



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE
FAKULTA LETECKÉ DOPRAVY**

Metody Kvantifikace Stresu u Pilotů

Methods of Stress Quantification in Pilots

Bakalárska Práca

Autor: Sophia Schmusch
Vedúci práce: doc. Ing. Bc. Vladimír Socha, PhD.,
Ing. Lenka Hanáková
Akademický rok: 2019/2020



K621 **Ústav letecké dopravy**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Sophia Schmusch

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – LED – Letecká doprava

Název tématu (česky): **Metody kvantifikace stresu u pilotů**

Název tématu (anglicky): **Methods of Stress Quantification in Pilots**

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je vytvořit přehled stávajících metod kvantifikace stresu u pilotů na základě publikovaných odborných výstupů, a s ohledem na analýzu jejich výsledků selektovat takové metody, které vykazují nejvyšší potenciál jako kvantifikátory stresu u pilotů.
- Vypracujte rešerši současného stavu v oblasti kvantifikace stresu u leteckých specialistů s primárním zaměřením na piloty.
- Proveďte selekci článků vhodných pro následnou analýzu se zaměřením na sledování srdeční aktivity.
- Proveďte statistickou analýzu dat získaných z vybraných článků a dále určete metody s nejvyšší importancí (v případě dostatečného množství dat), případně formulujte alespoň doporučené postupy pro kvantifikaci stresu vyplývající z vykonané analýzy (v případě nedostatečného množství dat pro statistickou analýzu).
- Proveďte diskuzi a formulujte závěry práce.



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: BORENSTEIN, M. et al. Introduction to Meta-Analysis. 2011. John Wiley & Sons.
ROSCOE, A.H. Assessing pilot workload. Why measure heart rate, HRV and respiration?. Biological Psychology. 1992, 34(2-3), 259-287.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lenka Hanáková**
doc. Ing. Vladimír Socha, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: **9. října 2019**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **1. prosince 2020**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
vedoucí
Ústavu letecké dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Sophia Schmusch
jméno a podpis studenta

V Praze dne28. srpna 2020

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr bakalářského studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

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



.....

V Bratislave, 26.11.2020

Sophia Schmusch

Pod'akovanie

Ďakujem vedúcemu bakalárskej práce, doc. Ing. Bc. Vladimírovi Sochovi, PhD. a Ing. Lenke Hanákovej za odborné vedenie a kvalifikovanú pomoc pri písaní mojej bakalárskej práce, za ich ochotu, pripomienky a cenné rady.

.....

Sophia Schmusch

Názov práce: **Metody Kvantifikace Stresu u Pilotů**

ABSTRAKT

Cieľom tejto bakalárskej práce je objasniť čitateľovi, aký vplyv má stres na leteckú dopravu a akými spôsobmi je možné ho detekovať. Prvá kapitola sa zaoberá celkovou problematikou stresu a spôsobom, akým stres vzniká. Druhá kapitola sa venuje tomu, akým spôsobom stres ovplyvňuje rozhodnutia jedinca a ako jeho prítomnosť môže spôsobiť aj fatálne následky. Tretia kapitola sa zaoberá rôznymi štatistickými metódami, ktoré sa používajú na spracovanie dát predovšetkým z EKG. V štvrtej a zároveň poslednej kapitole sa dopracujeme ku výsledku a konkrétnym parametrom, ktoré sme pomocou meta-analýzy vyhodnotili, ako najpresnejšie indikátory stresu.

Kľúčové slová: letectvo, posádka, stres, srdce, faktor

Title: **Methods of Stress Quantification in Pilots**

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to explain to the reader what are the effects of stress on air traffic and how can one detect stress. First chapter deals with stress in general and how stress is created. Second chapter looks at how stress effects an individual and what the consequences of stress might be (including fatal consequences. In the third chapter the author discusses statistical methods used mainly on the ECG parameter. In the fourth and last chapter a conclusion is reached based on the meta-analysis. This is followed by a discussion of the results.

Keywords: aviation, workload, stress, heart, factor

Zoznam skratiek

ANN	Náhradné neurónové siete
BOS	Zásobovanie krvi kyslíkom
BPM	Minútová frekvencia pulzu
BT	Telesná teplota
ECG	Elektrokardiogram
FFT	Rýchla Fourierová transformácia
FVC	Nútená vitálna kapacita
HF	Pásmo vysokej frekvencie
HR	Frekvencia srdca
HRV	Srdcová variabilita
IBI	Medzi pulzový interval
IHS	Izometrická pevnosť ruky
LF	Pásmo nízkej frekvencie
MLR	Multi-lineárna regresia
MSSQ	Dotazník o chorobe s pohybovým ochorením
NN	Normálové intervaly
NN20	Normálové intervaly nad 20 ms
NN50	Počet rozdielov po sebe nasledujúcich intervalov dlhších ako 50 ms
PN50	Pomer NN50 s celkovým počtom NN intervalov

PNN20	Pomer počtu rozdielov po sebe nasledujúcich intervalov dlhších ako 20 ms
PPI	Pulse-to-pulse intervaly
RMS	Druhá odmocnina druhých mocnín rozdielov
RMSSD	Druhá odmocnina druhých mocnín rozdielov dĺžky bezprostredne po sebe nasledujúcich NN intervalov
RPE	Hodnotenie vnímanej námahy
RRI	RR intervaly
SD1	Štandardná odchýlka v smere krátkodobých zmien
SD2	Štandardná odchýlka v smere dlhodobých zmien
SDNN	Štandardná odchýlka NN intervalov
SSP	Subjektívne vnímanie stresu
TENS	Transkutánná elektrická nervová stimulácia
TINN	Triangulárna interpolácia NN
ULF	Pásmo ultra nízkych frekvencií
USG	Špecifická hmotnosť moču

Obsah

Zoznam skratiek.....	17
Úvod.....	20
1 Analýza súčasného stavu.....	21
1.1 Meta-analýza.....	22
1.2 Centrálny nervový systém.....	24
1.3 Podlôžko - Hypotalamus.....	25
1.4 Periférny, somatický, autonómny a limbický nervový systém	27
1.5 Psychologické reakcie.....	30
2 Stres.....	32
2.1 Stresory	33
2.2 Ľudský faktor v zamestnaní a stres	35
2.3 Situačné riešenie stresového faktoru u pilotov po haváriách	37
3 Pilot a stresová záťaž	39
3.1 Fyziologické indikátory	43
4 Metódy	45
4.1 Srdcová variabilita	46
4.2 Časová analýza.....	47
4.3 Frekvenčná analýza.....	48
4.4 Prisma.....	50
5 Výsledky	54
Diskusia.....	61
Záver	65
Zoznam použitej literatúry	67
Zoznam obrázkov.....	77
Zoznam tabuliek.....	77

Úvod

Témou tejto záverečnej bakalárskej práce je meta-analýza stresových faktorov u pilotov. Stres nás obklopuje v dnešnej rýchlej dobe ešte častejšie a vo vyššej miere, ako kedykoľvek predtým. Špeciálne pri vysoko stresových povolaniach, je dôležité stresu rozumieť a vedieť ho čo najpresnejšie identifikovať, aby sa predišlo nešťastiam v leteckej doprave. Piloti musia byť vo výbornej kondícii čo sa týka nielen fyzickej stránky, ale aj psychickej. Keďže človek ako taký nie je dokonalý a bezchybný systém, je dôležité sa snažiť eliminovať, alebo skôr mať pod kontrolou chyby, ktoré môže zapríčiniť práve ľudský faktor.

Táto bakalárska práca ozrejmí funkčnosť nervového systému, vznik stresu v ľudskom tele, čím je stres vyvolaný a akými metódami sa dá identifikovať. Vysvetlí funkčnosť autonómneho systému, ktorý vyvoláva sympatické a para-sympatické aktivity, ktoré stres zapríčiňujú. Práca by mala previesť čitateľa rôznymi faktami ohľadom toho, akým stresovým záťažiam boli piloti vystavený, a najmä pomocou akých parametrov sa stres ako taký dá merať, resp. identifikovať. Počas rôznych skúšok, pri ktorých sa pilotom ovplyvňovali ich nielen psychologické ale aj fyzické funkcie, sa štúdie snažili z nazbieraných dát odhaliť parameter, ktorý by najlepšie odzrkadľoval hladinu stresu. Rôzne skúšky sa najčastejšie konali v simulátoroch, ktoré sa snažili čo najlepšie napodobniť reálne prostredie, aby piloti prežívali vierohodné emócie. Najdôležitejším aspektom bola funkčnosť srdca, konkrétne srdcová variabilita vďaka ktorej sa pomocou rôznych štatistických spracovaní dostalo k parametru, ktorý sa považoval za identifikátora stresu.

Pri spracovávaní štúdií sa používa prisma, ktorá ukáže akým spôsobom sa články vyhľadávali a eliminovali, pokiaľ nespĺňali požiadavky, ako napríklad jazyk, alebo možnosť dohľadania článku v plnom znení. Následne sa použije metóda meta-analýzy, vďaka ktorej je možné sa dopracovať ku konkrétnemu parametru.

Je dôležité sa tejto téme venovať, keďže ešte aj v dnešnej dobe štatistiky ukazujú, že ľudský faktor je práve ten, ktorý často zapríčiňuje nielen letecké nehody. Účelom tejto práce je získať obraz o najdôležitejšom parametri, získaného pomocou analytických metód. Práve vďaka hodnotám, získaným zo srdcovej variability, sa práca dostane ku konkrétnemu záveru, ktorý parameter by mal byť smerodajný pre identifikáciu stresu.

1 Analýza súčasného stavu

Stres je faktor, ktorý ovplyvňuje konanie živočíchov na našej Zemi, či už ide o malé organizmy, zvieratá alebo ľudí. Človek pod vplyvom stresu, môže konať príliš rýchlo a nie vždy jeho činy musia byť dôsledkom správneho vyhodnotenia situácie. Mnohokrát sa stane, že jedinec pod tlakom urobí rozhodnutie, ktoré ovplyvní situáciu natoľko, že buď to v lepšom prípade pomôže situáciu vyriešiť, alebo naopak. Snahou každého jedinca je robiť rozhodnutia tak, aby ich vykonaním pomohol sebe, alebo ostatným – v závislosti od situácie.

Problematika stresu sa objavuje v bežnom živote od nepamäti, a jedným z hlavných autorov, ktorý sa touto tematikou zaoberal bol Hans Selye. Ten charakterizoval stres, ako obrannú reakciu, ktorá bola nešpecifikovaná a poplachová na organizmus, ktorý bráni narušeniu homeostázy. Homeostáza slúži ako základný predpoklad na adaptáciu vnemov z vonkajšieho prostredia [1].

Pre pochopenie problematiky stresu a taktiež jeho vplyvu na živý organizmus človeka je dôležité, aby sa v prvom rade čitateľ oboznámil so základnými informáciami vo sfére stresu a základnými typmi záťažových situácií, ktoré stres spôsobujú. Takými sú napríklad stres ako taký, deprivácia, teda chronické neuspokojovanie psychických alebo fyzických potrieb, frustrácia, zjednodušenie povedané ťažké dosiahnutie cieľu, resp. ťažko prekonateľná prekážka na jeho dosiahnutie a konflikt, či už ide o aktuálnu nepríjemnú situáciu medzi jednotlivcami, ktorý sa osobitne snažia dosiahnuť rovnakého cieľa inými prostriedkami [1].

Meta-analýza patrí medzi jeden z mnoho štatistických postupov, ktorý slúži na zhrnutie minimálne z dvoch empirických štúdií, ktoré sú zamerané na rovnakú problematiku, alebo výskum. Meta-analýza funguje na základe kvantity výsledkov z jednotlivých štúdií inak nazývané „effect size“ [2]. Medzi taktiež veľmi dôležité formy vedeckých prehľadov patrí aj takzvané „review,“ alebo prehľady, ktoré môžeme rozdeliť podľa štyroch celkov. Prvý celok sa zaoberá identifikáciou a posudzovaním novej témy vo vede. Druhá skupina sa zaoberá priamo evidenciou už uskutočnených vedeckých štúdiám, ktoré sa už danou

problematikou zapodievali a snažia navrhnúť nové teórie. Vďaka týmto štúdiám, sa môžeme dopracovať k nejakému vyhodnoteniu, alebo vysvetleniu danej teórie resp. môžeme navrhovať nové teórie, ktoré sa zaoberajú tým istým problémom. Tretia skupina triedi a následne hodnotí informácie z rozdielnych oblastí a postupov daných výskumov. Štvrtá skupina sa nazýva integrálna, alebo inak povedané neoddeliteľná. Do tejto skupiny patrí aj meta-analýza. Tento druh štatistického postupu, usiluje o zjednotenie daných výsledkov z množiny výsledkov daných výskumov, ktoré sa zaoberajú konkrétnym vedeckým problémom [2].

