rozhraní počítače s dalšími komponentami. O řízení postele se postará Programovatelný logický automat PLC, který dále komunikuje i s lineárními pohony.

Dle výše uvedených schémat se setkáváme se zpětnovazebním systémem, kde volíme softwarově žádanou polohu natočení a porovnáváme s měřenou pomocí snímače úhlu natočení. Na základě odchylky pak kontrolujeme další polohu postele. Další řešení pak ještě počítá s použitím další pohonů pro polohu jednotlivých roštů, do kterých by postel byla rozdělena. Použití lineárních pohonů je moderní a dražší variantou, nicméně elegantní.

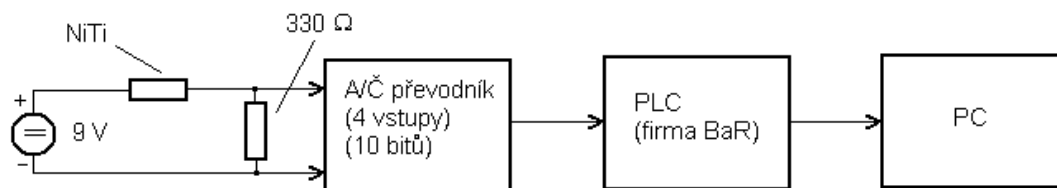
4.7 Monitorování s NiTi dráty

Na TU v Liberci je v současné době vyvíjen systém pro monitorování polohy pacienta pomocí snímače na bázi NiTi drátů, které poskytla akademie věd ČR. NiTi dráty mění výrazně elektrický odpor v závislosti na protažení. Metodami číslicového zpracování signálů z čidel lze vyčíst určité informace o poloze pacienta. Tato technologie však slouží hlavně pro oddělení, kde se používají pasivní matrace a signálů z těchto inteligentní lůžek budou určeny pro varování personálu ohledně nutnosti polohovat pacienta.

Pro monitorování je použit NiTi drát typu NiTi-1 SA o průměru 0,1 mm. Je natažen napříč matrace, v jejím středu, na měřicí ploše cca 86 cm (šířka matrace) x 40 cm plochou prochází drát 8 krát. Předpokládá se, že v matraci bude instalováno několik separátních měřicích ploch (pod hlavou, bedry a patami).

Pro automatizaci experimentálních měření byla navržena a zrealizována na TU v Liberci následující měřicí aparatura, která vyhodnocuje změnu odporu NiTi drátu pomocí 10 bitového A/Č převodníku firmy BaR. V taktu 1 sec. Jsou data ukládána do paměti PLC automatu. Aparatura umožňuje automaticky snímat data ze 4 míst a

přenášet je do nadřazeného počítače.



Blokové zapojení měřicí aparatury

schéma 4- NiTi aparatura

Je možno tento systém monitorování doplnit postelí, která umožňuje automatické polohování . V tomto případě je možno informace o poloze pacienta využít pro automatické polohování. Podrobnější blokové zapojení je uvedeno na obr....

S využitím NiTi drátu lze učinit úpravu v řešení automatizace postele s tím, že se zajistí softwarové zpracování signálů z NiTi technologie.

