

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA PEDAGOGICKÁ  
KATEDRA TĚLESNÉ A SPORTOVNÍ VÝCHOVY

**VLIV OBTÍŽNOSTI SENZOMOTORICKÉHO ÚKOLU NA  
AKTIVACI NERVOVÉ SOUSTAVY**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Bc. Michal Ballý**

*Učitelství pro střední školy, oborová kombinace TV- GE*

*léta studia (2014 – 2016)*

Vedoucí práce: Mgr. Daniela Benešová, Ph.D.

Plzeň, 2016

Rád bych poděkoval Mgr. Daniele Benešové, Ph.D. za poskytování cenných rad a čas, který mi věnovala v průběhu zpracování práce. Také děkuji všem, kteří se výzkumu zúčastnili.

*Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.*

Plzeň, duben 2016

.....  
*vlastnoruční podpis*

## **OBSAH**

<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1 Cíl diplomové práce.....	2
1.2 Výzkumné otázky .....	2
1.3 Hypotézy.....	2
1.4 Úkoly diplomové práce .....	2
<b>2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Nervová soustava .....	3
2.1.1 Autonomní nervový systém .....	4
2.1.1.1 Periferní část ANS .....	6
2.1.1.2 Centrální část ANS .....	11
2.1.2 Řízení motorické činnosti .....	13
2.2 Motorika .....	18
2.3 Aktivace .....	20
2.4 Anatomickofyziologické základy bioelektrické aktivity kůže .....	23
2.4.1 Funkce a stavba kůže .....	23
2.4.2 Pocení .....	25
2.4.3 Elektrokožní odpor (elektrodermální aktivita) .....	27
<b>3 METODICKÁ ČÁST .....</b>	<b>30</b>
3.1 Výzkumný soubor .....	30
3.2 Měření elektrodermální aktivity .....	30
3.3 Senzomotorický test – supportní kreslení .....	31
3.4 Průběh testování .....	33
<b>4 INTERPRETACE VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>34</b>
<b>5 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>35</b>
5.1 Vyhodnocení hypotéz .....	44
<b>6 DISKUSE .....</b>	<b>50</b>
<b>7 ZÁVĚR .....</b>	<b>53</b>
<b>8 RESUMÉ .....</b>	<b>54</b>

<b>9 SUMMARY .....</b>	<b>55</b>
<b>10 SEZNAM LITERATURY .....</b>	<b>56</b>
<b>11 SEZNAMY .....</b>	<b>59</b>
11.1 Seznamy obrázků .....	59
11.2 Seznamy tabulek .....	59
11.3 Seznamy grafů .....	60
<b>12 PŘÍLOHY .....</b>	<b>I</b>

## 1 ÚVOD

Již minulostí jsou doby, kdy se sportovní trénink zaměřoval hlavně na fyzickou přípravu sportovce, přičemž psychologická příprava byla značně opomíjena. Dnes je zcela jasné, že psychika vedle fyzických schopností značně ovlivňuje sportovcův výkon. Jako příklad můžeme uvést těžko vysvětlitelné výkyvy ve výkonech v na sebe navazujících utkáních či závodech při dobré kondiční, technické i taktické připravenosti jedince. V mnoha sportech, hlavně na vrcholové úrovni sportovci často absolvují vyšetření zjišťující fyziologické parametry (úroveň pohybových schopností, VO<sub>2</sub>max, anaerobní práh atd.), ve kterých jsou velmi vyrovnaní. S aktuálním psychickým stavem jedince se však pracuje jen zřídka. Přitom právě zde nalezneme velké rozdíly, které většinou rozhodují o konečném úspěchu či neúspěchu.

Možností, jak objektivně sledovat nějaký psychologický parametr není mnoho. V našem výzkumu se snažíme o sledování aktivační úrovně nervové soustavy, jež charakterizuje aktuální psychický stav (emoční prožívání, motivaci apod.) jedince při provádění pohybového úkolu.

Stěžejním cílem je zjistit, zda nárůst obtížnosti senzomotorického úkolu způsobuje nějaké změny v aktivační úrovni jedince. Jako test jsme zvolili tzv. „supportní kreslení“ ve třech obtížnostech. Aktivační úroveň jsme objektivizovali pomocí elektrických změn na pokožce měřením tzv. elektrodermální aktivity. Snažili jsme se také zjistit, zda má pohlaví testované osoby vliv na aktivaci nervové soustavy a její výkon.

## **1.1 Cíl diplomové práce**

Zjistit, zda obtížnost senzomotorického úkolu způsobuje změny aktivace nervové soustavy.

## **1.2 Výzkumné otázky**

1) Mění se aktivační úroveň jedince při změnách obtížnosti senzomotorického úkolu?

2) Má pohlaví vliv na úroveň aktivace nervové soustavy a výkon v senzomotorickém testu?

## **1.3 Hypotézy**

H<sub>1</sub>: Předpokládáme nárůst průměrných hodnot elektrodermální aktivity při zvyšující se obtížnosti senzomotorického úkolu.

H<sub>2</sub>: Předpokládáme snížení velikosti průměrných změn elektrodermální aktivity při zvyšující se obtížnosti senzomotorického úkolu.

H<sub>3</sub>: Předpokládáme, že muži budou dosahovat lepších výkonů v senzomotorickém testu než ženy.

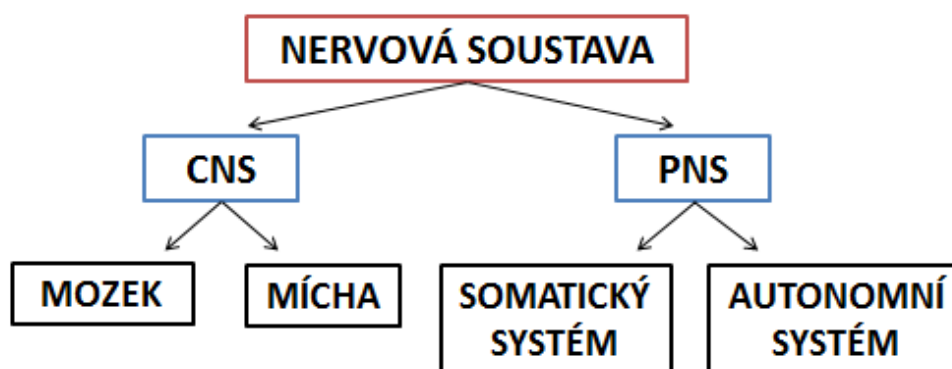
## **1.4 Úkoly diplomové práce**

1. Objektivizovat aktivaci nervové soustavy za pomoci přístroje;
2. určit způsob měření změn EDA v průběhu testování;
3. určit náročnost senzomotorického úkolu;
4. provést sběr dat;
5. statistické zpracování dat, ověření hypotéz;
6. vyhodnocení výsledků.

## 2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

### 2.1 Nervová soustava

Zásadní význam pro pohybovou činnost člověka má nervová soustava. Ta řídí a kontroluje přímo či nepřímo (prostřednictvím endokrinní soustavy) činnost jednotlivých orgánů těla. Udržuje také jednotu organismu a zabezpečuje jeho aktivní vztah k vnějšímu prostředí. Skládá se z **centrální nervové soustavy** a **periferní nervové soustavy** (Myslivoček, 1989).



Obrázek 1: Organizace nervové soustavy (přepřacováno dle Atkinsonová, 1995).

**CNS** se skládá z mozku a míchy. Je z hlediska hierarchie nejvýše postaveným řídicím a integrujícím systémem. Řídí a zasahuje do funkce všech orgánů a koordinuje jejich činnost. Vyniká především schopností přijmout obrovské množství informací z vnitřního a vnějšího prostředí organismu. Tyto informace poté rychle zpracovává a analyzuje za využití předchozích informací ukládaných v paměťových stopách. Poté následuje vytvoření konečné výstupní informace či instrukce pro výkonné orgány.

**Periferní nervovou** soustavu můžeme dále rozdělit na autonomní systém, kterému bude věnována samostatná kapitola, a somatický systém tvořený dvěma typy nervových vláken, a to hlavovými a míšními. Hlavové nervy vystupují z mozkového kmene. Míšní nervy z míchy. Z hlediska stavby mezi nimi nenajdeme žádné zásadní rozdíly. Oba druhy obsahují různé typy vláken. Eferentní (motorická), aferentní (senzorická) i autonomní vlákna (Dylevský, 1996; Trojan, 2004).



## 2.1.1 Autonomní nervový systém (ANS)

Irmíš (2007) definuje autonomní nervový systém jako „soubor nervových buněk a vláken vedoucí impulzy ke tkáním jiným, než je příčně pruhovaný sval, který podléhá volní kontrole“.

ANS jinými slovy vegetativní, útrobní, viscerální či koordinační systém animální řídí činnost srdce, exokrinních i endokrinních žláz, krevních cév a hladkého svalstva v celém těle člověka.

Dle Jandové (2009) zastává vegetativní nervový systém v těle tyto funkce:

1. řízení kardiovaskulárních a respiračních funkcí,
2. metabolismus a termoregulaci,
3. regulaci endokrinního, imunitního a lymfatického systému,
4. regulaci viscerálních orgánů,
5. řízení hladké svaloviny orgánů, cév a kůže,
6. reprodukci,
7. biorytmy,
8. kvalitu kognitivních a psychických funkcí, paměť.

Název autonomní značí relativní neovladatelnost vůlí při srovnání se somatomotorickou soustavou. Řízení tohoto systému si tedy většinou neuvědomujeme. Podobně jako u somatického systému je většina funkcí ANS organizována na podkladě reflexního oblouku. Obsahuje tedy eferentní (odstředivou) a aferentní (dostředivou) složku (Irmíš, 2007; Králíček, 2011).

Funkčně i strukturálně je ANS spjat se somatickou a humorální soustavou. Uplatňuje se v řízení homeostázy, tedy dynamické rovnováhy vnitřního prostředí. Řízení autonomních a somatických funkcí tedy nelze striktně oddělit. „Řada nervových vlivů integrující složitější funkce člověka může zahrnovat jak složky somatické (kosterní svalstvo) tak složky autonomní (činnost útroby). Čím více jsou aktivovaná centra ve vyšších etážích nervstva, tím více se uplatňují obě složky“. Celá řada vlivů ANS se uplatňuje i pomocí endokrinních žláz, tzv. neurohumorální reakce. To znamená, že nervový vzruch vede k sekreci určitého hormonu, který poté působí na činnost určitého efektoru (Irmíš, 2007).

Úzkou spoluprací mezi vegetativním a somatickým nervstvem popisuje i Trojan (1994). K jejich vzájemné interakci dochází již na úrovni páteřní míchy, významně v prodloužené míše (srdečně cévní a dýchací funkce) a hlavně v hypotalamu a jeho spojích s talamem a mozkovou kůrou. Také shrnuje základní stavební i funkční odlišnosti obou soustav:

1. vegetativní nervová vlákna jsou tenčí, tudíž vedou pomalu,
2. vegetativní nervové dráhy jsou dvouneuronové a na cestě k výkonnému orgánu jsou přerušeny synaptickým gangliem, které leží mimo CNS,
3. vegetativní reflexi mají delší reflexní dobu i účinek.

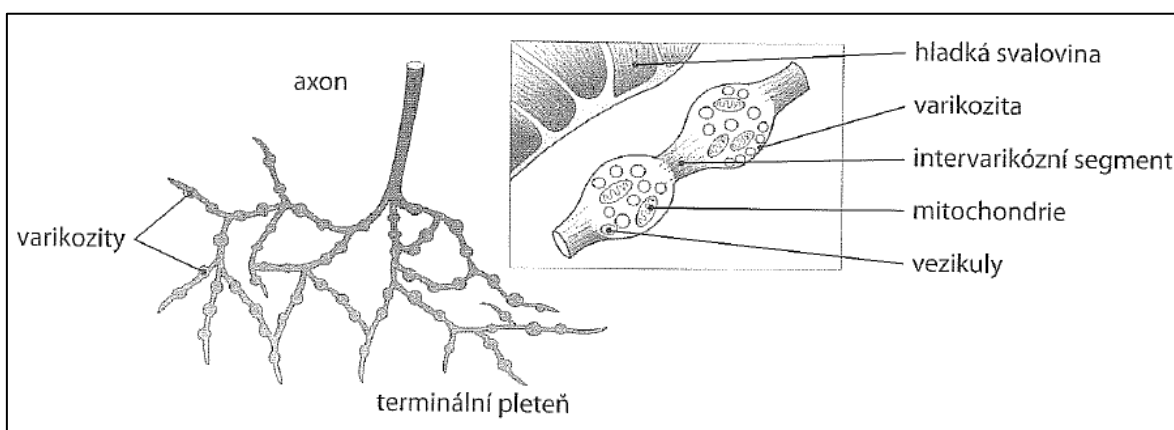
Anatomicky můžeme ANS rozdělit na centrální a periferní část.

### 2.1.1.1 Periferní část ANS

Tuto část dělíme na aferentní a eferentní oddíl.

V aferentním oddílu nalezneme dráhy jedneuronové, přičemž jejich neurony (tzv. vizcerosenzitivní) leží ve spinálních gangliích periferních nervů. Jejich axony mají za úkol přivádět informace od receptorů do centrálního oddílu vegetativního nervstva, respektive do zadního kořene míšního a šedé hmoty míšní. Informace je v míše připojena buď na eferentní dráhy, nebo na senzitivní dráhy směřující do mozkového kmene nebo mezimozku a dále k mozkové kůře

Eferentní (výkonová) část ANS je tvořena tzv. visceromotorickými neurony. Tento oddíl je na rozdíl od somatického nervstva dvouneuronový. Jeden neuron označujeme jako pregangliový. Ty mají svá centra ve střední části šedé hmoty míšní a v oblasti mozkového kmene. Druhý neuron označujeme jako postgangliový. Buněčná těla těchto buněk vytvářejí mikroskopické shluky – autonomní ganglia. V nich dochází k synaptickému spojení obou visceromotorických neuronů. Většinou platí, že jeden pregangliový neuron vytváří synaptický kontakt s větším množstvím postgangliových nervových buněk. Postgangliová vlákna poté míří k cílovému orgánu nebo tkáni, které inervují. V cílovém orgánu se poté axony těchto vláken rozpadají na tzv. terminální autonomní pleteně (viz obrázek 2). Ty leží v intersticiálním prostoru cílové inervované tkáně a formují na svých vláknech zduřeniny zvané varikozity. V nich se nachází velké množství mitochondrií a vezikul, které obsahují mediátor. Ten se uvolňuje do cílové tkáně exocytózou.

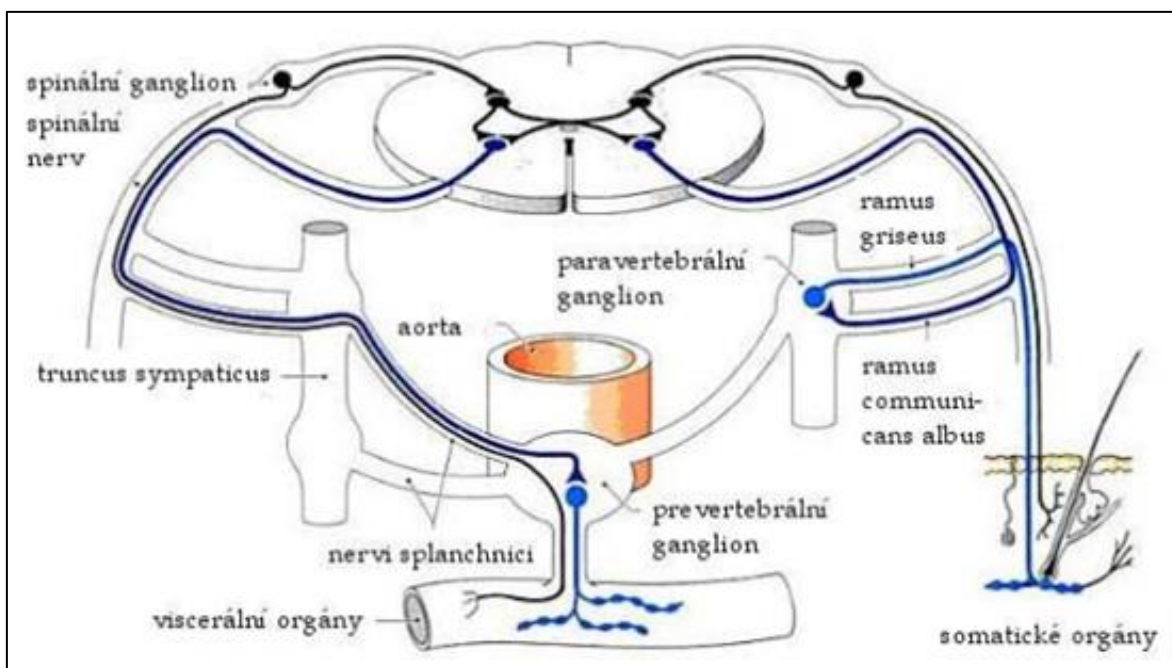


Obrázek 2: Terminální autonomní pleten (Kralíček, 2011).

Eferentní část vegetativního nervového systému můžeme dle morfologických a funkčních vlastností rozdělit na sympatikus, parasympatikus a enterický (střevní) nervový systém. Třetí jmenovaná část se nalézá ve stěně gastrointestinálního traktu (od jícnu po konečník). Tento systém je tvořen dvěma navzájem propojenými nervovými pleteněmi (Meissneri a Auerbach). Hlavní funkcí je kontrola GIT, respektive sekrece trávicích šťáv, krevní průtok ve stěnách traktu a motilita trávicí trubice. Celý tento systém je autonomní, ale může být modulován vlivy sympatiku a parasympatiku (Irmiš, 2007; Králíček, 2001).

### Sympatikus

Tento oddíl eferentní části ANS se označuje také jako cervikothorakolumbální systém. To je dáno faktem, že pregangliová vlákna mají své mateřské buňky v míšních segmentech C<sub>8</sub>-L<sub>3</sub>. Tato vlákna opouštějí míchu předními kořeny a probíhají jimi do příslušného míšního nervu. Poté vstupují do řetězce autonomních ganglií (truncus sympatikus). Zde se část pregangliových vláken spojí s vlákny postgangliovými. Zbylá část přes truncus pouze projde a spojí se až ve vzdálenějších prevertebrálních gangliích. Postgangliová vlákna poté opouštějí truncus sympatikus a míří prostřednictvím ramus visceralis a ramus communicans grisei spolu s cévní pletení do cílového orgánu (viz obrázek 3) (Králíček, 2011).



Obrázek 3: Schéma spinálního zapojení sympatiku (upraveno dle Gakle et al., 2010).

Na obrázku vidíme tmavě modré čáry znázorňující pregangliová vlákna, světle modré čáry – postgangliová vlákna a černé čáry označující autonomní aferentní vlákna.

Dle Irmiše (2007) má sympatikus největší účinek na krevní oběh. Zvyšuje sílu stahů srdce a tepovou frekvenci, zrychluje převod vzruchů ze síně na komory a vyvolává zúžení cév ve značné části velkého oběhu. V kosterním svalstvu rozšiřuje arterie. Působí i na respirační systém, tím že rozšiřuje bronchy v plicích. V kůži zvyšuje sekreci potu a vyvolává kontrakci pilomotorického hladkého svalstva, čímž způsobuje tzv. husí kůži. Dále rozšiřuje zornice v oku, podněcuje ejakulaci a v trávicím traktu zvyšuje tonus svěračů a tlumí motilitu žaludku či tenkého střeva.

Podle Jandové (2009) probíhá činnost sympatiku hlavně v bdělém stavu.

### **Parasympatikus**

Tento oddíl ANS označujeme také jako kraniosakrální. Kranio vzhledem k tomu, že jsou pregangliové parasympatické neurony uloženy v jádrech mozkového kmene. Sakrální, jelikož jsou uloženy v postranních rozích sakrálních míšních segmentů S<sub>2</sub>-S<sub>4</sub>.

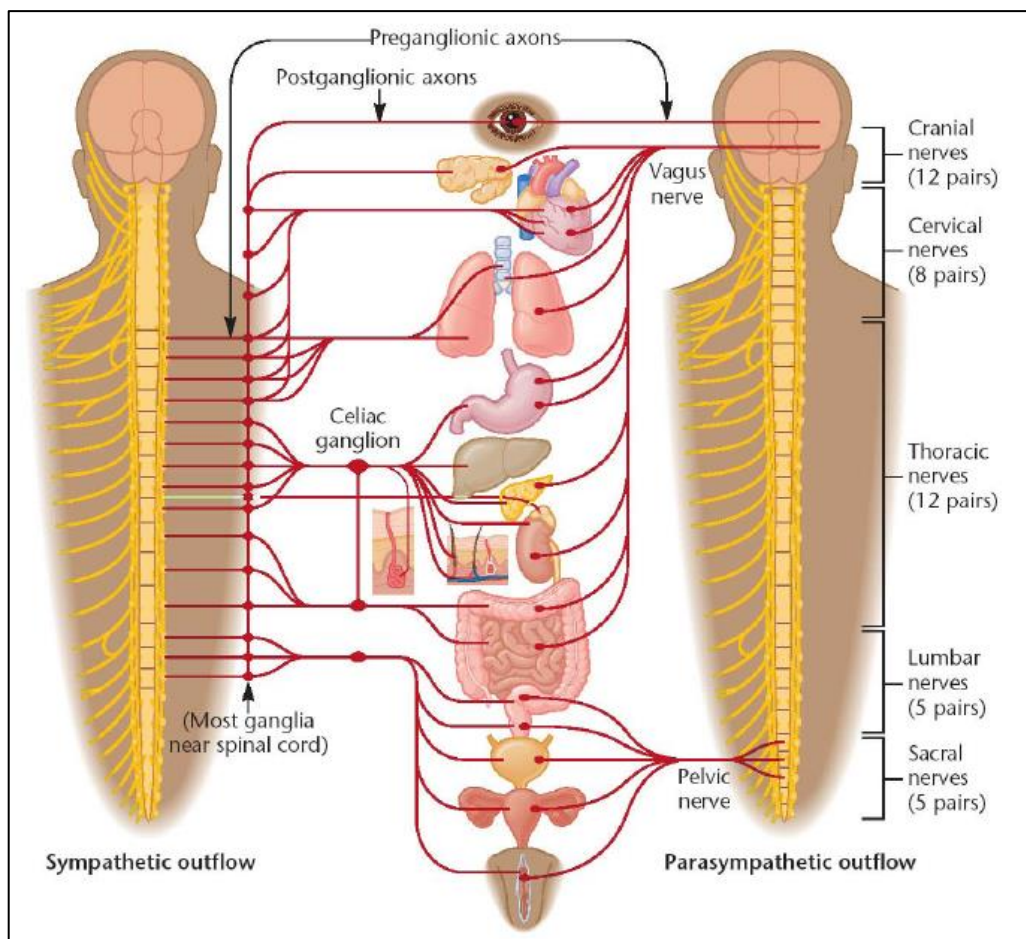
Axony pregangliových neuronů parasympatiku jsou dlouhé a jdou do blízkosti cílového orgánu bez přerušení. Tam dochází k přepojení na postgangliový neuron. Některé z periferních drah mohou obsahovat jak sympatická, tak parasympatická vlákna. V tomto případě pak hovoříme o periferních drahách smíšených (Králíček, 2011; Irmiš, 2007).

