

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**  
**1.LÉKAŘSKÁ FAKULTA**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**2008**

**JANA VYDROVÁ**



**UNIVERZITA KARLOVA v PRAZE  
1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA**



Kateřinská 32, 121 08 Praha 2, Česká republika, tel.: 224 964 241, E-mail: office@lf1.cuni.cz

**NÁVRH A REALIZACE NÁSTROJE PRO ZJIŠŤOVÁNÍ  
SENZORICKÉHO ČITÍ V NEUROLOGII**

Diplomová práce

Autor: Bc. Jana Vydrová

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Jiří Hozman, Ph.D.

Pracoviště: České vysoké učení technické v Praze

Fakulta biomedicínského inženýrství, Kladno

PRAHA 2008

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Návrh a realizace nástroje pro zjišťování sensorického čítí v neurologii vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze, dne 5.9.2008

Jana Vydrová

## **Poděkování**

Děkuji Doc. Ing. Jiřímu Hozmanovi, Ph.D. a As. MUDr. Rudolfovi Černému, Ph.D. za cenné rady, podněty a připomínky při zpracování mé diplomové práce. Vážím si pomoci Ing. Tomáše Píčky, který na základě mých návrhů a nákresů dokázal zkonstruovat kalibrované hroty. Rovněž děkuji všem, kteří mi umožnili získání potřebných dat.

V Praze, dne 5.9.2008

Jana Vydrová

## Abstrakt

Vydrová, Jana – Návrh a realizace nástroje pro zjišťování sensorického čítí v neurologii

1. lékařská fakulta UK Praha 2, Kateřinská 32

Vedoucí práce : Doc. Ing. Jiří Hozman, Ph.D.

Smyslem této práce bylo navrhnout a zkonstruovat přístroj pro zjišťování sensorického čítí v neurologii. Konkrétně pro metody mechanický práh bolesti a fenomén rozhořívání.

Tato diplomová práce je rozdělena na 2 části – teoretickou a praktickou. V teoretické části se věnuji vysvětlení pojmu bolesti a významu v její diagnostice. Uvádím výčet možných vyšetřovacích metod v neurologii. V praktické části popisují konstrukci nástroje a následně i typy metod, pro které byl nástroj využit.

V závěru diplomové práce se věnuji výsledkům, které potvrzují a nebo vyvracejí některé domněnky v dříve provedené jiné studii.

Klíčová slova: *neuropatická bolest, kvantitativní sensorické čítí, mechanický práh bolesti, fenomén rozhořívání,*

## **Abstract**

Vydrová, Jana – Design and construction of instrument for quantitative sensory testing in neurology

1. lékařská fakulta UK Praha 2, Kateřinská 32

Head of the work: Doc. Ing. Jiří Hozman, Ph.D.

Purpose of this thesis has been design and construction of instrument for quantitative sensory testing in neurology – exactly for mechanical pain threshold and wind up phenomenon.

The thesis is divided into the two parts: theoretical and practical research. Theoretical part is concerned of pain and its diagnostics. I make a list of possible methods examinations in neurology. In practical part I describe construction of instrument and kind of methods which can be used for.

At the end of thesis I make a presentation of results the studies.

*Key words: neuropathic pain, quantitative sensory testing, mechanical pain threshold, wind up phenomenon, wind up ratio*

# OBSAH

1. ÚVOD	6
1.1. Cíl práce	6
2. TEORETICKÁ ČÁST	7
2.1. Bolest	7
2.2. Neuropatická bolest	9
2.3. Vyšetřovací metody v neurologii	11
2.3.1. Kvantitativní senzorní testování	11
2.3.2. Schéma vyšetření QST	12
3. PRAKTICKÁ ČÁST	13
3.1. Návrh a realizace nástroje pro QST	13
3.2. Mechanický práh bolesti	16
3.2.1. Postup při měření metodou MPT:	16
3.2.2. Vyšetřovaná oblast	17
3.3. Wind up fenomén	18
3.3.1. Postup při měření metodou WUP:	19
3.3.2. Vyšetřovaná oblast	19
4. VÝSLEDKY	21
5. DISKUZE	28
6. ZÁVĚR	30
7. SEZNAM TERMINOLOGICKÝCH POJMŮ	31
8. SEZNAM TABULEK, GRAFŮ A ILUSTRACÍ	33
9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	34
10. SEZNAM PŘÍLOH	35

# 1. ÚVOD

Rozvoj empirického zkoumání bolesti a moderní klinika bolesti, založená na vědeckých důkazech, se neobejde bez měřících metod. Měření podporuje objektivitu poznání, to je relativní nezávislost poznání na individuálním dojmu a kritickou ověřitelnost zjištění. Měřením bolesti zrychlujeme proces poznávání a zpřesňujeme komunikaci mezi odborníky. [10]

Má diplomová práce spočívala v návrhu a konstrukci nástroje pro zjišťování sensorického čítí v neurologii. Konkrétně pro detekci mechanického prahu bolesti (MPT) a fenoménu rozhořívání (WUP). Pro zvládnutí tohoto úkolu jsem k návrhu použila data z německé kliniky v Kielu, kde se touto problematikou zabývají. V České republice tato metoda není ještě zcela standardizována.

V teoretické části se věnuji charakteristice bolesti a také faktorům, které její vnímání ovlivňují. Dále následuje výčet pomocných vyšetření, která jsou využívána k diagnostice neuropatické bolesti. Podrobněji se zmiňuji o kvantitativním sensorickém testování (QST).

Praktická část je zaměřena na popis nástroje a jeho konstrukci. Je zde také uvedena přesná metodika měření na vytipované skupině zdravých dobrovolníků. Následují výsledky měření a grafické porovnání získaných hodnot s hodnotami z kliniky v Kielu a jejich interpretace.

## 1.1. Cíl práce

Cílem mé práce bylo navrhnout a zkonstruovat takový nástroj, aby jej bylo možno zahrnout mezi běžné vyšetřovací metody v diagnostice neuropatické bolesti. K tomu bylo samozřejmě nutné provést studii a měření na zdravých jedincích, abych si ověřila, že tento nástroj je schopen podat objektivní data.



## 2. TEORETICKÁ ČÁST

V této kapitole popisují typy bolesti a její vliv na výsledky měření. Dále uvádím metody, kterými vyšetřujeme pacienty s neuropatickým onemocněním.

### 2.1. Bolest

Bolest je časným ukazatelem poškození tkáně nebo orgánu. Patří mezi nejčastější příznak nemoci a podle její typické charakteristiky lze v mnoha případech určit diagnózu. Je rovněž jedním z velmi obtížně snášených příznaků a je nutné se zabývat jejím zmírněním a ztlumením.

Podle definice Mezinárodní asociace pro studium a léčbu bolesti (International Association for the Study of Pain, IASP) je bolest nepříjemný smyslový a emoční prožitek, spojený se skutečným nebo potenciálním poškozením tkáně nebo popisovaný takovými výrazy.

Bolest má dvojí charakteristiku: senzorickou (percepční) a psychologickou (emocionální). Bolestivé podněty vznikají podrážděním receptorů (volná zakončení) na periférii, jejichž buněčná těla jsou uložena v gangliích zadních míšních kořenů a mají synoptická spojení s neurony zadních rohů míšních. Jejich axony jsou vzruchy dále vedeny do senzitivních jader talamu a dále do somatosenzorické oblasti v gyrus postcentralis. Četná spojení s retikulární formací a mozkovým kmenem zajišťují reflexní děje spojené s vnímáním bolesti. Spojení s limbickým systémem a hypotalamem mají souvislost s emočními změnami při vnímání bolestivého podnětu. [8]

Vnímání bolesti je u různých jedinců různé. Stejný stimul může vyvolat u jednoho jedince bolest vedoucí až ke ztrátě vědomí, a u jiného jedince může týž stimul vyvolat slabší odezvu nebo způsobit až sexuální vzrušení. Tyto interindividuální rozdíly ve vnímání bolesti mají psychologický základ. Nelze konstatovat, že pouze zkušenost či prostředí moduluje vnímání bolesti, stejně tak nelze tvrdit, že jej moduluje pouze genová výbava daného jedince. [9]

Psychologický základ vnímání bolesti je dán interakcí psychických faktorů (včetně prostředí) a biologických faktorů, které se doplňují do takové míry, že je nelze úplně rozdělit.[9]

Mezi psychické faktory patří osobnostní struktura jedince daná faktory prostředí či kognitivní faktory (prožitky bolesti v rámci porodu a při polytraumatech, výchova, vliv rodiny, stresu, průběh nitroděložního vývoje, perinatálního a postnatálního období, atd.) a je dána i faktory genetickými. Osobnostní struktura jedince může být ovlivněna psychickými poruchami, jako jsou schizofrenie, afektivní poruchy (např. deprese, mánie), návykové poruchy (závislost na psychoaktivních látkách), neurotické poruchy (fobické, úzkostné poruchy), poruchy sexuální preference (masochismus, sadismus, patologické sexuální preference, atd.). Všechny jmenované psychické poruchy a mnohé další modulují vnímání bolesti. [9]

## 2.2. Neuropatická bolest

Neuropatická nebo také neurogení bolest je definovaná Mezinárodní asociací pro studium bolesti (IASP) jako bolest iniciovaná nebo způsobovaná primární lézí nebo dysfunkcí nervového systému. podle toho, kde se tato léze nachází, se rozlišuje neuropatická bolest primárně periferního nebo centrálního původu.