1.1 Meta-analýza

Meta-analýza funguje formou takzvaného systematického prehľadu. Tento prehľad sa aplikuje na vedecké štúdie a ich rôznorodé postupy v danej problematike. Vďaka tomuto postupu môžeme obmedziť vznik systémových chýb pri zhromažďovaní dát, syntéze štúdií a kritického hodnotenia, ktoré sa odvolávajú na danú konkrétnu tému, ktorej sa všetky štúdie venujú. Vďaka meta-analýze sa dajú získať dva rôzne typy znalostí.

Prvý typ poznatku, ktorý môžeme z meta-analýzy získať je zhromaždenie výsledkov z primárnych štúdií, ako napríklad testovanie konkrétnej hypotézy účinnosti lieku. Druhým typom sú práve poznatky, ktoré sme získali vďaka meta-analytickej metóde. Tento druhý typ funguje na základe premenných vlastností z jednotlivých štúdií danej vedeckej otázky. Pomocou tejto variability dokážeme definovať tzv. hlavnú premennú, ktorá má výpovednú hodnotu pre dané množiny štúdií. Tak ako vedecký výskum tak aj meta-analýzu je potrebné tvoriť v určitom poradí a pri pevných postupoch [2].

Prvá etapa sa skladá z definovania problému a vysvetlenia okolitých faktorov, ktoré súvisia s problémom. V prvej etape je dôležité jasne definovať faktory, ktoré sa v nasledujúcich krokoch budú merať a porovnávať. Týmto sa dosiahne vytvorenie hypotézy, ktorá sa následne bude meta-analyticky overovať. Druhý krok, ktorý je veľmi dôležitý pre meta-analytickú metódu je vyhľadávanie a vyberanie primárnych štúdií. Pre tento postup je dôležité, aby boli pri vyberaní jednotlivých štúdií presne určené kritéria,

podľa ktorých prebieha vyhľadávanie, napr. kľúčové slová, štúdie ktoré sú v plnom rozsahu, štúdie v anglickom jazyku a štúdie s potrebným obsahom. Taktiež je dôležité, aby sa dané štúdie uskutočňovali v rovnakých podmienkach tak, aby výsledky mohli byť porovnania hodné a nie skreslené.

Tieto vybrané kritéria uchádzačov, alebo merných prístrojov musia zodpovedať nielen podmienkam, ale musia byť aj súčasťou správy, ktorá sa píše k meta-analýze. Táto správa by mala zahŕňať informácie ako vek uchádzačov, zdravotný stav uchádzačov, alebo aj činnosť v praxi. Časovo najnáročnejší je krok, ktorý vedie ku vytvoreniu matice dát z konkrétnych vybraných štúdií, ktoré spadajú do podmienok. Táto matica bude následne slúžiť ku agregácii výsledkov jednotlivých štúdií. Vďaka tomu je možné z jednotlivých štúdií zoskupovať priemerný parameter, ktorý dokáže reprezentovať všetky štúdie, ktoré sa zaoberajú danou problematikou, teda v tomto prípade stresom u pilotov [2,3]. Pomocou štatistických metód sa aplikuje agregácia, ktorá sa riadi ustanoveným modelom, ktorý funguje na základe rozdelenia výsledkov. Týmto spôsobom sa zozbierajú dáta, ktoré majú rovnaký priemer. Vďaka tomuto postupu je možné sa dopracovať ku výsledku, teda parametru, ktorý reprezentuje všetky štúdie.

Meta-analýza je systematickým spôsobom ako sa dostať ku výsledku, ale aj transparentným spôsobom z hľadiska vyhľadávania literatúry. Je to z dôvodu jednoduchého spätného vyhľadávania, pokiaľ sa na meta-analýze správne postupuje. Ďalšou veľkou výhodou meta-analýzy je [3,4], že oproti naratívny prehľadovým štúdiám dokáže formulovať závery o skúmanom fenoméne v štatistických testovaných pojmoch. *„Naopak jednou z nevýhod meta-analytickej štúdie je, že na všetky štúdie o danej tematike má rovnakú mierku. Do meta-analýzy nie sú často zahrnuté dôležité a veľké štúdie, ktoré by pravdepodobne zmenili názor aj závery. Kritika mieri, mimo iné, na fakt, že autori meta-analýz o výskumu identifikujú veľké množstvo štúdií, ale do meta-analýzy vložia iba jej zlomok“* [4].

1.2 Centrálny nervový systém

Základným prvkom centrálnej nervovej sústavy je neurón. Slúži na to, aby telo mohlo vnímať a reagovať na vonkajšie, ale aj vnútorné vnemy. Neurón je pracujúca časť nervového systému, ktorý sa nachádza v tele a skladá sa z miliónov na seba napojených nervových buniek. Postupným dospievaním sa táto sieť neurónov rozrastá. Ich funkciu môžeme porovnať ku drôtom, ktoré vedú elektrinu. Fungujú tiež na základe impulzov, ktoré posúvajú informácie resp. impulzy. Impulzy sú prebrané v jednej časti tela, kde sú následne predané na iné neuróny. Reakcie z rôznych vnemov môžu spôsobiť fyzickú činnosť ľudského tela, ako napríklad svalový krč, teda spazmus [5].

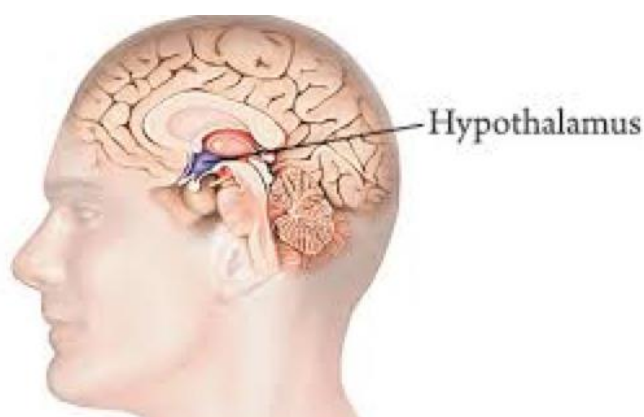
Podľa funkcie rozlišujeme niekoľko najzákladnejších typov neurónov. Patria sem zmyslové neuróny, ktoré predávajú informácie zo zmyslových orgánov do centrálneho nervového systému a interneuróny, ktoré predávajú získané informácie medzi ostatné neuróny. Ďalšou skupinou sú motorické neuróny, vďaka ktorým máme svalovú činnosť, alebo aj mimovoľnú reakciu, na určitý podnet. Nervové tkanivo pozostáva z neurónov a gliových buniek. Celkovo sa o neurónoch dá povedať, že prenášajú a spracúvajú informácie z vnútorného a vonkajšieho prostredia, a tým podmieňujú schopnosť organizmu reagovať. Každý neurón je ohraničený slabou polopriepustnou membránou, ktorá hrá dôležitú rolu v predávaní takzvaných impulzov, alebo vnemov z vonkajšieho, alebo vnútorného prostredia. Centrálny nervový systém sa skladá z dvoch dôležitých prvkov. Prvým je mozog a druhým je miecha. Mozog sa nachádza v lebečnej dutine a jeho hmotnosť je približne 1500g. Mozog je nedeliteľný integrovaný celok, ale na základe embryonálneho vývoja sa uplatnilo delenie [8]:

1. koso hranný mozog
 - predĺžená miecha
 - zadný mozog
2. stredný mozog
3. medzimozog
4. predný mozog

1.3 Podlôžko - Hypotalamus

Medzi hlavné funkcie hypotalamu sa považuje neuro-humorálna regulácia. Schematicky sa môže hypotalamus rozlíšiť na dva systémy. Prvým je systém zadného laloku hypofýzy, kde sú hormóny predávané priamo do krvi, práve v oblasti zadného laloka hypofýzy. Druhým systémom je systém infundibulárnym. Tento druhý systém predáva svoje neurohormóny v oblasti eminentiamedialis hypothalamu do takzvaného obehu, odkiaľ sa dostáva prevažne krvnou cestou, do predného a stredného laloku hypofýzy. (Vid' obrázok č. 1) V hypotalame sa vyskytujú vedľa seba 2 druhy buniek [6].

„Prvý druh sú klasické neuróny. Tie modifikujú elektrickú a sekrečnú odpoveď buniek prostredníctvom neurotransmitterov (noradrenalin, adrenalin, dopamin, serotonin, histaminatd.) Ich pôsobenie, je hlavne lokálne vo funkcii neurónoch tak aj vzdialene, prostredníctvom dlhých axónov“ [6].

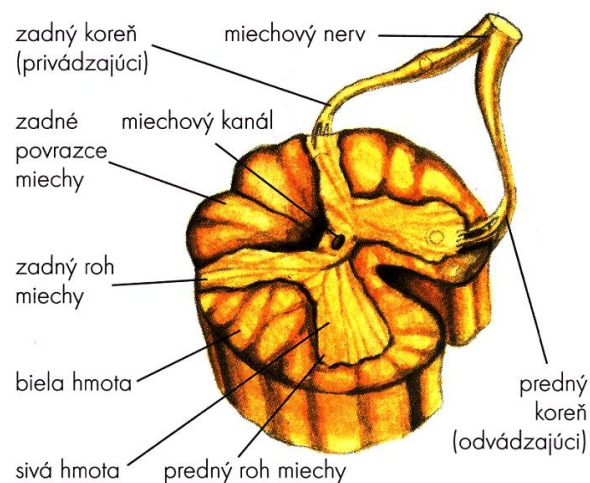


Obrázok 1 Poloha Hypotalama v ľudskom mozgu [7]

Ako už je vyššie spomenuté, hypotalamus podnecuje činnosť hypofýzy, ktorá produkuje hormóny. Pri tejto špeciálnej kooperácii, vzniká veľmi dôležitý hormón, ktorý sa volá adrenokortikotropný hormón. Inak nazývaný stresový hormón. *„Kortikotropín (adrenokortikotropný hormón, adrenokortikotropín, ACTH) je hormón, produkováný v parsdistalis adenofýzy typom chromofilných (bazofilných) buniek - tzv. kortikotropnými bunkami. Z biochemického hľadiska nemusí byť kompletnou molekulou, na vyvolanie účinku stačí i reťazec menšieho počtu aminokyselín“ [8].*

Miecha je pokračovaním mozgu. Hovorovo sa taktiež nazýva predĺžená ruka mozgu. Nachádza sa v chrbticovom kanáli, ktorý je zložený z krčných, hrudných a driekových stavcov [8]. Hlavnou funkciou miechy je, že sprostredkováva mozgu prepojenie medzi ostatnými časťami tela. To znamená, že mozog vďaka mieche reaguje na zmeny vonkajšieho prostredia a cez ňu získava informácie o vonkajšej zmene.

Okrem prevodovej funkcie je aj dôležitým reflexným strediskom. V mieche sa nachádzajú reflexné centrá pre pohyby končatín a trupu, bránicové, zrenicové a potné centrá. Miecha reguluje reflexne vyprázdňovanie močového mechúra a konečníka. Je aj centrom niektorých pohlavných reflexov. Miecha je dlhá približne 40 – 45 centimetrov a je 1 cm široká. Miecha sa skladá z bielej a sivej hmoty pričom každá má inú funkciu [8] (viď. Obrázok č. 2).



Obrázok 2 Stavba miechy [9]

Biela hmota tvorí horný povrch miechy. Jej konkrétna funkcia je prevodová a skladá sa z nervových dráh, ktoré sú zoskupené do troch povrazcov. Predné povrazce tzv. eferenty, vedú vzruchy z mozgu do výkonného orgánu, teda svalov. Sú to motorické nervové bunky. Axóny sú zostupné dráhy. Zadné povrazce/aferenty, vedú rozruchy z receptorov do mozgu a sú užšie ako eferenty. Ich funkciou sú vzostupné dráhy. Nachádzajú sa tam bočné povrazce, ktoré majú funkciu zostupnú, ale aj vzostupnú [8].

Sivá hmota je do tvaru motýlích krídiel. Skladá sa z predných rohov miechy a zo zadných rohov miechy. Väčšie rohy miechy sú predné. Impulzy do svalov, ktoré vychádzajú práve z predných rohov miechy, pomocou nervových vlákien sa taktiež nazývajú motorické alebo hybné. Do zadných rohov vstupujú zadné miechové korene prichádzajúce z receptorov, preto sa nazývajú senzitívne. Pred výstupom sa predné a zadné korene spájajú a vytvárajú miechový nerv (viď. Obrázok č. 2) [8]. Tretím prvkom miechy je miechový segment, z ktorého vystupuje jeden miechový nerv. Z predných a zadných koreňov miechy vychádza 31 párov miechových nervov. Tie sa po krátkom priebehu spájajú do spoločného nervu [8].