Hlavní vlivy parasympatiku shrnuje Irmiš (2007). Část kranialní prostřednictvím čtyř hlavových nervů:

1. ovlivňuje oko tím, že způsobuje zúžení zornic (třetí hlavový nerv),
2. zvyšuje slinnou a slznou sekreci slinných, slzných, podčelistních a podjazykových žláz (sedmý hlavový nerv),
3. zvyšuje sekreci příušní žlázy (devátý hlavový nerv),
4. zpomaluje srdeční frekvenci a rychlost vedení vzruchů ze síně na komory, vyvolává stažení průdušek (bronchokonstrikci), v trávicím systému zvyšuje sekreci šťáv v žaludku a slinivce břišní a dále zesiluje motilitu (hybnost) trávicí trubice (desátý hlavový nerv).

Část sakrální poté ovlivňuje sexuální funkce (sekrece prostaty, erekce) a podílí se na vyprazdňování močového měchýře a defekaci.

Podle Jandové (2009) vliv parasympatiku převažuje ve spánku.



Obrázek 4: Základní schéma autonomní nervové soustavy (převzato z Marčišová, 2007).

### Vzájemné působení sympatiku a parasympatiku

Chování sympatiku a parasympatiku je dle Jandové (2009) výrazem aktuální sumace regulačních dějů v organismu. Některé orgány jsou inervovány jak sympatikem, tak parasympatikem, a proto je od sebe nelze anatomicky, funkčně ani podle zastoupení určitých receptorů striktně oddělovat. „Chováním jsou sympatikus a parasympatikus vzájemně se doplňující regulátory vegetativních funkcí“.

Všechny orgány, které inervuje parasympatikus, jsou podle Irmiše (2007) inervovány i sympatikem. Obráceně to ale neplatí. Jako příklad uvádí inervaci cév, již obstarává pouze sympatikus. U některých tkání se setkáme s protikladným (antagonistickým) účinkem obou systémů. Příkladem je srdeční frekvence, kterou parasympatikus zpomaluje a sympatikus zrychluje. Někde dochází k zdvojené inervaci, přičemž jeden systém má na činnost orgánu hlavní vliv. Například u močového měchýře a slinných žláz má zásadní vliv parasympatiku.

## **Receptory cílových orgánů**

Jsou to složitá zařízení zachycující energii různých podnětů, kterou přeměňují na vzruchovou aktivitu. Každý receptor je uzpůsoben jen na určitý druh energie. Kupříkladu mechanickou, tepelnou, světelnou či chemickou. Některé z nich reagují na vzruchy z vnějšího prostředí, ty pak nazýváme exteroceptory (sluchové, zrakové atd.). Receptory, jež reagují na podněty z prostředí vnitřního, nazýváme interoceptory (reagují na podněty z cév, svalů apod.). Prostřednictvím nervové soustavy může být podráždění receptoru přeneseno na výkonný orgán (efektor). Této reakci říkáme reflex. Přenos nervového vzruchu z jednoho neuronu na druhý se uskutečňuje pomocí přenašeče neboli mediátoru (Irmiš, 2007).

Receptory pro vazbu acetylcholinu nazýváme cholinergní. Receptory pro vazbu noradrenalinu a adrenalinu pak jako adrenergní (Králíček, 2011).

## **Synapse a mediátory eferentního oddílu**

Jak již bylo zmíněno, přenos vzruchů z jednoho neuronu na druhý se uskutečňuje v synapsích chemickou cestou. Tedy pomocí mediátoru, jenž se uvolňuje na nervových zakončeních. Jako synapse označujeme všechna funkční spojení mezi membránami dvou buněk, ze kterých alespoň jedna je neuron. Rozeznáváme tedy synapse neuroreceptorové (spojení neuronu a receptoru), neuroefektorové (kontakt neuronu a kosterního svalstva) či interneuronové, kde dochází k přenosu informace mezi dvěma neurony (například mezi pregangliovým a postgangliovým neuronem). V každé synapsi pak můžeme rozlišit presynaptickou část (zakončení axonu, tzv. terčík). Dále rozeznáváme část postsynaptickou tvořenou přilehlou buněčnou membránou (subsýnaptická) připojeného neuronu. Mezi oběma částmi je úzká synaptická štěrbin. Celý přenos pak probíhá uvolněním mediátoru z presynaptické části do synaptické štěrbiny, kde poté reaguje s receptorem subsýnaptické membrány (Irmiš, 2007; Petřek, 1983).

Dle Králíčka (2011) se z visceromotorických vláken uvolňují dva klasické mediátory: acetylcholin a noradrenalin. Neurony tvořící acetylcholin nazýváme cholinergní. Jsou to všechny pregangliové neurony sympatiku a parasympatiku a všechny postgangliové neurony parasympatiku. Dále některé postgangliové neurony sympatiku. Jmenovitě jde o neurony inervující potní žlázy, napřimovače vlasů a hladkou svalovinu cév kosterního svalstva. Neurony tvořící noradrenalin nazýváme adrenergní. Jsou to až na výše zmíněné výjimky všechny postgangliové neurony sympatiku.

### 2.1.1.2 Centrální část ANS

Podle Trojana (1994) je tato část nadřazená periferní části ANS a koordinuje její činnost:

1. míchou,
2. retikulární formací mozkového kmene,
3. mezimozkem, respektive jeho součástí hypothalamem,
4. mozkovou kůrou.

**Mícha** realizuje vegetativní reflexy a dále interakci mezi vegetativní aferencí a eferencí (Trojan, 1994).

Králíček (2011) soudí, že jednoduché autonomní reflexy mají svá centra v ncl. intermediomedialis (jádro v centrální části šedé hmoty míšni) spinální míchy. Jako příklad uvádí automatickou defekaci při naplnění konečnicku, samočinné vyprázdnění močového měchýře či erekci až ejakulaci při dráždění zevního genitálu u samců. Dodává také, že míšni řízení vegetativních funkcí je po ztrátě spojení s vyššími centry ANS velmi nedokonalé.

**Mozkový kmen** je místo, kde se nachází důležitý integrační systém tzv. retikulární formace. Ta je tvořena gangliovými buňkami nacházejícími se v prodloužené míše, pontu, středním mozku a hypothalamu. Tato síť buněk je navzájem mnohočetně propojena a podílí se na regulaci a integraci somatických a vegetativních funkcí. Popisuje se dvojí typ funkční aktivity, a to vzruchová aktivita vyvolaná z jiných nervových struktur a spontánní vzruchová aktivita (bez vnějšího podnětu). Retikulární formace má množství vztahů k vyšším oblastem mozku i k činnosti spinální míchy. Podle toho ji dělíme na ascendentní (vzestupný) a descendentní (sestupný) retikulární systém. Hraje také důležitou roli v celkové aktivaci organismu, řízení bdělosti, vigility, v emocích a útlumových procesech (Irmíš, 2007).

Přehled funkcí jednoduchých autonomních reflexů majících centra v mozkovém kmeni popisuje Králíček (2011). Jde hlavně o reflexy, jež souvisejí s příjmem a zpracováním potravy, jako jsou slinění či sekrece pankreatické a žaludeční šťávy. Složitější reakce řízené z retikulární formace již vyžadují interakci většího počtu autonomních reflexů či koordinované fungování autonomního, endokrinního a somatického systému. Jedná se hlavně zvracení, polykání a kýčání. V mozkovém kmeni také nalezneme vitální ústředí. Vitální proto, že při zničení jejich buněk nastává smrt. Patří sem respirační a



kardiovaskulární centrum. Respirační centrum zajišťuje střídání vdechu a výdechu. Kardiovaskulární centrum zasahuje do činnosti srdce a průsvitu cév. Udržuje také konstantní tlak v mozkovém cévním řečišti.

Irmiš (2007) dodává jednu funkci a to tzv. zornicový reflex, tedy reakci zornice oka na osvětlení.

Trojan (1994) popisuje podíl retikulární formace na koordinaci sexuálních funkcí a termoregulaci.

**Hypothalamus** lze označit za jeden z nejdůležitějších koordinačních center řízení autonomních nervových funkcí. Je součástí mezimozku, kam patří i hypofýza, se kterou tvoří funkční celek, tzv. hypothalamo-hypofyzární systém. Ten je nadřazeným koordinačním ústředím humorální regulace. Hraje také významnou roli při zátěžové (stresové) reakci. Zadní hypothalamus řídí především sympatické funkce, zatímco přední hypothalamus funkce parasympatické. Důležité je dodat, že obě části tvoří jeden funkční celek (Irmiš, 2007).

Hypothalamus je podle Trojana (1994) rozhodujícím článkem homeostázy. Podílí se na řízení termoregulace, příjmu potravy, sexuálního chování, pohlavní aktivity a jiných složitých forem chování, jako je například stresová (poplachová) reakce, kdy se organismus aktivací sympatiku připraví na boj nebo útěk. Také se podílí na emocích a uplatňuje se při řízení emočního doprovodu chování (zblednutí atd.)

**Mozková kůra** již nemá pro autonomní funkce tak velký význam jako pro funkce somatické. Zajišťuje integraci autonomních a somatických funkcí při volní motorické činnosti. Její uplatnění najdeme i při podmíněně reflexním řízení ANS (Irmiš, 2007).

Králíček (2011) poukazuje, že *„kůra zřejmě vedle programování a realizace cílených pohybů aktivuje i odpovídající autonomní odezvu, jejímž úkolem je připravit vnitřní prostředí organismu pro zvýšené metabolické nároky pracujících svalů“*. Jako příklad uvádí změny dýchání a oběhu, které nastávají již na samém začátku svalové práce v době, kdy ještě nedošlo k porušení homeostázy vlivem svalové činnosti. Další funkcí je zprostředkovávat vztahy mezi vnějším prostředím a viscerálními funkcemi organismu. Jde hlavně o zprostředkování autonomního doprovodu různých emotivních stavů. Kůra rovněž umožňuje vědomou kontrolu některých autonomních aktivit (močení, defekace, erekce).

## 2.1.2 Řízení motorické činnosti

V této kapitole se již nebudeme zabývat řízením vnitřních orgánů, jelikož jsme tak učinili v kapitole „autonomní nervový systém“, ale podíváme se na pohyby vnějších orgánů pohybové soustavy, které slouží k účelnému pohybu.

Pohybová činnost je dle Vélého (2006) buď reflexní reakcí na působení vnějšího podnětu, nebo vzniká volním rozhodováním mysli.

Dylevský (2009) velmi schematicky rozděluje pohybové projevy člověka do tří vzájemně se prolínajících skupin:

1. volní pohyby – cílená motorika, naučené pohyby;
2. mimovolní pohyby – rychlé, reflexní pohyby;
3. rytmické pohyby – neustále se opakující pohyby.

Ve fylogenezi člověka docházelo postupně k diferencování motoriky a vývoji stále složitějších řídicích úrovní. U člověka můžeme dle Vélého (2006) rozlišit čtyři úrovně:

1. autonomní úroveň,
2. spinální úroveň – základní ovládání svalů,
3. subkortikální úroveň – pro lokomoční a posturální motoriku,
4. kortikální úroveň – pro ideokinetickou (obratnou) motoriku.

Tyto jednotlivé úrovně od sebe nelze izolovat, neboť se na každém pohybu hierarchicky podílejí.

Dylevský (2009) přiřazuje k motorickému systému především tyto útvary: motorické jednotky, přední míšní rohy, motorická centra mozkového kmene, mozeček, motorická centra thalamu, bazální ganglia a motorickou kůru hemisfér.

Níže si jednotlivé úrovně představíme a popíšeme si jejich činnost při řízení motoriky.

### Řízení na míšní úrovni

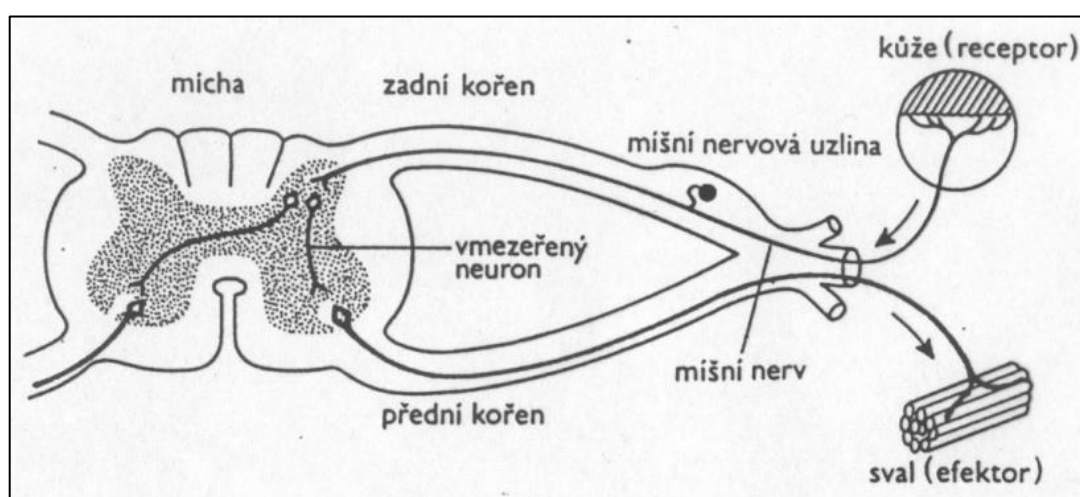
Mícha podle Trojana (1994) představuje nejnižší reflexní pohybové ústředí. Informace přicházejí jednak z proprioreceptorů uložených ve svalech a šlachách, poté z exteroceptorů uložených v kůži.

Dylevský (2009) popisuje anatomicky míchu jako provazec nervové tkáně probíhající v páteřním kanálu. Ve středu je míšný kanálek obklopen šedou hmotou. Kolem šedé hmoty je plášť hmoty bílé, kterou lze rozdělit na přední, postranní a zadní provazce.

Bílá hmota tvoří spojovací vedení mezi senzoryckými a motorickými vlákny a dále mezi vyššími centry a periferií. Šedá hmota míšná tvoří funkční centra tzv. jádra. Ta jsou mezi sebou vzájemně propojena do spinální neuronové sítě komunikující s mozkem a periferií. Přední rohy míšné mají motorickou povahu, zatímco zadní rohy míšné senzoryckou (Véle, 2006).

Základní funkcí je reflex. Je to vlastně odpověď organismu na podráždění či nějaký podnět. Tato odpověď je uskutečňována pomocí určité anatomické struktury, tzv. reflexního oblouku (viz obrázek 5). Dle receptorů můžeme reflexy rozdělit na proprioreceptivní a exteroceptivní.

Proprioreceptivní míšné reflexy mají jako receptory svalová vřeténka a šlachová tělíska (aktivovaná při kontrakci či protažení svalu). Poté pokračuje reflexní oblouk aferentním nervovým vláknem, alfa motoneuronem (buňka v předním rohu míšném) do efektoru (kosterní sval). Tento reflexní oblouk je velmi jednoduchý, někdy monosynaptický, tudíž velmi rychlý s velmi krátkou reflexní dobou odpovědi – 10 ms. Jeho hlavní funkcí je zajišťování a řízení svalového napětí – svalového tonu. Ten je předpokladem pro provedení jakéhokoliv pohybu.



Obrázek 5: Schéma reflexního oblouku (Trojan at al., 1996).

Exteroreceptivní míšňí reflexy mají receptory uloženy v kůži a reagují na bolest či dotek. Podle odpovědi, kterou na podráždění dostaneme, je dělíme na flexorové a extenzorové. První jmenované jsou vybavovány převážně bolestivým podnětem. Odpovědí je pak aktivace a oddálení končetiny od zdroje bolesti. Jsou to tedy typické obranné reflexy. Mezi ně patří i např. rohovkový reflex či reflex slzení, kašláňí a kýchání. Extenzorové reflexy jsou vybavovány podrážděním dotykových (taktilních) receptorů např. v kůži či na ploskách nohou. Výsledkem je kontrakce extenzorů především s antigravitační funkcí. Jsou proto podstatou postojových reakcí (Dylevský, 2009).

Dylevský (2009) stručně shrnuje řízení pohybu na míšňí úrovňi takto:

1. při aktivaci agonistů jsou tlumeny antagonisté – princip reciproční inervace,
2. aktivace alfa motoneuronů je omezována pomocí zapojování šlachových tělísek a svalových vřetének – princip záporné zpětné vazby,
3. vyšší centra nervového systému mohou zasahovat do řídicích funkcí míchy – princip hierarchie řízení,
4. jakákoli svalová kontrakce se uplatňuje pomocí alfa motoneuronů – princip společné periferní dráhy.

### **Řízení na subkortikální úrovňi**

Tato úroveň řízení provádí důležité nastavující a udržující funkce nadřazené úrovňi spinální. Nejdůležitějšími útvary jsou centra retikulární formace, v mozkovém kmeni thalamu, hypothalamu, v bazálních gangliích a v mozečku (Véle, 2006).

**Retikulární formace** ovlivňuje motoriku kosterních svalů především působením na antigravitační svaly (posturální motoriku) a ovlivňuje svalové napětí. Informace pro tuto regulaci získává především z receptorů šíjových svalů, z vestibulárních jader (velmi významný podíl), mozečku, bazálních ganglií a mozkové kůry. **Mozkový kmen** zabezpečuje předpoklady pro funkci složitých pohybových vzorců zajišťujících pohybovou autonomii. Musí zde však probíhat korová kontrola dodávající přesnost a orientaci na cíl. **Bazální ganglia** již vytvářejí jednoduché programy, nastavují svalový tonus, ovlivňují posturální funkci a vybírají pohybové vzory uložené v mozkové kůře. Jsou strukturou, jež koordinuje neúmyslnou (reflexní) pohybovou aktivitu s úmyslnými pohyby. **Thalamus a hypothalamus** jsou struktury podílející se na senzomotorických vztazích při koordinaci jemné a posturálně lokomoční motoriky. **Mozeček** díky oboustrannému spojení s mozkiem umožňuje průběžnou korekci pohybu, jeho koordinaci a tím dosáhnutí pohybového cíle.

Rozhoduje také o správném časovém sledu při zapojování svalů v průběhu pohybu. Dále inhibuje nadbytečnou aktivaci svalů, čímž zpřesňuje pohyb a přispívá k jeho ekonomizaci (Dylevský, 2009; Véle, 2006; Trojan, 1994).

Véle (1997) shrnuje funkci subkortikální úrovně takto:

1. přednastavení úrovně logistiky a výchozí postury,
2. plynulá adaptace přednastavených úrovní během pohybu,
3. vyhlazování hrubé funkce spinálních servomechanizmů,
4. udržování orientované polohy v gravitačním poli,
5. automatizace stereotypních pohybových úkonů, jejich kontrola,
6. vytváření náhradních schémat při noticepci.

### **Řízení na kortikální úrovni**

Je nadřazeným orgánem řízení volní (cílené, úmyslné) motoriky. Obsahuje mnoho mechanismů pro řízení pohybů obratné motoriky i pro kombinace rychlých posturálních změn. Volní motorika je provázena vědomím a uplatňuje se při ní intelekt, psychika a osobnost jedince (Véle, 1997).

Dle Véleho (2006) CNS ovládá řízení volního pohybu dvěma druhy aktivity. První je stimulující emocionální aktivita (podnět), druhá brzdící racionální aktivita (úvaha). Účelový pohyb je reakcí na nějaký podnět provázený emocí. Tato emoce rozhoduje o intenzitě pohybu. Je-li slabá, je pohybová odezva taktéž slabá nebo žádná. Naopak silná emoce vyvolá intenzivní pohybovou reakci. Racionální úvaha poté pohyb přibrzdí. Chceme-li tedy dosáhnout určitého cíle, musí být pohyb dobře koordinován, což vyžaduje vyváženost obou druhů kontroly. Není-li tomu tak, může dojít až k poškození pohybového aparátu nekoordinovaným a intenzivním pohybem při silné emoci a slabé racionální kontrole.

Proces řízení je založen na oboustranné výměně informací mezi řídicími orgány CNS a výkonným pohybovým aparátem. Ten však nemusí na daný příkaz zareagovat správně a výsledný pohyb se může odchýlit od určeného záměru. Aby se tomuto předešlo, je nutné, aby měl řídicí orgán informace o tom, jak byl příkaz vykonán. Zdrojem těchto zpětnovazebných informací jsou proprioreceptivní receptory ve svalech, šlachách a kloubech. Dále receptory vestibulárního aparátu a receptory kožní, zrakové či sluchové (Véle, 2006).