Rozlišují se dva základní typy neuropatické bolesti: bolest vyvolaná stimulací a bolest spontánní, která je na stimulaci nezávislá. Mezi neuropatické bolesti, které závisí na stimulaci nebo jsou vyvolány stimulací, patří alodyníe a hyperalgezie. Alodyníe je definována jako bolest vyvolaná podnětem, který normálně bolest nevyvolá. Hyperalgezie označuje zvýšenou citlivost a snížený práh k bolestivým stimulům, nadprahové intenzity: bolestivý stimulus vyvolá bolest vyšší intenzity než je obvyklé. [11]

Patofyziologie neuropatické bolesti je složitá, multifaktoriální a v některých oblastech dosud nejasná. Mezi hlavní mechanismy patří:

- Abnormální **periferní senzitivace** a generování ektopických impulsů v primárních aferentních nociceptivních vláknech.
- **Centrální senzitivace**. V důsledku periferní senzitivace a spontánní aktivity neuronů se na úrovni zadních rohů míšních prolongovaně zvyšuje citlivost vůči nociceptivním stimulům, ale rozlišuje se i recepční pole neuronů zadních rohů (centrální senzitivace) na další spinální oblasti a možná i na mozek. [3]

Přestože neuropatická bolest může být popisována téměř všemi způsoby, charakterizující adjektiva, která pacienti nejčastěji používají, zahrnují pojmy – vystřelující, bodavá, palčivá, sežehující, ostrá, pichlavá, tupá apod. Neuropatická bolest se často zhoršuje v noci, což ji odlišuje od mnoha jiných typů bolesti. Důvod této skutečnosti může být dvojitý. Jednak vymizení kompetujících stimulů neuropatické bolesti, jednak cirkadiální rytmus ovlivňuje práh bolesti. [5]

Určité chorobné stavy (DM, infekce HIV nebo AIDS, roztroušená skleróza, protinádorová chemoterapie, míšní neurochirurgie, alkoholismus s neuropatií, herpes zooster, amputace) jsou doprovázeny neuropatickými bolestmi, a jestliže si pacient s takovým onemocněním stěžuje na bolesti, měl

by lékař uvážil, zda se nejedná o neuropatickou bolest. Například více než polovina nemocných s roztroušenou sklerózou trpí bolestmi, které jsou projevem základního onemocnění. Nervová tkáň je predilekčním místem pro HIV, který vyvolává u většiny pacientů neuropatie nebo myelopatie, jejichž důsledkem je neuropatická bolest. Diabetes může poškozovat nervový systém na všech úrovních a vyvolávat neuropatickou bolest, která má buď akutní začátek, nebo nevypočitatelný vývoj. [5]

Bolest je důsledkem složité interakce senzitivních, emocionálních a behaviorálních podnětů vznikajících v nervovém systému a zahrnují různé chemické a elektrické signály. Je proto nepravděpodobné, že měřením určité chemické substance, zobrazováním tělesných struktur nebo monitorování průběhu izolovaného elektrického signálu by pomohlo identifikovat zdroj bolesti. I přes to jsou situace, kdy správně indikovaná pomocná vyšetření mohou pomoci jak v diagnóze, tak i ve výběru optimální léčby. [6]

## 2.3. Vyšetřovací metody v neurologii

- **fyzikální vyšetření** – základem je kompletní standardní neurologické vyšetření, přičemž v souvislosti se specifiky neuropatické bolesti je potřeba detailněji vyšetřit citlivost (specifické testy citlivosti – mechanická, termická alodynie a hyperalgezie) a motoriku.
- **zobrazovací techniky** – počítačová tomografie (CT) a magnetická rezonance (MRI) jsou vhodné k identifikaci morfologických změn, pozitronová emisní tomografie (PET) může zobrazit oblasti se sníženou metabolickou aktivitou a se změněným průtokem krve.
- **morfologické techniky** – biopsie nervu může potvrdit poškození periferního nervu
- **elektrofyzilogické techniky** – elektromyografie (EMG) a hodnocení rychlosti vedení (NCV) umožňují přesné zhodnocení vedení nervových vzruchů a identifikaci demyelinizace nebo atonálních poškození, ale pouze zřídka přispívají, resp. jsou potřeba k diagnostikování neuropatické bolesti. Problém je, že pomocí těchto vyšetření nelze dostatečně spolehlivě vyhodnotit funkci tenkých nervových vláken. Kvantitativní vyšetření cití (QST) hodnotí funkční stav tlustých i tenkých nervových vláken určením vibračního prahu (silná vlákna) a hodnocením chladové a termické citlivosti (tenká vlákna). Navíc umožňuje i kvantitativní hodnocení prahu bolestivosti a identifikaci přítomnosti abnormálních vjemů vyvolaných standardními podněty. [6]

### 2.3.1. Kvantitativní senzorické testování

quantitative sensory testing (QST)

Jde o psychofyzické vyšetření cití různých modalit s použitím definované intenzity podnětu a obvykle s počítačovým zpracováním výsledků. QST je používáno pro včasnou diagnózu a monitorování neuropatií postihujících tenká vlákna, která nemohou být hodnocena standardními neurografickými metodami (kondukčními studiemi). [3]

QST je časově značně náročná metoda a vyžaduje pečlivost při provedení a dobrou spolupráci vyšetřované osoby. Metoda není dosud standardizována a existuje několik možných variant.

### 2.3.2. Schéma vyšetření QST

- **Kvantitativní vyšetření termického čítí** – měří se tepelný práh, pacient signalizuje první pocit chladu nebo tepla, který je schopen rozpoznat. Dále práh tepelné bolesti, pacient stanovuje nikoliv vjem tepla, ale až vjem bolesti. rovněž zjišťujeme schopnost rozpoznat změnu tepelného vjemu, teplota plynule narůstá, jakmile to pacient pozná, začne chladnout atd. Pacient určuje, zda cítí chlad nebo teplo.
- **Vyšetření prahu taktilní citlivosti** – vyšetřuje se vjem, kdy pacient ucítí dotek filamenta na kůži. používají se kalibrovaná monofilamenta s graduováním gramáží. Určuje se horní a dolní práh.
- **Vyšetření prahu citlivosti pro bolest** – sada jehel s graduovaným závažím. Princip je stejný, pacient musí pochopit, že má určit ne dotek, ale vjem bolesti. Určuje se opět horní i dolní hranice.
- **Vyšetření prahu vibrační citlivosti** – pomocí vibrometru
- **Vyšetření alodynzie, hyperalgie** – kombinace několika metod, výběr podnětů se řídí tabulkou.
- **Vyšetření wind-up fenoménu** - dynamická mechanická alodynzie. používá se pouze konkrétní hodnota kalibrovaných jehel. Pacient zaznamenává pocit z bolestivého vjemu na vizuální analogovou škálu.
- **Vyšetření prahu tlakové bolesti** - vyšetřuje se tlak na kůži, pomocí algezimetru.[1]

### 3. PRAKTICKÁ ČÁST

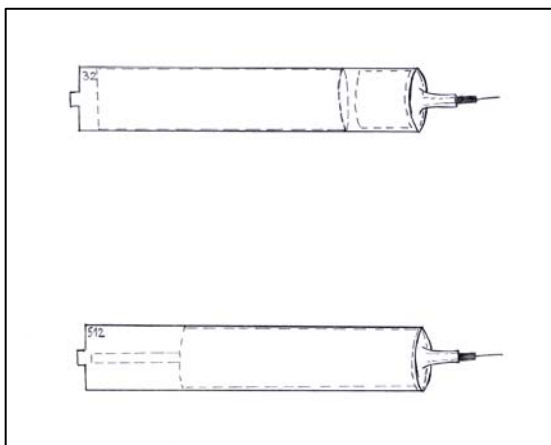
#### 3.1. Návrh a realizace nástroje pro QST

Užívá se sada 7 kalibrovaných hrotů. Tyto stimulátory jsou tenké kovové drátky o průměru 0,2 mm. Každý drátek, respektive jeho konec, kterým budeme stimulovat kůži pacienta, je pomocí elektrochemické reakce zaoblen do kulovitěho tvaru. Jednotlivé drátky jsou žárem zataveny do kovového pístu. Tento píst se volně pohybuje v trubičce (pouzdrě).

Každý hrot je různě kalibrován geometrickou řadou, v hodnotách 8, 16, 32, 64, 128, 256 a 512 mN. Hmotnost hrotů je nakalibrována navýšením objemu pístu. U vyšších hodnot (tj. 128, 256, 512mN) jsou navíc písty opatřeny oboustranným vedením (ukotvení ve vodící tyčce, která je rovněž zahrnutá do kalibrace). Všechny kalibrované hroty jsou označeny (v mN) a uchovány v ochranném pouzdře.

hrot	síla [mN]	Kalibrace [g]
1	8	0,815
2	16	1,63
3	32	3,26
4	64	6,52
5	128	13,0
6	256	26,1
7	512	52,2

Tab. č. 1 - Kalibrace hrotů.



Obr.1 – Náskres konstrukce kalibrovaných hrotů (nahore – pro závaží 32mN se zářázkou, dole – pro závaží 512mN s vodící tyčkou)



Obr.2 - Souprava kalibrovaných hrotů v ochranném pouzdře



Obr.3 - Sada 7 hrotů



Obr.4 – Píst s hrotem





*Obr.5 – Kalibrovaný hrot bez vodící tyčky pro hodnotu 8 mN*



*Obr.6 – Kalibrované závaží s vodící tyčkou (kalibrován na hodnotu 512mN)*

## 3.2. Mechanický práh bolesti

mechanical pain threshold (MPT)

Tato metoda se používá ke zjištění hypoalgezie.

Mechanický práh bolest je měřen pomocí vyrobené sady kalibrovaných hrotů. Tato sada 7 hrotů pro mechanické dráždění má pevnou stimulační intenzitu (průměr kontaktní plochy je 0,2mm) o síle 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512mN. Stimulátory jsou přikládány kolmo na kůži (svisle k zemi) v intervalech 2 sekund. Poté 2 sekundy počkáme a následně použijeme vyšší sílu hrotu. Ve stimulaci pokračujeme do doby, kdy je zachycen první vjem píchání. Konečný práh bolesti je brán jako geometrický průměr 5 sérií zvyšujících se a snižujících se stimulů. [3]

Celkový výsledek měření je uváděn jako geometrický průměr všech měření pro daný region těla [mN]

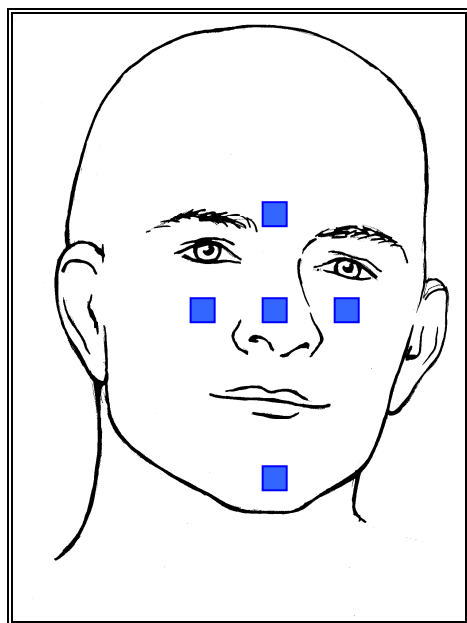
### 3.2.1. Postup při měření metodou MPT:

Pacientovi je nejprve vysvětlen princip metody a po přečtení informovaného souhlasu pacienta vyšetřovaným podepsán. (Viz. příloha č.1). Zdůrazníme, že nám jde o zjištění, kdy ho stimul opravdu bolí, nikoliv kdy ho pociťuje jako nepříjemný vjem.