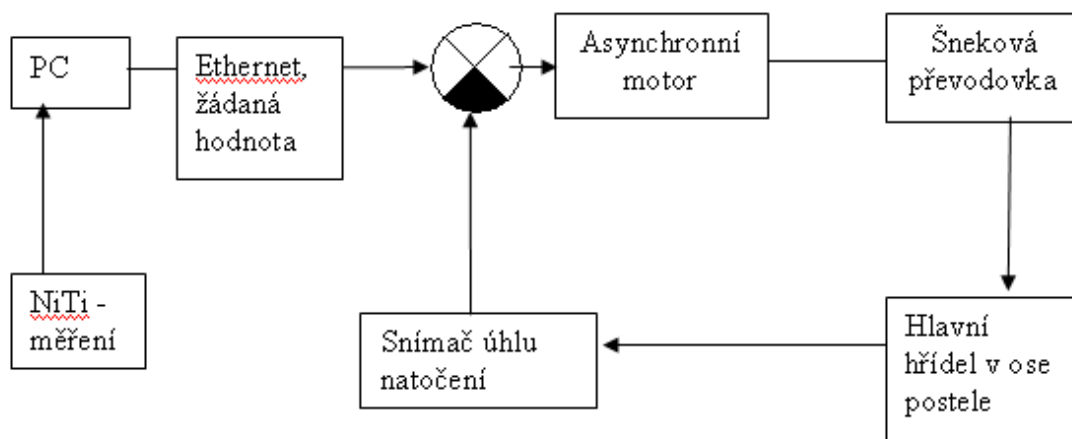


schéma 5-zpětnovazební systém otáčení s NiTi

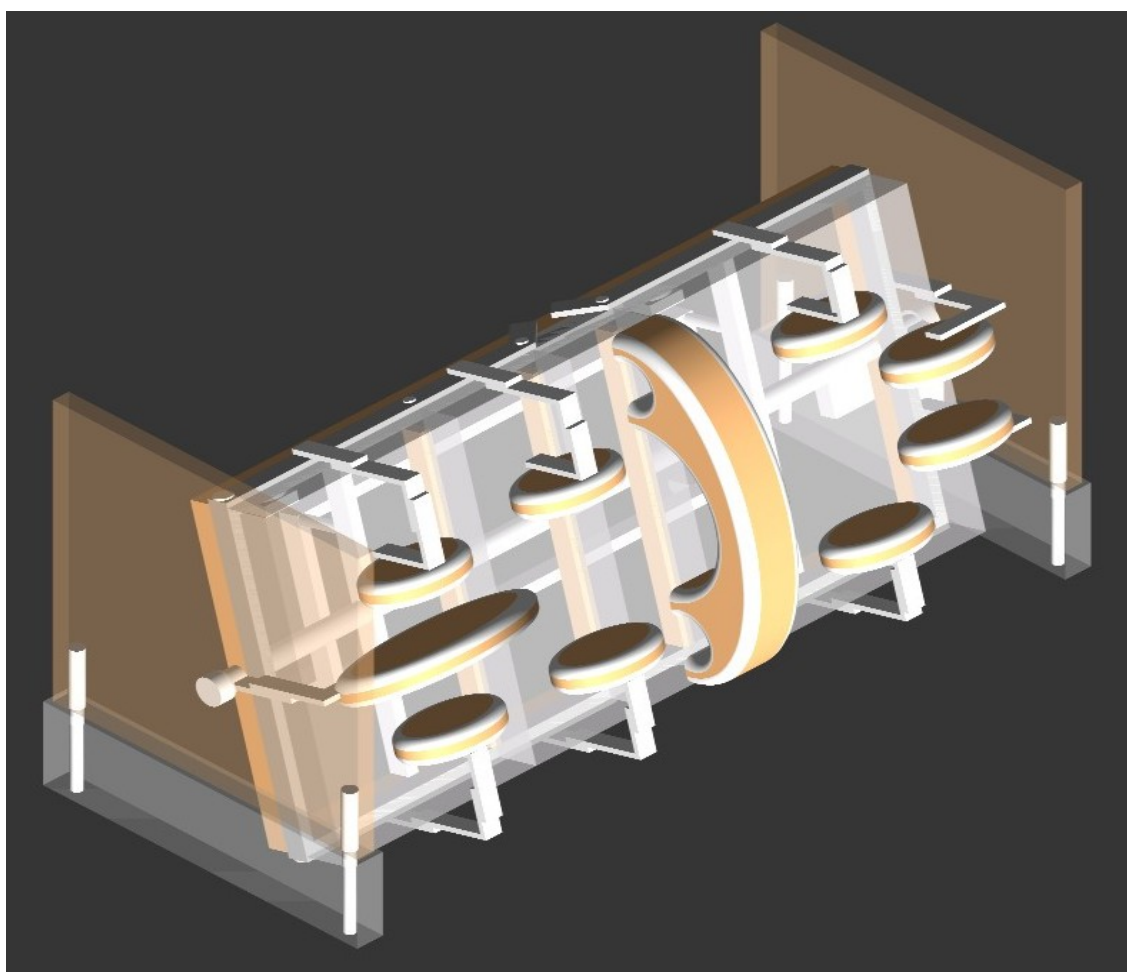
Zde je nutné připomenout, že postup zpracování signálů na lůžku, které mění svou polohu je náročnější úkol na zjištění experimentálních naměřených hodnot odporu Ni Ti drátů.. Jako návrh postupu při řešení této technologie bych doporučil definovat zákázané, resp. povolené stavy natočení postele a pracovat pouze s nimi. Tato

skutečnost pak zjednoduší práci programátora. Také by bylo dobré najít vhodný model, který nahradí tělo pacienta. Zde se dotýkáme otázek způsobů práce vývojového týmu.

4.8 Řešení stability pacienta

4.6.1 Variabilní pevné podpěry s ocelovou konstrukcí

Tímto řešením se myslí nastavit podpěry pevně přichycené k ocelové konstrukci postele s jistou variabilitou a tolerancí pohybu, které jsou na povrchu měkčené, uzpůsobené tvaru pacientova těla.



obr 4.3 –postel s pevnými podpěrami

. Postel je navržena tak, aby pokud možno pacient z ní nespádl. Jako hlavní komponenta k tomu, aby nebyl ohrožen je bederní pás, spojený s matrací, umístěný přibližně v těžišti těla, který obepíná celou pánev a zabraňuje tomu, aby pacient vypadl. Jeho funkci doplňují ještě ostatní zábrany, umístěné u „periferních“ orgánů – hlavy, ramen, steh a nohou. Jedná se o komponenty s možností variability a určité tolerance

v poloze. Tyto zábrany jsou navrženy jako měkčené s možností výměny pláště kvůli splnění hygienických povinností.

4.6.2 Systém kloubního základního roštu

Tímto řešením se myslí udělat základní rošt postele tak, že s otáčivým pohybem postele některé její části zůstanou v původní poloze, což by bylo zajištěno pomocí kloubů na základní konstrukci postele. Zde by bylo nutné použití matrace, která by dobře tolerovala tento pohyb a například systémem vhodně umístěných tlumičů, které svou tlakovou silou dostanou ohebné části do protipohybu otáčení postele. Nevýhodou toho řešení je konstrukční robustnost, náročnost na výpočty pro umístění tlumičů.