Protože i zpětná informace může být během přenosu zkreslena, je přesnost obsahu zjišťována více cestami. Počet senzitivních drah tak převyšuje počet motorických drah. Řídící funkce pak provádí průběžnou korekci, aby bylo dosaženo původního záměru (Véle, 1997).

Z receptorů je dle Choutky (1999) informace vedena dostředivými tzv. aferentními drahami na nejvyšší úroveň řízení pohybu do CNS. Zde proběhne zpracování informace na všech úrovních, jejímž výsledkem je výběr optimálního programu neboli představa o řešení dané situace, která je východiskem pro její praktické uskutečnění. Poté eferentní tzv. odstředivá vlákna (motorické) přenáší informaci k výkonným orgánům (efektor), především svalům (Choutka, 1999).

## 2.2 Motorika

Motorika je podstatnou charakteristikou savců a také podmínkou jejich existence. Je spojena se získáváním potravy, obranou organismu, signalizací (řeč u člověka) či gestikulací. Motorické funkce mají v životě jedince svůj vývoj. Jde o mnohoetážový regulační proces, jenž je vázaný na postupně dozrávající jednotlivé oddíly centrální nervové soustavy. Od náhodných motorických projevů plodu, přes první řízené a kontrolované pohybové projevy (sed, stoj, chůze) až k vysoce specializovaným pohybům jako je psaní či hra na hudební nástroj (Mourek 2005).

Dle Šimíčkové (2008) je motorika „*souhrn pohybových dovedností, které umožňují samostatné přemísťování se v prostoru, zaujímání různých poloh celého těla, manipulace s předměty, jednotlivé pohyby částí těla: paží, zápěstí, prstů ruky, nohou a chodidel.*“ Můžeme ji tedy chápat jako celkovou pohybovou schopnost organismu.

Motoriku může rozdělit na **hrubou** a **jemnou**.

**Hrubou motorikou** většinou rozumíme pohyby velkých svalových skupin. Má dvě hlavní funkce. Zajistit udržování stabilní klidové polohy organismu v gravitačním poli (postura, držení) a změnu polohy jednotlivých segmentů i celého těla v prostoru (lokomoce). Obě tyto funkce spolu souvisí, probíhají dynamicky a jedna přechází v druhou (držení – pohyb – držení). Udržování nastavené polohy je proces neustálého vyvažování labilní rovnováhy mezi antagonistickými svalovými skupinami, které tvoří partnerské dvojice. Tento stav tak umožňuje rychlý přechod z klidu do pohybu a naopak.

**Jemná motorika**, nazývaná též obratná motorika, slouží k provádění složitých diferenciovaných pohybových úkonů. Provádí cílené pohyby při ovládnutí pracovních, hudebních či komunikačních nástrojů. Má úzký vztah k intelektu a dobré paměti pro velkou variační šíři jednotlivých úkonů a jejich kombinací. Z hlediska fylogeneze ji lze chápat jako vyšší vývojový stupeň motoriky (Véle 2006).

Berger, Krul a Daanen (2009) definují jemnou (obratnou, šikovnostní, obratnostní, dovednostní atd.) motoriku jako schopnost obratně a kontrolovaně manipulovat malými předměty v malém prostoru.

Systém obratné motoriky je vybaven menšími svaly, které jsou ale řízeny větším počtem neuronů. U těchto pohybů se klade nárok spíše na přesnost a rychlou možnost variace pohybu než na svalovou sílu. Pohyby jsou programově řízeny z centrální nervové

soustavy ve spolupráci s mozečkem. Realizovány jsou pyramidovou dráhou umožňující obratný pohyb zejména v distálních částech končetin. Obratná motorika vyžaduje větší účast vědomí než motorika hrubá, ale v určitých sekvencích se dají pohyby zautomatizovat, takže mohou probíhat prakticky automaticky s minimální kontrolou vědomí (pletení, psaní na klávesnici atd.). Především na horních končetinách můžeme často rozlišit funkční stranové rozdíly. Jedna ruka bývá při manipulaci vždy dominantní a druhá spíše podpurná. U většiny populace bývá dominantní pravá ruka. Ta je řízena z levé mozkové hemisféry. U menšiny je vedoucí ruka levá, jež je řízena z pravé hemisféry. (Véle, 1997; Véle, 2006).

Opařilová (2005) řadí k jemné motorice manipulační aktivity, logomotoriku, grafomotoriku, oromotoriku, mimiku a vizuomotoriku.

Vyskotová (2013) hovoří o manipulačních aktivitách jako o neustále se navzájem prolínajících a kombinujících formách stereotypních i originálních pohybů. Mezi ně řadí různé typy úchopů, úderů, tlak prstů či dlaní. Při manipulaci člověk může zapojovat jen jednu ruku. Hovoříme pak o monomanuální činnosti. Nebo a to častěji využívá obě ruce, tzv. bimanuální činnost.

Pro náš výzkum má jemná motorika (bimanuální koordinace) velký význam, neboť ji naši probandi využívají při testu supportní kreslení.

Systémy hrubé i jemné motoriky tvoří jeden funkční celek. Nelze je od sebe přísně oddělit, jelikož jejich činnost se vzájemně prolíná. Například provádíme-li test supportní kreslení, který používáme v našem výzkumu, využíváme akrálních svalů prstů a zápěstí pro jemnou pohybovou mechaniku. Tomuto vlastnímu a cílenému pohybu ale předchází činnost velkých svalových skupin (svaly paže a pletence ramenního) a posturálních svalů zaručujících stabilní pracovní polohu. Tyto činnosti již řadíme do motoriky hrubé (Véle 2006, Véle 1997).



## 2.3 Aktivace

Podstatným znakem života je aktivita organismu. Ta se v psychické rovině projevuje jistou mírou vzrušení (excitace) a určitými znaky chování. Excitace se nejčastěji projevuje vzrůstem svalového napětí, motorické aktivity či zvýšením rychlosti pohybů. Objevuje se i vzrůst intenzity intelektových představ, které způsobí zrychlení myšlení. Vzrušení se projevuje i zvýšenou aktivitou autonomního nervového systému (sympatiku). To má za následek stimulaci vnitřních orgánů (Nekonečný, 1997).

Dříve se termín „aktivační úroveň“ vztahoval pouze na aktivitu mozku a užívalo se ho k označení určitého vzorce vln EEG charakteristického pro stav bdění. Později se jeho význam rozšířil na aktivaci celého organismu. Základem je stupeň aktivity některých orgánů včetně CNS, hlavně pak těch, které souvisejí se získáváním, mobilizací a uvolňováním energie. Funkcí těchto orgánů pak může být využito jako prostředku k měření aktivační úrovně (Severová, 1966).

Metody měření, respektive ukazatele aktivační úrovně, rozděluje Severová (1966) na dvě skupiny: **centrální a periferní**.

**Centrální** ukazatelé jsou nejčastěji měřeni pomocí mikroelektrod, které umožňují dráždění či snímání potenciálů v přesně určených oblastech centrální nervové soustavy. Příkladem může být snímání elektrických potenciálů mozkové kůry či retikulární formace. Zvyšování aktivační úrovně se v EEG projevuje zvýšením frekvence vln a snížením jejich amplitudy. Tento typ měření se začal používat historicky později díky své technické náročnosti. **Periferní** ukazatele můžeme chápat jako měření změn ve funkcích vegetativních orgánů. Teoreticky lze sledovat ukazatele tzv. „bazálního metabolismu“ (spotřeba kyslíku, produkce tepla). Ty však nejsou citlivé na drobné změny aktivační úrovně při provádění nějaké činnosti či při působení různých podnětů. Poté můžeme sledovat ukazatele tzv. „relativní metabolické aktivity“, tedy sledování funkcí různých orgánů a jejich změn. Příkladem jsou změny v oběhovém systému, svalové soustavě, kožních orgánech, endokrinních orgánech a pohlavním systému. Funkci různých orgánů nelze využívat se stejnou spolehlivostí, a proto se využívá paralelní sledování více parametrů.

Dle Atkinsonové (2003) se mění autonomní aktivace s prožívanými emocemi. U emocí rozeznává několik složek. Jednou z nich je tzv. subjektivní prožívání emocí neboli afektivní stav. Další složkou jsou vnitřní tělesné reakce, zvláště ty, na který se podílí

autonomní nervový systém. Většina fyziologických změn, ke kterým dochází během emoční aktivace (zrychlená TF, zrychlené dýchání, sucha v krku a ústech, pocení atd.), je způsobena aktivací sympatiku.

Irmiš (2007) upozorňuje na odlišnost pojmu **stav** a **rys aktivace**.

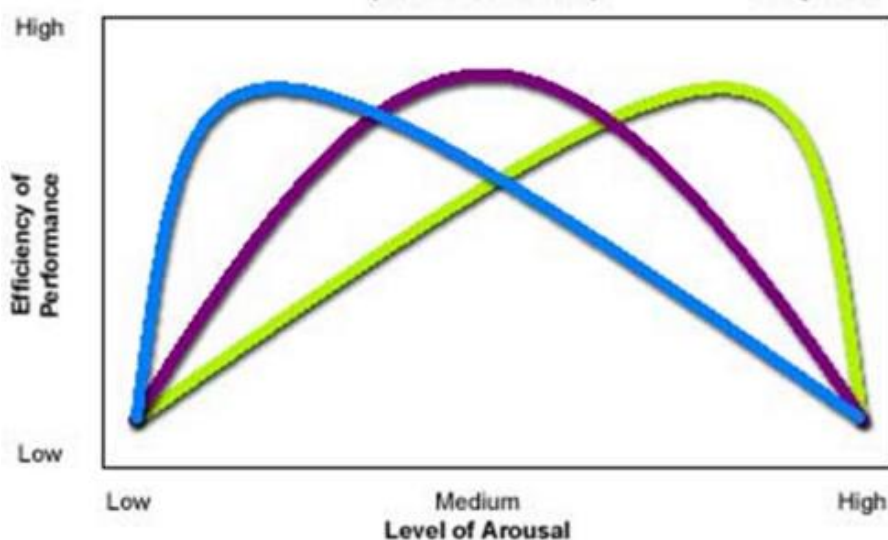
Každý člověk a jeho organismus se může nacházet aktuálně v určitém **stavu aktivace** (arousal), tj. ve zvýšené či snížené bdělosti či v různém stavu zvýšené nebo snížené aktivace neboli v různém stupni vzrušení. V tomto kontextu mluvíme o intra-individuální variabilitě. Dle Nekonečného (1997) je optimálním stavem bdělé vědomí doprovázené koncentrovanou pozorností a organizovanou činností. **Rys aktivace** je poté spojován se stabilnější individuální vlastností, jde tedy o dispozici více či méně reagovat na podněty za stabilních podmínek, nebo o dispozici pohybovat se v nižší či vyšší úrovni aktivace.

Úroveň aktivace	Stav vědomí	Chování
stav afektu: strach, hněv atd.	zúžené vědomí, rozdělená pozornost	nedostatek kontroly a sebekontroly, dezorientovanost
bdělá pozornost	koncentrované zaměření, selektivní pozornost	účinné, rychlé reakce
relaxovaná pozornost	pozornost fluktuje, převaha volných asociací	dobrá rutinní činnost disponovanost k tvořivému myšlení
ospalost	okrajové vědomí s občasnými výpadky	činnost sporadická, nekoordinované pohyby
lehký spánek	redukované vědomí, nedostatek vědomí, sny	bez činnosti, reflexní pohyby
hluboký spánek	naprostý nedostatek vědomí	bez činnosti
kóma	naprostá ztráta vědomí, amnézie	bez činnosti
smrt	-	-

*Tabulka 1: Úrovně aktivace a jejich koreláty ve vědomí a chování (Nekonečný, 1997).*

Pro naši práci je důležitý vztah aktivace a výkonu. Tento vztah poprvé představili Yerkers a Dodson ve své práci v roce 1908 a je interpretován ve známé obrácené

„U“ křivce (obrázek 6). Tento vztah říká, že osoby s příliš nízkou či vysokou aktivací podávají horší výkon než osoby pohybující se ve středních hodnotách. Tento vztah je důležitý hlavně ve sportovní psychologii (při psychologické přípravě sportovce), kdy se snažíme dosáhnout optimálního stavu pro výkon (Irmiš, 2007). Tato teorie ovšem nejde zobecnit. Podle Nekonečného (1997) má každý jedinec interindividuálně odlišnou optimální úroveň aktivace související s jeho temperamentem. Taktéž uvádí, že aktivace může být snižována či zvyšována užíváním specifických drog či do jisté míry udržována na vhodné úrovni (pro výkon) také úsilím. Dále se zmiňuje o vyšší hladině aktivace jako o nepříznivé pro činnosti spojené s komplexními a obtížnými úkoly.



Obrázek 6: Vztah mezi výkonem a aktivací ([kieranppower1994.blogspot.cz](http://kieranppower1994.blogspot.cz)).

Na obrázku lze vidět tři křivky:

modrá křivka - optimální pro výkony vyžadující vysokou úroveň nervosvalové koordinace,  
 fialová křivka – optimální pro výkony vyžadující střední úroveň nervosvalové koordinace,  
 zelená křivka – optimální pro výkony vyžadující vysokou úroveň explozivně silových schopností (Benešová, 2011).

Severová (1966) popisuje individuální rozdíly a stálost aktivační úrovně u jedinců. „Jedinci se liší v základní úrovni aktivace a způsobu jejich změn během dne, ve velikosti změn aktivační úrovně, jimiž odpovídají na změny v okolní situaci i ve způsobu návratu k základní úrovni po vychýlení“. Tyto znaky jsou u jedinců poměrně konstantní a pro ně charakteristické.

## 2.4 Anatomickofyziologické základy bioelektrické aktivity kůže

### 2.4.1 Funkce a stavba kůže

Kůže je anatomicky i fyziologicky specializovaná hraniční vrstva tvořící ucelený zevní povrch lidského těla (Trojan, 1994).

Její plošný rozsah je asi 1,7–2,0 m<sup>2</sup> a tloušťka kolísá od 0,5–4,0 mm. Nejsilnější je na zádech a na stehnech, nejtenčí na horním víčku. Hmotnost kůže dosahuje kolem tří kilogramů (s tukovou tkání až 20 kg), což z ní činí nejtěžší orgán lidského těla (Dylevský, 2009).

Trojan (1994) udává několik funkcí kůže vyplívajících hlavně z jejího hraničního postavení:

1. ochranná funkce – odolává škodlivým účinkům mechanických, osmotických chemických, tepelných či světelných vlivů prostředí;
2. bariera proti infekci – spočívající ve funkci Langerhansových buněk;
3. termoregulace – hlavně díky podkožnímu tuku, změnou průsvitu podkožních cév a sekrecí potu (při jeho odpařování dochází k ochlazení povrchu těla);
4. kůže jako receptorový orgán – obsahuje velké množství somatosenzorických receptorů umožňujících nepřetržitou komunikaci se zevním prostředím (dotykové a tlakové receptory, receptory pro bolest, termoreceptory);
5. resorpční a exkreční činnost – resorpce má význam například při vstřebávání léčebných mastí, exkrecí kožního mazu z mazových žláz dochází k ochraně kůže před vysycháním, vlhkem a zvláčnění vlasů;
6. význam kůže pro přijetí vitamínu D;
7. nositelkou individuálních morfologických znaků člověka.

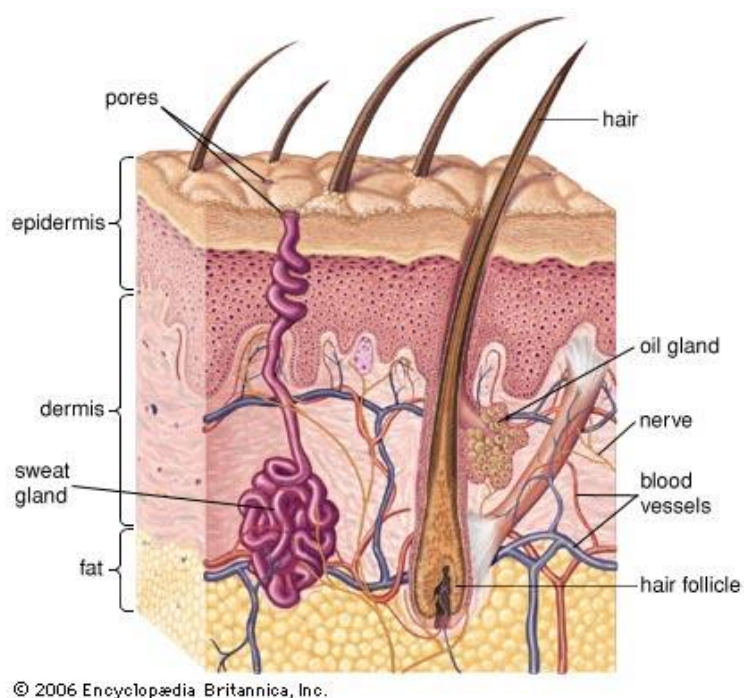
Kůže se skládá ze tří vrstev: pokožky (epidermis), škáry (dermis) a podkožního vaziva (viz obrázek 7).

Epidermis je tvořen několika vrstvami plochých buněk (dlaždicový epitel). Hlubší buněčné vrstvy si zachovávají schopnost dělení, čímž doplňují olupující se odumřelé buňky povrchové vrstvy. Tato stálá obnova vede k zesílení pokožky všude tam, kde je vystavena mechanickému zatížení – kůže na dlaních, plosky nohou apod. (Dylevský, 2009). Epidermis obsahuje buňky melanocyty (produkují melanin, který přispívá k tmavé barvě pleti a chrání pokožku před ultrafialovým zářením), Merkelovy (hmatové) a

Largenhansovy (pohlcují cizí materiál, který napadá pokožku a napomáhají tak imunitnímu systému těla). Také zde nalezneme deriváty epidermis, jako jsou chlupy či nehty.

Další vrstvou je dermis (škára). Tvoří ji vazivová tkáň prostoupená sítěmi kapilár mající za úkol vyživovat pokožku. Nalezneme zde i nervová zakončení, hmatová tělíska a termoreceptory. Jsou zde také uloženy mazové a potní žlázy. Díky škáře je kůže pružná, roztažitelná a pevná.

Poslední vrstvou je podkožní vazivo. Má hlavně ochranou a izolační funkci a je také zásobárnou energie (Čihák, 2004, Marieb, 2005; Dylevský, 2009).

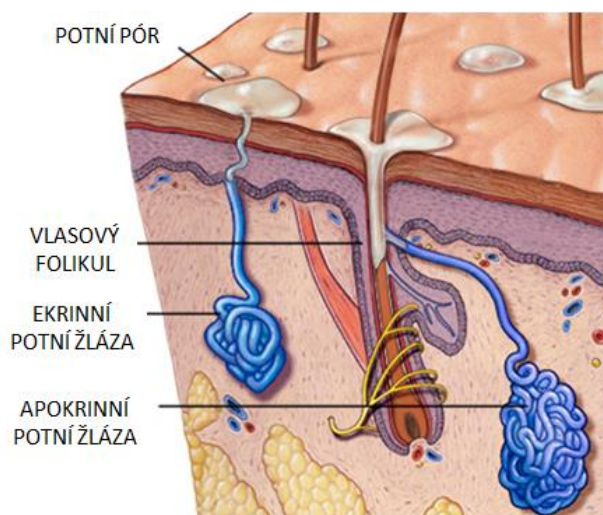


Obrázek 7: Průřez kůží ([www.britannica.com](http://www.britannica.com)).

## 2.4.2 Pocení

Každý člověk má více než 2,5 milionu potních žláz nacházejících se v kůži celého těla kromě části zevního genitálu a prsních bradavek. Každý den naše tělo vyprodukuje asi 500 ml potu. Za horkých dnů a při tělesné námaze to může být až 12 litrů. Jde o filtrát krve, který prochází sekrečními buňkami potních žláz a poté se uvolní exocytózou. Pot je z 99 % tvořen vodou, malým množstvím solí a odpadními látkami metabolismu např. močovinou, amoniakem atd.

V lidském těle nalezneme dva druhy potních žláz. Apokrinní žlázy se většinou nachází v oblastech zevních pohlavních orgánů či v řitní oblasti. Jejich vývody ústí do vlasových folikulů. Produkují zvláštní druh potu obsahující kromě výše vyjmenovaných složek tukové látky a bílkoviny. To vede k tomu, že je pot lepkavý, má mléčnou až nažloutlou barvu a po určité době způsobují typický zápach (vlivem rozložení organických částí). Ekrinní žlázy jsou v lidském těle četnější. Největší množství se jich nachází na dlaních, plosce nohy a čele. Vylučovací část žlázy tvoří klubko ležící v hloubce škáry, jež je inervováno nervovými vlákny sympatiku. Vývody žláz ústí na povrch kůže potním pórem a jejich hlavní funkcí je termoregulace (Marieb, 2005).



Obrázek 8: Potní žlázy (převzato a upraveno z [www.mayoclinic.com](http://www.mayoclinic.com)).

Dawson, Schell, & Filion, (2007) udává, že aktivitu potních žláz nemusí vyvolávat pouze změna teploty, ale může být ovlivněna nějakým psychologickým podnětem. Tyto

podněty mohou mít i emocionální charakter a reagují na ně nárůstem své aktivity všechny ekkrinní potní žlázy. Nejlépe lze tyto změny pozorovat na dlaních a chodidlech.

Andreassi (2000) uvádí, že na psychologický a sensorický stimul nejlépe reagují potní žlázy na prstech ruky. Na změnu teploty naopak reagují slabě.