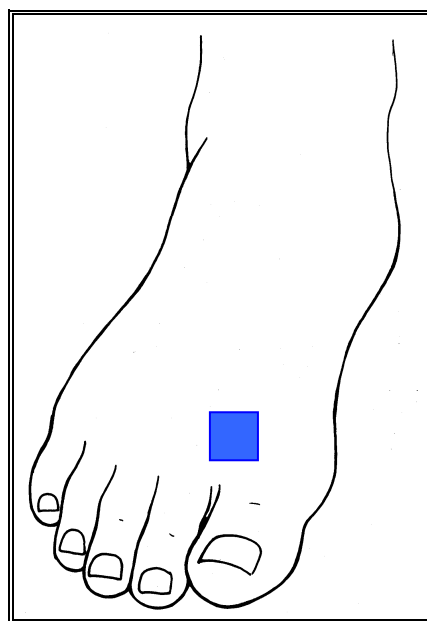
- pacient se položí na záda
- upozorníme ho, že začínáme s měřením na levé horní končetině
- na daný okrsek těla přiložíme kalibrovaný hrot (začínáme s nejnižší hodnotou, tj. 8mN), kolmo ke kůži, tak aby hrot byl na těle pacienta a váha pístu na něj mohla působit svou plnou vahou
- postupně zvyšujeme hodnoty závaží, dokud nám pacient neoznámí, že cítí bolest.
- hodnotu zaznamenáme do tabulky
- celý proces opakujeme, celkem 5x pro každou vyšetřovanou oblast (nejprve nahoru stoupající a poté sestupující hodnoty závaží)

### 3.2..2. Vyšetřovaná oblast

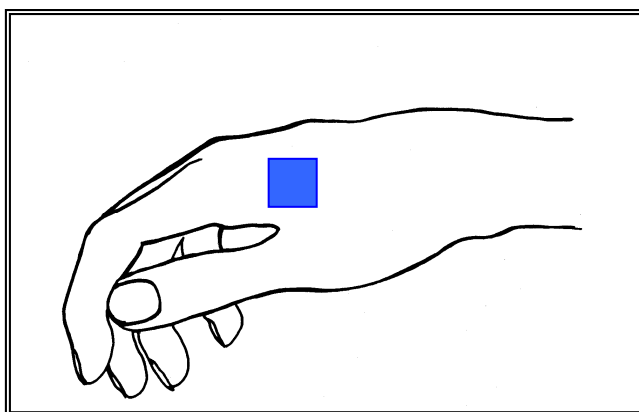
- horní končetiny – levá a pravá strana, mezi palcem a ukazovákem
- dolní končetiny – levá a pravá strana, mezi palcem a ukazovákem
- obličej – levá a pravá strana tváře, brada, čelo a nos (viz obr.7)



7.a



7.b



7.c

Obr. 7 – Vytipované okrsky měření pro metodu MPT  
(a – obličej, b – dolní končetina, c- horní končetina)

### 3.3. Wind up fenomén

wind up phenonemon (WUP), wind up ratio (WUR)

Tato metoda vyšetřuje tzv. "fenomén rozhořívání". Dochází zde k sumaci bolestivých podnětů při opakovaném stimulu na vyšetřovaném okrsku. Vzrůstající dráždivosti míšních neuronů je způsobená poškozením periferního nervového vlákna.

Pro tuto metodu je použito stejných nástrojů jako pro MPT. Opět se tu testuje oblast obličeje, horních a dolních končetin. Ze sady kalibrovaných hrotů použijeme pouze hodnoty 128mN pro oblast obličeje a 256mN pro horní a dolní končetiny.

V tomto testu je vnímaná intenzita jednotlivých mechanických bodnutí porovnávána se sériemi 10 opakujících se bodnutí o stejné intenzitě síly (1 bodnutí za sekundu, v oblasti 1cm<sup>2</sup>). [3]

Pacient je požádán, aby hodnotil bolest jednotlivých stimulů, odhadl průměr celých sérií o 10 opakujících se bodnutí, a aby zaznamenal jejich odpovídající hodnotu na vizuální analogové škále (VAS).

VAS je přímka, která měří 100mm (10cm). Pro snadnější orientaci má pacient k dispozici přímky pro obličej – levou a zvláště pravou stranu, totéž je i pro horní a dolní končetiny. Přímka je značena 0-10, kdy 0 znamená žádná bolest, hodnota 10 maximální, nesnesitelná bolest. Pro objektivní matematické hodnocení je bráno v potaz, že jakoukoliv hodnotu (vzdálenost) na přímce můžeme odečíst pomocí milimetrového pravítka a zaznamenat jako reálné číslo.

Obecně platí, že VAS bolesti se blíží poměrovým stupnicím, tj. stupnicím s absolutní nulou. Price (1999, str.17) považuje tuto vlastnost za první kritérium ideální stupnice bolesti. Naměřené hodnotě konkrétního aspektu bolesti můžeme přiřadit reálné číslo, názorně bod na přímce.[10]

Hodnoty WUP jsou uváděny v mN, celkový výsledek je však počítán jako wind up ratio – frekvence závislá na vzrůstající dráždivosti neuronů spinální míchy, která zachycuje výslednou sumaci bolesti po působení 5 po sobě

jdoucích stimulací. Částečně může být tato sumace stimulů vyjádřena pomocí tohoto poměru (ratio).

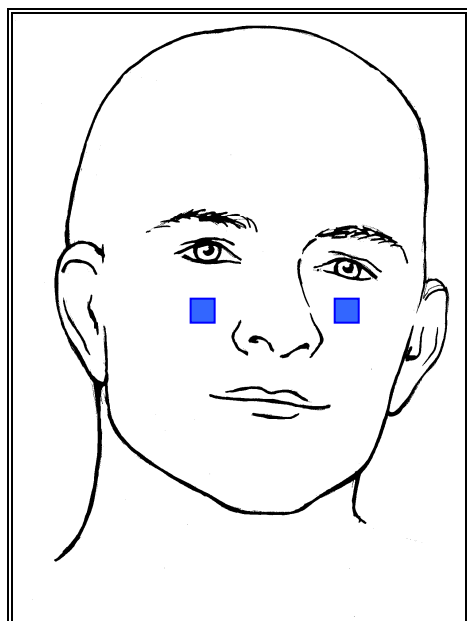
### **3.3.1. Postup při měření metodou WUP:**

Pacientovi je opět vysvětlen princip metody a poskytnuta VAS, na kterou bude zaznamenávat výsledky.

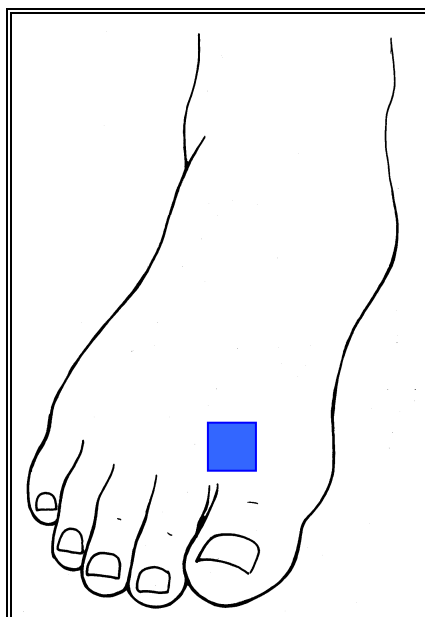
- vyšetřovaný se položí znovu na záda
- začínáme opět horní končetinou, pro kterou použijeme kalibrovaný hrot s hodnotou 256mN
- oblast 1cm<sup>2</sup> stimulujeme nejprve jedním bodnutím
- poté vyzveme pacienta, aby pocit z vjemu zaznamenal na odpovídající VAS - přímlce pro danou oblast (Viz příloha č.2)
- nyní aplikujeme 10 po sobě následujících stimulů (v intervalu 1 sekunda)
- pacient opět zaznamená vjem na VAS
- postup opakujeme 5x pro stejnou vyšetřovanou oblast
- celý proces provedeme i pro dolní končetiny
- pro oblast obličeje máme vybranou levou a pravou stranu tváře
- zde však použijeme o řád nižší hodnotu kalibrovaného hrotu, tj. 128mN.

### **3.3.2. Vyšetřovaná oblast**

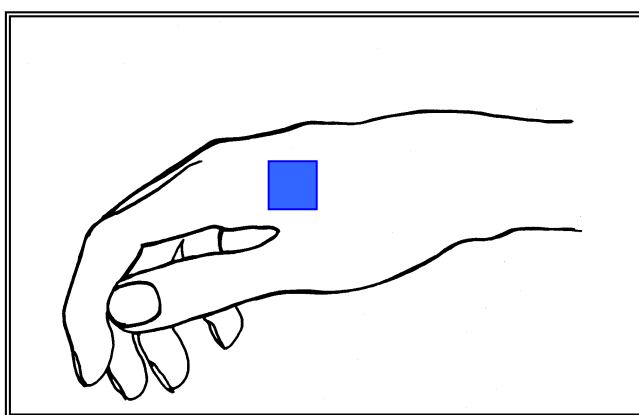
- horní končetiny – levá a pravá strana, mezi palcem a ukazovákem
- dolní končetiny – levá a pravá strana, mezi palcem a ukazovákem
- obličeje – levá a pravá strana tváře (viz obr.8)



8.a



8.b



8.c

*Obr. 8 – Vytipované okrsky měření pro metodu WUP  
(a – obličej, b – dolní končetina, c- horní končetina)*

## 4. VÝSLEDKY

Má diplomová práce byla založena na konstrukci nástroje pro zjišťování sensorického čítí v neurologii. Pro zvládnutí tohoto úkolu jsem k návrhu použila předlohu fotografií, komentáře a data z německé kliniky v Kielu, kde se touto problematikou zabývají a provedli na toto téma studii. V jejich studii bylo hodnoceno několik typů vyšetření kvantitativního sensorického čítí (termické, vibrační, tlakové, apod.) za použití odlišných nástrojů a přístrojů.

Já jsem se zaměřila pouze na jeden konkrétní nástroj, který umožňuje měřit mechanický práh bolesti a následně pomocí wind up poměru i tzv. fenomén rozhořívání.

Abych zjistila, zda konstrukce nástroje odpovídá standartu z Německa, rozhodla jsem se, že provedu studii na skupině osob a porovnam získané hodnoty s výsledky ze studie v Kielu.