4.6.3 Vodní postel

Další řešení je též na otáčivé posteli, tentokrát s dalším využitím gravitačního pole. Mějme matraci, v jejíž částech jsou vaky ne zcela naplněné tekutinou, nicméně s tolerancí k deformovatelnosti v závislosti na poloze postele. Jedná se vlastně o hydraulické řešení, které by vhodnou volbou parametrů vyvolalo možnou podporu pacienta při natočení postele. Výhodou tohoto řešení by byl vysoký komfort v podobě přizpůsobení tvaru postele pacientovi a “naturální” tlak a eliminace střížné síly. Nevýhodou naopak obrovská hmotnost postele, nebezpečí v podobě výtoku kapaliny z postele díky erozi materiálu vaků a možnost kontaktu kapaliny s živými částmi elektrických obvodů motoru, či další.

4.6.4 Kombinace otáčení a vzduchové matrace

Posledním řešením by bylo využití vzduchových komor, které se již dnes běžně používají. Komory jsou střídavě nafukovány a vyfukovány, problémem zůstává konstantní poloha pacienta, kdy můžeme počítat s tím, že pokud se pacient nepolohuje, stejně dojde, sice za delší dobu, ale dojde k vytvoření dekubitu. S použitím kombinace vzduchových komor, které jsou pod různou kompresí a natočením postele by zřejmě došlo k maximálnímu antidekubitnímu účinku. Nicméně jeho nevýhodou je možná perforace vaků, nutnost dalšího řízení a kompresoru, který je někdy hlučný.

4.7 Konstrukce a návrh systému z hlediska použití norem

V případě technické realizace návrhu lůžka je dobré předem počítat s uplatněním norem, vztahují na specifický druh zdravotnického prostředku.

Terapeutický efekt musí vždy překonat možná bezpečnostní a zdravotní rizika týkající se obsluhy i pacienta. Normy se týkají zejména rizika mechanického a elektrického charakteru, ergonomického tvaru prostředků a způsobu technického provedení z hlediska funkce, dostatečného výkonu, ale i tolerancí hluku a vibrací, které mohou provoz lůžek provázet.

Norma, která nás v tomto případě zajímá, má název *Nastavitelná lůžka pro osoby se zdravotním postižením – Požadavky a metody zkoušení* ČSN EN 1970. Velice podobnou normou je norma ČSN EN 60601-2-38 *Zdravotnické elektrické přístroje- Část 2: Zvláštní požadavky na bezpečnost elektrických nemocničních*.

. Další normy, zmíněné ve výše uvedených, se týká ochrany krytím(ČSN EN 60529), zdravotnických el. přístrojů a požadavků na jejich bezpečnost(ČSN EN 60601-1), elektromagnetické kompatibility zdravotnický přístrojů ČSN EN 60601-1-2, elektromagnetické kompatibility obecně ČSN EN 61000, hladiny hluku ČSN ISO 3846 a geometrických požadavků ČSN EN ISO 14253-1, dále bezpečnostní požadavky ve způsobu konstrukce, prostory a bezpečné vzdálenosti od končetin pacienta, nebo obsluhy, aby nedošlo k možnému poranění. Podle těchto norem jsou riziková místa stlačení a ustřižení. Tato místa sice v posteli mohou být, ale musí být v určité vzdálenosti od kraje postele¹⁴. Dále je v ní uvedeno, jaká data by měla přímo být uvedena na výrobku a za jakých podmínek.

Při výrobě prototypu postele by bylo dobré provést analýzu rizik spojených s konstrukcí postele a její eliminací. Analýzy rizik zdravotnického prostředku se týká norma ČSN EN 1441 *Prostředky zdravotnické techniky – Analýza rizika*, která je ovšem neplatná a norma ČSN EN 12182 *Technické pomůcky pro osoby se zdravotním postižením - Všeobecné požadavky a metody zkoušení*.. V normě ČSN EN 1441 je zobrazeno blokové schéma postupu eliminace rizik a o kvalitativních charakteristikách. Přičemž relevantní otázka týkající se tématu je v části 3.2 pod písmenem l) týkající se hluku, vibrací, tepla, záření, kontaktní teploty, svodových proudů a magnetického pole., písmena o)- údržby., písmena s) –mechanického namáhání a písmena t)– životnosti.

¹⁴ Tento faktor není zahrnut v návrhu této práce a CAD výkres pro výrobu by se měl předělat, aby požadavek normy byl splněn.

V případě vytváření technické dokumentace pro výrobu je možné řídit se těmito normami, které mohou sloužit i jako inspirace pro vybavení postele. Jsou v nich uvedeny i metody zkoušení výrobku při procesu schválení shody. Jedná se o dynamické zkoušky stability částí postele, zkoušky bezpečnosti pacienta a obsluhy.

Na počátku je tedy nutné především převzít terminologii norem, akceptovat nezbytně nutné komponenty a zapracovat je do návrhu, splnit mantinely mechanických vlastností pasivních součástí a dynamické požadavky na aktivní součásti postele. Jako nejdůležitější sdělení normy ČSN EN 60601 považuji větu : „Není vhodné, aby norma omezovala vědecký pokrok, který může přinášet obsluze výhody.“

4.8 Doporučení pro další postup při řešení antidekubitních postelí

V případě realizace návrhu doporučuji zhotovit jednoduchý malý model, který by pracoval s minimálními veličinami v přiměřeném měřítku a k tomuto modelu postupně přidávat hardware popsany v této práci, opatřený softwarem. Pro technickou realizaci by bylo dobré zhotovit daleko důkladnější technickou dokumentaci a zvážit další možné pohyby s pacientem, to vše na základě zmíněných norem. **V konstrukci by bylo ideální zajištění ventilace pod pacientem vzduchem, u něhož by bylo možné regulovat teplotu resp. její snižování a vlhkost, to vyžaduje další řešení v podobě dalšího subsystému.**

4 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo přijít na alternativní řešení s využitím možností automatizace. Čtenář byl seznámen s problematikou dekubitu, predikčními místy a důvodem vzniku dekubitu. V rešerši bylo ukázáno dosavadní řešení z oblasti antidekubitních pomůcek a systémů.