Vetrugno, Liguori, Cortelli & Montagna (2003) také hovoří o tzv. emočním pocení, které je nezávislé na termoregulačním, přičemž jeho kontrola je propojena s emocemi, kognitivními a neuroendokrinními funkcemi. Jde o důležitou autonomní komponentu tzv. orientační reakce, která nastává, je-li pozornost upnuta na nějaký nový významný podnět. Změny emočního pocení (funkce sympatiku) se poté projeví ve změně kožního odporu. Tyto změny jsou pro nás velice důležité, neboť je v našem výzkumu měříme a sledujeme.

### 2.4.3 Elektrokožní odpor (elektrodermální aktivita)

Způsobů jak objektivizovat aktivační úroveň je celá řada. Severová (1966) považuje za nejvýhodnější dlaňový (palmární) nebo chodidlový kožní odpor, jehož fyziologickým základem je funkce potních žláz. U tohoto měření byla navíc zjištěna vysoká míra korelace s ukazateli bazálního metabolismu (spotřeba kyslíku atd.). Navíc je prokázáno, že funkce potních žláz na dlaních a chodidlech je relativně nezávislá na termoregulaci.

Pro náš výzkum jsme využili měření bioelektrických jevů na pokožce, respektive měření elektrodermální aktivity. V následujících řádcích si toto měření představíme.

Problematiku výzkumu elektrických jevů v lidském organismu nastolil Berthelom v roce 1786 v práci *L'électricité du humain corps*. První měření elektrického kožního potenciálu poté uskutečnil R. Vigouroux roku 1878 a měření změn kožního odporu s použitím exosomatického jednosměrného proudu E. Remak již r. 1858. O několik let později, a to roku 1888, se začíná zabývat touto problematikou i francouzský neurolog Ch. Féré zkoumající galvanický jev na kůži pomocí exosomatického jednosměrného proudu a odporového můstku s použitím galvanometru jako nulového indikátoru. Postihuje tak vztah změny odporu kůže s psychickými afektivními procesy. Bezprostředně po něm v roce 1889 se začal bioelektrickou aktivitou kůže zabírat i ruský fyziolog Tarchanov, jenž na rozdíl od Férého pracoval bez použití exosomatického proudu. Pozoroval kolísání elektrických potenciálů mezi různými částmi povrchu kůže při působení zvukových, světelných či slovních podnětů. Tento jev pak nazval kožně-galvanický reflex (KGR), který zachytával pomocí elektrod přiložených na části lidského těla s nerovnoměrným zastoupením potních žláz. Elektrody pak zapojil do okruhu s citlivým galvanometrem, jehož výchylky při působení podnětu udávaly velikost změn. Způsoby snímání dle Tarchanova a Férého se staly základními metodami pro měření elektrokožních jevů. Na jejich práci poté roku 1909 navázal O. Varaguth, který pro pozorovaný jev navrhl název psychogalvanický reflex (PGR) (Uherík, 1965).

V Československu se zabývala touto problematikou např. M. Severová (1966). Ta elektrodermální aktivitu chápe jako ukazatele aktivační úrovně. Dále pak Uherík (1965), jenž např. zkoumá vliv utlumování podmíněných a nepodmíněných podnětů na KGR.

V poslední době se v ČR věnuje psychofyziologickým jevům např. Šlechta (2001, 2002), Čelíkovský (2004), či Benešová (2011).

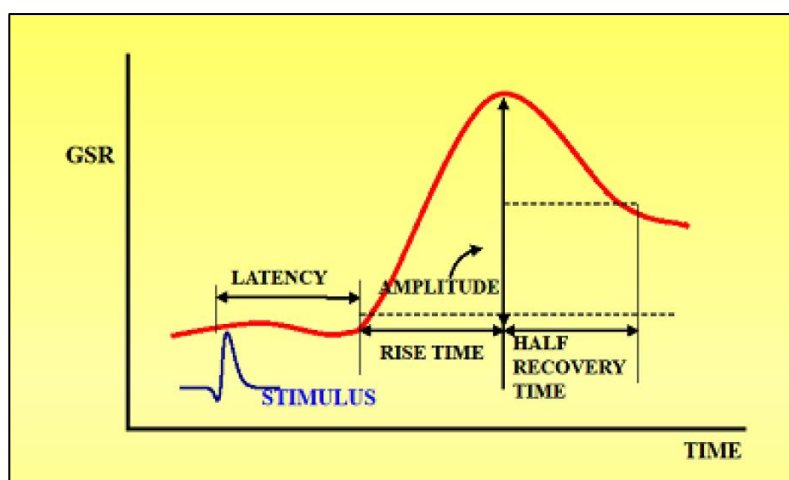


Elektrodermální aktivita kůže (EDA) je jedním z nejvíce citlivých indikátorů psychických změn jedince. Má úzký vztah k aktivační hladině, emocím a bdělosti. Využíváme ji tedy při sledování aktuálního psychického stavu. Kožně galvanická reakce může být endosomatická (spontánní potenciál kůže) nebo exosomatická (registrovaná jako změna kožního odporu při průchodu proudem).

U endosomatické metody měříme změny odporu kůže pomocí zesilovače přímo z kožních elektrod. Nepoužíváme při tom stejnosměrný proud, ale zachytíme pouze změnu potenciálu, která se na přístroji zobrazí jen malou pomalou výchylkou. Tato reakce nás však neinformuje o absolutních hodnotách a změnách kožního odporu v čase.

U exosomatické metody měříme odpor kůže na principu můstkové metody. Můstek je napájen stejnosměrným proudem. Odpor kůže snímáme s dvou elektrod nejčastěji umístěných na dvou prstech jedné ruky, jimiž prochází slabý proud. Změny odporu pak závisí na činnosti potních žláz. Při zaplavení potních kanálků potem (v závislosti na aktivaci) vzniká na pokožce vodivější prostředí, což se projeví na zmenšení kožního odporu a zvýšení vodivosti. (Irmiš, 2007; Dawson, 2007).

Bouscein (1992) popisuje dva základní bioelektrické jevy. Dlouhodobější úroveň kožní vodivosti a tzv. elektrodermální reakci vyvolanou nějakým stimulem (viz obr. 9).



Obrázek 9: Příklad elektrodermální reakce vyvolané určitým podnětem (Benešová, 2011).

Na obrázku je reakce, tedy poměrně rychlé zvýšení vodivosti kůže, znázorněna červenou křivkou. Tato reakce je vyvolána zvýšením aktivace sympatiku, projevující se zvýšením aktivity potních žláz. Tato reakce trvá i několik sekund a poté se kožní vodivost

vrací prakticky na původní úroveň. Stimul můžeme vyvolat vizuální, auditivní nebo somato-senzorickou formou. V našem výzkumu jsme za stimul považovali startovní povel, upozornění examinatora na provedenou chybu (opuštění mezikruží) ale také individuální zpětnou vazbu na samotný průběh testu (úspěch či neúspěch). Taktéž si můžeme všimnout zpoždění reakce (latency) mezi stimulem a zvýšením vodivosti (Benešová, 2011).

Uherík (1965) uvádí několik fyzikálních činitelů, které mohou mít vliv na hodnoty elektrodermální aktivity kůže. Prvním z nich je teplota mikroklimatu. Zde nejsou názory autorů zcela jednoznačné. Někteří zmiňují, že teplota mikroklimatu má jen malý účinek na EDA dlaní a chodidel a že zapříčiňuje hlavně vzrůst pocení na nepalmárních a neplantárních částech těla. Toto pocení má termoregulační význam, zatímco pocení na rukou a chodidlech odráží spíše přípravné a facilitační funkce organismu. Jiní autoři poté zastávají názor, že s poklesem teploty klesá i vodivost kůže na všech částech těla. Jako další činitele zmiňuje např. teplotu kůže, vlhkost okolního prostředí či užití různých látek. Z látek které zmiňuje je zajímavá káva zkracující latentní čas či alkohol snižující elektrodermální reakci.

### 3 METODICKÁ ČÁST

#### 3.1 Výzkumný soubor

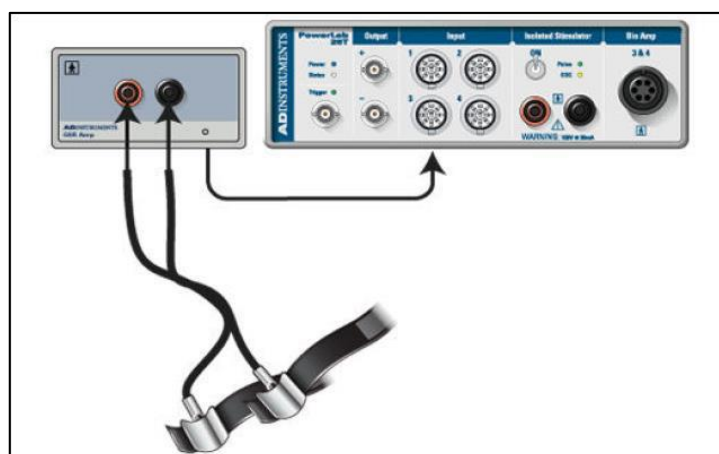
Testovaný soubor tvořilo 84 osob. Všichni probandi byli studenty Fakulty pedagogické Západočeské univerzity v Plzni. Převážná většina z bakalářských a magisterských oborů Katedry tělesné a sportovní výchovy (TV). Zbylou část tvořili studenti jiných oborů (ne). Podmínkou bylo aktivní provozování nějaké sportovní činnosti a neznalost testu supportní kreslení. Můžeme tak říci, že všichni zúčastnění měli stejné počáteční podmínky a tvořili poměrně homogenní skupinu. Výběr testovaných osob byl proveden na základě dobrovolnosti.

	Počet	TV	ne
Muži	43	43	0
Ženy	41	19	22

Tabulka 2: Výzkumný soubor.

#### 3.2 Měření elektrodermální aktivity

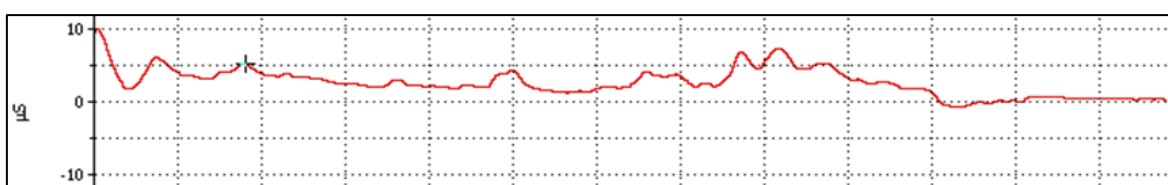
Pro měření průměrných hodnot a průměrných velikostí změn elektrodermální aktivity byl využit přístroj ML 116 GSR Amp od firmy ADInstrument. Tento přístroj je vybaven softwarem PowerLab Chart, jenž zaznamenává časovou řadu dat kožní vodivosti mezi dvěma elektrodami umístěnými na distálních článcích ukazováčku a prsteníku levé ruky. Bipolární prstové elektrody (ml 116F) zajišťující snímání vodivosti kůže jsou uchyceny k prstům pomocí pásek se suchým zipem (viz obrázek 10).



Obrázek 10: Přístroj pro měření EDA se zesilovačem ML 116 GSR Amp a bipolární prstové elektrody (převzato z: [www.adinstrument.com](http://www.adinstrument.com)).

Přístroj využívá 75 Hz oscilátor s téměř obdélníkovou vlnou, nízkým napětím (22 mV) na elektrodách a nízkou impedancí. Je vybaven bezpečnostní galvanickou izolací s osvědčením standardu IEC601-1 BF pro zařízení připojující lidské tělo (Benešová, 2011).

Samotné měření začalo připojením elektrod na levou ruku testované osoby a vynulováním a nakalibrováním přístroje na klidovou úroveň probanda. Měření jsme prováděli po celou dobu u všech třech obtížností senzomotorického úkolu. Přístroj při tom graficky zaznamenával časovou řadu kožní vodivosti (viz obrázek 11). Ta je zaznamenána každých 0,25s.



Obrázek 11: Časová řada kožní vodivosti zaznamenaná přístrojem ADInstrument ML 116 GSR Amp. Na ose (x) je znázorněn čas v sekundách, na ose (y) velikost kožní vodivosti v mikrosimens (Ballý, 2013).

Z této časové řady nám software Lab Chart vypočte průměrnou hodnotu kožní vodivosti, kterou použijeme jako jednu z proměnných. Dále jsme z časových řad vypočítali velikost změn EDA v každém 5s intervalu a to vzorcem:

$$VZ = \frac{\text{nejvyšší hodnota intervalu} - \text{nejnižší hodnota intervalu}}{2}$$

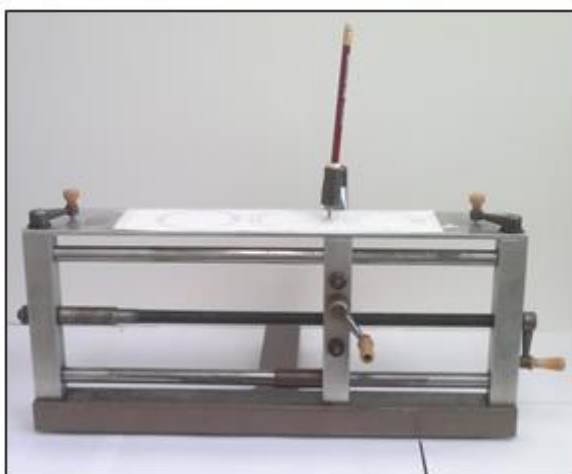
Výpočtem průměru všech těchto hodnot (VZ) v časové řadě jednoho pokusu získáme průměrnou velikost změny EDA, kterou použijeme jako další proměnou v našem výzkumu. Obě proměnné zjišťujeme ve všech obtížnostech a zaznamenáváme do 12 (viz přílohy).

### 3.3 Senzomotorický test – supportní kreslení

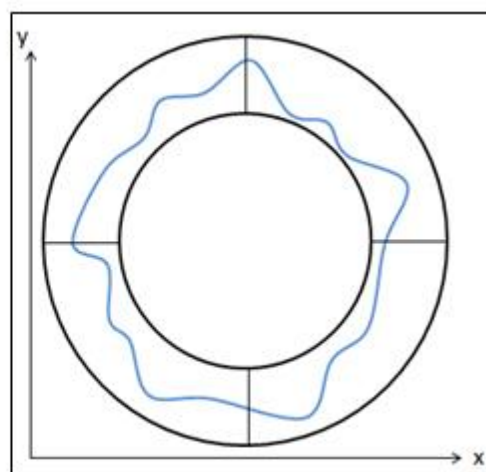
V našem výzkumu se snažíme popsat změny aktivační úrovně během senzomotorického úkolu a při změnách jeho obtížnosti. Vybrali jsme test supportní kreslení, jenž byl použitý již v minulosti, avšak nestandardizovaný. Jedná se o fyzicky nenáročný test, který jsme zvolili hlavně kvůli eliminaci pocení z důvodu vysoké intenzity pohybu.

Z jeho výsledků můžeme určit úroveň bimanuální koordinace (činnost vyžadující součinnost obou rukou), prostorové orientace a psychomotorického tempa (Benešová, 2011).

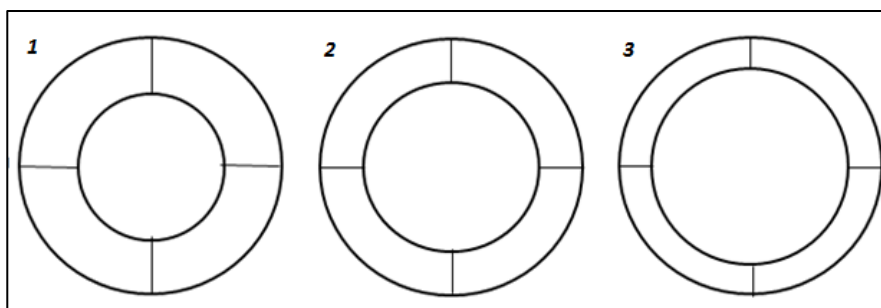
Při supportním kreslení ovládá testovaná osoba pomocí dvou klíčků hrot záznamového zařízení v dvojrozměrném prostoru. Jednou rukou posouvá hrot vertikálně po ose (y), druhou rukou po ose vertikální (x). Jejím úkolem je vypsát nejlépe kružnici do připraveného mezikruží tak, aniž by vyjela mimo (viz obrázek 13). To je považováno za chybu. Pro náš výzkum jsme si zvolili tři obtížnosti testu, jež jsou dány postupným zmenšováním mezikruží (viz obrázek 14). Hlavními kritérii jsou pak přesnost a rychlost provedení.



Obrázek 12: Přístroj pro supportní kreslení (Ballý, 2013).



Obrázek 13: Trajektorie bezchybného pokusu (Ballý, 2013).



Obrázek 14: Znárodnění obtížností v testu supportní kreslení. 1-nejlehčí obtížnost, 2- střední obtížnost, 3- těžká obtížnost (Ballý, 2013).

### **3.4 Průběh testování**

Testování se uskutečnilo v laboratoři zátěžové diagnostiky Fakulty pedagogické Západočeské univerzity v Plzni. Po celou dobu jsme se snažili zajistit standartní podmínky pro všechny testované osoby. Místnost byla vždy řádně vyvětrána, byl v ní klid, přiměřené osvětlení a teplota. K testování jsme potřebovali počítač se softwarem zaznamenávajícím časové řady kožní vodivosti a stopky, na kterých byl měřen čas jednotlivých pokusů. Po příchodu do laboratoře se proband posadil k měřicímu stolku a nasadili jsme mu elektrody pro měření EDA. Poté byl seznámen s testem supportní kreslení a zásadami správné manipulace s rukou, na které měl nasazené elektrody. Snažili jsme se tak co nejvíce eliminovat možnost vyvinutí tlaku na elektrody. V momentě, kdy byla testovaná osoba soustředěna na test, provedl examinátor kalibraci přístroje měřícího EDA a odstartoval testování. U všech obtížností byl zaznamenáván čas, za který proband vykreslí celé mezikruží a počet chyb. Tyto hodnoty byly zapsány do 12 (viz přílohy) a využity jako proměnné v našem výzkumu.

## 4 INTERPRETACE VÝSLEDKŮ

V této práci byly pro interpretaci výsledků použity následující proměnné. Pro větší přehlednost uvádíme v tabulkách a grafech jejich zkratky.

**SK1** ... Čas potřebný ke splnění první obtížnosti testu supportní kreslení.

**SK2** ... Čas potřebný ke splnění druhé obtížnosti testu supportní kreslení.

**SK3** ... Čas potřebný ke splnění třetí obtížnosti testu supportní kreslení.

**CH\_SK1** ... Chyby v první obtížnosti testu supportní kreslení.

**CH\_SK2** ... Chyby ve druhé obtížnosti testu supportní kreslení.

**CH\_SK3** ... Chyby ve třetí obtížnosti testu supportní kreslení.

**SK1\_CH** ... Výkon v první obtížnosti testu supportní kreslení.

**SK2\_CH** ... Výkon ve druhé obtížnosti testu supportní kreslení.

**SK3\_CH** ... Výkon ve třetí obtížnosti testu supportní kreslení.

Výkon v testu byl stanoven takto: k času potřebnému ke splnění dané obtížnosti testu (SK) bylo přičteno 15 sekund za každou chybu (CH\_SK).

**PR\_EDA1** ... Průměrná hodnota elektrodermální aktivity naměřená při první obtížnosti supportního kreslení.

**PR\_EDA2** ... Průměrná hodnota elektrodermální aktivity naměřená při druhé obtížnosti supportního kreslení.

**PR\_EDA3** ... Průměrná hodnota elektrodermální aktivity naměřená při třetí obtížnosti supportního kreslení.

**PVZ\_EDA1** ... Průměrná velikost změn elektrodermální aktivity naměřená při první obtížnosti supportního kreslení.

**PVZ\_EDA2** ... Průměrná velikost změn elektrodermální aktivity naměřená při druhé obtížnosti supportního kreslení.

**PVZ\_EDA3** ... Průměrná velikost změn elektrodermální aktivity naměřená při třetí obtížnosti supportního kreslení.

**TV/ ne** ... Studentky tělesné výchovy / studentky jiných oborů.

## 5 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Nejprve jsme použili korelační analýzu pro zjištění závislostí mezi všemi proměnnými. K tomuto účelu jsme využili program Statistika 6, který nám vygeneroval následující matici. Pracujeme zde s hladinou významnosti  $\alpha \leq 0,05$ .