Vybrala jsem skupinu 15 zdravých dobrovolníků z okruhu mých přátel. Byli zde zahrnuti obě pohlaví, ve věku 18 – 58 let. Na těchto subjektech jsem provedla měření mechanického prahu bolesti a poté i fenomén rozhořívání. K vyšetření jsem použila mnou navržený nástroj – sadu 7 kalibrovaných hrotů. Rovněž jsem i připravila VAS škálu, do které dobrovolníci zaznamenávali hodnoty z měření metodou WUP.



**Graf č. 1**

Testovanou skupinu jsem rozdělila na muže a ženy. Dále byli odděleni i věkově – pod 40 let a nad (včetně) 40 let. Do studie se mi nepodařilo najít žádného muže dobrovolníka s věkem 40 a nebo výše. Lidé byli vyšetřováni na neurologické klinice dospělých, 2.LF UK, v Motole. Testování probíhalo za standardních teplotních podmínek v měsících červen/červenec 2008. Vyšetření jedné osoby trvalo v průměru 30-40 minut. Jednotlivé výsledky jsem zanesla do tabulek, které jsem poté statisticky zpracovala v Microsoft Office Excel 2003. K tvorbě některých grafů jsem rovněž využila i program Free Statstics and Forecasting Software.



Graf č. 2

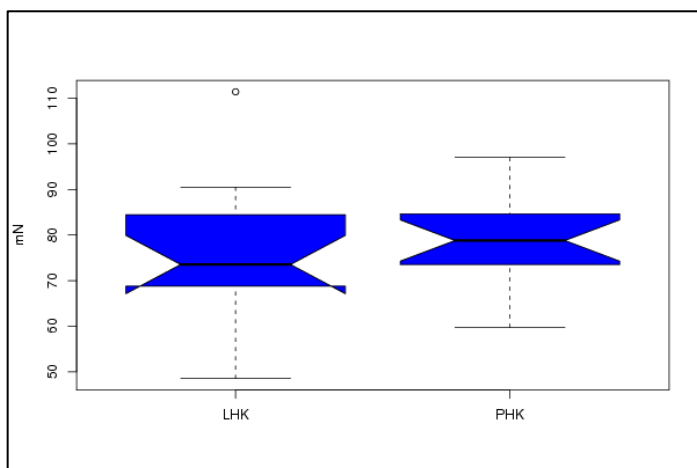
## 1) SROVNÁNÍ BILATERÁLNÍCH HODNOT

Každý člověk byl oboustranně vyšetřen na obličeji, horních a dolních končetinách. Nejprve jsem tedy porovnávala, zda obě strany těla jsou stejně citlivé, respektive jejich hodnoty jsou totožné.

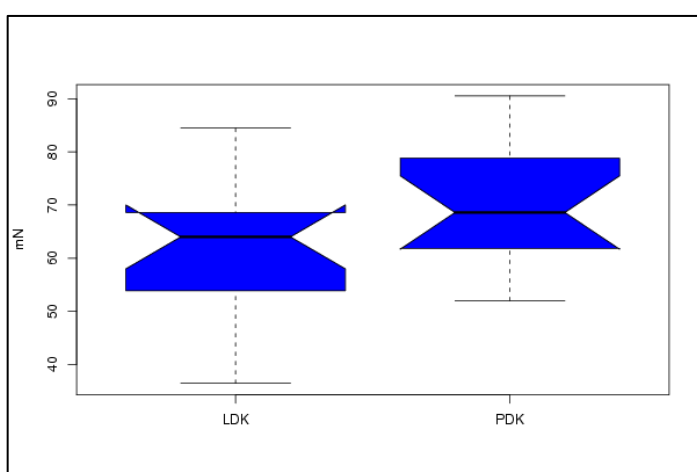
### Metoda MPT

U metody MPT jsem použila srovnání pouze horních a dolních končetin. V oblasti obličeje to u této metody nebylo možné z důvodu nesymetrického měření.





**Graf 3 – Srovnání hodnot na levé horní končetině s pravou horní končetinou u metody MPT**

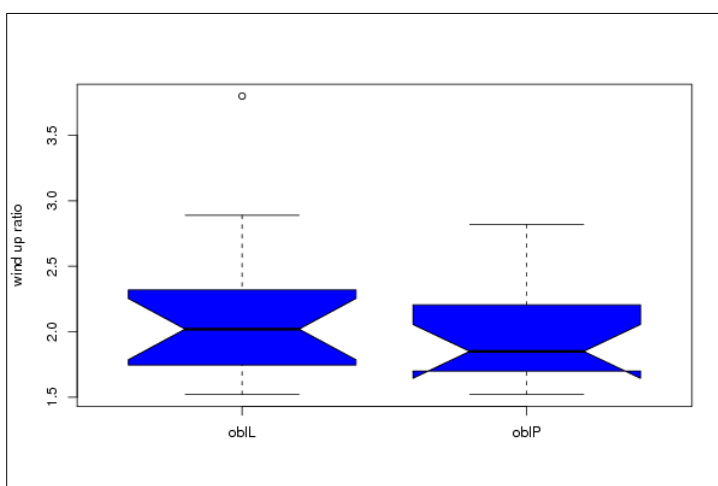


**Graf 4 – Srovnání hodnot na levé dolní končetině s pravou dolní končetinou u metody MPT**

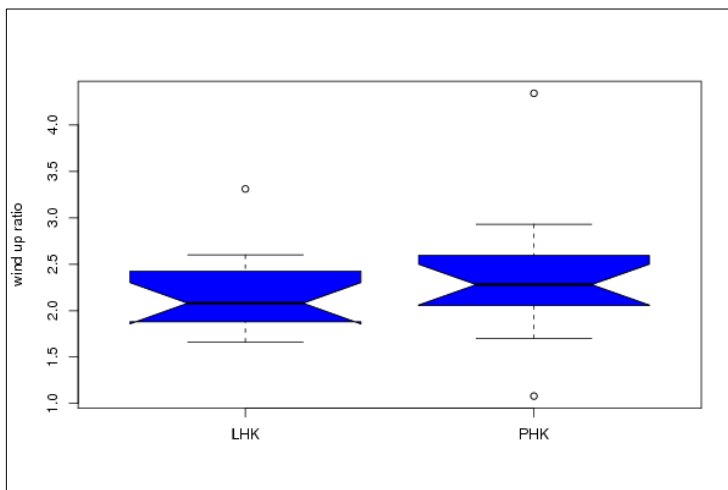
Z grafu i ze spočítaných průměrů jasně vyplývá, že levá končetina je mnohem citlivější na bolest, má tudíž nižší práh bolestivosti než pravá končetina.

### **Metoda WUP**

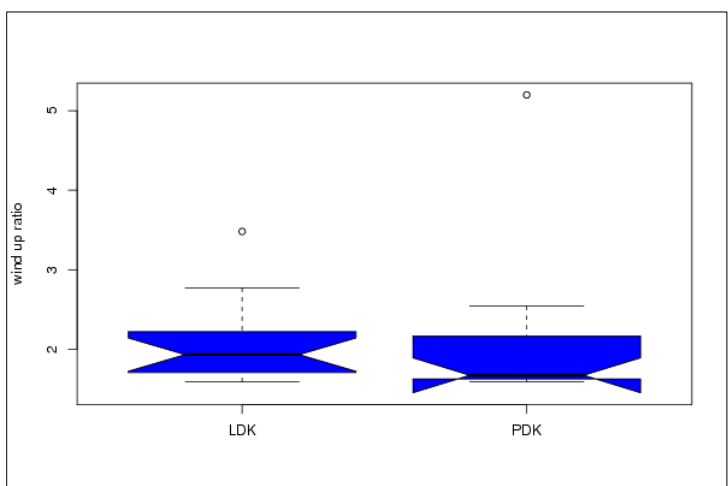
U metody WUP jsem srovnávala strany: obličej, horních a dolních končetin.



**Graf 5 – Srovnání hodnot na levé a pravé straně obličeje u metody WUP**



**Graf 6 – Srovnání hodnot na levé horní končetině s pravou horní končetinou u metody WUP**



**Graf 7 – Srovnání hodnot na levé dolní končetině s pravou dolní končetinou u metody WUP**

Z grafu i ze spočítaných průměrů jasně vyplývá, že zde nejsou větší odchylky hodnot wind up ratio mezi levou a pravou stranou těla.

## 2) POROVNÁNÍ ROZDÍLŮ HODNOT MEZI POHLAVÍM

### Metoda MPT

Průměrná hodnota u žen vyšla 62 mN, u mužů 67,5 mN. Ukazuje to, že ženy byly celkově citlivější než muži.

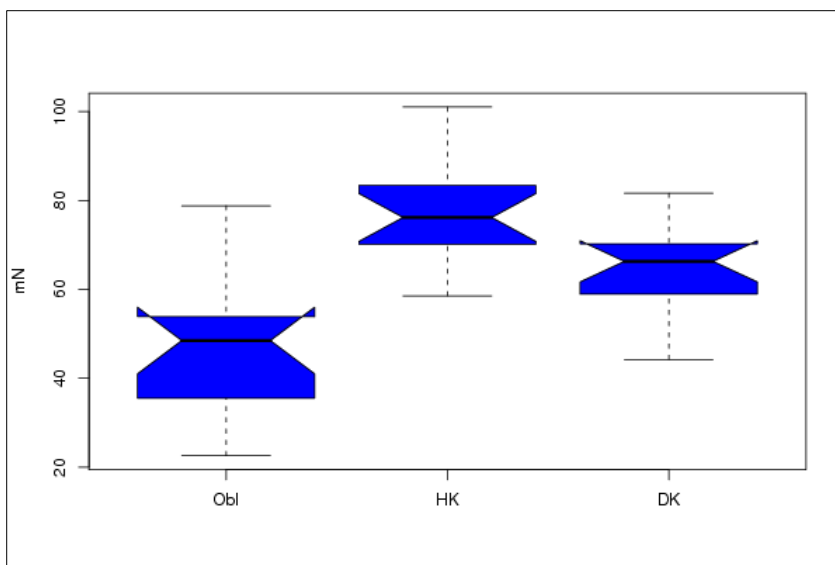
### Metoda WUP

Průměrná hodnota wind up poměru vyšla u žen 2,12, u mužů rovněž 2,12. Neprokazuje to, že vnímavost pohlaví na bolestný byla odlišná.

### 3) SROVNÁNÍ VYŠETŘOVANÝCH OBLASTÍ TĚLA

Zajímalo mě rovněž, jaký vliv na hodnoty má výběr vyšetřované oblasti těla. Na box grafu můžeme vidět vedle sebe znázorněné oblast obličeje, horních a dolních končetin.