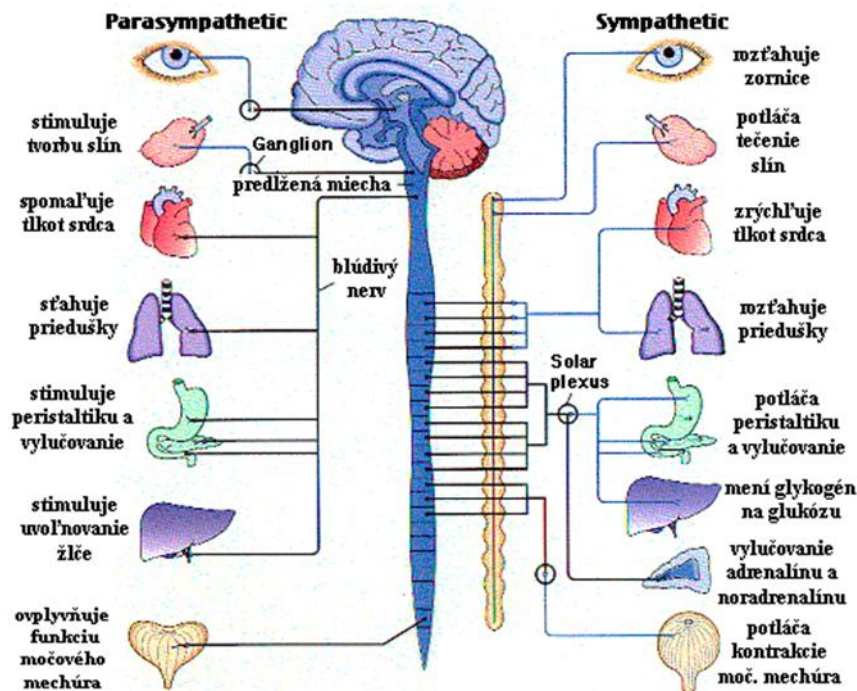
1.4 Periférny, somatický, autonómny a limbický nervový systém

Periférny nervový systém má dve hlavné časti, do ktorých patrí somatický nervový systém, ktorý je pod kontrolou jedinca a autonómny nervový systém, inak nazývaný aj vegetatívny systém, ktorý koná mimo vôle jedinca, teda podvedome.

Somatický nervový systém, má úlohu plniť dve role. Predovšetkým zhromažďuje všetky informácie z vonkajšieho prostredia prostredníctvom zmyslových orgánov, ako chuť, zrak, čuch atď. Vnemy, ktoré sú zachytené receptormi sú potom predávané zmyslovými nervovými vláknami do centrálného nervového systému [5]. Druhou rolou somatického nervového systému je prenášanie impulzov z centrálného nervového systému motorickými vláknami do kostrových svalov ľudského tela, ktoré následne reagujú pohybom.

Autonómny nervový systém sa bez zapojenia vôle jedinca zúčastňuje predovšetkým na udržiavaní automatických funkcií orgánov. Medzi tieto orgány patrí napríklad srdce, pľúca, črevá, krvné cievy a pohlavné orgány. Skladajú sa len z motorických vlákien, ktoré tvoria spojnicu medzi miechou a rôznymi svalmi. Autonómny nervový systém [10] sa delí na dve hlavné časti. Tieto časti sú známe ako sympatický autonómny systém a para-sympatický autonómny systém. Oba sa odlišujú od svojich chemických mediátoroch na

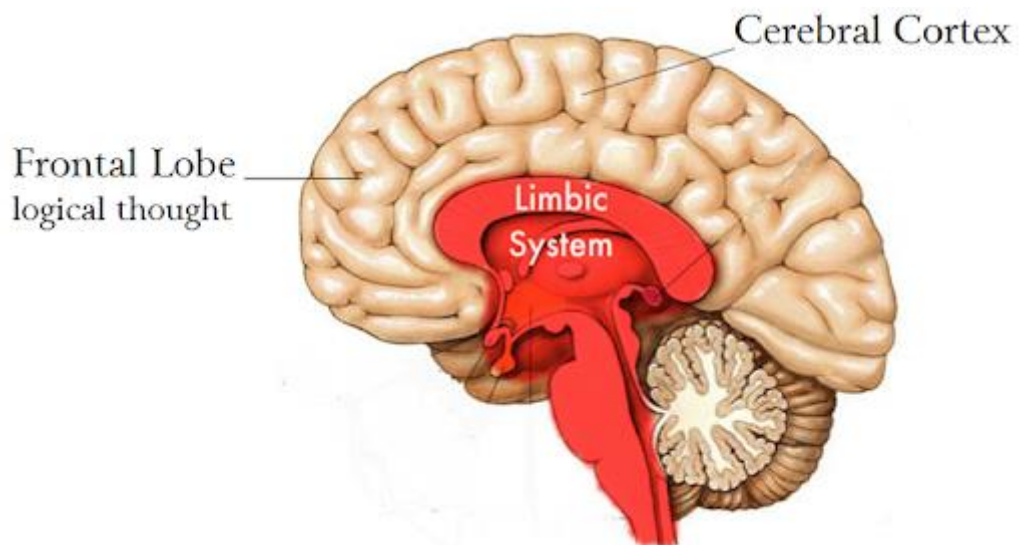
synapsách, kde nervové vlákna dosahujú cieľových orgánov. Každý z nich má inú stavbu a každý má iný efekt na dané orgány. Vlákna zo sympatikusu vychádzajú z krčnej, hrudníkovej a driekovej časti miechy. Vo vláknach sympatika sa uplatňuje ako sprostredkovateľ noradrenalín [10].



Obrázok 3 Sympatický a para-sympatický systém [11]

Vlákna para-sympatika vychádzajú z mozgového kmeňa a krížového oddielu miechy. Vo vláknach para-sympatika sa uplatňuje ako sprostredkovateľ acetylcholín [8]. Napríklad para-sympatické nervy podnecujúce dýchacie cesty spôsobujú ich zúženie (bronchokonstrikcia), avšak sympatické nervy spôsobujú naopak ich rozšírenie [10]. Celý autonómny nervový systém je kontrolovaný hypotalamom. Ten dostáva informácie o akýchkoľvek odchýlkach, ako napríklad v chemickom zložení vnútorného prostredia jedinca. Následne autonómny systém zaistí úpravu týchto odchýlok a vráti tak organizmus do rovnováhy (viď. Obrázok č. 3). Ak v dôsledku cvičenia klesá v tele hladina kyslíku, hypotalamus vydá inštrukcie autonómnemu nervovému systému, aby zvýšil frekvenciu srdcovej činnosti, a tým rýchlejšie a koncentrovanejšie zásoboval telo kyslíkom pomocou okysličenej krvi [10].

Limbický nervový systém možno špecifikovať, ako emocionálnym mozgom jedinca. Patrí medzi jeden z funkčných sústav centrálného nervového systému. Tento systém sa nachádza v podkôrovej časti mozgu a tvoria ho niektoré oblasti mozgovej kôry. Limbický systém majú všetky cicavce, avšak cicavce, ktoré majú značne obmedzený predný mozog ho majú vyvinutejšie lepšie.



Obrázok 4 Limbický systém [12]

Limbický systém [13] sprostredkováva spojenie medzi autonómnou nervovou sústavou a hypotalamom. Tento systém má tri hlavné funkcie.

Prvou z nich je funkcia somatická, ktorá napríklad sprostredkováva informácie o tele ako sexuálne pudy alebo potrava. Ďalšou schopnosťou limbického systému je autonómna reakcia. Reakcie ako napríklad trávenie potravy cicavca alebo činnosť srdca. Treťou funkciou limbického systému je funkcia senzitivná, do ktorej patria emócie, správanie, učenie, pamäť a aj stres.

Z týchto informácií môžeme vyčítať, že limbický systém je úzko spätý s emočnými reakciami jedinca, medzi ktoré patria nielen príjemné, ale aj nepríjemne emócie. Z limbického systému je napríklad vyvolaný pocit strachu a aj celkové správanie sa jedinca voči okoliu [10]. Aj keď limbický systém podlieha tlmivému pôsobeniu mozgovej kôry, nemožno ho vôľou spustiť alebo zastaviť afektívne prejavy a city. Spoločne

s podlôžkom (hypotalamom) (vid'. Obrázok č. 4) vytvára integrovaný systém, ktorý reguluje reakcie organizmu na vonkajšie podnety. Tento systém má význam pre celý rad vyšších funkcií mozgu, ako sú emócie, motivácia, učenie a pamäť [13].

1.5 Psychologické reakcie

Podľa Práškovej a Praška [14] sa dá vnímať stres v psychologickom chápaní vo 4 vzájomne sa ovplyvňujúcich hlavných úrovniach, ktoré sú:

- Myslenie
- Emócie
- Chovanie
- Telesné príznaky

V myslení sa prejavuje stres robením si starostí alebo aj nekontrolovaných, resp. neočakávaných reakcií. Väčšinou mozog obsadia negatívne postoje voči rôznym situáciám. To na organizmus pôsobí ako zvýšené napätia, tým pádom sa automaticky spúšťa výroba daných hormónov, ktoré podvedome podnecujú stres [14]. Z toho dôvodu je veľmi dôležité dávať si pozor na rôzne myšlienkové pochody, keďže jedna myšlienka nadväzuje vždy na ďalšiu (teda pokiaľ ide o negatívnu myšlienku) a telo sa začína nastavovať od stresového postojú a obavy sa neustále budú točiť v hlave. To má za následok menšiu sústredenosť, úbytok logického myslenia, pomalú reakciu na vonkajšie vnemy a zhoršenie krátkodobej aj dlhodobej pamäti. Je viacero indikátorov, ktoré poukazuje stres. Prejavujú sa najmä v emóciách, chovaní ale aj v telesných príznakoch. U človeka, na ktorom sa prejavuje emocionálny stres je typickým znakom hnev, nepohoda, úzkosť, bezmocnosť, bezradnosť, nadmerná hlučnosť, afekt a rôzne iné prejavy. Táto nálada u jedinca ovplyvňuje jeho správanie a to spätne ovplyvňuje jeho myslenie.

Správanie jedinca, ktorý sa nachádza pod stresom sa nie vždy sa prejavuje v jeho chovaní. Ak áno, je možné ho vidieť napríklad pri vyhýbaní sa povinnostiam a zodpovednosti, vyhýbanie sa ľuďom, nespôsobilosť robiť rozhodnutia, neplnenie si úloh, nervozita, zvýšené konflikty. Všetky tieto reakcie sú spojené s náklonnosťou k podozrievaniu a ku

agresívnemu chovaniu. Telesné príznaky jedinca, ktorý sa nachádza v strese je možné sledovať na psychosomatických problémoch. Psychosomatika je veda [16], ktorá sa zaoberá pôsobením duševných a telesných problémov, ktoré na seba vzájomne súvisia, teda význam duševných pochodov pre vznik a priebeh telesných chorôb.

Psychosomatický znamená psychicky ovplyvňujúci fyziologický proces alebo jav. Keďže táto veda nie je až tak veľmi známa, veľa jedincov si nevie dať do súvisu, že ich telesné, resp. zdravotné problémy môžu byť práve z prežívania stresu. Jednými z mnohých príznakov sú: ťažké búšenie srdca, zovretie hrude, bolesť hlavy, bolesť kostry, problémy so spánkom, problémy s dýchaním, triaška a podobné prejavy [13].

2 Stres

Slovo stres je odvodené z latinského slova *strictus*, čo je minulé prídavné sloveso *stringere*, ktoré v preklade znamená uťahovať alebo stláčať. Postupom času si zo slova *stringere* Francúzi odvodili slovo *estrecier* čo znamená prinútiť. V praxi to znamená byť vystavený podnetom z vonkajšieho prostredia. Ľudský organizmus môže zažívať stres príjemný, ale aj stres nepríjemný, preto aj existuje mnoho definícií stresu. Jeden z faktorov aj je, ako daní interpreti stres chápu [17].

Vyššie spomenutý Sales [17] definoval stres veľmi obecné, preto sa v priebehu doby zaujímali vedci podrobnejšie o danú problematiku. Lazarus definoval stres ako: *„Nárok na jednotlivca, ktorý presahuje jeho schopnosť vysporiadať sa s daným nárokom a bez problémov mu čeliť.“*

Jednu z ďalších definícií stresu skonštruoval Ján Cimický [18], ktorej princípom je že *„všetko čo nás vlastne obklopuje a pôsobí na nás je stres či už ide o veci predvídateľné alebo o neočakávané.“*

Jednou z najnovších definícií je definícia podľa Schreibera [19], ktorá hovorí, *„že stres je akýkoľvek vplyv životného prostredia, či už ide o fyzikálny, chemický, sociálny, psychologický alebo politický, ktorý ohrozuje zdravie niektorých citlivých jedincov“*. Táto definícia obsahuje takmer všetky doterajšie informácie týkajúcej sa témy stresu.

Výstižná definícia podľa Krivohlavého [20], ktorá vraví že, *„stresom sa obvykle rozumie vnútorný stav človeka, ktorý je buď priamo niečím ohrozovaný alebo ohrozenie očakáva a pritom sa domnieva, že je obrana proti nepriaznivým vplyvom nie je dostatočne silná.“*

Výraz stres je v dnešnej dobe veľmi populárny a používa sa nielen v profesionálnej forme, ale aj v hovorovej. Stres sa môže považovať aj za súbor, ktorý je súčasťou regulačných mechanizmov nastupujúcich pri ohrozeniach vnútornej homeostázy organizmu. Je to forma poplachovej reakcie na podnet. To znamená, že táto reakcia

organizmu môže zareagovať tak, že úplné reštituuje, alebo v opačnom prípade, môže organizmus zareagovať zrútením, dokonca až smrťou [20].