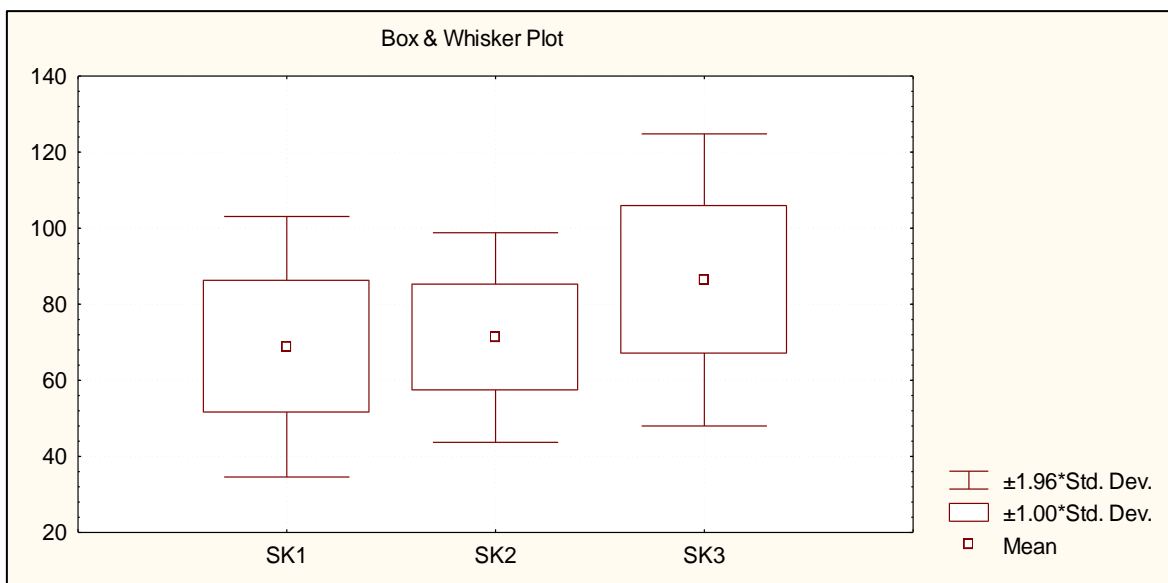
	POHLAVÍ	TV/ne	SK1	SK2	SK3	CH_SK1	CH_SK2	CH_SK3	PR_EDA_1	PR_EDA_2	PR_EDA_3	PVZ_EDA1	PVZ_EDA2	PVZ_EDA3
POHLAVÍ	1,00		0,40	0,43	0,44	-0,13	0,27	-0,04	0,04	0,15	0,07	-0,27	-0,36	-0,32
TV/ne		1,00	0,45	0,37	0,20	-0,01	-0,14	0,08	0,30	0,15	0,10	0,03	0,04	-0,10
SK1	0,40	0,45	1,00	0,83	0,74	-0,11	0,15	0,08	-0,09	-0,05	-0,09	-0,27	-0,32	-0,29
SK2	0,43	0,37	0,83	1,00	0,75	-0,13	0,19	0,04	-0,05	0,08	0,05	-0,24	-0,27	-0,25
SK3	0,44	0,20	0,74	0,75	1,00	-0,08	0,10	-0,01	-0,10	0,04	-0,02	-0,15	-0,23	-0,21
CH_SK1	-0,13	-0,01	-0,11	-0,13	-0,08	1,00	0,11	0,35	0,02	-0,05	-0,12	0,12	0,15	0,17
CH_SK2	0,27	-0,14	0,15	0,19	0,10	0,11	1,00	0,25	-0,04	-0,10	-0,24	-0,20	-0,19	-0,20
CH_SK3	-0,04	0,08	0,08	0,04	-0,01	0,35	0,25	1,00	0,04	0,06	0,05	0,09	0,11	0,16
PR_EDA_1	0,04	0,30	-0,09	-0,05	-0,10	0,02	-0,04	0,04	1,00	0,74	0,51	0,09	0,09	0,03
PR_EDA_2	0,15	0,15	-0,05	0,08	0,04	-0,05	-0,10	0,06	0,74	1,00	0,80	0,25	0,18	0,09
PR_EDA_3	0,07	0,10	-0,09	0,05	-0,02	-0,12	-0,24	0,05	0,51	0,80	1,00	0,27	0,27	0,24
PVZ_EDA1	-0,27	0,03	-0,27	-0,24	-0,15	0,12	-0,20	0,09	0,09	0,25	0,27	1,00	0,77	0,68
PVZ_EDA2	-0,36	0,04	-0,32	-0,27	-0,23	0,15	-0,19	0,11	0,09	0,18	0,27	0,77	1,00	0,84
PVZ_EDA3	-0,32	-0,10	-0,29	-0,25	-0,21	0,17	-0,20	0,16	0,03	0,09	0,24	0,68	0,84	1,00

Tabulka 3: Korelační matice proměnných využitých ve výzkumu. Proměnné, mezi kterými byla zjištěna závislost, jsou označeny červeně.

Co se týče pohlaví, je z tabulky patrná malá závislost s časy potřebnými ke splnění testu ve všech obtížnostech a malá závislost s průměrnými velikostmi změn elektrodermální aktivity ve druhé (PVZ\_EDA2) a třetí (PVZ\_EDA3) obtížnosti. U skupiny studentek tělesné výchovy a jiných oborů (TV/ne) byly zjištěny malé závislosti s časy potřebnými ke splnění úkolu a to u obtížností (SK1 a SK2) a s průměrem elektrodermální aktivity v první obtížnosti (PR\_EDA1). Silná závislost byla nalezena u časů potřebných ke splnění testu mezi všemi obtížnostmi (SK1-SK2, SK1- SK3 a SK2-SK3). V tomto případě se hodnoty blížily nejvíce k jedné. Silné závislosti najdeme i mezi všemi obtížnostmi u průměrných velikostí elektrodermální aktivity a u průměrných velikostí změn elektrodermální aktivity. Mezi ostatními proměnnými nebyly závislosti nalezeny.

Pro porovnání časů potřebných ke splnění všech obtížností testu jsme nejprve použili krabicový graf, tzv. boxplot. Poté jsme se snažili ověřit, zda jsou rozdíly časů statisticky významné. Proto jsme použili Wilcoxonův test (viz tabulka 4).





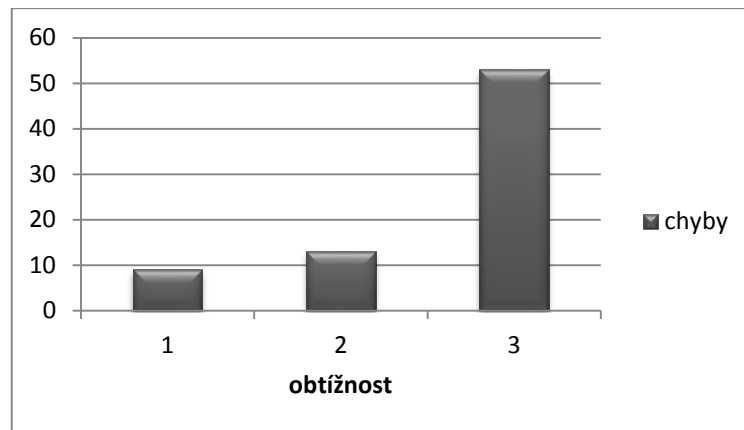
Graf 1: Boxplot časů potřebných ke splnění testu ve všech obtížnostech.

Z grafu 1 je patrný nárůst průměrných časů s rostoucí obtížností testu supportní kreslení. Největší skok je vidět mezi průměrnou hodnotou druhé a třetí obtížnosti. Mezi první a druhou obtížností je již rozdíl menší. Nejmenší rozsah jedné směrodatné odchylky je vidět u času ve druhé obtížnosti, kde jsou výkony nejvyrovnanější, největší pak u třetí obtížnosti. Můžeme si také všimnout, že většina časů potřebných ke splnění druhé obtížnosti je stejných jako u obtížnosti první.

	N	T	Z	p-level
SK1 & SK2	84	961	3,0251	<b>0,00249</b>
SK1 & SK3	84	161	7,24491	<b>0</b>
SK2 & SK3	84	106	7,48797	<b>0</b>

Tabulka 4: Porovnání časů jednotlivých obtížností Wilcoxon testem.

Z tabulky je patrný statisticky významný rozdíl mezi všemi obtížnostmi testu. V tomto testu jsme pracovali s hladinou významnosti  $\alpha \leq 0,05$ .



Graf 2: Počty chyb v jednotlivých obtížnostech testu.

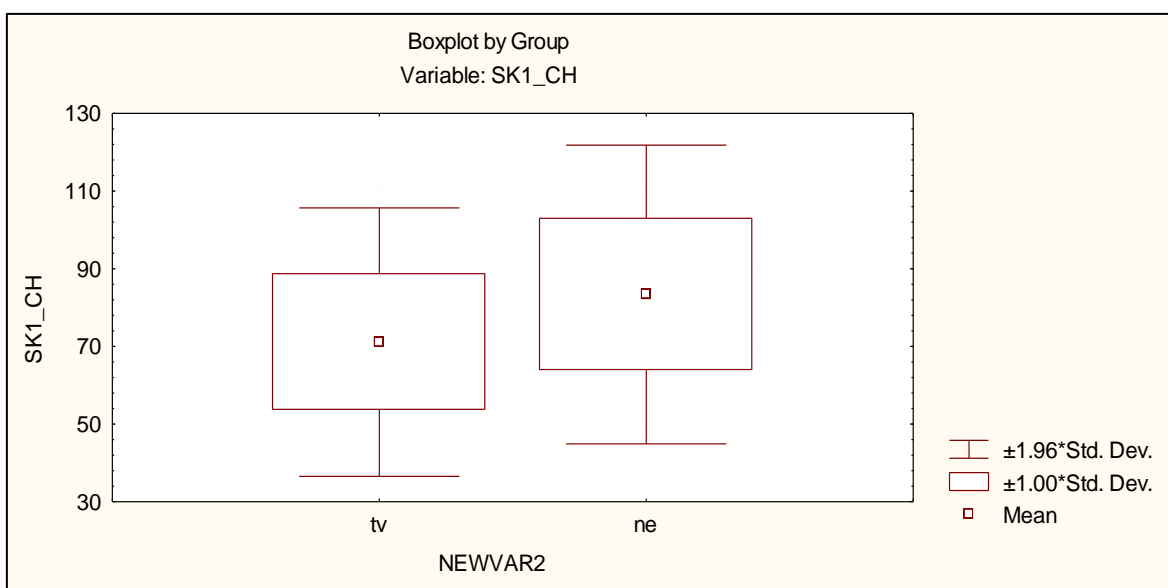
Graf 2 znázorňuje chyby provedené ve všech obtížnostech během testu. Je vidět, že počet chyb se s rostoucí obtížností zvyšuje. Největší rozdíl je patrný mezi druhou a třetí obtížností, malý rozdíl poté mezi první a druhou obtížností.

Během výzkumu jsme objevili rozdíly mezi některými ženami studujícími tělesnou výchovu (tv) a studentkami jiných oborů (ne). Použili jsme proto Mann-Whitney U Test, který nám měl rozdíly statisticky potvrdit či vyvrátit. Pro tento test jsme si stanovili hladinu statistické významnosti  $\alpha \leq 0,1$ .

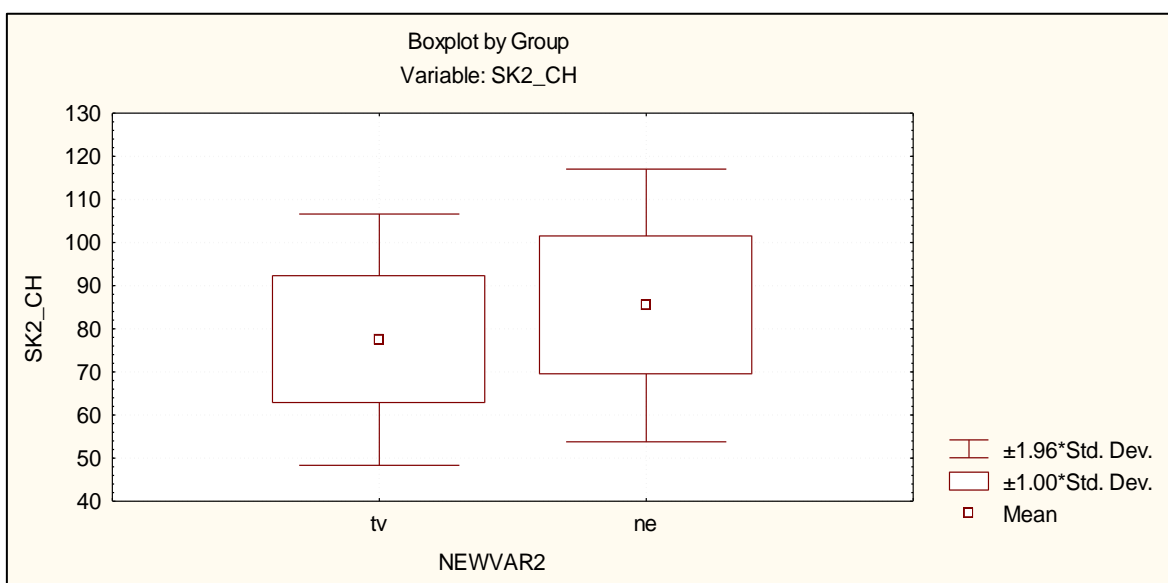
	Rank Sum	Rank Sum			
	Tv	ne	U	Z	p-level
SK1	289,5	571,5	99,5	-2,86281	<b>0,004202</b>
SK2	310	551	120	-2,32685	<b>0,01998</b>
SK3	351,5	509,5	161,5	-1,24186	0,214299
CH_SK1	400	461	208	0,02614	0,979142
CH_SK2	424	437	184	0,65361	0,513369
CH_SK3	382,5	478,5	192,5	-0,43138	0,666194
PR_EDA1	326,5	534,5	136,5	-1,89547	<b>0,05804</b>
PR_EDA2	363	498	173	-0,9412	0,346611
PR_EDA3	376	485	186	-0,60132	0,547631
PVZ_EDA1	392	469	202	-0,18301	0,854791
PVZ_EDA2	388,5	472,5	198,5	-0,27452	0,78369
PVZ_EDA3	423	438	185	0,62746	0,530359
SK1_CH	296,5	564,5	106,5	-2,6798	<b>0,00737</b>
SK2_CH	335	526	145	-1,67324	<b>0,09429</b>
SK3_CH	331,5	529,5	141,5	-1,76474	<b>0,077616</b>

Tabulka 5: Porovnání všech proměnných u skupiny (Tv/ne) Mann-Whitney U Testem.

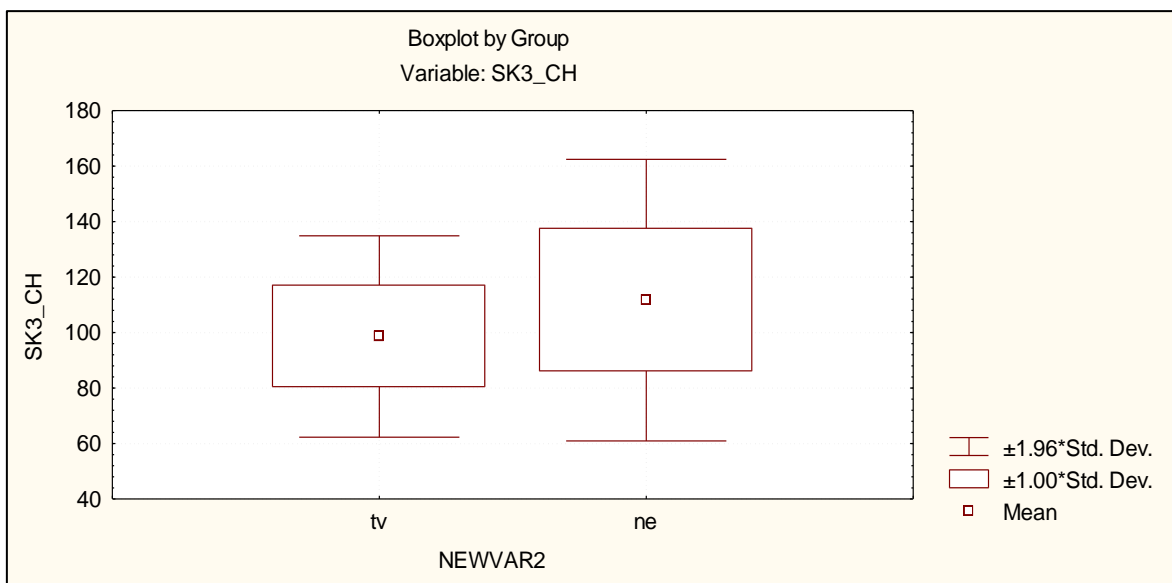
V tabulce 5 lze spatřit rozdíly mezi skupinou žen (TV/ne). Ženy studující tělesnou výchovu dosahovaly průměrně lepších časů (SK), dělaly méně chyb (CH\_SK), tudíž byl jejich výkon v testu (SK\_CH) lepší. Vykazovaly také nižší průměrné hodnoty a průměrné velikosti změn elektrodermální aktivity. Statisticky významné rozdíly jsme však našli pouze mezi časy v první a druhé obtížnosti (SK1 a SK2), v průměrné hodnotě elektrodermální aktivity u první obtížnosti (PR\_EDA1) a ve výkonech u všech obtížností (SK\_CH). Dobře viditelné jsou v grafu 3, 4 a 5.



Graf 3: Boxplot výkonů u skupin (tv) a (ne) v první obtížnosti testu supportní kreslení.



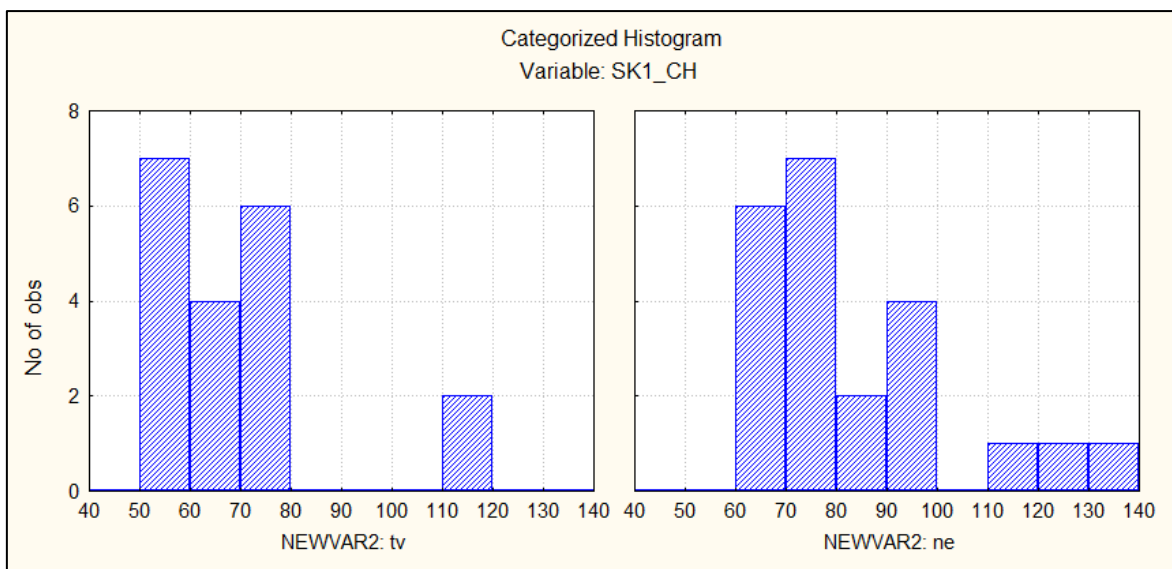
Graf 4: Boxplot výkonů u skupin (tv) a (ne) ve druhé obtížnosti testu supportní kreslení.



Graf 5: Boxplot výkonů u skupin (tv) a (ne) ve třetí obtížnosti testu supportní kreslení.

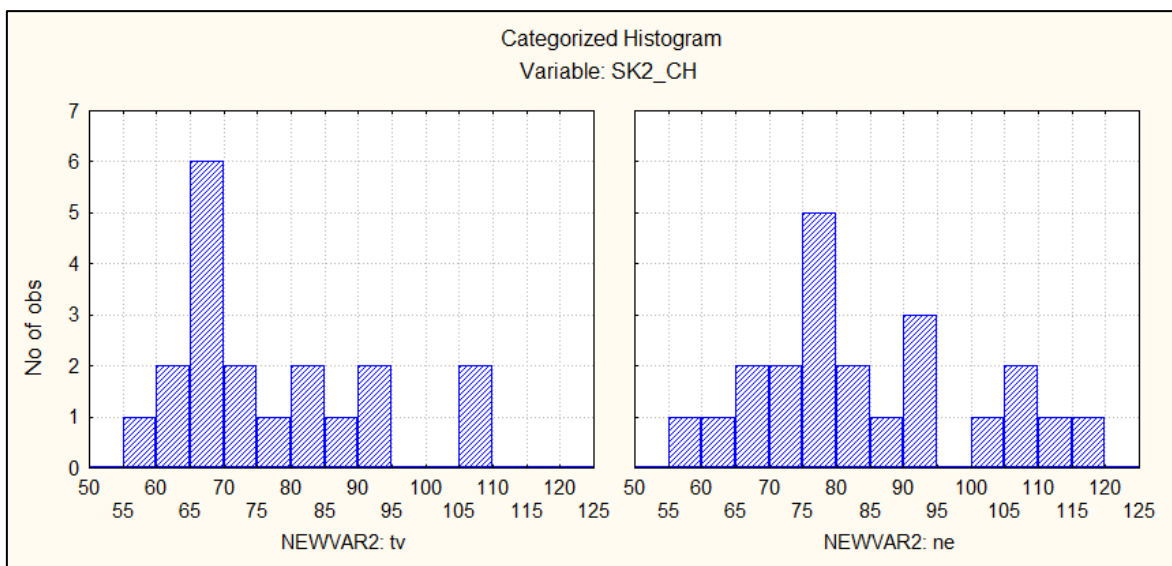
U Grafů 3, 4 i 5 je patrné menší rozpětí jedné směrodatné odchylky u studentek tělesné výchovy (tv). Nejmenší rozpětí, tudíž nejvyrovnanější výkony, vidíme u druhé obtížnosti v grafu 5.

Pro lepší znázornění četností výkonů obou skupin jsme vytvořili následující histogramy.