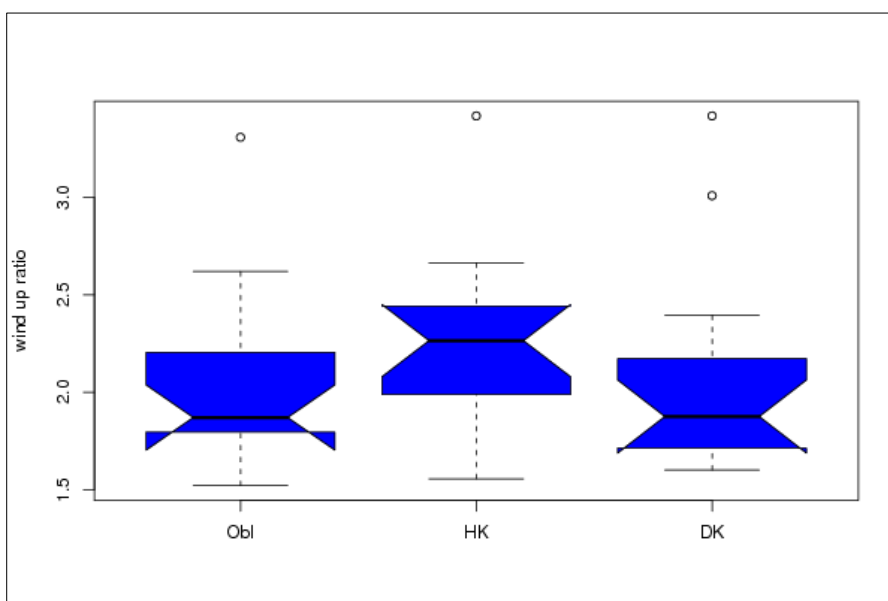
#### Metoda MPT



Graf 8 – Porovnání hodnot u měřených oblastí těla metodou MPT

Vyšetřovaní byli nejvíce citliví v oblasti obličeje.

#### Metoda WUP



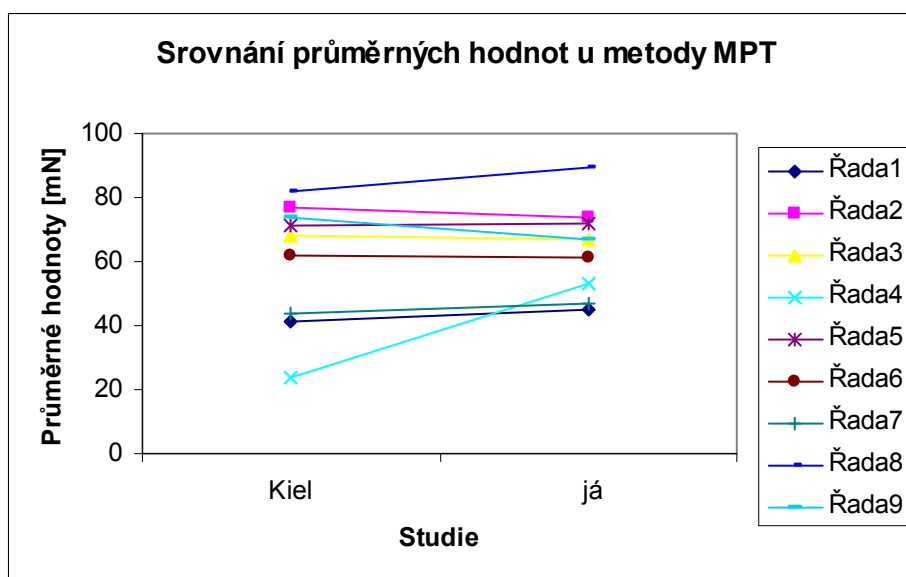
Graf 9 – Porovnání hodnot u měřených oblastí těla metodou WUP

U této metody byli pacienti velice citliví v oblasti obličeje, někteří i v oblasti nohou. Dvě ženy udávaly maximální stupeň bolesti při měření v obličeji. U třech osob dokonce došlo k porušení kůži a drobnému krevnímu výronu. (2x obličej, 1x noha).

#### 4) POROVNÁNÍ MNOU NAMĚŘENÝCH HODNOT A HODNOT NAMĚŘENÝCH KLINIKOU V KIELU

##### Metoda MPT

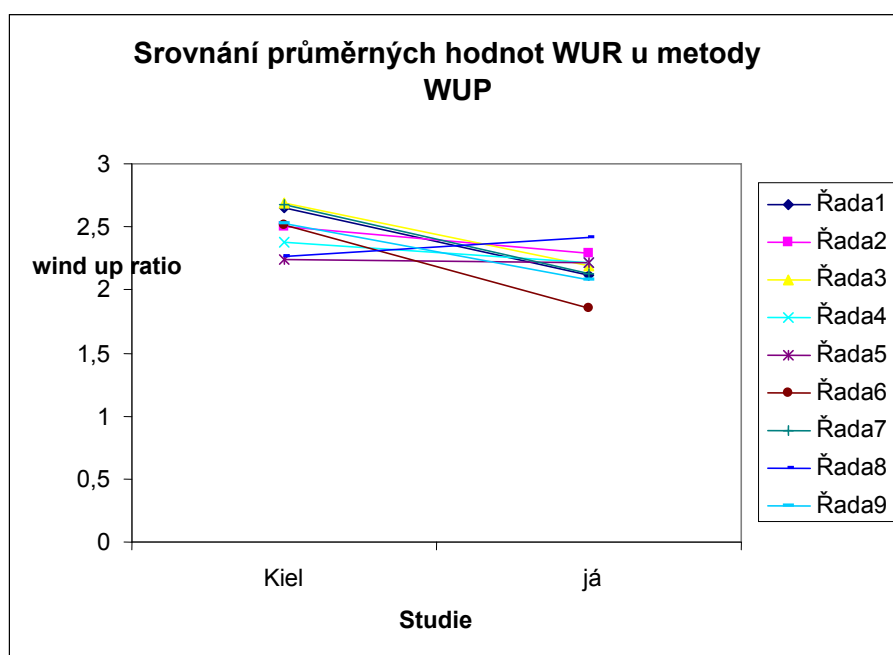
V důsledku omezeného zdroje dat ze studie v Kielu, porovnávala jsem výsledky metod MPT graficky a následně jsem i vyslovila hypotézu, že hodnoty naměřené na odlišných sadách kalibrovaných hrotů budou stejné Z výsledků obou studií, které obsahují údaje o průměrných hodnotách naměřených na tělesných okřscích žen a mužů (do statistiky zahrnuti pouze muži pod 40 let), lze po zhodnocení dvouvýběrovým t- testem s různým rozptylem konstatovat, že test není statisticky významný. Hodnota  $p=0,6650$  ( $p>0,05$ ) neindikovala statisticky signifikantní výsledek na 5% hladině významnosti. Je tedy 66% šance, že sledované rozdíly jsou způsobené náhodností výběru vyšetřovaných subjektů. Nelze proto potvrdit ani vyvrátit hypotézu, že při použití kalibrovaných hrotů z Kielu nebo ode mne dostaneme stejné výsledky.



Graf 10

## Metoda WUP

V důsledku omezeného zdroje dat ze studie v Kielu, jsem porovnála výsledky metod WUP graficky a následně jsem i vyslovila hypotézu, že hodnoty naměřených na odlišných sadách kalibrovaných hrotů budou stejné Z výsledků obou studií, které obsahují údaje o průměrných hodnotách naměřených na tělesných okrscích žen a mužů ( do statistiky zahrnuti pouze muži pod 40 let), lze po zhodnocení dvouvýběrovým t- testem s různým rozptylem konstatovat, že test je statisticky významný. Hodnota  $p=0,00065$  ( $p>0,05$ ) indikovala statisticky signifikantní výsledek na 5% hladině významnosti. Lze proto tvrdit, že při použití kalibrovaných hrotů z Kielu a/nebo ode mne dostaneme stejné výsledky.



Graf 11

## 5. DISKUZE

Navrhla jsem a sestrojila nástroj, který umožňuje měření mechanického prahu bolesti a tzv. fenoménu rozhořívání. Tyto metody jsou využívány v neurologii ke zjištění poruchy tenkých nervových vláken. Vzhledem k diagnostickému využití v České republice, bylo nutné zjistit, zda-li tento nástroj může poskytovat validní výsledky. Tato vyšetření však zatím nejsou u nás standardizována, proto jsem k porovnání využila data z německé kliniky v Kielu.

V německé studii bylo do projektu zahrnuto 180 zdravých jedinců ve věku od 17 do 89 let. Bylo na nich testována celá série QST.

Pomocí fotografií a materiálů dostupné v odborných časopisech jsem navrhla přístroj, který principiálně odpovídá nástroji z Kielu. Po sestrojení a kalibraci jsem si vytipovala skupinu osob, na kterých jsem provedla měření.

Data z mých měření se s daty z kliniky v Kielu shodovala jen v některých bodech. Studie z Kielu říká, že nebyly prokázány rozdíly ve vnímání bolesti v závislosti mezi levou (L) a pravou (P) stranou vyjma metody WUP. Z mých dat naopak vyplývá, že u metody WUP není žádný rozdíl mezi L a P stranou. Naproti tomu u metody MPT se ukázala stranová odlišnost ve vnímání bolesti.

Dále je tu diskutováno o vlivu regionu těla při měření výsledné senzitivity pacienta. Jejich studie říká, že největší citlivost na těle byla detekována v oblasti obličeje, následovala střední citlivost pro oblast dolních končetin a nejnižší citlivost byla na horních končetinách (u metody MPT). Toto tvrzení potvrdila i má studie.

Rovněž jsem srovnávala výsledné hodnoty u MPT (výsledné průměry obou studií). Do tohoto hodnocení byli zahrnuti průměrné výsledky od žen a mužů (vyjma hodnoty - muži nad 40 let), kteří byli měřeni na obličeji, horních a dolních končetinách touto metodou. Vzhledem k vysoké p-hodnotě ( $p = 0,6650$ ) při zvolené hladině významnosti 5% nemohu ani potvrdit ani vyvrátit, že by nástroj, který jsem navrhla, dával signifikantní výsledky.

Zároveň jsem stejným statistickým t- testem porovnávala výsledky WUR u metody WUP. Zde jsem získala signifikantní výsledek ( $p = 0,0065$ ) na 5% hladině významnosti.