Najčastejší, zároveň optimálny výsledok dosiahne organizmus vtedy, keď sa stresová záťaž opakuje a vznikne adaptácia organizmu voči konkrétnej situácii. Významným prípadom reakcie organizmu na telo, je senzibilácia [19], čo znamená zvýšenie alebo rozšírenie spektra citlivosti. Na neurofyziologickej terminológii sa stres považuje ako odpoveď organizmu, na vonkajší podnet, ktorý odborne nazývame stresor.

2.1 Stresory

Stresory sa rozdeľujú na vnútorné a vonkajšie stresory, ktoré môžu byť pozitívne, inak nazývané eustres, a negatívne, inak nazývané distres. Eustres a distres sa líšia tým, ako na nich reagujeme. Pri rôznych situáciách ako napríklad narodenie potomka, prežívame príjemné a intenzívne emocionálne napätie. Naopak, pri smrti rodinného príslušníka, reaguje ľudský organizmus pocitom smútku, bezmocnosti a neistoty [19].

Vonkajšie stresory [19] sú stresujúce situácie, ktoré pôsobia na organizmus z vonkajšieho prostredia a je nemožné ich okamžite zmeniť. Medzi takéto stresory patria napríklad hluk, ktorý je význačným indikátorom stresu vo väčších skupinách, ktoré bývajú v mestských častiach v blízkosti hlučného prostredia, akým je napríklad letisko. Jeden z ďalších stresorov môže byť uzavretý priestor, náhle extrémne zmeny teploty alebo farby, ktoré majú fyzický aj psychický účinok a majú v ľudských životoch veľký význam, keďže môžu veľmi ovplyvniť náladu a vnímanie.

Svetlo, bez ktorého je nepredstaviteľné žiť na planéte Zem nielen čo sa týka fotosyntéznych procesov v prírode, ale aj v ľudských organizmov. V ľudskom organizme reguluje hladinu melatonínu. Melatonín [19] je hormón, ktorý je produkovaný v mozgu v šuškovitom teliesku. Podmieňuje cirkadianný rytmus nielen u cicavcov, ale aj u rastlín, baktérii a húb. Ide teda o spánok, náladu a celkový rytmus jedinca (viď. Obrázok č. 5). Ďalším vonkajším stresorom sú rôzne životné udalosti ako smrť rodinného príslušníka, strata zamestnania, alebo aj hrubosť na pracovisku.

Vnútorne stresory [19] patria do druhej kategórie stresorov, ktoré na organizmus pôsobia z vnútra. Na rozdiel od vonkajších stresorov, je možné ich čiastočne ovplyvniť. Niekedy môžu ovplyvniť mentálne vnímanie negatívnym spôsobom širokých rozmerov, kedy je potrebné vyhľadať odbornú pomoc. Väčšinou sa tak stáva, pokiaľ ide o závažne činitele spôsobujúce stres. Jeden z hlavných vnútorných stresorov patrí životný štýl. Ide teda o to, či sa jedinec stravuje zdravo, či má dostatok spánku, alebo či neprijíma príliš vysoké dávky kofeínu.



Obrázok 5 Situácie vyvolávajúce stres [21]

Ďalší stresor môže byť aj negatívny postoj voči seba samému. Človek, ktorý je príliš sebakritický a má pesimistické zmýšľanie bude vždy vnútorne nepokojný a nevyrovnaný, čo sa bude prejavovať na jeho nálade voči okoliu. Tieto stresory je možné rozdeliť na stresory fyzikálne, ako je napríklad chlad, teplo, toxické ovplyvnenie a stresory psychologické, ktorými sú napríklad úzkosť, eustres, distres. Tieto dva veľké celky sa spájajú na neuro-hormonálnej úrovni. Podľa Selyeho predpokladu fyziologickej reakcie

organizmu je [1], že sa zvyšuje iba sekrécia ACTH a na ňu sa naväza sekcia kortikoidov. ACTH – je adrenokortikoidný hormón, teda hormón predného laloka hypofýzy. Stimuluje nadobličky k produkcii glukokortikoidov a mineralokortikoidov [1].

Hormón sa dá stanoviť z krvného vyšetrenia. Kortikoidy, alebo tiež nazývané kortikosteroidy, sú skupina steroidných hormónov taktiež vytvárajúcich sa v nadobličkách. Zasahujú do niektorých fyziologických systémov ako odpoveď na stres, ale aj imunitná odpoveď, zápal organizmu a rozklad proteínov. Podľa posledných výskumov však ukazujú, že nejde iba o ACTH, ale aj o komplexnejšiu odpoveď vysokého počtu rôznych hormónov a peptidov hypofýzy, spolu s reakciou centrálnej nervovej sústavy. Na podnet hormónu ACTH uvoľňuje vonkajšia vrstva nadobličiek hormón kortizol, ktorého hlavnou funkciou je, aby telo dostatočne rýchlo reagovalo na záťažové situácie [1].

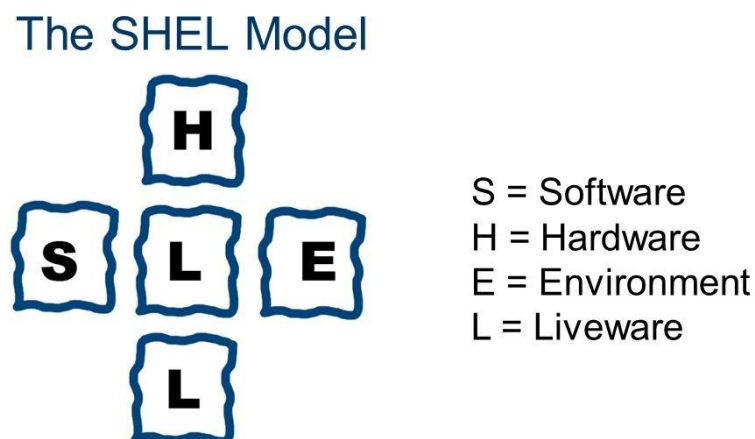
2.2 Ľudský faktor v zamestnaní a stres

Každé zamestnanie, v ktorom sa jedinec nachádza a prostredie v zamestnaní, ktoré ho obklopuje, má nejakým spôsobom vplyv na jeho psychologické rozloženie. Ergonómia je veda, ktorá sa zaoberá vzťahmi medzi jedincom a okruhom, ktorý ho obklopuje či už ide o závažie s ktorým musí pracovať, alebo teplota, v ktorej sa počas vykonávania práce vyskytuje. „*Leteckou ergonómiou definované poňatie, je základom bezpečnosti leteckej prevádzky*“ [22]. Na porozumenie organizácie a rôznych usmernení systémových vzťahov v ergonomických sústavách bolo navrhnutých niekoľko názorných schém.

Model SHELL → S ako software - teda program, H ako hardware teda stroj, E ako environment teda prostredie, L ako liveware teda ľudia/cestujúci. Ďalšie L, tak isto liveware, ako operátor, ktorí je ľudský prvok, ktorý sa priamo účastní, napríklad pilot, alebo riadiaci pracovník letovej prevádzky (Vid'. Obrázok 6). Sú to operátori, ktorí konkrétne obsluhujú daný stroj, alebo majú na zodpovednosť určité rozhodnutia. Znamená to, že vykonávajú aktívne svoju funkciu, činnosť, kontrolujú ich výsledok a sú zodpovedný voči stroju, ktorý majú pod kontrolou [23]

„Chápanie ľudského faktora v letectve vyplýva z poznatkov prírodných, spoločenských a technických vied a je smerované na docielenie plynulej, bezporuchovej a bezpečnej prevádzky. Môžeme to poňať ako tímový obor ľudského správania, čo znamená, že na vyriešenie každého špecifického problému sa spoločne podieľajú odborníci najrôznejších zameraní a to isté platí pre jeho aplikáciu v prevádzkových podmienkach. Aby sa ľudia medzi sebou dorozumeli aj napriek tomu, že majú rozdielne zameranie (napr. v práci), bolo nutné vytvoriť jednotný myšlienkový základ a terminológiu ľudského faktora. Takýmto zjednocujúcim základom sa stal tzv. konceptuálny model SHELL“ [23].

MODEL FAA → Ďalší ergonomický model je takzvaný model FAA model, ktorý dáva do popredia federálny letecký úrad. Tento model čerpá zo 4 hlavných zdrojov vonkajšieho tlaku, ktoré pôsobia na ľudský prvok. Ľudský prvok sa udáva od toho, v akom stave sa nachádza jedinec. Prihliada sa na to, či je jeho zdravotný stav v poriadku, či je jedinec v harmonickom emočnom rozpoložení alebo aj či sa nachádza v zdravej športovej kondícii a na akom leveli sa nachádzajú jeho zručnosti v danom obore. Tieto všetky indikátory znázorňujú celkový psychický aj fyzický stav jedinca. SHELL avšak navyše zahŕňa nielen kultúru vzťahov, ale aj komunikáciu medzi nadriadenými a podriadenými [23].



Obrázok 6 Model SHELL [24]

2.3 Situačné riešenie stresového faktoru u pilotov po haváriách

Ľudský faktor môže veľmi ovplyvniť reakcie pilotov behom letových operácií. Nesprávna reakcia pilotov môže vyvrcholiť v nešťastnú udalosť, akou môže byť napríklad havária. Keďže za nehodou sa nemusí skrývať iba systémová chyba alebo konštrukčná chyba, ale práve aj chyba v ľudskej výkonnosti. Keďže prvé dve spomenuté chyby sa pokladajú za hmotné a merateľné dôkazy, ľudskú výkonnosť tam zaradiť nemožno. Ľudské chyby sú zaradované skôr do kvalitatívnych rázov a sú veľmi často nie úplne jasné.

„Definovanie exaktne presného dôvodu takýchto chýb je veľmi komplikovaný. Pri vyšetrovaní mechanických a konštrukčných väd používame omnoho rafinovanejšie a komplexnejšie techniky, ako pri vyšetrovaní ľudského faktora. Pri definovaní ľudského faktora, sú tieto analytické techniky nie úplne exaktne. Jedným z ďalších dôvodov prečo je táto technika nie úplne presná je, že je veľmi obmedzená možnosťou cviku v simulátoroch, čo sa nikdy nemôže vyrovnáť skutočnej situácii, ktorú môže pilot zažiť počas rôznych manévrov alebo situácií. Preto je veľmi komplikované priblížiť sa ku predpokladu situácie aká môže nastať“ [25].

Preto počas vyšetrovaní rôznych nehôd nie sú výsledky ohľadom takýchto techník úplne smerodajné. Miera leteckých nešťastí, ktoré sú spôsobené práve ľudským faktorom, zostáva relatívne vysoká a konštantná, keďže ako je vyššie spomínané, nie sú exaktne techniky a databázy, podľa ktorých by sa mohlo viesť vyšetrovanie, respektíve definovať konkrétnu chybu.

U pilotov, ktorí pochybili počas rôznych leteckých situácií až katastrof nie je úplne jasné ako definovať ich vnútorné rozpoloženie, alebo konkrétnejšie, ich zhoršujúci sa psychologický alebo aj fyzický stav. Toto môže ovplyvniť napríklad únava, stres, ochorenie, nálada. Tieto prejavy je možné veľmi ťažko definovať u pilotov a celej posádky počas tragických nehôd. Pokiaľ by sme sa chceli dostať ku čo najbližšiemu a najobjektívnejšiemu výsledku, je potrebné spoľahlivé analýzy, do ktorých sa započítavajú

všetky jednotlivé príčiny z akého dôvodu by mohlo dôjsť ku zlyhaniu ľudského faktora. Ako modelovú situáciu, kde zlyhal predpoklad na definovanie psychologických problémov u pilota, je napríklad let z Barcelony do Dusseldorfu. Let spoločnosti Germanwings s číslom 9525 dňa 24.marca 2015 začalo najprv náhle strácať výšku vo vysokej rýchlosti a následne narazilo do hory neďaleko Francúzskeho mesta Nice. Pri vyšetrovaní sa zistilo, že táto nehoda bola jednoznačne zapríčinená úmyselným činom co-pilota.

Mladý 27 ročný co-pilot sa uzavrel do cocpitu lietadla a úmyselne nasmeroval lietadlo ku katastrofe. Nikto presne nezistil, čo ho k tomuto činu viedlo, alebo čo mohlo ovplyvniť jeho konanie. Cielené zavinenie vlastnej smrti je problémom, ktorý je vždy psychického rázu a co-pilot v tomto prípade nechcel pripraviť o život len sám seba, ale aj celú posádku lietadla a všetkých pasažierov, ktorý sa v tomto lietadle nachádzali. Co-pilot mal už v minulosti psychické problémy, keďže v roku 2009 mu zamietli obdržanie psychologického certifikátu. Napriek tomu, že sa pokúsil o opätovné odvolanie, certifikát sa mu nepodarilo získať. Až po nasledujúcom vyšetrení dostal zelenú a nanešťastie sa mu podarilo si ho každoročne obnovovať. Posledný certifikát, ktorý získal, a ktorého psychologické testy mali odhaliť, že nie všetko je v poriadku, mal validáciu až do 14.augusta 2015, teda necelých 5 mesiacov po nehode.