Na základě principů vzniku dekubitu vznikl návrh řešení, které počítá se polohováním pacienta v laterálním směru při využití hřídele. Toto řešení je neobvyklé je poměrně jednoduše realizovatelné a otevírá nové možnosti práce s polohou pacienta

Řešení by mělo i jiné než antidekubitní účinky. To zdůrazňuji a odkazuji na poslední část kapitoly 3, kde v rešerši je zmíněno řešení v terapii dalších zdravotních komplikací, zejména symptomů získaných z umělé plicní ventilace. Jelikož působení gravitační silou je nenahraditelné jiným způsobem. Z tohoto hlediska si dovoluji tvrdit, že řešení v otočení pacienta, je unikátní. Tato otázka už se přímo netýká technického provedení, ale zvážení lékařů, zda by řešení mělo pro metabolismus pacientů význam překračující problematiku dekubitů. Například snížení rizika vzniku embolie, celkovou oxygenaci tkáně, popř. plicní problémy, ale tato otázka se netýká příliš technické realizace.

Práce ale přináší hlavní výzvy do oblasti technického dokončení návrhu. V případě rozhodnutí o zhotovení prototypu je nutné zvážit především uplatnění norem, kterých se týká část 4.7. Na základě zvážení bezpečnostních opatření by bylo potřeba zhotovit technickou dokumentaci, která bude vycházet z návrhu. Tématu se týkají další oblasti. Oblast medicínského prostředí a důkladného zvážení vlivu na pacienta, oblast hardwaru samotné postele, která se týká oblasti strojního inženýrství, oblast elektrotechnická a kybernetická a softwarová (zde je míněno hlavně aktivní řešení na základě dat získaných o pacientovi. Může se jednat o veličiny získané na základě použití nejrůznějších snímačů tlaku, obrazu, teploty atd..) Dále oblast ergonomie a výběru materiálů k té části systému, který je přímo v kontaktu s pacientem a který se zabývá myšlenkou přizpůsobení jednotlivých komponent, které přichází do kontaktu s tělem pacienta, co nejlépe tělu pacienta.

Po sepsání práce jsem došel k závěru, že pro případ úspěšného řešení je nezbytná spolupráce odborníků z různých oborů a byl bych rád, kdyby tato práce neskončila pouze v oblasti úvah, ale přispěla k reálnému řešení problému v oblasti biomedicínské techniky.

Zdroje

- [1] Audy: Aktivní antidekubitní systémy. *Audy s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2012-02-04]. Dostupné z: http://www.audy.cz/katalog/antidec/antidek_s.htm
- [2] BURMAN, P. Using pressure measurements to evaluate different technologies. *Decubitus*. 1993 6(3), pp38-42
- [3] ČIPEROVÁ, Lenka. *Současná prevence a léčba dekubitů ve zdravotnických zařízeních*. Brno, 2007. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/204417/lf_m/diplomova_prace.pdf. Diplomová práce. Masarykova universita. Vedoucí práce Diňa Svobodová.
- [4] DEKUBITY - PROLEŽENINY. www.zdravi-cz.eu [online]. 20.2.2008 [cit. 2012-03-2]. Dostupné z: <http://compex.zdravi-cz.eu/dekubity-prolezeniny.php>
- [5] DMA PRAHA. *DMA: Kompenzační pomůcky* [online]. 2011 [cit. 2012-03-03]. Dostupné z: <http://www.dmapraha.cz/katalog/antidekubitni-podlozky/>
- [6] ČSN 60601-2-38. *Zdravotnické elektrické přístroje: Část 2: Zvláštní požadavky na bezpečnost elektrických nemocničních lůžek*. Praha: Česká normalizační institut, 1996.
- [7] ČSN EN 1970. *Nastavitelná lůžka se zdravotním postižením: Požadavky a metody zkoušení*. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [8] ČSN EN 12182. *Technické pomůcky pro osoby se zdravotním postižením - Všeobecné požadavky a metody zkoušení*. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [9] ČSN EN 1441. *Prostředky zdravotnické techniky – Analýza rizika*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [10] CUŘINOVÁ, L.: Onemocnění kůže, *Sestra*, VI., 1996, č.4, s 28
- [11] DEKUBITY - PROLEŽENINY. www.zdravi-cz.eu [online]. 20.2.2008 [cit. 2012-03-1]. Dostupné z: <http://compex.zdravi-cz.eu/dekubity-prolezeniny.php>
- [12] DODEK P. et al.: *Evidence-based clinical practice guideline for the prevention of ventilator-associated pneumonia*. *Ann Intern Med*. 2004 Aug 17;141(4):305- 13.
- [13] ERSSER, S. J., et al., 2005. A critical review of the interrelationship between skin vulnerability and urinary incontinence and related nursing intervention. *International Journal of nursing studies*, 42 (7) pp. 823-835 Dostupné přes: Elsevier [cit 23.3.2012]