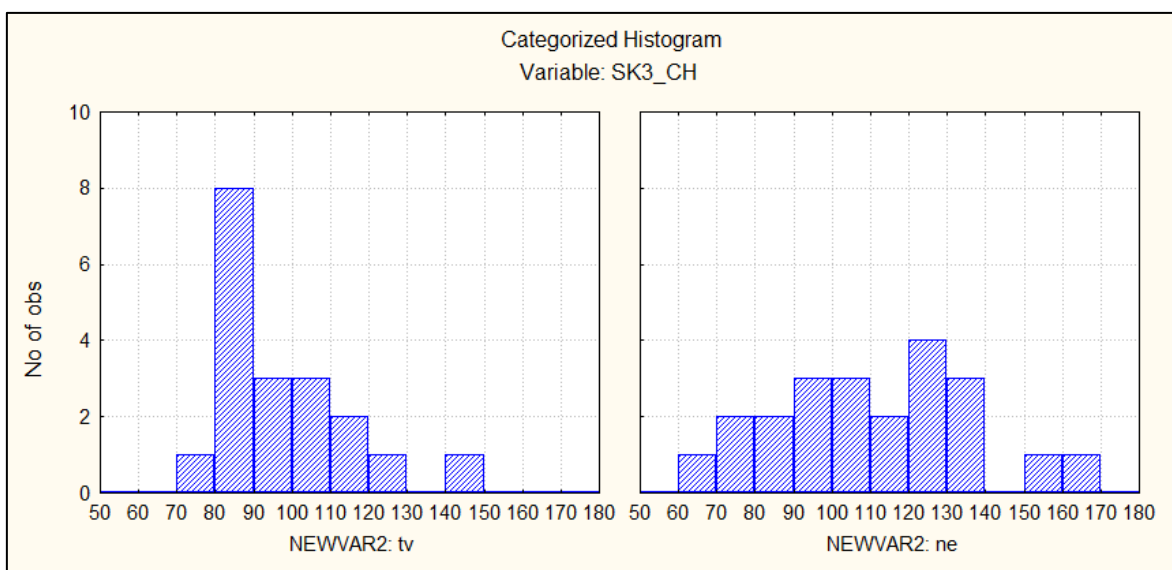
Graf 6: Histogram četností výkonů u skupin (tv) a (ne) při první obtížnosti testu.

V grafu 6 vidíme, že většina výkonů skupiny (tv) se nacházejí mezi 50 až 80 sekundami. Jen dvě testované osoby leží v rozmezí 110 až 120 sekund. U skupiny (ne) je zřejmá větší četnost v časech nad 80 sekund. Pod 60 sekund se nedostal nikdo.



Graf 7: Histogram četností výkonů u skupin (tv) a (ne) při druhé obtížnosti testu.

Z grafu 7 je dobře patrná větší četnost výkonů v časech nad 100 sekund u skupiny žen studujících jiný obor (ne). Většina výkonů obou skupin leží v intervalu 55 až 95 sekund.



Graf 8: Histogram četností výkonů u skupin (tv) a (ne) při třetí obtížnosti testu.

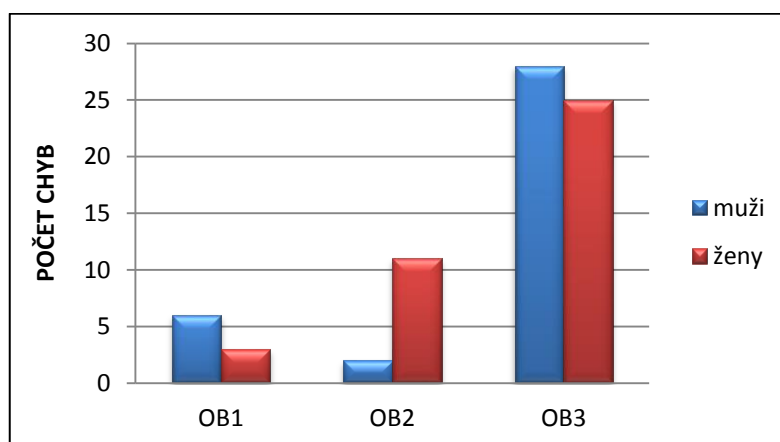
Graf 8 vypovídá o menším rozpětí výkonů u skupiny (tv). Jejich výkony nalezneme v intervalu 70 až 150 sekund. Nejvíce jich pak nalezneme mezi 80 až 90 sekundami. Na rozdíl od druhé skupiny nenajdeme žádný výkon nad hranicí 150 sekund.

Dále jsme upřeli svůj zájem na skupinu mužů a žen. K nalezení statisticky významných rozdílů nám opět posloužil Mann-Whitney U Test.

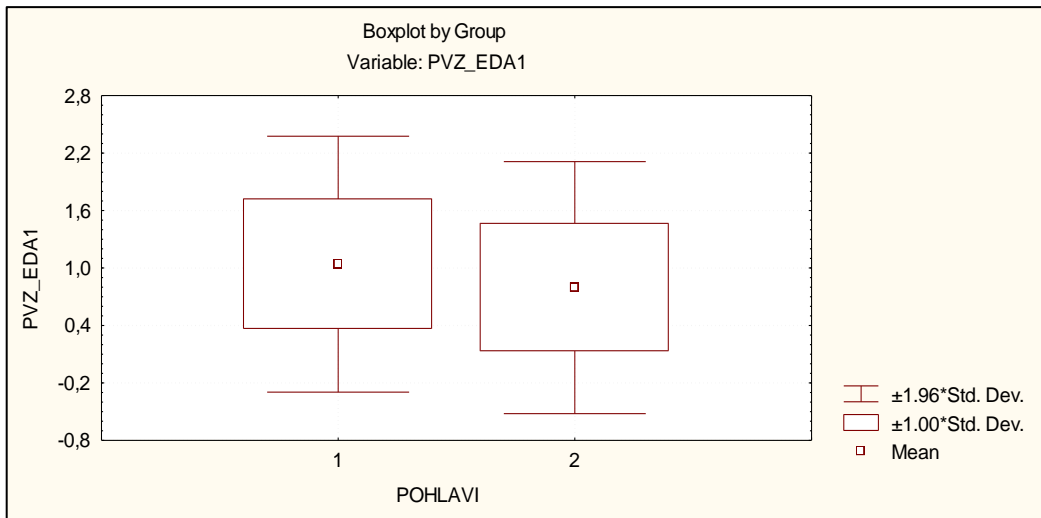
	Rank Sum	Rank Sum			
	muži	ženy	U	Z	p-level
SK1	1376,5	2193,5	473,5	-3,65447	<b>0,00258</b>
SK2	1351	2219	448	-3,88259	<b>0,000104</b>
SK3	1337	2233	434	-4,00784	<b>0,000061</b>
CH_SK1	1846,5	1723,5	820,5	0,55018	0,582198
CH_SK2	1616	1954	713	-1,51188	0,130573
CH_SK3	1822	1748	845	0,331	0,740643
PR_EDA1	1748	1822	845	-0,331	0,740643
PR_EDA2	1635,5	1934,5	732,5	-1,33744	0,18109
PR_EDA3	1716,5	1853,5	813,5	-0,61281	0,540009
PVZ_EDA1	2058	1512	609	2,44227	<b>0,0146</b>
PVZ_EDA2	2154,5	1415,5	512,5	3,30557	<b>0,000949</b>
PVZ_EDA3	2115,5	1454,5	551,5	2,95667	<b>0,003112</b>
SK1_CH	1450	2120	547	-2,99693	<b>0,002729</b>
SK2_CH	1332	2238	429	-4,05257	<b>0,000051</b>
SK3_CH	1422,5	2147,5	519,5	-3,24295	<b>0,001184</b>

Tabulka 6: Porovnání všech proměnných u skupiny mužů a žen Mann-Whitney U Testem.

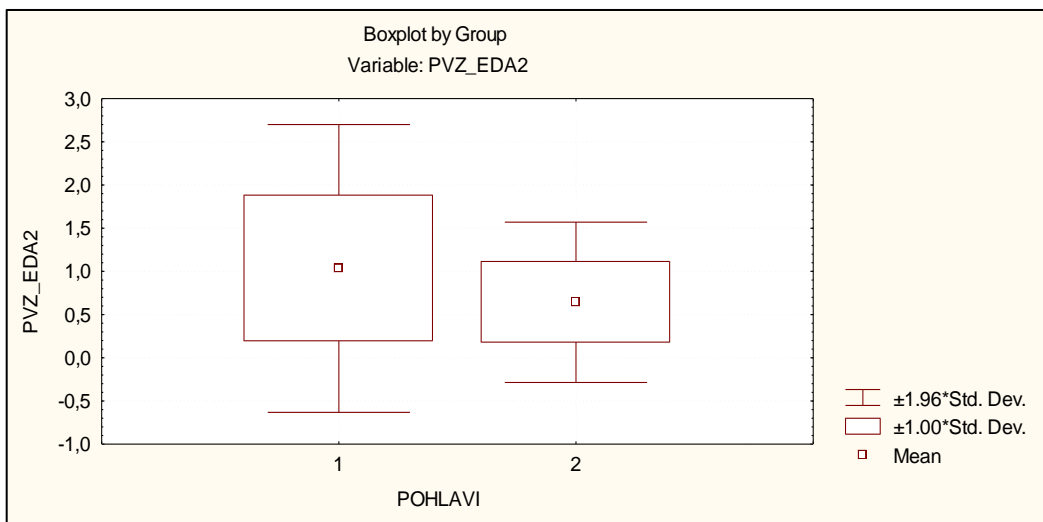
Tabulka 6 vypovídá o rozdílech mezi skupinou žen a mužů. Muži vykazují lepší časy i lepší výkony u všech třech obtížností než ženy. U první a třetí obtížnosti ale udělali více chyb (viz graf 9). Celkově jich však udělali méně. Mají také nižší průměry a vyšší průměrné změny elektrodermální aktivity. Statisticky významné rozdíly byly nalezeny mezi časy, průměrnými velikostmi změn elektrodermální aktivity a výkonech.



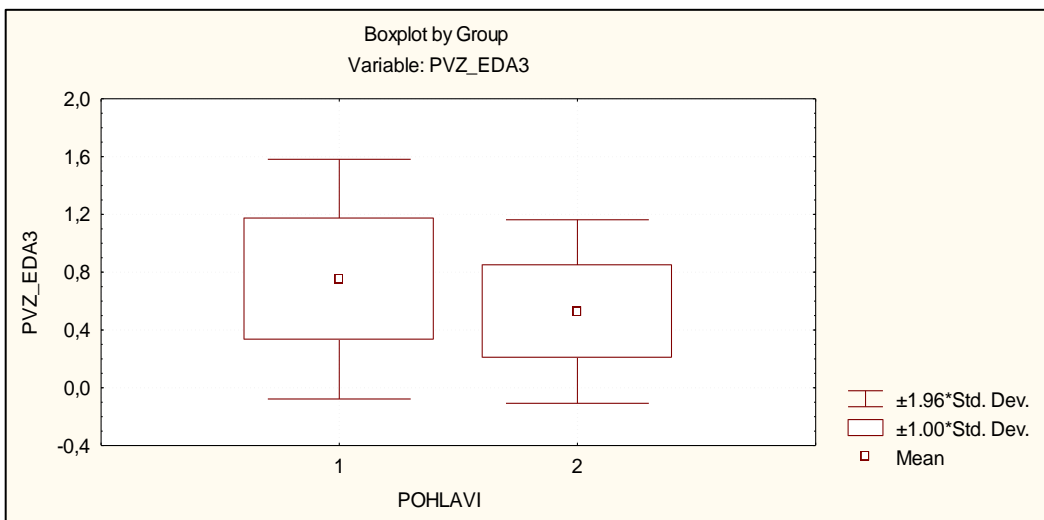
Graf 9: Počty chyb mužů a žen v jednotlivých obtížnostech testu.



Graf 10: Boxplot výkonů mužů a žen v první obtížnosti testu (1-muži,2-ženy).



Graf 11: Boxplot výkonů mužů a žen ve druhé obtížnosti testu (1-muži,2-ženy).



Graf 12: Boxplot výkonů mužů a žen ve třetí obtížnosti testu (1-muži,2-ženy).

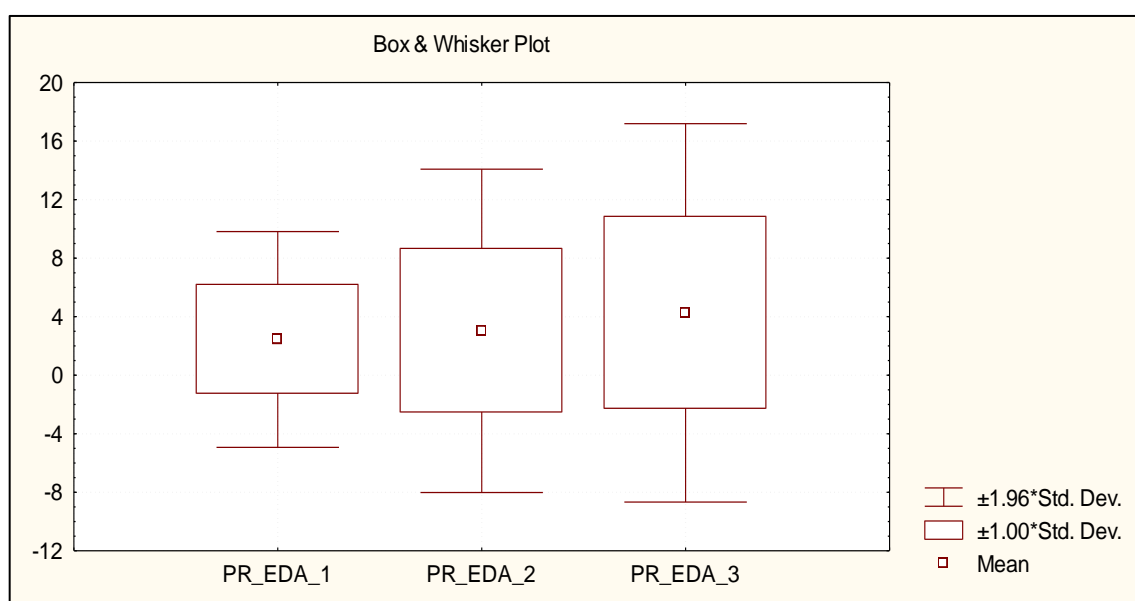
Grafy 10, 11 a 12 ukazují statisticky významný rozdíl v průměrné velikosti změn elektrodermální aktivity u skupin mužů (1) a žen (2) ve všech třech obtížnostech testu suuportní kreslení. Nejmarkantnější rozdíl nalezneme u druhé obtížnosti, nejmenší u obtížnosti první. U druhé a třetí obtížnosti si můžeme všimnout menšího rozpětí jedné směrodatné odchylky u žen, což svědčí o větší vyrovnanosti hodnot.



## 5.1 Vyhodnocení hypotéz

Před zahájením výzkumu jsme si stanovili několik hypotéz, které se nyní budeme snažit potvrdit či vyvrátit. Pro znázornění rozdílů mezi všemi obtížnostmi testu jsme opět použili boxploty. Zda jsou rozdíly statisticky významné, ověřujeme u hypotézy  $H_1$  a hypotézy  $H_2$  Wilcoxon testem. U hypotézy  $H_3$  jsme využili Mann-Whitney U Test. Pro oba testy jsme zvolili hladinu významnosti  $\alpha \leq 0,05$ .

**$H_1$ : Předpokládáme nárůst průměrné hodnoty elektrodermální aktivity při zvyšující se obtížnosti senzomotorického úkolu.**



Graf 13: Boxplot průměrných hodnot elektrodermální aktivity s rostoucí obtížností senzomotorického úkolu.

Z grafu 13 je zřejmý nárůst průměrných hodnot elektrodermální aktivity se zvyšující se obtížností senzomotorického úkolu mezi všemi obtížnostmi. Jasně viditelné je zvyšování rozpětí jedné směrodatné odchylky. U první obtížnosti měli jedinci nejmenší rozpětí jedné směrodatné odchylky, u třetí obtížnosti největší.

	N	T	Z	p-level
PR_EDA1 & PR_EDA2	84	1567,5	0,970002	0,332053
PR_EDA1 & PR_EDA3	84	1019,5	3,41396	<b>0,000641</b>
PR_EDA2 & PR_EDA3	84	971	3,630259	<b>0,000284</b>

Tabulka 7: Porovnání průměrných hodnot elektrodermální aktivity jednotlivých obtížností Wilcoxon testem.

Tabulka 7 ukazuje statisticky významné rozdíly mezi obtížnostmi (PR\_EDA1 – PR\_EDA3) a (PR\_EDA2 – PR\_EDA3). Mezi první a druhou obtížností ovšem zjištěny nebyly.

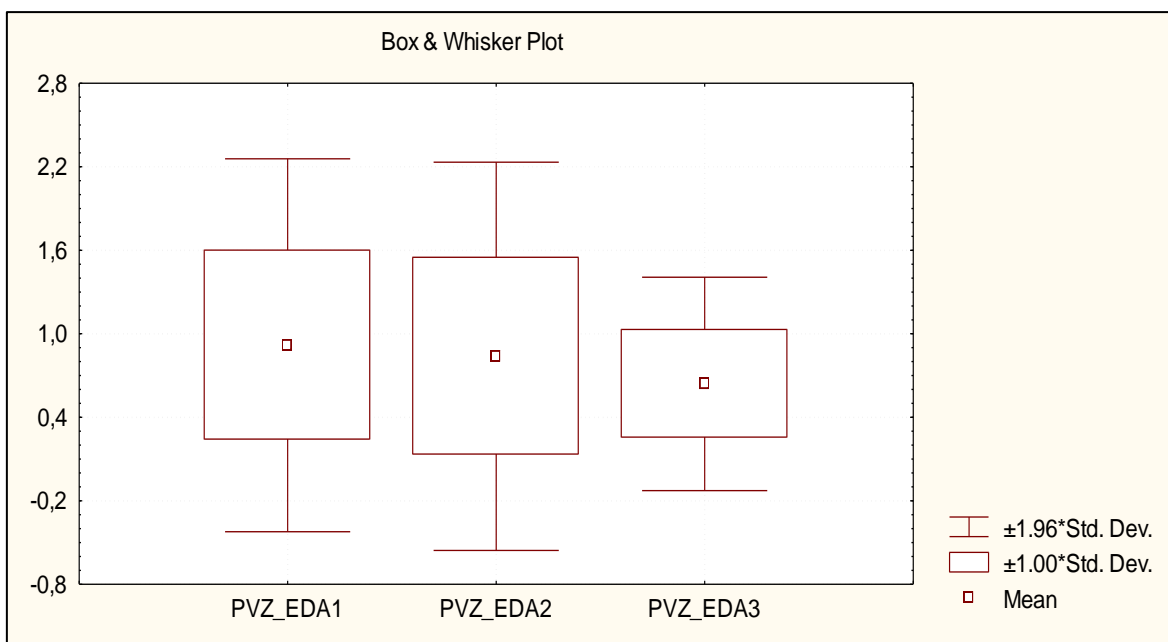
	PR_EDA_1	PR_EDA_2	PR_EDA_3
PR_EDA1	1,00	0,74	0,51
PR_EDA2	0,74	1,00	0,80
PR_EDA3	0,51	0,80	1,00

Tabulka 8: Korelační matice průměrných velikostí elektrodermální aktivity.

Korelační matice znázorněná v tabulce 8 ukazuje závislost průměrných hodnot EDA mezi jednotlivými obtížnostmi. Nejnižší je mezi první a třetí obtížností.

Na základě výše popsaných výsledků hypotézu  $H_1$  potvrzujeme.

**$H_2$ : Předpokládáme snížení velikosti průměrných změn elektrodermální aktivity při zvyšující se obtížnosti senzomotorického úkolu.**



Graf 14: Boxplot průměrných velikostí změn elektrodermální aktivity s rostoucí obtížností senzomotorického úkolu.

Graf 14 ukazuje snížení průměrných změn elektrodermální aktivity při zvyšující se obtížnosti senzomotorického úkolu. Nejmenší rozpětí jedné směrodatné odchylky, čili nejvyrovnanější výkony, vidíme u třetí obtížnosti. U první a druhé obtížnosti je rozpětí téměř stejné.

	N	T	Z	p-level
PVZ_EDA1 & PVZ_EDA2	84	1116	2,983591	<b>0,002851</b>
PVZ_EDA1 & PVZ_EDA3	84	543	5,539043	<b>0</b>
PVZ_EDA2 & PVZ_EDA3	84	699	4,843318	<b>0,000001</b>

Tabulka 9: Porovnání průměrných velikostí změn elektrodermální aktivity jednotlivých obtížností Wilcoxon testem.

Že jsou rozdíly u průměrných změn EDA mezi jednotlivými obtížnostmi statisticky významné, udává tabulka 9. Největší rozdíl je mezi první a třetí obtížností, nejmenší opět mezi první a druhou obtížností.

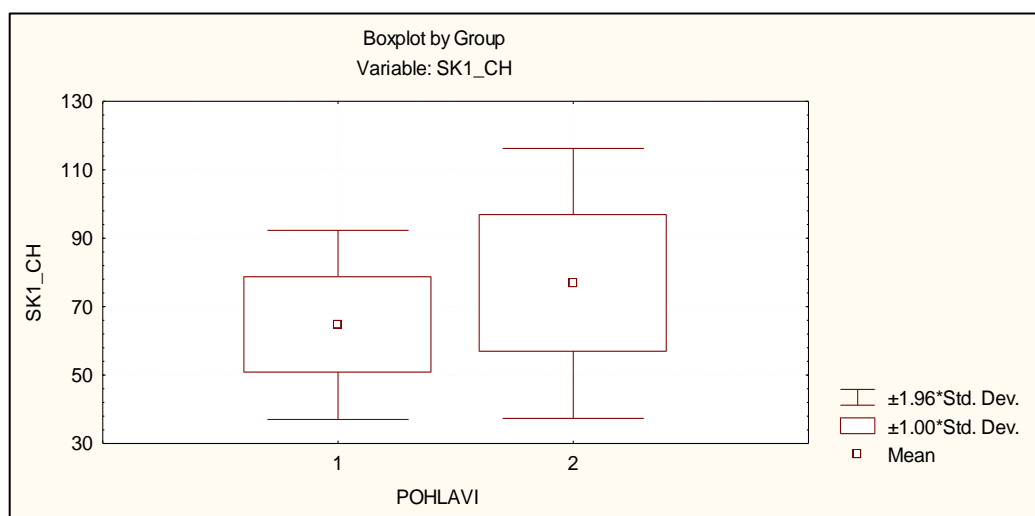
	PVZ_EDA1	PVZ_EDA2	PVZ_EDA3
PVZ_EDA1	<b>1,00</b>	<b>0,77</b>	<b>0,68</b>
PVZ_EDA2	<b>0,77</b>	<b>1,00</b>	<b>0,84</b>
PVZ_EDA3	<b>0,68</b>	<b>0,84</b>	<b>1,00</b>

Tabulka 10: Korelační matice průměrných velikostí změn elektrodermální aktivity.