Práve pri takejto situácii je možné vidieť, že napriek niekoľkým kontrolám, rôznym testom a modelovým situáciám, nie je možné, aby bolo jasne definované psychologické rozpoloženie pilota alebo co-pilota. Psychotesty používané pri testoch záchranných zložiek, pilotov a ľudí, na ktorých záležia ďalšie ľudské životy, sú síce veľmi efektívne, ale bohužiaľ, nie dokonalé. Preto definovať psychickú stabilitu jedinca je doteraz veľmi náročné, ako v leteckej oblasti, tak aj vo všetkých ďalších oblastiach a je teda naďalej na ľuďoch, na kolegoch, pilotoch, spolupracujúcich, letuškách a primárne na ľudskom odhade, aby sme sa snažili čo najviac eliminovať chybu ľudského faktora.

3 Pilot a stresová zát'az

Každý pilot musí absolvovať komplikovaný a náročný tréning, ktorý sa skladá nielen z teoretickej časti ale aj praktickej. Na to aby sa takáto osoba stala pilotom, musí taktiež splniť požiadavky, ktoré sú potrebné na vykonávanie tejto profesie. Vycvičenému pilotovi je zverená letecká technika, ktorá má vysokú finančnú hodnotu. Z toho vyplýva, že je dôležité, aby si pilot takúto techniku osvojil a do detailu ju poznal. Práve pre to, akú veľkú zodpovednosť piloti majú, odpovedá stresová zát'az, ktorá na pilota pôsobí. Súčasťou morálnej výbavy každého pilota, by mali byť nasledujúce psycho-fyziologické faktory [22]:

- Rovnaká poloha v pracovnom pohybe
- Vysoká informačná zát'az
- Vysoké požiadavky na pozornosť
- Vysoký stupeň aktivity a iniciatívy, čo sa týka aj improvizáčnych schopností
- Vedomie sústreďujúce sa na zodpovednosť splnenia úlohy a bezpečnosť

Pod rovnakou polohou v pracovnom pohybe je možné si predstaviť, že piloti majú počas celého letu rovnakú pracovnú polohu a to po niekoľko hodín, pričom ich pohyby sú značne obmedzené počas celej dĺžky letu. Ďalšou nevýhodou je, že niektoré časti tela sú namáhané často, naopak niektoré časti tela nie sú používané takmer vôbec.

Vysokou informačnou zát'azou sa rozumie, že je potrebné, aby bol pilot počas celej pracovnej doby schopný kontinuálne spracovávať veľké množstvo informácií. Požiadavky na pozornosť pilota sú veľmi dôležitým faktorom, aj pri neočakávaných situáciách, kde je potrebné, aby pilot zareagoval správne a načas a tým sa vyhol napríklad leteckému nešťastiu alebo iným udalostiam.

Ďalší bod úzko súvisí s vysokou pozornosťou. Všeobecne čo sa týka iniciatívy, musí si byť pilot istý a vedieť delegovať posádku počas rôznych situácií. Ďalší bod, teda zodpovednosti za jeho činy a reakcie, ktoré mohli situáciu úspešne vyriešiť, ale aj zhoršiť. Z toho dôvodu sa hovorí, že by mal kapitán opúšťať lietadlo ako posledný. Je všeobecne

známe že povolanie, ako pilot, patrí medzi rizikové povolania. Zaraduje sa tak z dôvodu, že je oveľa vyššia pravdepodobnosť smrteľného úrazu napriek tomu, že letecká doprava sa považuje medzi najbezpečnejší druh dopravy zo všetkých. Ako príklad sú vojnoví letci, ktorý sa stretávajú počas rôznych výcvikoch s odlišnými záťažami fyzickými, psychickými ale aj emočnými. Všetky tieto odlišné záťaže môžu predstavovať riziko voči nasledujúcim reakciám. Pri takýchto situáciách reaguje ľudský organizmus stereotypne a to stresom [22]. Problémom je, že stres veľmi ľahko môže ovplyvniť rozhodovanie človeka a pokiaľ ide o dlhotrvajúce a opakujúce sa situácie, tak práve stresové rozpoloženie jedinca, môže byť dôsledkom nesprávnych rozhodnutí. Dobrou správou je, že každý jedinec je schopný tréningom zvyšovať úroveň znášanlivosti stresu. Na takéto situácie slúžia rôzne tréningy. Najfrekvencovanejšie záťaže sa delia do dvoch skupín, ako fyziologická a psychosociálna [22].

Fyziologická skupina:

- Preťaženie
- Klimatické extrémny
- Rozvrat biorytmu

Psychosociálna skupina:

- Zodpovednosť
- Životné zlomy
- Vynechávajúce partnerstvo

Pod preťažením je možné si predstaviť silu, ktorá pôsobí na ľudské telo alebo na hoci aké teleso. Táto sila je väčšia ako tiaž. V praxi si pôsobenie preťaženia je možné si predstaviť pri zrýchľovaní rakety. Pri tréningoch stíhacích pilotoch alebo kozmonautoch, sa používajú rôzne centrifúgy, kde sa meria ich odolnosť voči tiaži.

Klimatické extrémny sú pre pilota ďalším faktorom, ktorý môže oslabovať jeho imunitu. Pri dlhých letoch z rôznych kútov sveta sa pilot môže nachádzať jeden deň v tropickom pásme a o pár hodín neskôr v blízkosti polárneho pásma.

Ďalším fyziologickým faktorom, ktorý pôsobí na zdravie pilota, je aj možnosť rozvratu biorytmu. Prekonávanie veľkých diaľok má za zodpovednosť nielen zmeny klímy, ale aj rozvrat biorytmu pilota, ktorý môže mať za následok nie úplne dobitie energie na ďalšie úkony. Biorytmus je možné chápať, ako pravidelnosť medzi striedaním psychických fyzických stavov. Preto práve povolanie pilota je veľmi náchylné na to, aby sa pilotove telo dostalo do rozvratu biorytmu.

Medzi psycho-sociálne skupiny [22] patrí aj zodpovednosť. Tým sa rozumie, že pilot má počas celého letu zodpovednosť nad každým úkonom čo sa na palube spácha. Avšak ide aj o takzvanú zodpovednosť nad prevzatím autoritatívnych rozhodnutí počas špeciálnych situácií, napríklad pri núdzovom pristátí, alebo pri dôležitých rozhodnutiach. Za životné zlomy môže pilot pokladať veľké rozhodnutia vo svojom napríklad osobnom živote, po ktorých dôjde k trvalým zmenám, napríklad opustenie rodného mesta kvôli kariére, alebo smrť blízkeho rodinného príslušníka. Tieto veci môžu u pilota zanechať emočné stopy, ktoré ho následne môže ovplyvniť v kariérnom živote. Vynechávajúce partnerstvo môže mať taktiež veľký vplyv na pilota. Utužovanie nielen rodinných vzťahov pomáha pilotom ku emocionálnej rovnováhe, čo ma pozitívne vplývať na jeho rozhodnutia počas úkonov v práci.

Emocionálna stabilita dopomáha ku mentálnej rovnováhe pilota, čo zapríčiňuje mimo iné aj správne nastavenie voči celej posádke, avšak stále dôležitejším dôvodom je mentálna harmónia a zároveň správna reakcia pri nečakaných situáciách. Naopak, ak sa pilot nachádza v opačnom stave, respektíve má problémy so svojim rodinným životom, je možné že sa to prejaví na jeho pracovnom výkone aj pri riešení rôznych nečakaných situácií. Takéto negatívne morálne rozpoloženie pilota môže mať tak isto vplyv aj na posádku, čo nie je ideálne, keďže celá posádka bude v značnom napätí. To môže znamenať, že nebudú úplne správne reakcie a rozhodnutia daného problému celej leteckej posádky. V letectve sa posádka môže stretnúť aj s takzvaným skupinovým stresom. Ide o problém tímového rozhodovania a jednania, ktorý môže ohroziť efektívnosť. Posádka alebo konkrétne pilot a co-pilot musí reagovať v dostatočne rýchlom čase a kvalitou rozhodnutia. Počas takejto komplikovanej situácii nemôžu zažívať rôzne pocity, ako napríklad úzkosť, studený pot,

svalový tras a zvýšenie srdcovej činnosti [26]. Všetky tieto faktory tým pádom spôsobujú zhoršenie nielen kognitívnych schopností, ale aj fyziologických schopností. V tom prípade skupina prejavuje menšiu myšlienkovú činnosť v porovnaní s tým, pokiaľ jedinec rozhoduje na vlastnom uvážení.

Ďalší stres, ktorý môže pilot zažívať sa nazýva bojový stres. Bojový stres je normálnou reakciou jedinca bezprostredne zapojeného do boja. Toto jednanie má dve východiská. Buď môže jedinec zareagovať pozitívne alebo negatívne. Pozitívne znamená, že sa prejavy jeho hrdinstva, avšak pokiaľ zareaguje negatívne, môže skončiť zrútením. Reakcie na stres sú uvedené v tabuľke (Vid'. Tabuľku 1) :

Tabuľka 1 Rozdelenie fyziologických a psychologických reakcií na stres [26]

Fyziologické reakcie	Psychologické reakcie
Svalové napätie a kŕče	Strach a panika
Tras alebo vnútorné chvenie	Citlivosť na hluk
Zvýšené potenie	Poruchy spánku
Zvýšenie krvného tlaku	Podráždenosť a mrzutosť
Zrýchlené dýchanie a hypoventilácia	Extrémna letargia alebo eufória

Je dôležité poznamenať, že sa tieto reakcie nemusia objaviť u jedinca v tú istú chvíľu alebo všetky reakcie naraz. To závisí, aké povahové črty a charakteristiky daný jedinec má. Jedným z taktiež najtraumatizovanejších zážitkov, ktoré piloti zažívajú je úmrtie príslušníka jednotky pri leteckej katastrofe. Pokiaľ bol jedinec priamym svedkom pri takejto katastrofe, alebo sa zúčastnil práce na mieste nehody, môže sa uňho prejavovať post-traumatická stresová porucha.

„Post traumatický stresový syndróm (post-traumatická stresová porucha, PTSD, je podľa DSM-IV (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 4th edition, by the American Psychiatric Association) definovaná ako: duševná porucha, ktorá vzniká po

náhlych, život či osobnú integritu ohrozujúcich udalostiach. Nepríjemnú udalosť môže zažiť priamo pacient sám alebo jeho blízky človek teda príbuzný alebo priateľ. Môže byť však prítomný aj ako svedok. V súčasnej dobe sa pozeráme na PTSD ako na: stav, kedy zlyhá začlenenie traumatického zážitku medzi ostatné každodenné skúsenosti“ [28].

3.1 Fyziologické indikátory

Stres ovplyvňuje všetkých ľudí bez ohľadu na pohlavie, vek, rasu, príslušnosť, národnosť, inteligenciu. Je dokázané že aj novonarodené dieťa môže pociťovať stres a mať pri tom zvýšenú hladinu stresových hormónov. Pokiaľ sa ľudský organizmus vystavuje častým stresovým situáciám, môže prejsť do stavu tzv. chronického stresu. Chronický stres môže spôsobiť rôzne príznaky medzi ktoré patria [19]:

- Úzkosť,
- Podráždenosť
- Depresia
- Migrény
- Nespavosť

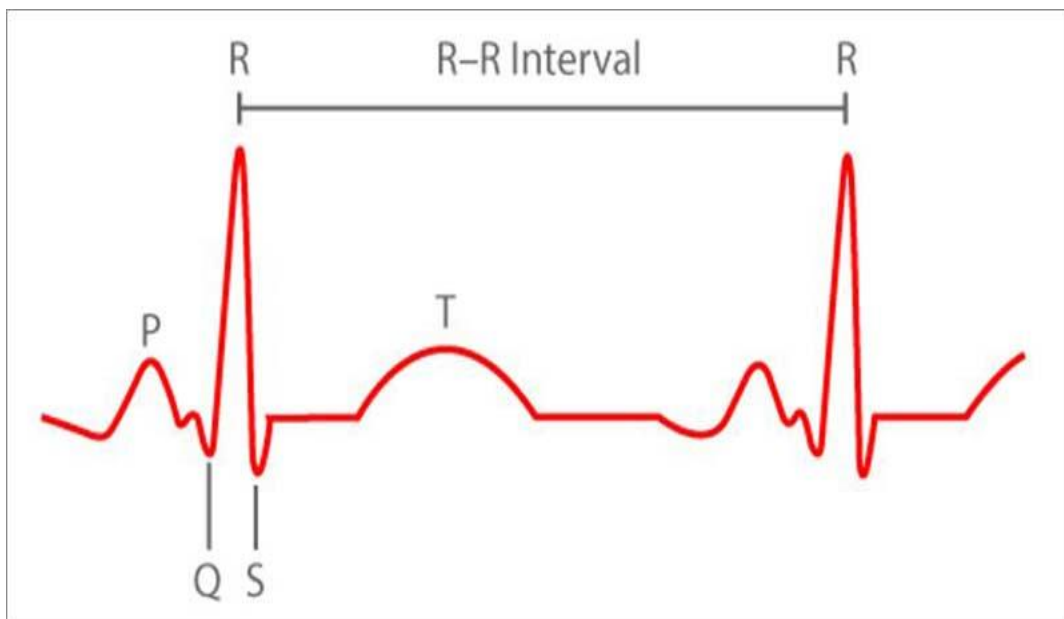
Pokiaľ človek neurobí určité opatrenia voči týmto príznakom, stres môže spôsobiť rôzne psychické choroby pri dlhodobom neliečení. Stresové situácie, ktoré sa vyskytujú každý deň v živote pôsobia rôznymi fyziologickými indikátormi. Keďže pri stresových situáciách telo vylučuje vyššie hladiny určitých hormónov, dôsledky na jedinca sa neprejavujú iba vnútornými zmenami jedinca, ale môžu byť fyzické. Takéto zmeny nazývame fyziologické. Hormóny ktoré organizmus vylúči pri stresujúcich situáciách sa začnú prejavovať rôznymi indikátormi. Tieto indikátory sú v podstate varovné signály, ktoré sú vysielané do mozgu.