- [14] FINK M. P. et al.: *The efficacy of an oscillating bed in the prevention of lower respiratory tract infection in critically ill victims of blunt trauma*. A prospective study. Chest. 1990 Jan;97(1):132-7.
- [15] GEISLER, FRANK. Haut, Dekubitus, Wunde: skin, decubitus, wound. *Anatomie Physiologie: Medical Art* [online]. [cit. 2012-04-02].
Dostupné z: http://www.anatomie-physiologie.de/ana_site/ober32.html
- [16] HAASZ, Vladimír. *Číslicové měřicí systémy*. druhé přepracované. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02219-6.
- [17] HUSSAIN, T., 1953. An experimental study of some pressure effects on tissues, with reference to the bedsore problem. The Journal of Pathology and Bacteriology. 66 (2), pp 347-58. Dostupné přes: Wiley [cit.4.4.2012]
- [18] KOKATEB, J.Y. Temperature-modulated pressure ulcers: A porcine model: *Archieve of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1995, Volume 76, Issue 7., pp 666-673. Dostupné přes: Archives of Physical Medicine and Rehabilitation [cit 14. 1 2012]
- [19] *LB Bohemia: Rehabilitační pomůcky* [online]. 2009 [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://lbbohemia.cz/bohemia-zdravotnictvi/pdf/strana07.pdf>
- [20] Linet: *Latera Acute* [online]. 2012 [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://www.linet.cz/zdravotnicka-technika/vyrobky/program-pro-zdravotnictvi/elektricka-luzka/28993/Latera-Acute-1?category=289>
- [21] Linet: *Zdravotnická lůžka: Multicare* [online]. 2012 [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://www.linet.cz/zdravotnicka-technika/vyrobky/vyrobky-pro-zdravotnictvi/Zdravotnicka-luzka/23337/multicare-ARO?category=287>
- [22] KOSIAK, M, Etiology of decubitus ulcers. *Archieves of Physical Medicine and Rehabilitation*, 42(1), pp. 19-29
- [23] KOZIEROVÁ, B. – ERBOVÁ, G. – OLIVIEROVÁ, R. *Ošetrovatelstvo* 2. 1. vyd. Martin – SR: Osveta, 1995. 840 s. ISBN 80–217–0528–0.
- [24] MC MEDICOOL TRADE. *Bezúdržbové antidekubitní matrace, IV stupeň dekubitů* [online]. 2011 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.medicool.cz/bezudrzbove-antidekubitni-matrace-do-iv-stupne-dekubitu.html>
- [25] MUSCEDERE J. et al.: *Comprehensive evidence-based clinical practice guidelines for ventilator-associated pneumonia: Prevention*. Journal of Critical Care (2008) 23, 126-137.
- [26] NOVÁK, Ondřej. *3 D netkané textilie ve zdravotnictví - simulace chování matrací při zatěžování*. Liberec, 2010. Disertační práce. Technická universita v Liberci. Vedoucí práce Jaroslav Hanuš.

- [27] REICHL, S. M., 1958. Shearing force as a factor in decubitus ulcers in paraplegics. *The Journal of the American Medical Association*, 166 (7), pp. 762-763 [online].
Dostupné na <<http://jama.ama-assn.org/content/166/7/762.full.pdf+html>> [cit 8.4.2012]
- [28] Tespo: *Motovario* [online]. 1999 [cit. 2012-4-4]. Dostupné z: <http://www.tespo.cz/motovario.php>
- [29] TRACHTOVÁ, Eva FOJTOVÁ., Gabriela, MASTILIAKOVÁ, Dagmar. 2001 Potřeby nemocného v ošetrovatelském procesu. 2.vydání - dotisk. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, c2001.

A. Příloha k bakalářské práci

**Technická řešení pro omezení vzniku dekubitu a kreativní návrhy pro
konstrukci antidekubitních lůžek**

A.1 Doplňující informace k pasivním matracím Linet

OTÁČENÍ

Při otáčení se zamění poloha hlavové a nožní části matrace

PŘEVRAČENÍ

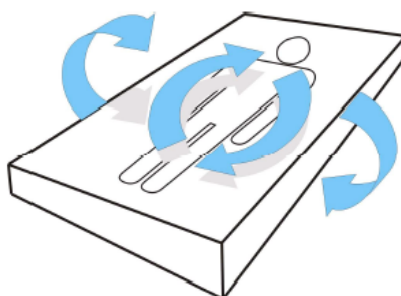
Při převrácení matrace se zamění horní a spodní strana matrace



Potah není oboustranný, nelze zaměňovat horní a spodní stranu! Je třeba zachovat orientaci potahu. Při převrácení spodní stranou vzhůru je třeba vyjmout jádro matrace z potahu, otočit jej a vložit jej zpět do potahu.