Vzhledem k typu vyšetření a časové náročnosti jsem měla k dispozici pouze 15 zdravých osob. Tento výběr, z okruhu mých přátel a rodinných příslušníků mohl mít značný vliv na výsledky měření. Především to znemožnilo větší srovnání ohledně vlivu pohlaví a věku. V mé studii chyběla skupina mužů nad (včetně) 40 let a zároveň celkové zastoupení mužů bylo malé.

Pokud by vyšetření bylo prováděno na vyšším počtu subjektů, mohla by se má domněnka prokázat. Tyto výsledky jsou tedy pouze orientační, mohou být zatíženy jistou systematickou chybou. Rovněž je diskutabilní, zda fakt, že mne osoby znali, nemohl ovlivnit jejich psychiku a tím vychýlit hodnoty měření.

Kromě omezeného počtu vyšetřovaných subjektů se během měření vyskytl i další limitující faktor. Docházelo k ohnutí a v některých případech i ulomení kovového drátku, který byl v kontaktu s kůží pacienta. Vyšetření proto bylo přerušeno a byla nutná oprava drátku. Většinou to znamenalo pouhé jeho narovnání, ale ve 4 případech to dokonce vyžadovalo zatavení nového drátku do špičky pístu. To samozřejmě způsobilo časovou prodlevu a nelze tedy vyloučit značné zkreslení naměřených hodnot.

U třech osob došlo k poškození celistvosti kůže při vyšetření WUP. Lze tedy namítnout, že i tato skutečnost mohla mít vliv na další hodnocení u těchto postižených subjektů.

Rozhodně by bylo velice zajímavé studii zopakovat, a to ve větším rozsahu. Také by bylo možné vylepšit fixaci kovového drátku, který by se dal pevněji zatavit do konce trubičky, kterou by bylo možné vyměňovat pouhým vyšroubováním závitu na konci pístu. Tím by se nejen dala omezit časová prodleva ve vyšetření, ale umožnilo by to i přesnější kalibraci. Tato varianta otevírá možnost i strojové výroby konce hrotů jako náhradní díly?!

## 6. ZÁVĚR

Navrhla jsem a sestrojila nástroj, který umožňuje hodnocení senzorického cití v neurologii. Konkrétně je určen pro metody měření mechanického prahu bolesti a tzv. fenoménu rozhořívání. Snažila jsem se funkčně napodobit nástroj, který používají neurologové na německé klinice v Kielu.

Tento nástroj, sada 7 kalibrovaných hrotů je stejně hmotnostně vyvážena jako její předloha v Německu. Zajímalo mě, zda při dodržení metodiky měření, která je popisována v jejich studii, dosáhnu stejných výsledků.

Nepodařilo se mi dostatečně statisticky prokázat, že mé naměřené průměrné hodnoty odpovídají průměrným hodnotám, které pocházejí z Německa. Přesto jsem učinila poznatek, že oblast obličeje je senzitivnější na vnímání bolesti než končetiny. Tato informace se potvrdila i v německé studii.

Vzhledem k typu vyšetření a časové náročnosti jsem měla k dispozici menší skupinu zdravých osob než byla obsáhlá studie v Německu. Také výběr z okruhu mých známých mohl mít značný vliv na výsledky měření. Především to znemožnilo podrobnější srovnání vlivu pohlaví a věku na hodnoty měření. V mé studii chyběla skupina mužů nad (včetně) 40 let a zároveň celkové zastoupení mužů bylo nepoměrně malé.

Pokud by vyšetření bylo prováděno na vyšším počtu subjektů, mohlo by se statisticky prokázat, zda mnou zkonstruovaný nástroj je schopen poskytnout relevantní data, která je možno běžně využít v klinické praxi k diagnostice neuropatických bolestí.

Tento projekt nabízí možnosti dalšího zkoumání, nejen v rámci metod MPT a WUP, ale i ostatních metod QST v České republice.

*Poznámka autora: Je velice důležité, aby byla zachována bezpečnost měření a v důsledku prováděných studií se i do budoucna zamezilo přenosu infekčních chorob. Proto je nezbytné po každém měření provést řádnou dezinfekci hrotů.*



## 7. SEZNAM TERMINOLOGICKÝCH POJMŮ

### **Bolest**

Nepříjemný smyslový a emoční zážitek spojený se skutečným nebo potenciálním poškozením tkáně nebo popisovaný výrazy pro takové poškození. bolest je vždy subjektivní.

### **Alodynie**

Bolest vyvolaná podnětem, který bolest normálně nevyvolává.

### **Analgezie**

Nepřítomnost bolesti při stimulaci normálně vyvolávající bolest.

### **Anesthesia dolorosa**

Bolest v oblasti nebo zóně, která je necitlivá.

### **Dysestezie**

Nepříjemný abnormální vjem, buď spontánní nebo vyvolaný. Na rozdíl od parestezie je dysestezie vždy nepříjemná. Někdy může být spojená s hyperalgezií a alodynii.

### **Centrální bolest**

Bolest vyvolaná nebo způsobená primární lézí nebo dysfunkcí centrálního nervového systému.

### **Hyperalgezie**

Zvýšená odpověď na podnět, který bolest normálně vyvolává.

### **Hyperstezie**

Zvýšená citlivost na stimulaci, obvykle taktilní.

### **Hyperpatie**

Zvýšený senzitivní práh pro dotykové, bolestivé či tepelné stimuly, ale pokud je práh překročen, podnět je vnímán velmi bolestivě a nepříjemně. vzniká nadměrná bolestivá reakce na nebolestivé či mírně bolestivé podněty.

### **Hypestezie**

Snížená citlivost na stimulaci, obvykle taktilní.

### **Hypoalgezie**

Snížená odpověď na podnět, který bolest normálně vyvolává.

### **Kauzalgie**

Syndrom trvalé pálivé (palčivé) bolesti, alodynie a hyperpatie po traumatickém poškození nervu.

### **Neuralgie**

Bolest v distribuční zóně nervu nebo nervů.

**Neurogenní bolest**

bolest vznikající nebo způsobená primárním poškozením, dysfunkcí nebo přechodovou poruchou v periferním nebo centrálním nervovém systému.

**Neuropatická bolest**

Bolest vznikající nebo způsobená primárním poškozením nebo dysfunkcí nervového systému.

**Neuropatie**

Porucha funkce nebo patologická změna nervu. Je-li postižen jeden nerv, označuje se jako mononeuropatie, difuzní a oboustranné postižení se označuje jako polyneuropatie.

**Parestezie**

Abnormální vjem, buď spontánní nebo vyvolaný. Parestezie jsou nebolestivé (obvykle jsou popisované jako brnění, mrtvení, pálení nebo píchání) [4]

## 8. SEZNAM TABULEK, GRAFŮ A ILUSTRACÍ

<b>Tabulka č. 1</b>	Kalibrace hrotů
<b>Graf č. 1</b>	Zastoupení pohlaví ve skupině
<b>Graf č. 2</b>	Věkové zastoupení ve skupině
<b>Graf č. 3</b>	Srovnání hodnot na levé horní končetině s pravou horní končetinou u metody MPT
<b>Graf č. 4</b>	Srovnání hodnot na levé dolní končetině s pravou dolní končetinou metody MPT
<b>Graf č. 5</b>	Srovnání hodnot na levé a pravé straně obličeje u metody WUP
<b>Graf č. 6</b>	Srovnání hodnot na levé horní končetině s pravou horní končetinou u metody WUP
<b>Graf č. 7</b>	Srovnání hodnot na levé dolní končetině s pravou dolní končetinou u metody WUP
<b>Graf č. 8</b>	Porovnání hodnot u měřených oblastí těla metodou MPT
<b>Graf č. 9</b>	Porovnání hodnot u měřených oblastí těla metodou WUP
<b>Graf č. 10</b>	Srovnání průměrných hodnot u MPT
<b>Graf č. 11</b>	Srovnání průměrných hodnot WUR u metody WUP
<b>Obrázek č. 1</b>	Nákres a konstrukce kalibrovaných hrotů (pro závaží 32mN se zárazkou, pro závaží 512mN s vodící tyčkou)
<b>Obrázek č. 2</b>	Souprava kalibrovaných hrotů v ochranném pouzdře
<b>Obrázek č. 3</b>	Sada 7 hrotů
<b>Obrázek č. 4</b>	Píst s hrotem
<b>Obrázek č. 5</b>	Kalibrováný hrot bez vodící tyčky pro hodnotu 8mN
<b>Obrázek č. 6</b>	Kalibrované závaží s vodící tyčkou (kalibrován na hodnotu 512mN)
<b>Obrázek č. 7</b>	Vytipované okrsky měření pro metodu MPT (7.a – obličej, 7.b – dolní končetiny, 7.c – horní končetiny)
<b>Obrázek č. 8</b>	Vytipované okrsky měření pro metodu WUP (8.a – obličej, 8b – dolní končetiny, 8 - c horní končetiny)

## 9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČERNÝ, Rudolf. *Metodika QST*. Vnitřní metodický pokyn, 2.LF UK, 14.2.2006.
- [2] SHY, M. E., et al. *Quantitative sensory testing*. American academy of neurology, Neurology 2003; 60: 898-904.
- [3] ROLKE, R., et al. *Quantitative sensory testing in the German Research Network on Neuropathic Pain (DFNS): Standardized protocol and reference values*. Pain 2006; 123: 231-243.
- [4] ROKYTA, Richard - KRŠIAK, Miloslav - KOZÁK, Jiří. *Bolest*. Monografie algeziologie. Praha: TIGIS, 2006. 684s. ISBN: 80-903750-0-6.
- [5] BELGRADE, Miles J., komentář KOZÁK, Jiří. *Po stopách neuropatické bolesti*. Medicína po promoci 2000; 5: 74-80.
- [6] *Diagnostika neuropatické bolesti*.i [online]. Pfizer Czech Republic.[cit. 2008-01-04]. Dostupná z www: <http://www.pfizer.cz/showdoc.do?docid=300>
- [7] KOZÁK, Jiří – ČERNÝ, Rudolf – VRBA, Ivan. *Neuropatická bolest z pohledu algeziologa*. Neurologie pro praxi 2004; 5: 259-263.
- [8] ŠTĚTKÁŘOVÁ, Ivana. *Neuropatická bolest a její léčba*. Lékařské listy 2006;6–24.3.: 25-27
- [9] ŠERÝ, Omar – HRAZDILOVÁ, Olga – ŠEVČÍK, Pavel. *Může být vnímání bolesti ovlivněno geneticky?* Bolest 2004; 3: 128-131.
- [10] KNOTEK, Pavel. *Měření časového aspektu bolesti vizuální analogovou škálou a verbální stupnicí*. Bolest 2006;1: 35-39.
- [11] AMBLER, Zdeněk. *Farmakoterapie neuropatické bolesti*. Farmakoterapie 2006;3:277-280. ISSN 1801-7509

## **10. SEZNAM PŘÍLOH**

**Příloha č. 1** Informovaný souhlas pacienta

**Příloha č. 2** Vizuelní analogová škála intenzity bolesti

**Příloha č. 3** Grafy

**Příloha č.4** –Tabulky naměřených hodnot

PŘÍLOHA Č.1

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**  
**2. lékařská fakulta**

**Neurologická klinika dospělých**

**přednosta: doc. MUDr. Martin Bojar, CSc.**

**V úvalu 84, 150 06 Praha 5**



**Tel.: 2443 6800**

**Fax: 2443 6820**

E-mail: [Martin.Bojar@lfmotol.cuni.cz](mailto:Martin.Bojar@lfmotol.cuni.cz)

Informovaný souhlas

Souhlasím s vyšetřením prahu bolestivého vjemu pomocí sady kalibrovaných hrotů.