Nervové výkyvy sa prejavujú taktiež v dreni nadobličiek, ktoré stimulujú výrobu hormónov ako adrenalín a noradrenalín. Zvýšená hodnota adrenalínu sa prejavuje rôznymi ukazovateľmi, ako napríklad [19]:

- Odkrvenie prstov
- Zrýchlený tep srdca
- Husia koža
- Rozšírenie šošovky
- Zvýšenie napätí kostrového svalstva
- Zrýchlenie dych

4 Metódy

Metódy merania srdcovej variability sa spracovávajú viacerými spôsobmi. Najčastejšie sa zbierajú dáta pomocou intervalov RR z EKG, elektrokardiogramu. Intervaly RR je možné si predstaviť ako dĺžku srdcovo-komorového cyklu, ktorý sa meria medzi dvoma maximálnymi hodnotami kmitov. R-R je základný interval, ktorý sa používa pomocou EKG na znázornenie srdcovej variability. Existuje však aj interval P-P, ktorý predstavuje srdcový cyklus ale jeho presná identifikácia pomocou EKG je technologicky veľmi náročná. Z toho dôvodu sa používa R-R interval, ktorý sa ľahšie identifikuje, keďže má najvýraznejšie hodnoty a je presný na toľko, aby vyhovoval požiadavkám na skúmanie rôznych parametrov srdca [30] (viď. Obrázok 7).



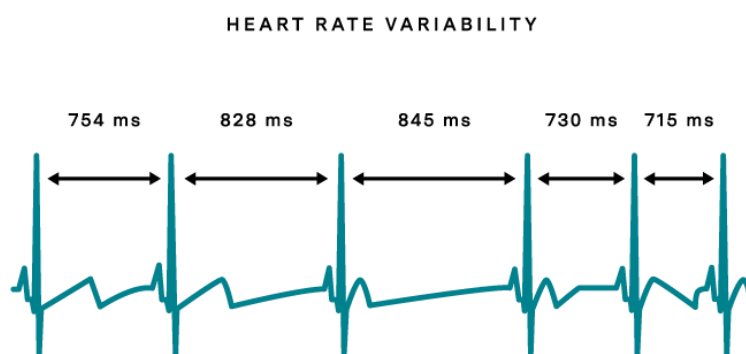
Obrázok 7 Charakteristiky srdcového napätia [30]

Vďaka elektrokardiogramu je možné získať rôzne hodnoty napätia, ako napríklad už vyššie spomenutá vlna „P“. Každá hodnota napätia znamená inú fyziologickú akciu. Vlna „P“ predstavuje depolarizáciu predsene pred kontrakciou srdca. Začiatok vlny „P“ predstavuje depolarizáciu pravej predsene a koniec vlny „P“ predstavuje depolarizáciu ľavej predsene. Pomocou EKG vieme získať aj rôzne úseky resp. intervaly ako napríklad interval QT je zloženie dvoch vĺn, ktoré reprezentujú začiatok re-polarizácie srdca

a koniec depolarizácie srdca [27]. Existujú aj ďalšie možnosti merania srdčej aktivity, ako napríklad nepretržité zaznamenávanie srdčného tlaku. Vďaka takémuto záznamu vieme identifikovať maximálnu hodnotu, R-R interval.

4.1 Srdcová variabilita

Srdcová variabilita, často označovaná ako HRV, teda heart rate variability doslovne znamená premenlivosť v činnosti srdca. Skúma srdcovú frekvenčnú činnosť. Zdravý jedinec sa dokáže rôznym záťažiam rýchlejšie prispôbiť z dôvodu vyššej variability srdčej činnosti (viď. Obrázok č.8). Organizmus dokáže rýchlejšie odpovedať na vonkajšie a vnútorné nároky ale aj podnety. Stres ako jedným z dôležitých faktorov zapríčiňuje nezdravý životný štýl, jedlo a fajčenie dokážu znížiť frekvenciu srdcovej variability a tým aj výkonnosť. Pre človeka je prirodzené a zdravé, aby boli malé odchýlky intervalov medzi pulzmi. Pokiaľ je pravidelná srdcová činnosť s veľmi malými medzami medzi pulzmi, môže to znamenať disreguláciu autonómneho nervového systému, ale aj zníženie výkonnosti kardiovaskulárneho systému a úroveň psychosomatického zdravia [31]. Srdcová variabilita je veľmi dobrým indikátorom na stres a taktiež jedna z najúčinnějších metód určenia zdravotného rizika. Vo všeobecnosti platí že vekom sa HRV, teda srdcová variabilita znižuje. Je viacero faktorov, ktoré môžu srdcovú variabilitu nejakým spôsobom ovplyvniť.



Obrázok 8 Znárodnenie srdcovej variability [32]

Stres, zlý spánok, alkohol, lieky, rôzne choroby a celkovo zlý životný štýl môžu krátkodobo znížiť HRV. Za dlhodobé zníženie HRV môže staroba, ale aj chronické ochorenia, časté stresory a nezdravé prostredie. Naopak faktor, ktorý krátkodobo zvyšuje HRV je zdravá strava, dýchacie cvičenia alebo meditovanie a lepší spánok a dlhodobo zvyšuje HRV práve celkový zdravotný štýl pod čo spadá aj stres pod kontrolou alebo kardio cvičenia [31].

4.2 Časová analýza

Z hore uvedených informácií vyplýva, že merateľná srdcová variabilita môže byť jedným z parametrov, ktoré môžu určovať stresový faktor u pilotov. Je to parameter, ktorý opisuje aktivitu srdca, z ktorého môžeme vyčítať psychologické ale aj fyziologické rozpoloženie jedinca. Na meranie srdcovej variability sa využívajú rôzne stroje ako napríklad EKG.

Medzi hlavné analytické parametre, ktoré sa používajú na lepšie pochopenie resp. prečítanie informácie o HRV, ktoré taktiež informujú o mentálnom rozpoložení jedinca sa nazývajú RNSSD, TINN, SDNN, NN50 a atď. Všetky tieto konkrétne parametre spadajú pod skupinu časových analýz [33]. Tieto metódy sa používajú najmä pri analýze srdcovej variability. Patria medzi tie najjednoduchšie a najčastejšie používané. Podávajú informácie o amplitúde, ktorú sme získali vďaka tempu, ktoré nám udáva práve srdcová variabilita [31]. Ako je vyššie spomenuté, najčastejšie sa berú normálne intervaly označujúce akos N-N alebo R-R. Vďaka rozdielu medzi tepmi srdca sa následne jednotlivými spracovaniami vieme dopracovať k rôznym výsledkom. Tieto výsledky získame pomocou rôznych štatistických metód.

Analýzy sa konajú buď krátkodobého charakteru alebo dlhodobého charakteru. Krátkodobá variabilita srdca využívajú signály, ktoré trvajú od 2-6 minút a pre dlhodobú srdcovú variabilitu môžu trvať od jednej hodiny až po 24 hodín. Za najjednoduchšiu metódu považujeme NN alebo RR, teda normálne intervaly. Pomocou neho môžeme odlišovať a monitorovať údaje ako rozdiely pri skenovaní nočnej aktivity srdca alebo dennej aktivity srdca [33]. Medzi ďalšie doplňujúce informácie, ktoré nám NN alebo RR

dáta udávajú, je aj priemernú frekvencia srdca, alebo rozdiel medzi pulzom ktorý trval najdlhšie alebo naopak najkratšie.

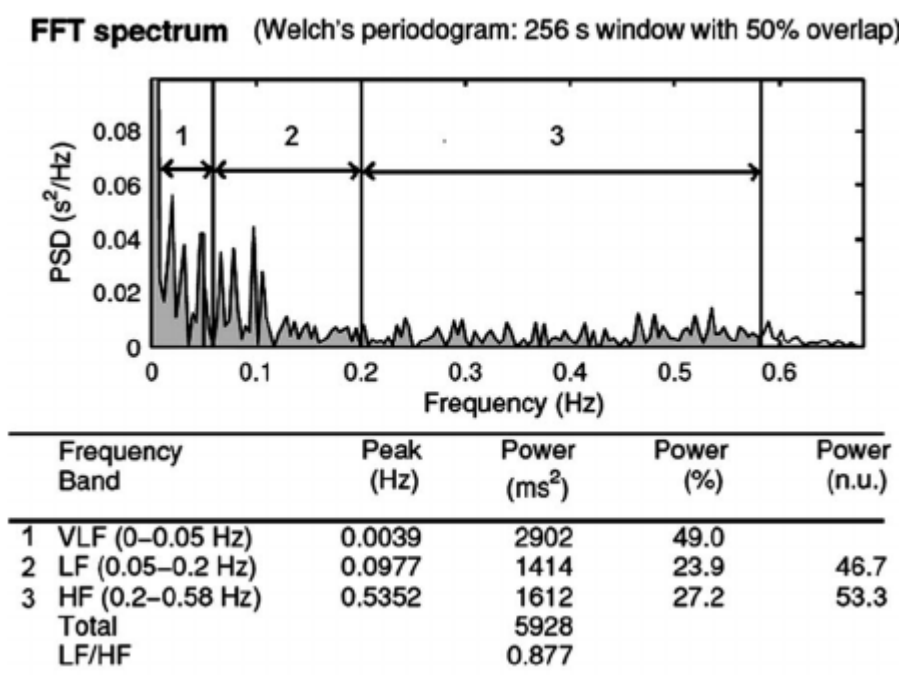
Obecne však platí, že čím merania srdcovej variability trvajú dlhšie, tým sú výsledky presnejšie a dajú sa pomocou štatistických metód komplexnejšie spracovávať [34]. Medzi ďalšie dáta, ktoré nám podávajú informácie o aktivite srdca sa rozdeľujú do ďalších dvoch skupín. Prvá skupina vyhodnocuje časové rozdiely N-N alebo R-R intervalov, ktoré sú zamerané na krátkodobú srdcovú variabilitu. Druhá skupina sa zaoberá na dlhodobú srdcovú variabilitu, ktorá berie hodnoty priamo z N-N intervalov [33]. Parameter, ktorý sa zaoberá dlhodobým meraním patrí SDNN. SDNN je skratka od „standart deviation of the NN intervals“. Metóda, ktorá vyhodnocuje rozdiely medzi N-N alebo R-R intervalmi sa nazýva RMSSD, „root mean square of successive differences“. Parameter, ktorý sa nazýva NN50 funguje na princípe merania po sebe nasledujúcich intervalov, ktoré presahujú normálnu hodnotu teda 50 ms [31]. Pre lepšiu predstavu o informáciách, ktoré ponúkajú rôzne parametre pomáha aj grafická interpretácia analýz. Za takýto parameter môžeme pokladať aj TINN. Triagulárna interpolácia NN intervalov je jednou z populárnych metód. Výsledkom je histogram, ktorý je úzko spätý práve s SDNN parametrom. Všetky hore spomenuté parametre spadajú do kategórie lineárnych metód. Na základe týchto parametrov a pomocou srdcovej variability je možné získať rôzne hodnoty a informácie, ktoré môžu byť významné pri identifikovaní stresu [34].

4.3 Frekvenčná analýza

Frekvenčná analýza sa vyhodnocuje spôsobom počítania spektrálneho signálu HRV. Spektrálna analýza výkonu HRV sa rozdeľuje do 4 nasledujúcich skupín. Nasledujúce skupiny sú extrahované zo signálu srdečnej variability. Rôzne spektrá sú spracované pomocou PSD teda power spectral desity [31], výkon spektrálnej hustoty. Celé pásmo PSD vytvára 3 základne frekvenčné pásma, do ktorých patrí VLF,LF,HF (Vid'. Obr. 9). Medzi pásma patrí aj skupina ULF „ultra low frequency“ s veľmi nízkymi frekvenciami

do 0,003 Hz. Druhá skupina sa nazýva VLF „very low frequency“, kde frekvencia dosahuje hodnotu 0.003 až 0.04 Hz .