	EFACTA 10	EFACTA 20	PREMA	DUOTERA	CLINICARE	ZONECARE
Otáčení	ano	ano	ano	ano	ano	ano
Převrácení	ano	ne	ne	ano	ne	ne

Tabulka č.1 — Otáčení a převrácení matrace



4.1 Matrace doporučené pro standardní oddělení

	EFACTA 10	EFACTA 20
Riziko vzniku dekubitů podle stavu pacienta	Velmi nízké I	Velmi nízké I
Norton	20-19	20-19
Stupeň proleženin (Stirling ¹)	žádný	žádný
Druh matrace	standardní	standardní
Materiál	PU pěna	PU pěna
Potah	Voděodolný potah	Voděodolný potah
Váhový limit pacienta (tato hodnota je pouze informativní)	do 90 kg	do 100 kg-
Hmotnost matrace	7,7 kg	7,5 kg
Výška	12 cm	12 cm
Doporučené použití ² Standard / Intenziv	Standard	Standard

¹ Reid J., Morrison M (1994) Towards a consensus: classification of pressure sores. Journal of Wound Care 3 (3) 157-160

² Standard – standardní lůžková oddělení, Intenziv - určeno pro trvalé zatížení – 24 hodin denně

4.2 Matrace doporučené pro standardní oddělení, i pro oddělení s trvalým zatížením matrace

	PREMA	DUOTERA	CLINICARE	ZONECARE
Riziko vzniku dekubitů podle stavu pacienta	střední II	střední II	vysoké III	vysoké III
Norton	20-17	20-17	20-13	20-13
Stupeň proleženin (Stirling3)	žádný	do 1. stupně	do 2. stupně	do 2. stupně
Definice stupně proleženin	-	neblednoucí zarudnutí, nepoškození kůže	poškození epidermis	poškození epidermis
CPP ⁴	3,6	3,1	1,6	-
Druh matrace	preventivní antidekubitní	preventivní antidekubitní	Preventivní kombinovaná antidekubitní	Preventivní kombinovaná antidekubitní
Materiál	PU pěna	PU pěna	PU a viskoelastické PU pěny	PU pěny, visco pěny, smart latex, 3D textile
Svařovaný potah	Lintex/Porotex	Lintex/Porotex	Lintex/Porotex	Lintex/Porotex
Váhový limit pacienta	do 110 kg	do 120 kg	do 120 kg	do 120 kg
Hmotnost matrace	8,2 kg	9,4 kg	8,6 kg	12 kg
Výška	12 cm	14 cm	12 cm	14 cm
Způsob použití ⁵	Intensiv	Intensiv	Intensiv	Intensiv