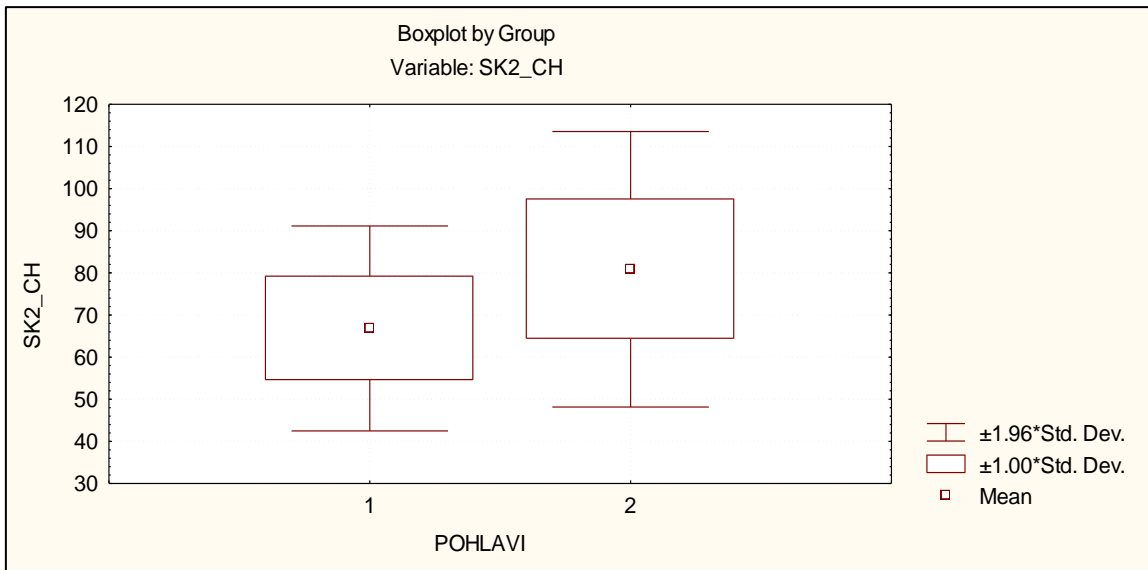
Korelační matice znázorněná v tabulce 10 ukazuje závislost průměrných velikostí změn EDA mezi jednotlivými obtížnostmi.

Na základě výše popsaných výsledků hypotézu  $H_2$  potvrzujeme.

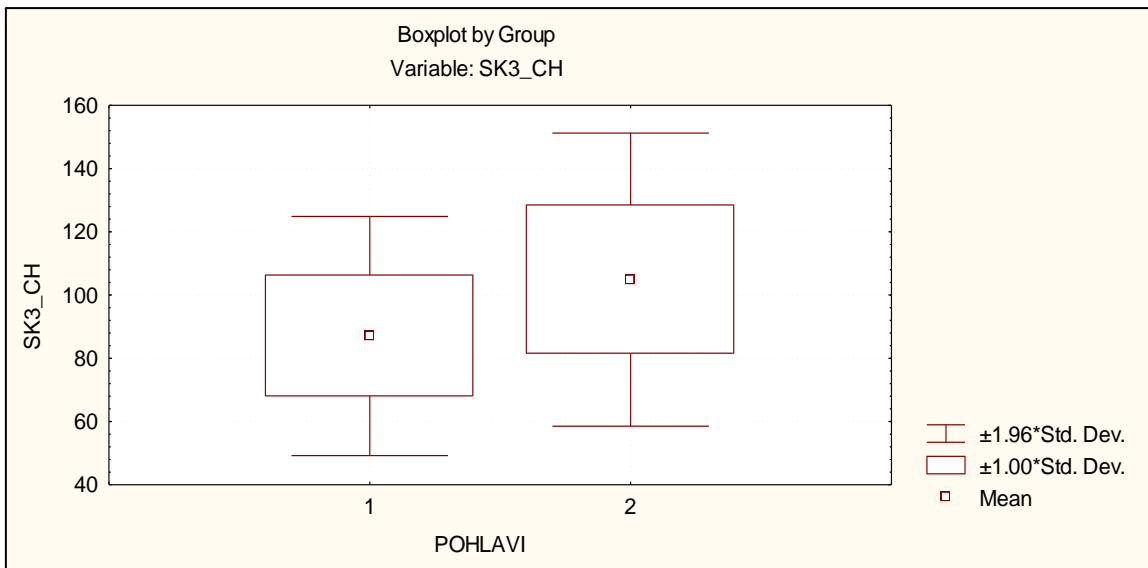
**$H_3$ : Předpokládáme, že muži budou dosahovat lepších výkonů v senzomotorickém testu než ženy.**



Graf 15: Boxplot výkonů v první obtížnosti testu dle pohlaví (1-muži, 2-ženy).



Graf 16: Boxplot výkonů ve druhé obtížnosti testu dle pohlaví (1-muži, 2-ženy).



Graf 17: Boxplot výkonů ve třetí obtížnosti testu dle pohlaví (1-muži, 2-ženy).

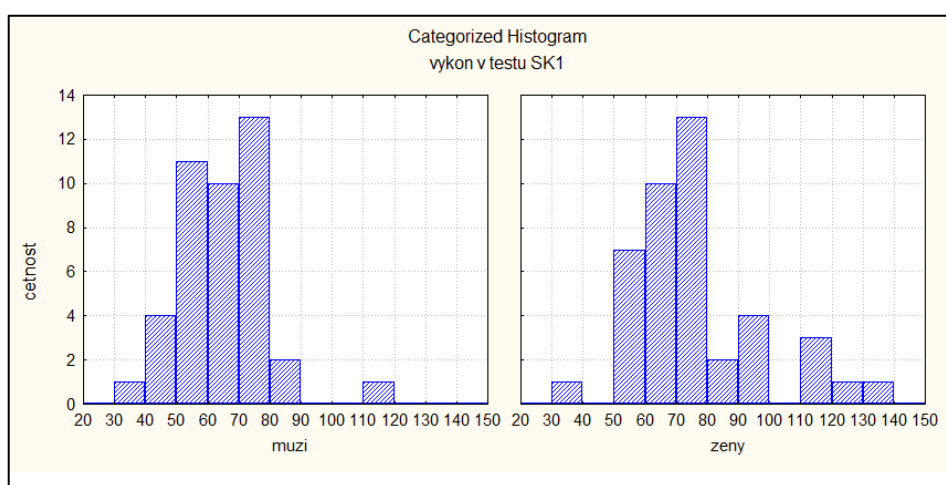
Pro porovnání výkonů mezi skupinami žen a mužů jsme nejprve použili boxploty. Z grafu 15, 16 a 17 je zřejmé, že muži podávají v průměru lepší výkon než ženy a mají nižší rozpětí jedné směrodatné odchylky (vyrovnanější výkony) u všech obtížností. Největší rozdíly ve výkonech pozorujeme u druhé obtížnosti.

	Rank Sum	Rank Sum			
	muži	ženy	U	Z	p-level
SK1_CH	1450	2120	547	-2,99693	<b>0,002729</b>
SK2_CH	1332	2238	429	-4,05257	<b>0,000051</b>
SK3_CH	1422,5	2147,5	519,5	-3,24295	<b>0,001184</b>

Tabulka 11: Porovnání výkonů v testu dle pohlaví Mann-Whitney U testem.

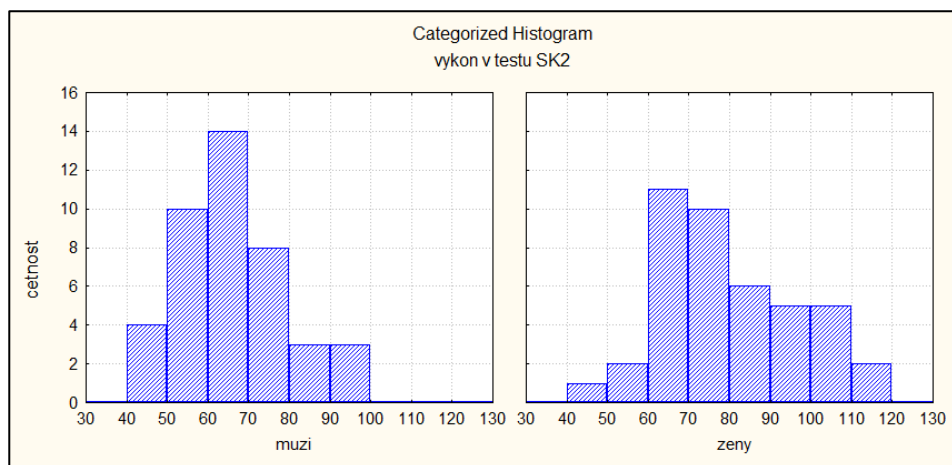
Že jsou rozdíly ve výkonech statisticky významné, vidíme v tabulce 11. Opět je zřejmý největší rozdíl u druhé obtížnosti, nejmenší u první.

Pro znázornění četností výkonů dle pohlaví jsme zařadili následující histogramy.



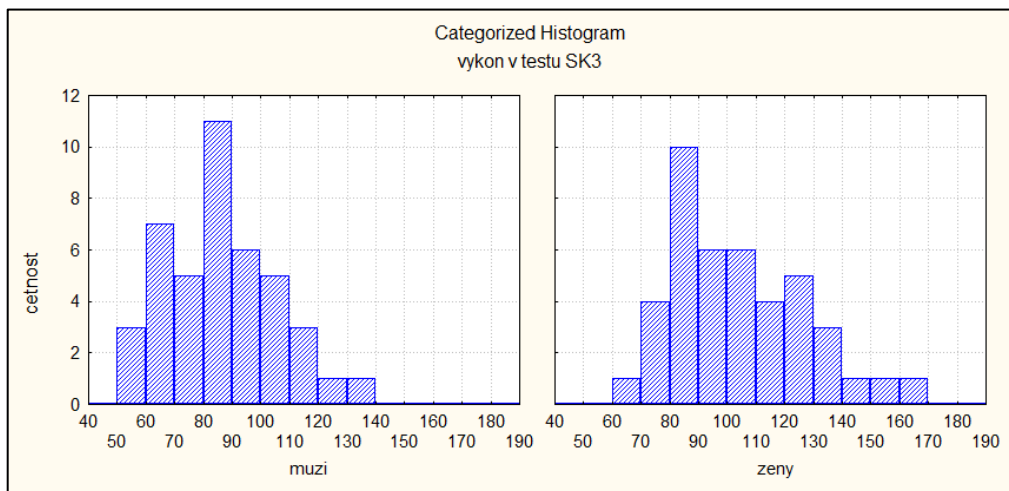
Graf 18: Histogram četností výkonů u skupin mužů a žen v první obtížnosti testu.

V grafu 18 vidíme větší vyrovnanost výkonů u skupiny mužů. Většina jejich výkonů leží v intervalu 50 až 80 sekund. Podobně je tomu i u skupiny žen, avšak větší četnost výkonů je zřejmá v časech nad 90 sekund.



Graf 19: Histogram četností výkonů u skupin mužů a žen ve druhé obtížnosti testu.

Graf 19 opět ukazuje větší vyrovnanost ve výkonech u skupiny mužů. U žen je viditelná větší četnost výkonů v časech nad 100 sekund.



Graf 20: Histogram četností výkonů u skupin mužů a žen ve třetí obtížnosti testu.

Největší četnost výkonů u obou skupin je vidět v intervalu 80 až 90 sekund. U žen je pak zřejmá větší četnost výkonů nad 120 sekund.

Na základě výše popsaných výsledků hypotézu  $H_3$  potvrzujeme.

## 6 DISKUSE

Na začátek je nutné říci, že veškeré zákonitosti potvrzené v našem výzkumu nemusí platit obecně. K tomu, abychom výsledky mohli považovat za všeobecně platné, je nutné zajistit daleko širší, reprezentativní vzorek testovaných osob. I tak jsou vždy výsledky velice individuální. V této práci tvořilo výzkumný soubor 84 osob. Jednalo se o studenty Fakulty pedagogické Západočeské univerzity v Plzni vybrané na základě dostupnosti a dobrovolnosti. Důležité je zmínit, že se při testování mohlo objevit množství okolností, které výsledné hodnoty ovlivnily, jako například teplota a vlhkost prostředí, nepřiměřené osvětlení, nadměrný hluk v místnosti atd. Tomu jsme předcházeli zajištěním stejných standartních podmínek pro všechny jedince. Mezi faktory, které jsme ovlivnit nemohli, patří kupříkladu nadměrný tlak na elektrody, únava jedince, emoce či stres nezpůsobený testováním. Ovlivnit hodnoty EDA samozřejmě mohly i některé farmakologické látky, káva nebo alkohol užitý před výkonem. Na samotný výkon v testu pak mohla mít vliv např. vada některého analyzátoru (vada zraku atd.).

Při vyhodnocování výsledků jsme se nejprve zaměřili na časy potřebné ke splnění testu. Graf 1 ukazuje nárůst časů mezi všemi obtížnostmi, přičemž mezi SK1 a SK2 je rozdíl nejmenší, v průměru jen o 2,4 sekundy. Navíc většina časů v rozsahu jedné směrodatné odchylky u druhé obtížnosti SK2 je stejných jako u obtížnosti první SK1. Z tabulky 12 (viz přílohy) je u některých probandů dokonce viditelné zlepšení mezi první a druhou obtížností v čase i chybování. Dalo by se to vysvětlit tím, že druhá obtížnost pro probandy nebyla tak složitá, protože se zásadně nezměnila šířka mezikruží. Navíc v prvním pokusu plnili neznámý pohybový úkol jen podle instrukcí. Jednalo se tedy o instrukční motorické učení. Ve druhé obtížnosti již měli jistý zácvik a mohli přijít i na princip testu (tj., v každé čtvrtině mezikruží změnit směr otáčení klíčkou u jedné ruky). Fakt, že rozdíly mezi první a druhou obtížností nebyly velké, se mohl projevit ve výzkumu i na jiných sledovaných proměnných (např. u průměrných hodnot EDA). Proto jsou pro nás stěžejní změny EDA mezi obtížnostmi (SK1) x (SK3) a (SK2) x (SK3). U třetí obtížnosti bylo již mezikruží natolik úzké, že jsou rozdíly v časech markantnější. Rozdíl mezi druhou (SK2) a třetí (SK3) obtížností testu byl průměrně 15,2 sekundy. Wilcoxonův test (viz tabulka 4) poté ukázal statisticky významné rozdíly časů mezi všemi obtížnostmi. Díky výše uvedeným výsledkům bychom pro následující výzkum doporučovali zúžit mezikruží u druhé obtížnosti či zcela změnit vykreslovaný tvar.

Obdobné výsledky nalezneme i u chyb provedených v jednotlivých obtížnostech. (viz graf 2). Nejmenší rozdíly jsou viditelné mezi první a druhou obtížností. Najdeme zde i případy, kdy v počtu chyb došlo u některých jedinců ke zlepšení. Mezi druhou a třetí obtížností jsou již rozdíly výraznější.

Během výzkumu jsme si začali všimnout rozdílů mezi studentkami studujícími tělesnou výchovu (tv) a studentkami jiných oborů (ne). Přestože u všech testovaných osob bylo podmínkou aktivní provozování sportovní činnosti, studentky tělesné výchovy na tom byly lépe v časech, počtech chyb a tudíž i ve výkonech ve všech obtížnostech. Provedli jsme proto Mann-Whitney U test k zjištění rozdílů mezi výkony i ostatními proměnnými (viz tabulka 5). Test potvrdil statisticky významné rozdíly u časů prvních dvou obtížností, ve třetí obtížnosti již rozdíl není významný. Usuzujeme tedy, že kdybychom v testu pokračovali dále, skupina (ne) by se v časech potřebných na splnění úkolu skupině (tv) vyrovnala. Potřebuje k tomu jen delší zácvik. Ve výkonech (po přičtení chyb) se již ukázaly statistické rozdíly u všech obtížností. Můžeme tedy říci, že skupina (tv) vykazuje vyšší úroveň bimanuální koordinace, psychomotorického tempa a lépe zvládá neznámý pohybový úkol jen podle instrukcí. Další statisticky významný rozdíl odhalil test u průměru EDA v první obtížnosti (PR\_EDA1), kde měla skupina (ne) vyšší hodnoty. Dosahovala tedy vyšší aktivity nervové soustavy.

Dalším krokem naší studie bylo porovnání skupin mužů a žen, k čemuž jsme znovu využili Mann-Whitney U test (viz tabulka 6), jenž ukázal statisticky významný rozdíl v průměrných velikostech změn EDA (PVZ\_EDA) u všech obtížností testu (viz grafy 10, 11 a 12). Muži u této proměnné dosahovali vyšších hodnot, což by se dalo vysvětlit vyššími reakcemi na podněty spojenými s průběhem samotného testu (úspěchem či chybováním). Možná jen emotivněji prožívali daný úkol, což se může projevit na celkové rozkolísanosti EDA.

V naší studii jsme si pro tyto skupiny stanovili hypotézu  $H_3$ . Vycházeli jsme z poznatků, podle nichž při řešení úkolu ženy zapojují jiné části mozku než muži. Dospějí sice ke stejnému výsledku, ale používají přitom jiná mozková centra a jiné postupy. Někteří autoři uvádějí příklady činností, ve kterých jsou muži lepší než ženy a naopak. Např. dle Delgada (2004) jsou muži lepší v pravo-levém rozlišování či prostorové orientaci. Na základě výše uvedených poznatků jsme stanovili hypotézu  $H_3$ :



**„Předpokládáme, že muži budou dosahovat lepších výkonů v senzomotorickém testu než ženy“.**

Z výsledků Mann-Whitney U testu (viz tabulka 11) je patrný statisticky významný rozdíl ve výkonech (SK\_CH) ve všech obtížnostech testu. Muži tedy podávají lepší a vyrovnanější výkony, což je dobře viditelné v grafech 15, 16 a 17. Můžeme tedy říci, že skupina mužů vykazuje vyšší úroveň bimanuální koordinace, psychomotorického tempa či lepší prostorovou orientaci. V průměru se výkony liší o 15,5 sekund u první obtížnosti (SK1\_CH), o 15,4 sekund u druhé obtížnosti (SK2\_CH) a o 18,4 sekund u obtížnosti třetí (SK3\_CH). Hypotézu H3 jsme tedy potvrdili.

Hypotézu H<sub>1</sub>, **„Předpokládáme nárůst průměrných hodnot elektrodermální aktivity při zvyšující se obtížnosti senzomotorického úkolu“**, jsme na základě výsledků Wilcoxon testu (tabulka 7) a grafického porovnání průměrných hodnot elektrodermální aktivity u všech obtížností (viz graf 13) taktéž potvrdili. V grafu je jasně patrné zvyšování EDA mezi všemi obtížnostmi testu, avšak statisticky významné rozdíly Wilcoxonův test odhalil jen mezi hodnotami u obtížností PR\_EDA1 & PR\_EDA3 a PR\_EDA2 & PR\_EDA3. Jak už jsme ale popisovali v diskusi (u časů a chyb), rozdíly mezi těmito obtížnostmi jsou pro náš výzkum stěžejní. Můžeme tedy říci, že u testovaných osob dochází s nárůstem obtížnosti senzomotorického úkolu ke zvyšování aktivace nervové soustavy. Z výsledků tak můžeme usoudit, že se jedinci při těžších obtížnostech testu nacházeli ve stavu dočasně zvýšené bdělosti a pozornosti. Mohli být také více nabuzeni či motivováni předložený úkol splnit.

Hypotéza H<sub>2</sub>, **„Předpokládáme snížení velikosti průměrných změn elektrodermální aktivity při zvyšující se obtížnosti senzomotorického úkolu“**, byla na základě výsledků Wilcoxon testu (tabulka 9) a grafického porovnání průměrných velikostí změn elektrodermální aktivity u všech obtížností (viz graf 14) rovněž potvrzena. Lze tedy říci, že se testované osoby musely na těžší obtížnost více koncentrovat, tudíž méně reagovaly na podněty spojené s průběhem testu.

## 7 ZÁVĚR

V našem výzkumu jsme se snažili zjistit, zda může změna obtížnosti senzomotorického testu nějakým způsobem ovlivnit aktivační úroveň nervové soustavy. Dále jsme se zaměřili na to, zda má pohlaví nějaký vliv na úroveň aktivace nervové soustavy či na výkon v senzomotorickém testu. Nejprve jsme museli zvolit test, u kterého snadno změním jeho obtížnost. Test nesměl být nikterak fyzicky náročný, neboť jsme se snažili eliminovat pocení jedince. V opačném případě by to ovlivnilo měření elektrodermální aktivity, kterou jsme využili jako objektivní ukazatel aktivace nervové soustavy. Pro náš výzkum byl zvolen test nazvaný supportní kreslení, jenž byl pro účely naší studie upraven tak, abychom mohli provádět test v rámci tří obtížností. U všech obtížností jsme pak testovaným jedincům měřili elektrodermální aktivitu, čas potřebný ke splnění testu a počítali provedené chyby.