Tretia skupina sa nazýva LF, kde skratka značí „low frequency“. Hodnoty tejto frekvencie dosahujú cca 0.04 Hz až 0.15 Hz. Posledná skupina s názvom HF „high frequency“ vysielajú na hodnotách s frekvenciami 0.15 Hz až 0.4 Hz [31].



Obrázok 9 Zobrazenie spektrálnej analýzy a jej rozdelenie [35]

Každé frekvenčné pásmo sa využíva na reflektovanie rozdielnych činností. Podľa Zacharovej výskumu [15] sa predpokladá, že vysokofrekvenčné pásmo HF odráža aktivitu parasympatikovej sféry z autonómneho nervového systému, ktorý kontroluje činnosť srdca, keďže práve autonómna nervová sústava má pod kontrolou jeho funkčnosť a výkonnosť. Nízkofrekvenčné LF pásmo odráža aktivitu sympatika a jeho výkon sa zvyšuje pri polohe sedu, alebo vzpriamenej polohe ale aj pri duševnom strese. Zistilo sa aj, že ULF pásmo sa zvyšuje pokiaľ má jedinec dennodenný dostatok pohybu. Veľmi nízke frekvenčné pásmo VLF popisuje aktivitu termoregulácie tela a je možné ho vyhodnocovať iba pri dlhodobých záznamoch, teda aspoň 24 hodín [31].

4.4 Prisma

Meta-analýza v tejto bakalárskej práci bola vykonaná v súlade s pravidlami a štruktúrou Prisma. Prisma pravidlá boli publikované v roku 2009 a skladajú sa z dvoch hlavných častí a to z kontrolného zoznamu (hlavné body ktorého sú zhrnuté v nasledujúcich odsekoch) a diagrame (Vid'. Obrázok 10).

Aby meta-analýza bola vykonaná v súlade so štruktúrou PRISMA, musí spĺňať množstvo pravidiel. Na začiatku práce alebo štúdie musí byť jasne uvedené či sa jedná o systematický výskum, meta-analýzu alebo o oboje. Prehľad alebo zhrnutie na začiatku práce musí taktiež obsahovať štruktúrovaný sumár informácií, ktoré budú rozoberané, a nesmú v ňom chýbať (podľa druhu práce): pozadie, cieľ, zdroje dát, kritéria výberu, účastníci, metóda vyhodnocovania výsledkov, metóda syntézy, výsledky, limitácie, záver a implikácie [29]. V úvode práce musí autor oboznámiť čitateľov s dôvodom výberu danej témy a taktiež musí danú tému uviesť do kontextu toho, čo už bolo pri tejto téme preskúmané.

V sekcii, ktorá pojednáva o metóde danej štúdie je dôležité spomenúť, či jestvuje kontrolný protokol, a ak áno kde je možné protokol dohľadať. Takisto musí autor špecifikovať kritéria kvality štúdie ako napríklad dĺžka štúdie, jazyk alebo status publikácie. Použité zdroje informácií musia byť dôkladne zdokumentované a proces akým boli tieto zdroje hľadané, triedené a akým spôsobom boli dáta vyberané, musí byť taktiež detailne popísaný. Opis musí byť dostatočne dôkladný na to, aby bola štúdia opakovateľná. Ku koncu tejto sekcie musí autor ešte opísať všetky riziká spojené s použitou metódou a dátami, detailne opísať formu výstupov a ich syntézu (podľa druhu štúdie) a spomenúť všetky relevantné faktory pre danú štúdiu [29].

V sekcii, ktorá rozoberá výsledky štúdie je potrebné opísať počet štúdií, ktoré boli zvažované ako potencionálne zdroje informácií a opísať postup akým boli tieto štúdie nájdené, postupne filtrované a koľko štúdií bolo nakoniec použitých v danej práci. V tejto časti je potrebné použiť vyššie spomínaný diagram. Pre každú z použitých štúdií je potrebné opísať riziká spojené s danou štúdiou. Taktiež pri každej štúdií musí autor

prezentovať výsledky tejto štúdie spolu so štatistickými informáciami, ktoré sú potrebné na syntézu týchto dát, ktorá je zároveň poslednou časťou tejto sekcie. Pri syntéze dát je opäť potrebné spomenúť detaily štatistického postupu, všetky riziká s ním spojené a všetky ďalšie relevantné informácie.

V závere práce autor zosumarizuje výsledky a ich relevantnosť na základe svojej analýzy, opíše implikácie, zosumarizuje limitácie svojej práce a opíše výsledky v kontexte predchádzajúcich štúdií. Podľa druhu práce je potrebné v úplnom závere spomenúť zdroje z ktorých bola práca financovaná [29].

Štúdie pre túto bakalársku prácu boli hľadané vo vedeckých databázach ako SCOPUS, SCIWEB a ResearchGate. Štúdie boli vyhľadávané pomocou kľúčových slov. Pri prvom vyhľadávaní, kde boli kľúčové slová „aviation, workload, stress“ bolo nájdených 122 štúdií. Každý článok bol nasledovne preštudovaný a pokiaľ spĺňoval určité parametre, bol vedecký článok pridaný do meta-analýzy.

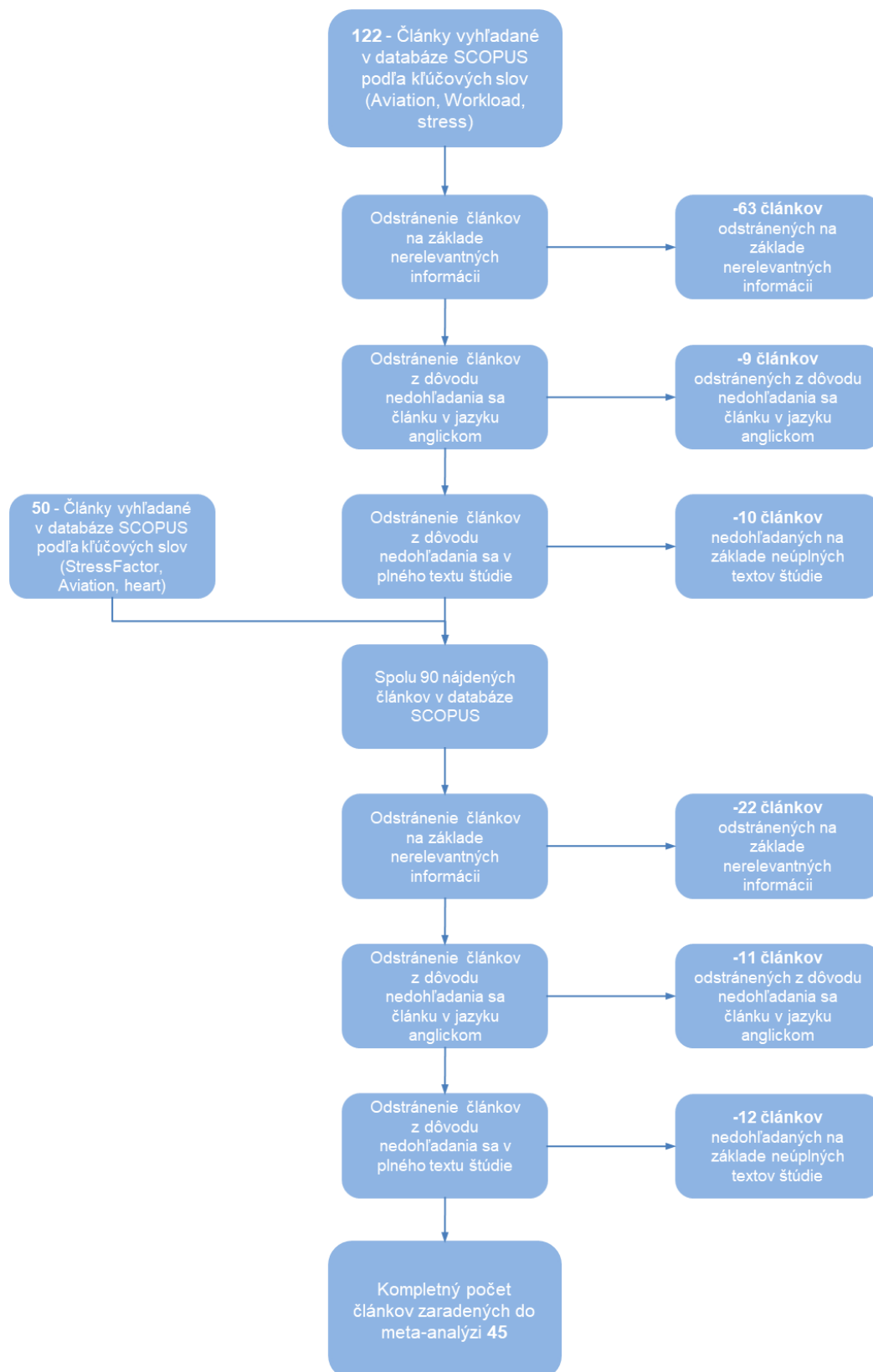
Pri prvom dohľadaní boli odstránené články z viacerých dôvodov. Najčastejšie odstraňovanie článkov bolo z dôvodu, buď že išlo o pilotné štúdie alebo ich obsah sa nestotožňoval s témou bakalárskej práce. Veľmi často išlo skôr o medicínske štúdie, ktoré neobsahovali parametre potrebné na zbieranie dát pre túto bakalársku prácu. V takýchto štúdiách boli piloti ako povolanie iba sprostredkovateľom na odhalenie kritických hraníc ľudskej výkonnosti pri odhaľovaní stresu a jeho dôsledku. Ďalej tieto kľúčové slová odhalili štúdie ktoré boli sledované na ATC. Napriek tomu že toto povolanie má bližší charakter k letectvu a k tematike, hodnoty, ktoré sa zberali pri rôznych situáciách pri úplne iných podmienkach boli odlišné, preto tieto štúdie nemohli byť pridané do meta-analýzy, keďže sa nedali porovnávať s výkonnosťnými záťažami u pilota. Z toho dôvodu boli tieto štúdie pre túto bakalársku prácu nerelevantné. Tak isto nasledovalo mnoho štúdií, ktoré sa vzťahovali na astronautov, ktorý majú tak isto veľmi odlišné podmienky pri prevádzaní úloh na získanie parametrov potrebných pre túto meta-analýzu.

Niekoľko článkov, bolo tak tiež odstránených z dôvodu neúplných textov čo znamená, že nebolo možné dohľadať na internete štúdiu v plnom znení a teda bez podstatných

informácii pre túto prácu. Ďalší faktor ktorý zredukoval počet štúdií s ktorými sa mohlo pracovať bola rozdielnosť jazykov. Často sa články nachádzali v ruskom jazyku alebo vo francúzskom jazyku a teda nebolo možné dohľadať anglickú verziu, tým pádom sa tieto články nemohli pridať do meta-analýzy. Takýmto istým spôsobom sa pokračovalo aj pri následnom zamenení kľúčových slov.

Ďalšie zadané kľúčové slová boli v znení stress, factor, aviation, heart. V drivej väčšine sa tieto články nachádzali už v predošlom vyhľadávaní. Pokiaľ sa však článok v predošlom vyhľadávaní nenašiel a vyhovoval parametrom typu dohľadateľný článok v plnom znení, vyhovujúci jazyk a obsah, bol tento článok pridaný do meta-analýzy. Pri obmieňaní kľúčových slov sa dostalo vždy k rovnakým štúdiám, tým pádom bolo vyhľadávanie článkov ukončené.

Následne sa pri jednotlivom študovaní článkov zbierali jednotlivé informácie o tom ako prebiehali rôzne štúdie, aký mali výsledok a aký parameter bol najvhodnejší pri identifikovaní stresu. V diagrame (Vid'. Obr. 10) je možné vidieť schému akým spôsobom a z akých dôvodov sa články odstraňovali z meta-analýzy.



Obrázok 10 Prisma diagram

5 Výsledky

Počas systematického zberania článkov, ktorých obsahom boli vedecké štúdie zamerané na problematiku tejto bakalárskej práce. Výsledkom sú dáta, pomocou ktorých je možné sa dopracovať ku konkrétnemu parametru, ktorý je možné považovať za identifikátora stresu. Na zbieranie týchto dát boli už spomenuté vedecké štúdie, ktorá každá z nich prebiehala predpísaným spôsobom na získanie čo najpresnejších dát. Tieto dáta sa zväčša zbierali pomocou ECG. Zvyšok sa sústredilo na PPG, a v poslednom rade boli rôzne neinvazívne zariadenia na meranie srdečnej aktivity alebo frekvenciu dýchania. Pod neinvazívnymi meračmi je možné si predstaviť napríklad rôzne náramky na ruke, ktoré pomocou infračerveného svetla merali pulz, alebo išlo o rôzne vesty, ktoré zachytávali nielen srdečnú aktivitu ale aj teplotu jedinca alebo frekvenciu dýchania.