Vyšetření bude provedeno na Neurologické klinice UK 2.LF pod dohledem lékaře. Jedná se o neinvazivní vyšetření, bez poškození celistvosti kůže. Tato metodika využívá pasivního tlaku působícího vahou na hrot.

Princip prvního vyšetření spočívá v přiložení tenkého zaobleného drátku na povrch kůže vyšetřovaného pacienta. Tento drát je částečně zasunut do trubičky, ve které je kalibrované závaží. V závislosti na velikosti tohoto závaží vyvíjí drát na kůži pacienta určitý tlak. V momentě, kdy hmotnost závaží způsobí pacientovi první bolestivý vjem, jsou odečteny hodnoty závaží. Stimul je měřen zvlášť pro obličej, obě horní a obě dolní končetiny.

Princip druhého vyšetření je obdobný. Použity jsou pouze konkrétní hodnoty závaží, které jsou přikládány na kůži v oblasti obličeje, horních a dolních končetin. Pacient zaznamená na vizuální škále hodnotu (vzdálenost 0-10), která odpovídá jeho vjemu vnímání intenzity bolesti.

Smyslem vyšetření je získat hodnoty prahu bolestivého vjemu u zdravé osoby. (zjištění změny vnímání bolestivého podnětu na postižené části těla).

V Praze dne:

Jméno, podpis:

PŘÍLOHA Č.2

## VIZUÁLNÍ ANALOGOVÁ ŠKÁLA INTENZITY BOLESTI

Jméno:

Věk:

Příjmení

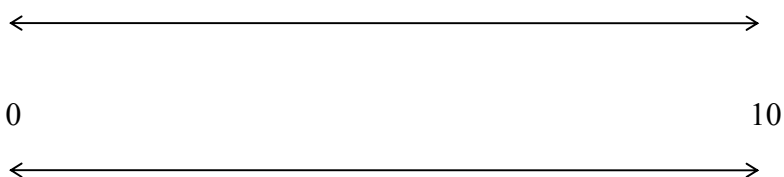
Vyšetřen dne:

-----

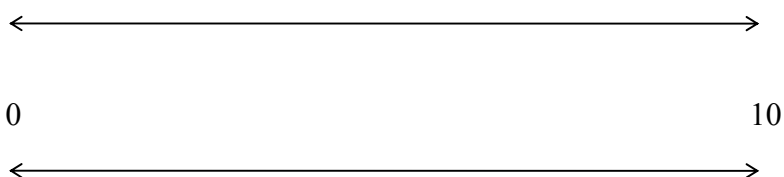
V průběhu měření zaznamenejte na škále pozici, která odpovídá Vámi vnímané intenzitě bolesti. Rozumějte: 0 odpovídá žádná bolest, 10 odpovídá nesnesitelná bolest. Horní škála je určena vždy pro levou stranu, pro pravou stranu těla je určena spodní škála.

-----

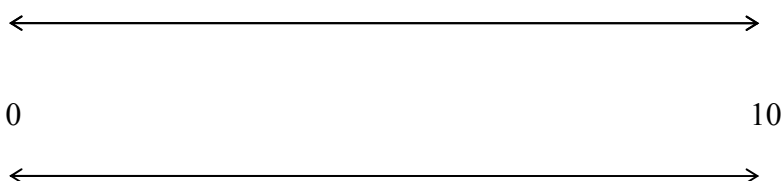
### OBLIČEJ



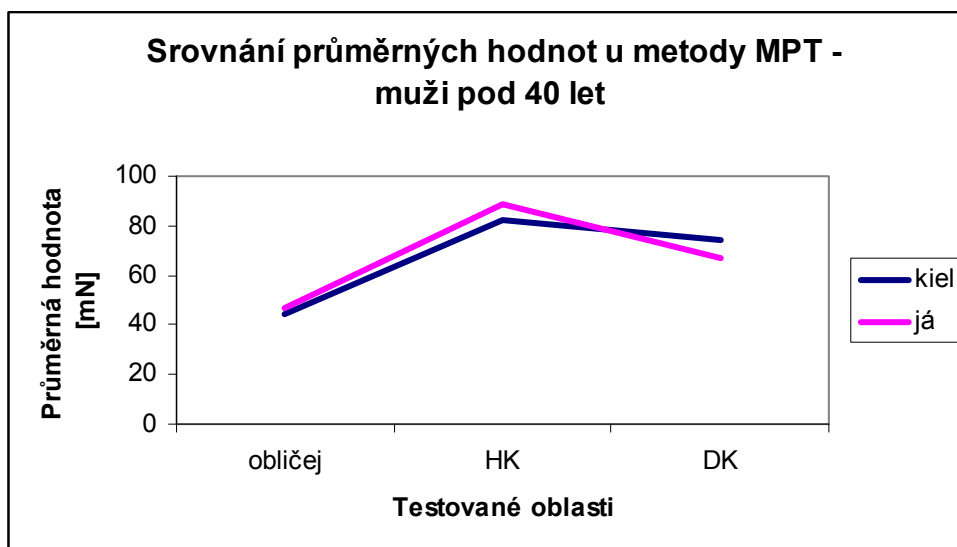
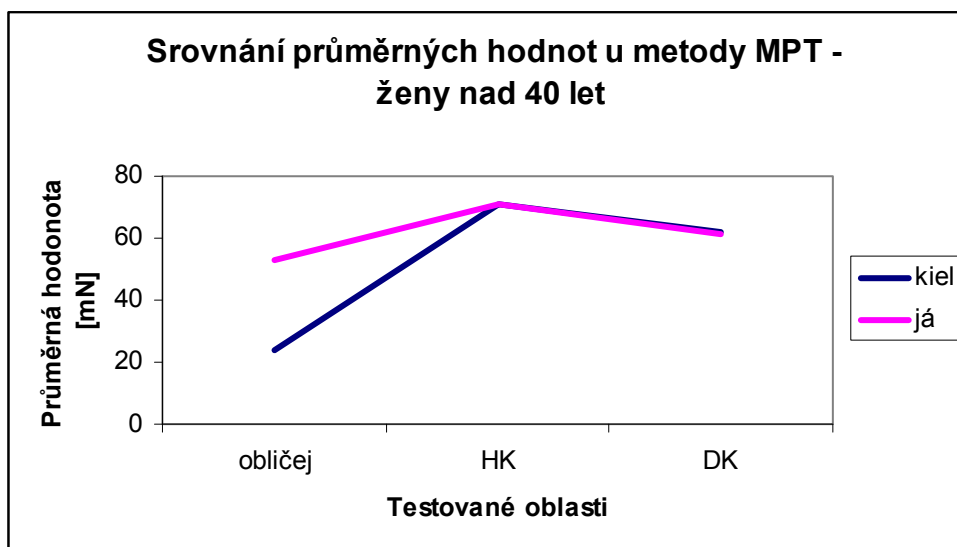
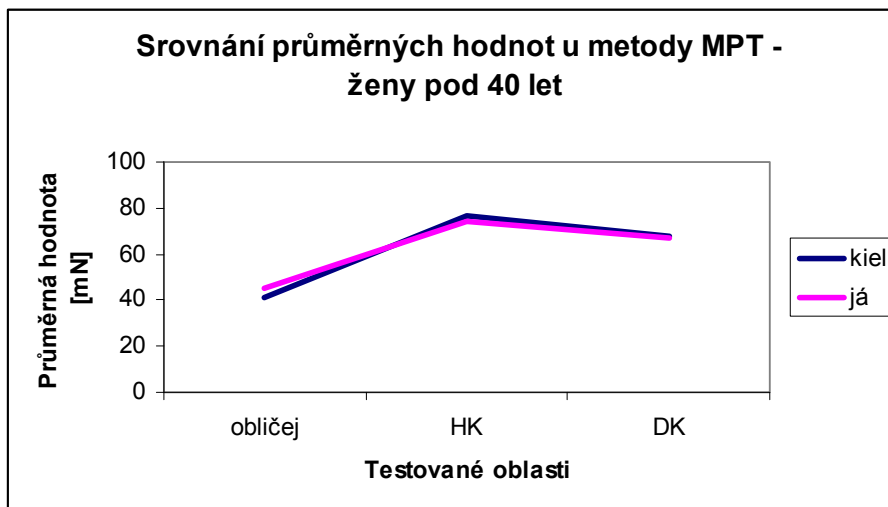
### HORNÍ KONČETINY