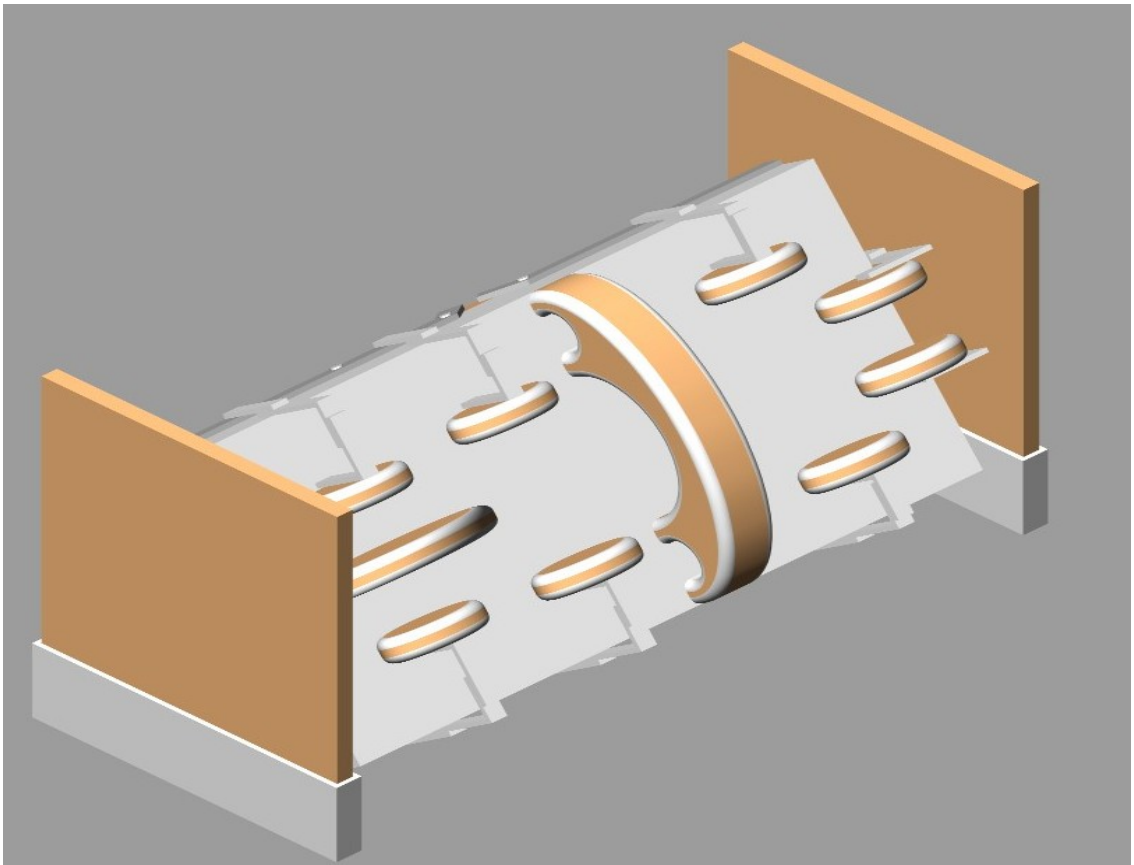
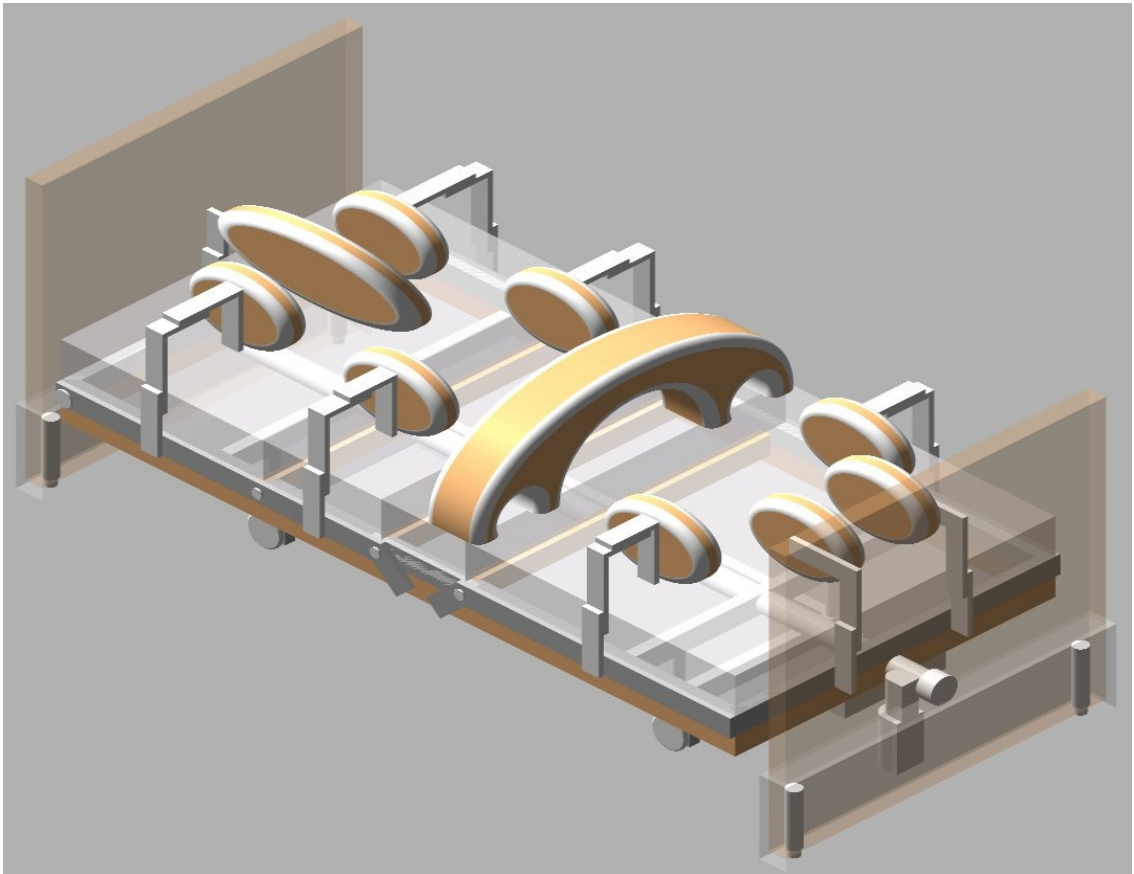
³ Reid J., Morrison M (1994) Towards a consensus: classification of pressure sores. Journal of Wound Care 3 (3) 157-160