Po vyhodnocení všech výsledků můžeme říci, že obtížnost senzomotorického testu má vliv na aktivační úroveň nervové soustavy. Při rostoucí obtížnosti testu dochází ke zvyšování průměrných hodnot EDA a snižování průměrných velikostí změn EDA. U pohlaví jsme zjistili statisticky významný rozdíl v průměrných velikostech změn EDA, kdy muži dosahovali vyšších hodnot než ženy. Muži také podávali statisticky významně lepší výkony ve všech obtížnostech testu. Zajímavé bylo i zjištění, že studentky tělesné výchovy podávají lepší výkony než studentky jiných oborů. I když všechny ženy výzkumného souboru provozují aktivně nějaký sport, rozdíl se ukázal jako statisticky významný.

## 8 RESUMÉ

Tento výzkum je zaměřen na pozorování změn aktivační úrovně nervové soustavy při provádění senzomotorického úkolu a změnách jeho obtížnosti. Pro naši práci byl vybrán test supportní kreslení, který testované osoby (N=84) prováděly ve třech obtížnostech. Aktivační úroveň jsme objektivizovali pomocí měření bioelektrických jevů na pokožce tzv. elektrodermální aktivity. Výsledky ukázaly, že s rostoucí obtížností senzomotorického úkolu dochází k nárůstu průměrných hodnot EDA a ke snižování průměrných velikostí změn EDA. Signifikantní rozdíly byly zjištěny mezi skupinou mužů a žen, kdy muži vykazovali lepší výkony v testu a vyšší průměrné velikosti změn EDA. Statisticky významný rozdíl byl nalezen i v časech mezi skupinou žen studujících tělesnou výchovu a studentkami jiných oborů.

## **9 SUMMARY**

This research is focused on the observation of changes in the nervous system arousal while doing a sensory-motor task and while changing its difficulty. A support-drawing test was chosen for our study and carried out by selected number of people tested (N = 84) in three levels of difficulty. We objectified the arousal of the nervous system by measuring the bioelectric phenomena on the skin (so called “electrodermal activity”). Results show us that with increasing difficulty of sensory-motor task the average values of EDA also increase and the average size of changes in EDA decreases. Significant differences were found between men and women, as men showed a better performance in the test and higher values of average changes in EDA. In addition, a statistically significant difference was also found between the values of women studying physical education and students of other disciplines.

## 10 SEZNAM LITERATURY

1. ANDREASSI, J. L. Psychophysiology: human behavior and physiological response. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 2000.
2. ATKINSON, R. L. Psychologie. 2., aktualiz. vyd., V Portálu 1. Praha: Portál, 2003.
3. BALLÝ, M. Dynamika změn elektrodermální aktivity v závislosti na obtížnosti pohybového úkolu. Plzeň, 2013. Bakalářská práce. Západočeská univerzita
4. BENEŠOVÁ, D. Aktivační úroveň v průběhu testu bimanuální koordinace. *Studia kinanthropologica*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích - Pedagogická fakulta, 2012, 13(1), 12-19.
5. BENEŠOVÁ, D. Dynamika změn aktivační úrovně jako komponenta motorické doplity. Praha, 2011. Disertační práce. Univerzita Karlova v Praze.
6. BERGER, M. A., KRUL, A. J., DAANEN, H. A. Task specificity of finger dexterity tests. *Applied Ergonomics*, 2009.
7. BOUSCEIN, W. Electrodermalactivity. New York: Plenum, 1992.
8. ČELIKOVSKÝ, V. Škála libosti podnětových slov v kontextu asociačního experimentu spojeného s měřením kožního odporu. Rigorózní práce: FF UK, 2004.
9. ČIHÁK, R. Anatomie 3. 2. vyd. Praha: Grada, 2004.
10. DAWSON, M. E., SCHELL, A. M., & FILION, D. L. The electrodermal system. In: Cacioppo, J. T., Tassinary, L. G., & Berntson, G. G. (Eds.). *Handbook of psychophysiology* (3rd ed.). New York: Cambridge University Press, 2007.
11. DELGADO, A. R., PRIETO, G. Cognitive mediators and sex-related differences in mathematics. *Intelligence*, 2004, 32, 1, 25-32.
12. DYLEVSKÝ, I. Funkční anatomie orgánových systémů. Dot. Praha: Karolinum, 1996.
13. DYLEVSKÝ, I. Funkční anatomie. 1. vyd. Praha: Grada, 2009.

14. DYLEVSKÝ, I. Kineziologie: základy strukturální kineziologie. Vyd. 1. Praha: Triton, 2009.
15. GEKLE, M., WISCHMEYER, E., GRUNDER, S., PETERSEN, M., SCHWAB, A., MARKWARDT, F., KLOCKER, N., BAUMANN, R. & MARTI, H. Taschenlehrbuch Physiologie. Stuttgart, Thieme, 2010.
16. CHOUTKA, M., BRKLOVÁ, D. a VOTÍK, J. Motorické učení v tělovýchovné a sportovní praxi. 1. vyd. Plzeň: Pedagogická fakulta Západočeské univerzity, 1999.
17. IRMIŠ, F. Temperament a autonomní nervový systém: diagnostika, psychosomatika, konstituce, psychofyziologie. 1. vyd. Praha: Galén. 2007.
18. JANDOVÁ, D. Balneologie. 1. vyd. Praha: Grada, 2009.
19. KRÁLÍČEK, P. Úvod do speciální neurofyziologie. 3., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Galén, 2011.
20. MARIEB, N. E., MALLAT, J. Anatomie lidského těla. 1. vyd. Brno: CP Books, 2005.
21. MOUREK, J. Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů. Vyd. 1. Praha: Grada, 2005.
22. MYSLIVEČEK, J., MYSLIVEČKOVÁ-HASSMANNOVÁ, J.: Nervová soustava. Funkce, struktura a poruchy činnosti. Avicenum, Praha 1989.
23. NAKONEČNY, M. (1997). Encyklopedie obecné psychologie. Praha: Academia, 1997.
24. OPAŘILOVÁ, D., Grafomotorika, jemná motorika, hrubá motorika. In Hanák, p. Diagnostika a edukace dětí a žáků s těžkým zdravotním postižením. Praha: IPPP, 2005.
25. PETŘEK, J. Neurofyziologie pro psychology. II. Vyd. 1. Olomouc: Filozofická fakulta Univerzity Palackého, 1983.
26. SEVEROVÁ, M. Závislost výkonů člověka na motivaci (experimentální výzkum aktivační úrovně jako psychofyziologického mechanismu působení motivace na úroveň výkonů člověka). Praha: Academia, 1966.

27. ŠIMÍČKOVÁ, H. Aspekty prvopočátečního čtení, psaní a rozvoje logického myšlení ve světě bezprostředního okolí dítěte předškolního a raného školního věku. Ostrava, 2008.
28. ŠLECHTA, P. Změny kožní vodivosti během testu slovních asociací. Československá psychologie, 2001.
29. ŠLECHTA, P. Účinnost skrínungu psychických poruch pomocí testu slovních asociací. Československá psychologie, 2002.
30. TROJAN, S. Lékařská fyziologie. Praha: Grada, 2004.
31. TROJAN, S., DRUGA, R., PFEIFFER, J., VOTAVA, J. Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka. Praha: Grada Publishing, 1996.
32. UHERÍK, A. Bioelektrická aktivita kůže. Bratislava: Vydavateľstvo SAV, 1965.
33. VETRUGNO, R., LIGUORI, R., CORTELLI, P., MONTAGNA, P. Sympathetic skin response. Basic mechanisms and clinical applications Clin Auton Res 13, 2003.
34. VÉLE, F. Kineziologie pro klinickou praxi. Praha: Grada Publishing, 1997.
35. VÉLE, F. Kineziologie. Praha: Triton, 2006.
36. VYSKOTOVÁ, J., MACHÁČKOVÁ, K. Jemná motorika: Vývoj, motorická kontrola, hodnocení a testování. Praha: Grada Publishing, a.s., 2013.

## 11 SEZNAMY

### 11.1 Seznam obrázků

<i>Obrázek 1: Organizace nervové soustavy.</i>	3
<i>Obrázek 2: Terminální autonomní pleteň.</i>	6
<i>Obrázek 3: Schéma spinálního zapojení sympatiku.</i>	7
<i>Obrázek 4: Základní schéma autonomní nervové soustavy.</i>	9
<i>Obrázek 5: Schéma reflexního oblouku.</i>	14
<i>Obrázek 6: Vztah mezi výkonem a aktivací.</i>	22
<i>Obrázek 7: Průřez kůží.</i>	24
<i>Obrázek 8: Potní žlázy.</i>	25
<i>Obrázek 9: Příklad elektrodermální reakce vyvolané určitým podnětem.</i>	28
<i>Obrázek 10: Přístroj pro měření EDA se zesilovačem ML 116 GSR Amp a bipolární prstové elektrody.</i>	30
<i>Obrázek 11: Časová řada kožní vodivosti zaznamenaná přístrojem ADInstrument ML 116 GSR Amp.</i>	31
<i>Obrázek 12: Přístroj pro supportní kreslení.</i>	32
<i>Obrázek 13: Trajektorie bezchybného pokusu.</i>	32
<i>Obrázek 14: Znázornění obtížností v testu supportní kreslení.</i>	32

### 11.2 Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Úrovně aktivace a jejich koreláty ve vědomí a chování.</i>	21
<i>Tabulka 2: Výzkumný soubor.</i>	30
<i>Tabulka 3: Korelační matice proměnných využitých ve výzkumu.</i>	35
<i>Tabulka 4: Porovnání časů jednotlivých obtížností Wilcoxon testem.</i>	36
<i>Tabulka 5: Porovnání všech proměnných u skupiny (TV/ne) Mann-Whitney U testem.</i>	37
<i>Tabulka 6: Porovnání všech proměnných u skupiny mužů a žen Mann-Whitney U testem.</i>	41
<i>Tabulka 7: Porovnání průměrných hodnot elektrodermální aktivity jednotlivých obtížností Wilcoxon testem.</i>	44
<i>Tabulka 8: Korelační matice průměrných velikostí změn elektrodermální aktivity.</i>	45
<i>Tabulka 9: Porovnání průměrných velikostí změn elektrodermální aktivity jednotlivých obtížností Wilcoxon testem.</i>	46
<i>Tabulka 10: Korelační matice průměrných velikostí změn elektrodermální aktivity.</i>	46
<i>Tabulka 11: Porovnání výkonů v testu dle pohlaví Mann-Whitney U testem.</i>	48
<i>Tabulka 12: Souhrn všech naměřených proměnných.</i>	I



### 11.3 Seznam grafů

<i>Graf 1: Boxplot časů potřebných ke splnění testu ve všech obtížnostech. ....</i>	36
<i>Graf 2: Počty chyb v jednotlivých obtížnostech testu. ....</i>	37
<i>Graf 3: Boxplot výkonů u skupin (tv) a (ne) v první obtížnosti testu supportní kreslení. ....</i>	38
<i>Graf 4: Boxplot výkonů u skupin (tv) a (ne) ve druhé obtížnosti testu supportní kreslení. ....</i>	38
<i>Graf 5: Boxplot výkonů u skupin (tv) a (ne) ve třetí obtížnosti testu supportní kreslení. ..</i>	39
<i>Graf 6: Histogram četností výkonů u skupin (tv) a (ne) při první obtížnosti testu. ....</i>	39
<i>Graf 7: Histogram četností výkonů u skupin (tv) a (ne) při druhé obtížnosti testu. ....</i>	40
<i>Graf 8: Histogram četností výkonů u skupin (tv) a (ne) při třetí obtížnosti testu. ....</i>	40
<i>Graf 9: Počty chyb mužů a žen v jednotlivých obtížnostech testu. ....</i>	41
<i>Graf 10: Boxplot výkonů mužů a žen v první obtížnosti testu. ....</i>	42
<i>Graf 11: Boxplot výkonů mužů a žen ve druhé obtížnosti testu. ....</i>	42
<i>Graf 12: Boxplot výkonů mužů a žen ve třetí obtížnosti testu. ....</i>	42
<i>Graf 13: Boxplot průměrných hodnot elektrodermální aktivity s rostoucí obtížností senzomotorického úkolu. ....</i>	44
<i>Graf 14: Boxplot průměrných velikostí změn elektrodermální aktivity s rostoucí obtížností senzomotorického úkolu. ....</i>	45
<i>Graf 15: Boxplot výkonů v první obtížnosti testu dle pohlaví. ....</i>	46
<i>Graf 16: Boxplot výkonů ve druhé obtížnosti testu dle pohlaví. ....</i>	47
<i>Graf 17: Boxplot výkonů ve třetí obtížnosti testu dle pohlaví. ....</i>	47
<i>Graf 18: Histogram četností výkonů u skupin mužů a žen v první obtížnosti testu. ....</i>	48
<i>Graf 19: Histogram četností výkonů u skupin mužů a žen ve druhé obtížnosti testu. ....</i>	48
<i>Graf 20: Histogram četností výkonů u skupin mužů a žen ve třetí obtížnosti testu. ....</i>	49

## 12 PŘÍLOHY

TO1	pohl	Tv/ne	T1	T2	T3	CH1	CH2	CH3	PR1	PR2	PR3	PVZ1	PVZ2	PVZ3
to1	1		71	64	81	0	0	0	0,42	3,29	4,10	0,34	0,35	0,20
to2	1		79	92	120	0	0	1	-2,10	-3,10	4,87	0,67	0,50	0,87
to3	1		48	71	78	0	0	1	0,41	12,86	24,38	2,99	2,70	2,08
to4	1		64	65	86	0	0	0	0,73	6,11	4,26	1,74	0,49	0,45
to5	1		59	64	70	0	0	0	-2,56	-2,65	6,03	1,41	1,06	0,47
to6	1		85	72	91	2	0	2	0,51	2,05	1,00	1,15	0,87	0,65
to7	1		72	81	92	0	0	0	3,36	3,33	4,65	0,44	0,28	0,31
to8	1		48	55	61	1	1	2	1,02	-3,18	1,51	2,99	2,56	1,60
to9	1		52	50	65	0	0	3	-1,48	-2,43	6,49	0,51	0,87	0,66
to10	1		65	67	71	0	0	0	1,40	0,84	3,05	0,69	1,22	0,78
to11	2	tv	56	60	68	0	1	1	3,70	5,62	0,67	1,48	2,44	1,05
to12	1		58	61	69	0	0	1	0,79	-3,04	2,39	0,84	0,76	0,75
to13	1		55	67	90	0	0	1	0,48	5,35	5,47	0,95	0,84	0,84
to14	2	tv	60	65	99	1	0	2	-0,77	0,22	2,71	0,72	0,72	0,53
to15	1		61	52	74	0	0	1	2,74	2,31	3,81	0,59	0,70	0,74
to16	1		52	57	60	0	0	0	-0,67	-2,44	0,71	1,27	0,82	0,49
to17	1		71	73	104	0	0	2	7,80	5,62	4,05	0,82	0,73	0,48
to18	1		52	63	78	0	0	0	1,00	-0,64	-1,00	0,54	0,33	0,31
to19	1		75	72	93	0	0	0	0,15	-3,60	-4,56	0,75	0,69	0,58
to20	1		87	95	91	0	0	1	0,19	0,05	0,25	0,46	0,53	0,44
to21	2	tv	62	66	82	0	0	0	-1,81	-0,67	0,50	0,33	0,35	0,22
to22	2	tv	59	74	84	0	0	0	-0,63	0,98	5,86	0,58	0,68	1,35
to23	1		68	65	78	0	0	0	-0,68	-1,36	0,69	0,58	0,46	0,71
to24	2		40	45	60	0	0	1	7,74	12,78	19,36	1,22	0,79	1,52
to25	2	tv	72	61	95	0	1	1	0,29	-1,68	-4,58	0,61	0,35	0,39
to26	2	tv	78	76	86	0	1	0	0,89	1,55	2,73	0,23	0,29	0,17
to27	2	tv	113	92	120	0	1	0	1,37	1,36	2,25	0,30	0,16	0,17
to28	2	tv	77	94	129	0	1	1	1,76	4,80	4,26	0,63	0,62	0,66
to29	1		80	78	92	0	0	1	-3,86	-6,41	-8,41	0,75	0,44	0,37
to30	1		50	60	62	0	0	0	1,72	-1,67	3,30	0,21	1,72	1,67
to31	1		52	62	65	0	0	0	11,09	6,64	9,22	1,52	4,27	0,88
to32	1		71	70	88	0	0	2	5,99	11,50	14,57	1,00	0,92	0,96
to33	1		38	44	50	0	0	1	7,03	12,14	14,25	2,37	1,55	1,21
to34	2	tv	120	94	93	0	0	1	-1,22	-0,84	2,38	0,41	0,49	0,37
to35	1		75	76	100	0	0	1	3,43	6,02	9,36	1,21	0,98	1,07
to36	2	tv	76	83	84	0	0	0	3,60	4,80	5,83	0,59	0,64	0,53
to37	1		76	60	102	0	0	0	-0,04	-8,97	-10,29	1,22	1,28	0,96
to38	1		57	57	70	0	0	0	-2,74	-2,26	-0,84	0,83	0,82	0,65
to39	1		50	50	56	1	0	1	1,08	2,83	3,37	0,76	1,15	0,95
to40	2	tv	72	68	85	0	0	0	1,37	0,70	0,19	0,72	0,42	0,39
to41	1		71	65	78	0	0	0	3,34	2,23	1,19	0,96	0,74	0,49
to42	1		61	68	86	0	0	0	4,94	3,35	3,25	0,32	0,71	0,37

to43	1		55	51	53	1	0	0	3,04	-0,13	0,98	0,53	0,51	0,96
to44	1		85	98	95	0	0	0	14,09	22,23	17,22	2,39	3,78	1,89
to45	2	ne	64	80	102	0	0	0	3,45	6,51	4,63	0,82	0,69	0,36
to46	2	ne	63	60	66	0	0	0	17,54	17,56	18,25	0,35	0,27	0,25
to47	2	ne	91	81	96	0	0	1	6,50	8,15	11,53	0,96	0,86	0,72
to48	1		56	59	74	0	0	1	4,10	0,83	-16,54	0,39	0,20	0,32
to49	1		51	55	63	0	0	0	-0,27	-1,53	-2,62	0,98	0,69	0,43
to50	1		75	77	88	0	0	0	3,09	4,11	5,71	0,41	0,37	0,40
to51	1		42	58	57	0	0	2	4,75	5,52	6,93	0,79	0,66	0,44
to52	2	ne	132	92	105	0	0	1	-0,93	-4,25	0,04	0,83	1,02	1,00
to53	2	tv	57	62	79	0	0	0	3,26	-0,30	1,46	0,85	0,54	0,70
to54	1		57	69	80	1	1	2	6,51	6,50	0,84	0,84	1,03	0,61
to55	1		55	57	61	0	0	0	7,76	4,44	7,88	2,14	1,10	0,68
to56	2	ne	68	79	105	0	2	0	0,83	0,97	2,81	0,38	0,35	0,23
to57	2	ne	92	93	124	2	0	3	5,47	5,70	5,52	0,83	0,50	0,48
to58	1		61	61	62	0	0	1	6,52	6,54	9,19	1,44	1,09	0,80
to59	1		62	84	83	0	0	0	-4,64	-10,87	-7,73	1,33	1,11	1,01
to60	2	ne	72	74	124	0	0	1	8,26	2,73	2,08	0,64	0,40	0,25
to61	2	ne	95	94	121	0	0	0	-1,17	1,16	0,63	1,31	1,63	0,95
to62	2	ne	81	88	76	0	1	3	6,81	7,11	5,41	0,40	0,36	0,29
to63	2	ne	85	98	130	0	1	0	2,97	2,49	3,33	0,38	0,39	0,36
to64	2	ne	74	75	80	0	0	0	0,71	3,48	5,61	0,75	0,37	0,25
to65	2	ne	71	79	94	0	0	0	3,56	1,38	-1,50	0,57	0,43	0,42
to66	2	ne	78	79	99	0	0	0	1,87	0,85	4,13	0,90	0,77	0,71
to67	2	ne	65	65	86	0	0	0	0,57	2,43	3,19	0,87	1,06	0,55
to68	2	ne	64	68	84	0	0	0	-0,39	-0,23	0,22	0,53	0,33	0,33
to69	2	tv	59	66	84	0	0	0	3,39	15,24	13,15	2,87	1,55	0,89
to70	2	ne	79	79	77	0	0	2	5,16	4,54	4,83	0,27	0,25	0,19
to71	2	ne	62	76	80	0	0	0	5,77	6,41	8,68	0,64	0,54	0,37
to72	2	ne	100	102	92	0	1	3	-2,76	-2,96	-0,94	0,26	0,34	0,22
to73	2	ne	98	86	140	0	0	1	3,65	7,06	10,04	0,78	1,18	0,70
to74	2	ne	113	106	123	0	0	0	3,49	4,81	5,72	0,31	0,30	0,31
to75	2	tv	60	58	96	0	0	0	0,71	0,18	-0,40	0,30	0,29	0,27
to76	2	tv	65	68	102	0	0	1	-2,84	6,66	21,85	3,11	1,24	0,95
to77	2	ne	78	66	83	0	0	1	2,17	2,94	4,48	0,49	0,62	0,61
to78	2	ne	79	84	115	0	0	0	1,65	3,43	7,56	0,92	0,44	0,57
to79	2	tv	58	70	95	0	0	0	1,26	4,00	7,82	0,37	0,23	0,26
to80	2	tv	68	90	97	0	0	0	2,91	7,22	6,77	0,33	0,26	0,25
to81	2	tv	65	69	76	0	1	2	-1,11	-3,51	-3,47	0,68	0,29	0,50
to82	1		41	49	52	0	0	0	3,01	4,19	2,87	0,55	0,79	0,52
to83	1		59	60	89	0	0	0	5,64	7,57	8,87	1,04	0,77	0,57
to84	2	tv	59	66	84	0	0	0	7,33	19,24	17,51	2,87	1,55	0,89

Tabulka 12: Souhrn všech naměřených proměnných v testu.