### DOLNÍ KONČETINY

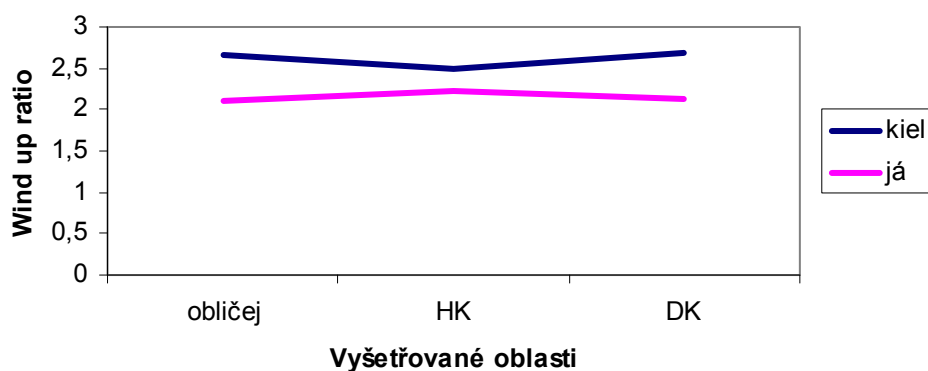


### PŘÍLOHA Č.3 - GRAFY

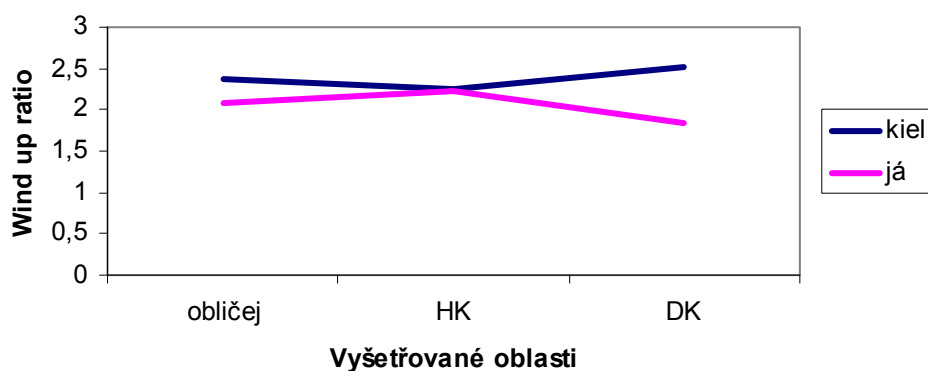




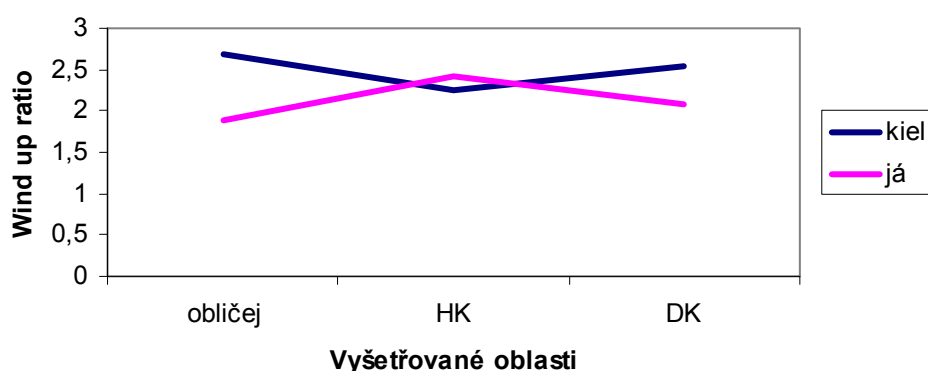
### Srovnání průměrných hodnot u metody WUR - ženy pod 40 let



### Srovnání průměrných hodnot u metody WUR - žena nad 40 let



### Srovnání průměrných hodnot u metody WUR - muži pod 40 let



## PŘÍLOHA Č.4 – TABULKY NAMĚŘENÝCH HODNOT

### **Rozdělení dle věku a pohlaví u metody MPT**

#### **Horní končetiny**

##### Ženy <40

	pohlaví	věk	LHK [mN]	PHK [mN]	Průměr [mN]
J.K.	ž	18	73,52	73,52	73,52
P.L.	ž	21	84,45	78,79	81,62
J.F.	ž	24	48,5	68,59	58,545
A.CH.	ž	25	64	78,79	71,395
V.Ž.	ž	25	84,45	59,71	72,08
D.V.	ž	33	84,45	78,79	81,62
J.P.	ž	37	78,79	90,51	84,65
E.B.	ž	38	73,52	78,79	76,155
S.T.	ž	39	73,52	59,71	66,615

##### Ženy ≥40

	pohlaví	věk	LHK [mN]	PHK [mN]	Průměr [mN]
V.Č.	ž	40	48,56	73,52	61,04
I.F.	ž	44	73,52	97,01	85,265
A.C.	ž	58	59,71	78	68,855

##### Muži <40

	pohlaví	věk	LHK [mN]	PHK [mN]	Průměr [mN]
D.S.	m	32	90,51	78,79	84,65
S.B.	m	35	73,52	90,51	82,015
J.P.	m	37	111,43	90,51	100,97

## DK

### Ženy <40

	pohlaví	věk	LDK [mN]	PHK [mN]	Průměr [mN]
J.K.	ž	18	78,79	84,45	81,62
P.L.	ž	21	64	51,98	57,99
J.F.	ž	24	64	68,59	66,295
V.Ž.	ž	25	73,52	59,71	66,615
A.CH.	ž	25	51,98	59,71	55,845
D.V.	ž	33	64	64	64
J.P.	ž	37	68,59	84,45	76,52
E.B.	ž	38	59,71	78,79	69,25
S.T.	ž	39	64	68,59	66,295

### Ženy ≥40

	pohlaví	věk	LHK [mN]	PHK [mN]	Průměr [mN]
V.Č.	ž	40	51,98	64	57,99
I.F.	ž	44	84,45	78,79	81,62
A.C.	ž	58	36,46	51,99	44,225

### Muži <40

	pohlaví	věk	LHK [mN]	PHK [mN]	Průměr [mN]
D.S.	m	32	68,59	68,59	68,59
S.B.	m	35	51,98	90,51	71,245
J.P.	m	37	55,72	64	59,86

## Obličej

### Ženy <40

	pohlaví	věk	obličej [mN]
J.K.	ž	18	55,72
P.L.	ž	21	68,59
J.F.	ž	24	34,3
V.Ž.	ž	25	55,72
A.CH.	ž	25	29,86
D.V.	ž	33	45,25
J.P.	ž	37	51,98
E.B.	ž	38	42,22
S.T.	ž	39	22,63

### Ženy ≥40

	pohlaví	věk	obličej [mN]
V.Č.	ž	40	32
I.F.	ž	44	78,79
A.C.	ž	58	48,5

### Muži <40

	pohlaví	věk	obličej [mN]
D.S.	m	32	51,98
S.B.	m	35	36,76
J.P.	m	37	51,98

## Rozdělení dle věku a pohlaví u metody WUP

### Horní končetiny

#### Ženy <40

	pohlaví	věk	levá strana	pravá strana	průměr	SD
J.K.	ž	18	2	2,53	2,265	0,265
P.L.	ž	21	2,03	1,08	1,555	0,475
J.F.	ž	24	1,84	1,78	1,81	0,03
V.Ž.	ž	25	2,5	4,34	3,42	0,92
A.CH.	ž	25	2,08	2,69	2,385	0,305
D.V.	ž	33	2,6	2,14	2,37	0,23
J.P.	ž	37	1,68	1,7	1,69	0,01
E.B.	ž	38	2,15	2,25	2,2	0,05
S.T.	ž	39	2,35	2,28	2,315	0,035

#### Ženy ≥40

	pohlaví	věk	levá strana	pravá strana	průměr	SD
V.Č.	ž	40	1,66	2,09	1,875	0,215
I.F.	ž	44	2,12	2,93	2,525	0,405
A.C.	ž	58	1,84	2,66	2,25	0,41

#### Muži <40

	pohlaví	věk	levá strana	pravá strana	průměr	SD
D.S.	m	32	3,31	2,02	2,665	0,645
S.B.	m	35	1,92	2,28	2,1	0,18
J.P.	m	37	2,5	2,5	2,5	0

## Dolní končetiny

### Ženy <40

	pohlaví	věk	levá strana	pravá strana	průměr	SD
J.K.	ž	18	2,05	1,7	1,875	0,175
P.L.	ž	21	1,77	1,66	1,715	0,055
J.F.	ž	24	1,6	1,61	1,605	0,005
V.Ž.	ž	25	1,64	5,2	3,42	1,78
A.CH.	ž	25	1,97	2,25	2,11	0,14
D.V.	ž	33	3,48	2,54	3,01	0,47
J.P.	ž	37	1,81	1,67	1,74	0,07
E.B.	ž	38	2,22	2,08	2,15	0,07
S.T.	ž	39	1,63	1,63	1,63	0

### Ženy ≥40

	pohlaví	věk	levá strana	pravá strana	průměr	SD
V.Č.	ž	40	1,59	1,61	1,6	0,01
I.F.	ž	44	2,77	1,62	2,195	0,575
A.C.	ž	58	1,93	1,59	1,76	0,17

### Muži <40

	pohlaví	věk	levá strana	pravá strana	průměr	SD
D.S.	m	32	2,22	2,02	2,12	0,1
S.B.	m	35	2,39	2,4	2,395	0,005
J.P.	m	37	1,77	1,65	1,71	0,06

## Obličej

### Ženy <40

	pohlaví	věk	levá strana	pravá strana	průměr	SD
J.K.	ž	18	2,11	1,62	1,865	0,245
P.L.	ž	21	2,11	2,4	2,255	0,145
J.F.	ž	24	1,84	1,68	1,76	0,08
V.Ž.	ž	25	2,89	2,13	2,51	0,38
A.CH.	ž	25	1,71	1,97	1,84	0,13
D.V.	ž	33	3,8	2,82	3,31	0,49
J.P.	ž	37	2,02	1,72	1,87	0,15
E.B.	ž	38	2,18	1,81	1,995	0,185
S.T.	ž	39	1,59	1,59	1,59	0

### Ženy ≥40

V.Č.	ž	40	1,52	1,52	1,52	0
I.F.	ž	44	2,46	1,85	2,155	0,305
A.C.	ž	58	2,55	2,69	2,62	0,07

### Muži <40

	pohlaví	věk	levá strana	pravá strana	průměr	SD
D.S.	m	32	1,78	1,88	1,83	0,05
S.B.	m	35	1,92	2,28	2,1	0,18
J.P.	m	37	1,69	1,79	1,74	0,05

## Hodnoty použité k T-testu

MPT	Kiel	Já
	41	45,142
	77	74,02
	68	67,16
	24	53
	71	71,72
	62	61,27
	44	46,9
	82	89,211
	74	66,565

<b>Ttest</b>	<b>0,665094</b>
--------------	-----------------

2 výběry  
oboustranný  
jiný rozptyl

WUR	kiel	já
	2,65	2,11
	2,5	2,29
	2,69	2,189
	2,38	2,22
	2,24	2,216
	2,51	1,85
	2,68	2,13
	2,26	2,421
	2,53	2,075

<b>Ttest</b>	<b>0,000651</b>
--------------	-----------------

2 výběry  
oboustranný  
jiný rozptyl