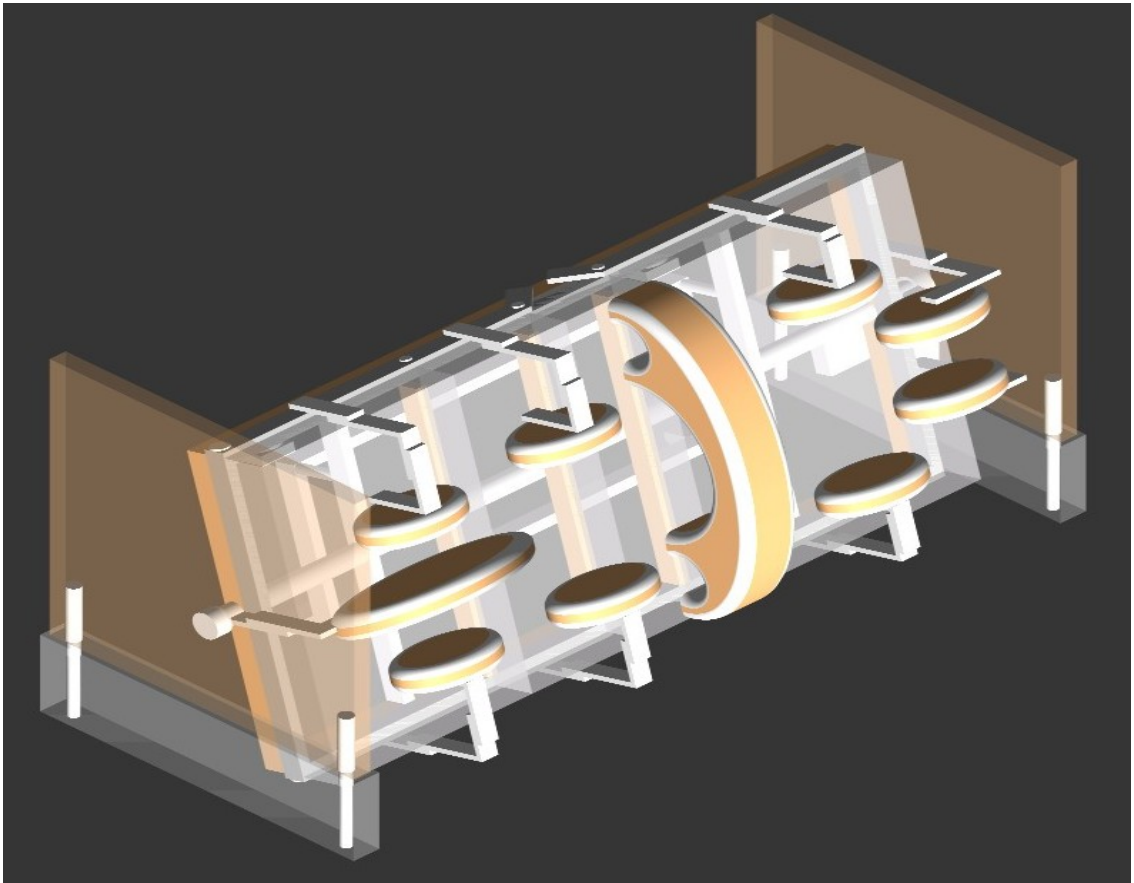
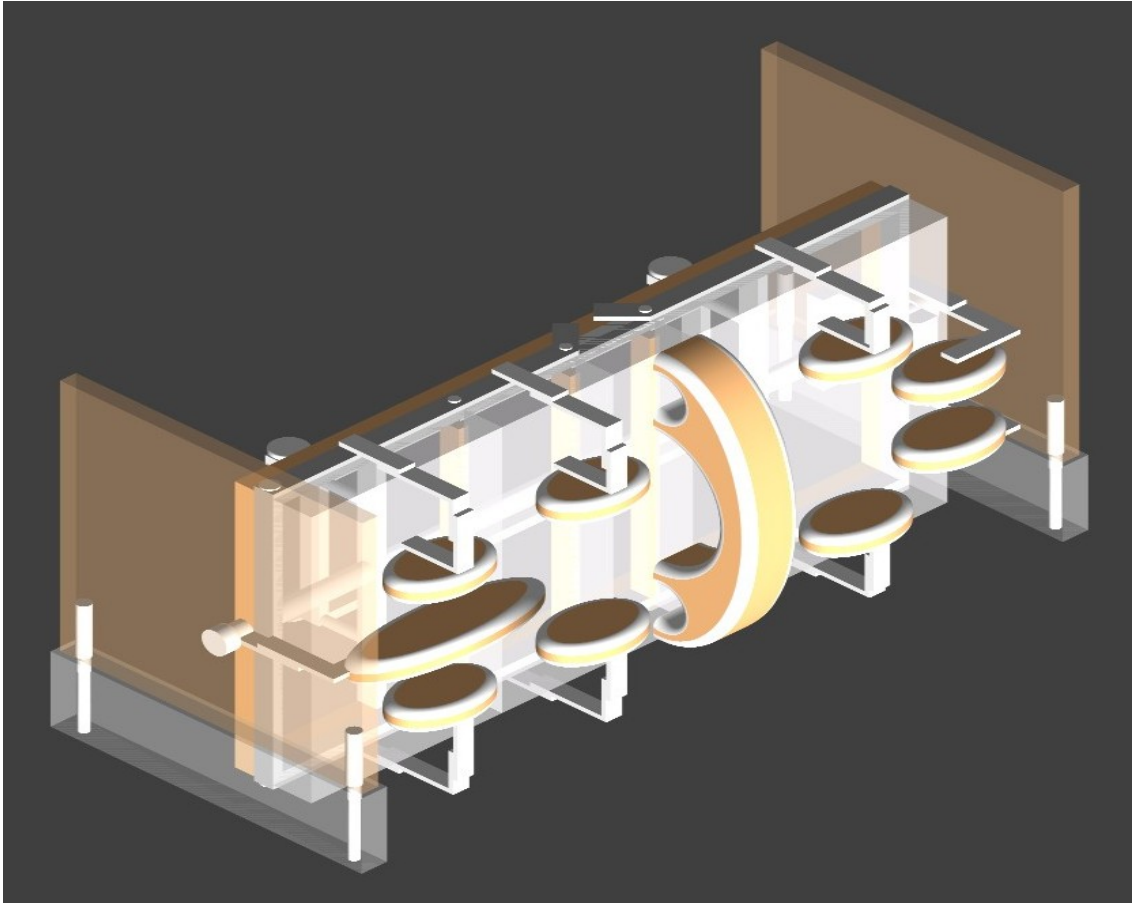
⁴ CPP – Critical Pressure Point

Koeficient určující použití matrace v závislosti na riziku vzniku dekubitu a stupni dekubitu. Koeficient CPP vyjadřuje v % plochu matrace, na které hodnoty tlaku přesahují 32 mm Hg

⁵ Standard – standardní lůžková oddělení, Intensiv - určeno pro trvalé zatížení – 24 hodin denně

A.2 Pohledy na polohovací postel





A.3 Blokové schéma pro ošetření bezpečnosti