Pri zbere vysokého počtu článkov, ktorých obsahom boli štúdie resp. výskumy, kde sa pozorovali psycho-fyziologické vlastnosti človeka. Pri množstve štúdií, ktoré sa zaoberali daným problémom a množstve rozličných úloh, ktorými sa piloti museli postaviť, sa pomocou rozličných spôsobov spracovávania dát dostalo k výsledkom. Pomocou meta-analytického spracovania je možné vidieť, že sa z celkového počtu 172 článkov použilo presne 45 článkov. Každý jeden článok bol aktívne preštudovaný a na základe toho boli vytiahnuté čo najdôležitejšie informácie, ako názov autorov, štúdie, rok vydania, vydavateľstvo, metóda, výsledok a predovšetkým parameter, ktorý sa javil podľa danej štúdie ako najpresnejší parameter na identifikáciu stresu. Tabuľky, ktorých účelom je spracovanie jednotlivých vedeckých článkov a následne vybranie konkrétneho parametra, ktorého štúdia preukázala, ako najlepšieho ukazovateľa stresu. Tento parameter sa nachádza v poslednom stĺpci tabuliek v prílohe. Takmer všetky štúdie sa nezaoberali iba jedným parametrom, ale už pri zberaní dát sa autori snažili využiť čo najviac metód spracovania, a na základe toho určiť najvhodnejší parameter na identifikáciu stresu. Vo výsledkoch, resp. závere jednotlivých štúdií, autori hovoria o parametre, ktorý sa preukazoval ako najlepším indikátorom stresu. Jednotlivé analýzy, ktoré sa používali máme bližšie vysvetlené v kapitole 4.1, 4.2 a 4.3. Vyhľadané štúdie

spolu s ich popisom a vyznačením hľadaných dôležitých parametrov sú uvedené v tabuľkách v prílohe. Na definovanie stresu sa počas rôznych iných štúdií robili aj testy, kde sa odovzdávali vzorky telesných tekutín, ako moč alebo sliny a brali sa krvné odbery, aby bola zistená hodnota kortizolu, adrenalínu alebo iných stresových hormónov resp. látok z krvi.

Výsledky ukazujú, že srdce je jedným z najpresnejších ukazovateľov stresovej prítomnosti, teda činnosti autonómneho nervového systému. Vďaka analytickým metódam a pomocou štatistických analýz srdcovej variability je možné dôjsť k rôznym výsledkom. Parametre, ktoré sa získali práve vďaka srdcovej variabilite, ako napríklad SD, RMSSD, SDNN, PPI, RRI, NN50, TINN, ktoré spadajú do časovej analýzy alebo parametre ako HF, LF, VLF, ULF, ktoré spadajú do spektrálnej analýzy, ale aj srdcoví tep, resp. Mean HR sa zdajú byť ako významnými indikátormi pre určenie hladiny stresu.

Spôsoby, ktorými sa štúdie snažili zistiť hodnotu stresovej hladiny sa diali aj pomocou rôznych emočných skúšok. Napríklad štúdia podľa a Maiola [37], ktorá sa zaoberala emocionálnymi a kognitívnymi faktormi zistila, že pokiaľ si jedinec prechádzal situáciami, ktoré mohli ovplyvniť jeho kognitívne zmýšľanie, pôsobilo na jeho rozhodnutia, resp. rýchlosť rozhodovania a kvalitu rozhodovania pozitívne. Počas štúdie bola zistená vyššie nasadenie a vyššia dávka sústredenia, čo pozitívne ovplyvnilo danú situáciu. Ak je u jedinca zvýšená motivácia, je aj pokles chýb pri rozhodnutiach počas manévrov. Štúdie [39-42] vystavovali svojich uchádzačov rôznym vonkajším stresorom, či už išlo o sociálne, alebo iné faktory. Tak isto štúdie preukázali že pokles hodnoty RMSSD srdečnej variability neznázorňuje iba stresový faktor, ktorému je jedinec vystavený, ale aj únavu ktorú pociťuje počas úloh. Výsledky štúdií sa zhodujú, že únava môže ovplyvniť, ako daný pilot znáša stresové situácie. Znamená to, že pri meraní srdečnej variability sa parameter RMSSD ukazuje nielen ako stresovým parametrom, ale aj únavovým parametrom. Tá ma vplyv na pilotovu rýchlosť reagovania pri splňovaní úloh.

Často sa štúdie zaoberali analyzovaním útočných a obranných manévrov a ich odozvu na psycho-fyziologickú reakciu jedinca. Predpokladali, že počas útočných manévrov budú

vplývať stresové faktory viac ako počas obranných manévrov. „*Jedným z ďalších faktorov ktoré môžu ovplyvniť pilota takejto vojenskej posádky je aj zdravá životospráva. Veľmi dôležitý je aj faktor svalstva, aby preventívne pri namáhaní svalov neutrpel nijakú fyzickú nehodu ako poranenie krku, ramien alebo krížov*“ [28].

Avšak štúdie sa zhodli na tom, že hodnoty počas merania oboch manévrov boli porovnateľné a ich psycho-fyziologická odpoveď bola podobná [37,43,44]. Tréningy takýchto pilotov vyžadujú rôznorodé podmienky, a preto potrebujú dosiahnuť niekedy výšku cez 15 000 kilometrov, teda 20 000 feetov. To im zabezpečuje, aby sa pri rôznych manévrov vedeli zachovať prítomnosť mysle, a to aj pri vysokých záťažových podmienkach. Pri veľmi vysokom preťažení sa telo pilota môže dostať do stavu bezvedomia, fáze „grey-out“ až po fázu black-out. Tento výpadok nielen vedomia, ale aj pohybového ústrojenstva sa však dá trénovať, a tým pádom zabrániť alebo skôr minimálne byť schopný udržať vedomie čo najdlhšie aj pri ťažších a vyšších rýchlostiach resp. záťažoch. Takýto stav je možné dosiahnuť aj vďaka simulátorom a rôznymi softvérmí a situáciami pre posádky. Čo sa týka srdečnej variability bola aktivita vyššia pri obranných manévroch. Tak isto sa niektoré štúdie zhodujú na tom, že počas manévrov sa termoregulácia jedinca nemení, resp. neovplyvňuje ju. Nezistila sa žiadna významná modifikácia v časovej ani frekvenčnej HRV doméne, čo môže byť spôsobené tým, že piloti očakávali úzkostné reakcie. To odráža vysoké zaťaženie a pripravenosť na bojové manévry lietadiel. Takmer všetky štúdie mali ako účastníkov skúsených pilotov. Bolo tak uskutočnené z toho dôvodu, aby neboli veľké odchýlky kvôli znášanlivosti rôznych stresových situácií, čo sa týka schopností a vedomostí [36,43,45].

Čo sa týka spektrálnej analýzy sa došlo ku záveru, že najčastejšie používaný analytický parameter spomedzi všetkých štúdií, boli práve parametre LF, HF a vďaka nim spracovaná kombinácia LF/HF. LF/HF bol považovaný za najpresnejší parameter až v 14 štúdiách. Pravdepodobne je to z dôvodu, že tieto parametre sú najpresnejšie spomedzi ostatných, čo sa týka sympatikovej a parasympatikovej aktivity [46-58]. Ako je vyššie spomenuté práve tieto dva systémy ľudského tela majú vysokú spojitosť s aktivitou stresových prejavov. Tieto systémy sú práve tie, ktoré vytvárajú u jedinca stres a tak isto

sa ho snažia mať pod kontrolou. Za túto funkciu vďačíme homeostáze. Štúdie poukazujú na to, ako sa ľudské telo dostáva do extrémnych limitov. Deje sa tak pri dosiahnutí rôznych úrovni podmienok, napríklad vyššie spomenuté vojenské operácie, ktoré vykonáva vojenská posádka alebo extrémne športy. Práve takáto letecká posádka spĺňa predpoklad na rôzne aktivity a úlohy pri ktorých sa ľudské telo dostáva do tých najväčších stresových situácií [41,42,58]. Preto sa medzi štúdiami zaoberajúcimi sa otuto tému často nachádza práve sledovanie a meranie stresu vojenských pilotov.

Ďalší, často používaný parameter pre identifikáciu stresu sa dá považovať práve SDNN, ktorý bol považovaný ako najpresnejší v 7 štúdiách. Napriek tomu že parameter SDNN bol často používaný v rôznych štúdiách, v štúdiách preukazuje že tento parameter nie vhodný na reflektovania adaptovateľnosti .

Štúdie, ktoré sa zaoberali Mean HR sa zhodovali predovšetkým v tom, že pred a počas letu sa ich hodnota prudko zvýšila a po lete sa dala opäť do normálnych hladín [64-69]. Je to prirodzený úkaz u každého jedinca, keď sa pri každej stresovej situácii zvýši frekvencia srdčného tepu. Štúdia podľa Hormeno [43] sa zaoberala práve takýmto meraním. Táto štúdia sledovala 29 pilotov španielskych armádnych síl, ktorých priemerný vek bol 28.3 ± 7.4 rokov, ich výška dosahovala priemerných 178.5 ± 7.4 centimetrov a ich váha dosahovala približné 75.3 ± 8.1 kilogramov. Všetci títo piloti mali približne rovnakú prax s lietaním a skúsenosťami rôznych situácií, ako napríklad vojnové konflikty v Libanone, Afganistane, Bosne a H. , Kosove alebo v Iraku. Predtým ako skúška začala, bolo pilotom presne povedané do akých situáciách sa dostanú. V stíhačke F5 spĺňali vojenský piloti všetky úlohy a predvádzali ich v plnej uniforme, ktorá vážila približne 10 kilogramov. Úlohy, ktorými mali piloti prejsť sa delili do dvoch manévrov. Prvý manéver, ktorý mali piloti zvládnuť boli zamerané na útok a druhý manéver bol zameraný na obranu, kde následne porovnávali ich fyziologické parametre. Oba manévry sa odohrávali vo výške 8 000 stôp až 18 000 stôp, kde tiažová sila u oboch manévroch bola od 0.5 G až po 5.9 G. Každá úloha trvala priemerne 35 minút. Počas týchto úloh sa pilotom sledovali rôzne životné aktivity, z ktorých sa dalo nasledovne identifikovať, ako budú rôzne hodnoty reagovať na situácie, do ktorých sa piloti dostali.

V tejto štúdií sa merali takmer všetky indikátory a to od teploty tela (BT-body temperature), tep srdca (HR), BOS, čo je zásobovanie krvi kyslíkom, kyselina mliečna v svaloch, FVC (forced vital capacity), IHS (isometric hand strenght) a ďalšie. Najdôležitejšími faktormi, kde sme mohli vidieť najväčšie odchýlky bolo práve z Mean HR. Avšak faktory, ktoré priamo miera na stres teda SSP a RPE mali zvýšenú aktivity pri nielen útočných, ale v aj obranných úlohách. Je to z dôvodu, že požadované úlohy mali vysokú požiadavku pozornosti a keďže to boli veľmi komplexné a náročné manévry, ktoré spôsobovali vysoké úrovne stresu. Tieto dáta boli spracované na základe údajov ECG, kde sa na základe hodnôt z Mean HR dostali k stresovej hodnote. Práve tieto dáta naznačujú, že piloti boli pripravený na rôzne záťažové situácie a úzkostné stavy očakávali. Z toho dôvodu neboli preukázané žiadne vyššie hodnoty pri útočných ale aj obranných častiach úlohy. Výsledky štúdie od Kinney [81] hovoria, že počet odletených hodín resp. dĺžka letu nemá vplyv na fyziologické zmeny ako napríklad rozšírenie šošoviek v oku pilota. Napriek tomu frekvencia Mean HR môže ukazovať rozdiely stresových situácií tak, ako preukázala štúdia a to tým spôsobom, že boli pozorovateľné rozdiely v parametroch pri rôznych udalostiach. Pri zlyhaní motora môže srdce reagovať minútu po uskutočnení udalosti a to tým spôsobom, že medzi prvou až štvrtou minútou sa snaží pilot pristáť. Tieto úlohy sa vždy rozdeľovali taktiež medzi očakávanú udalosť alebo neočakávanú. Samozrejme pri neočakávanej bol srdcový tep značne rýchlejší, teda vyšší, ako pri očakávanej udalosti. Avšak s porovnaním srdcového tepu BPM pilotov pri očakávanej udalosti oproti bežnému bezproblémovému letu sú taktiež zvýšené. Táto štúdia ponúka možnosť, že práve Mean HR môže byť dobrý identifikátor na detekciu stresu keďže pri bežnom lete nebol zvýšený ale pri neočakávanej ale aj očakávanej udalosti ako napríklad zlyhanie motoru sa srdcový tep zvýši. Tak ako sa zistilo v štúdiách, preukázali sa aj iné indikátory, ktoré sa prejavujú počas stresu, ako napríklad zúženie šošoviek, avšak tieto ukazovatele nie sú úplné vhodnými adeptmi na definovanie stresu. Štúdia ukázala, že nečakané udalosti v leteckom simulátore môže viesť k rôznym fyziologickým zmenám ako napríklad vzrušenie až ľaknutie sa.

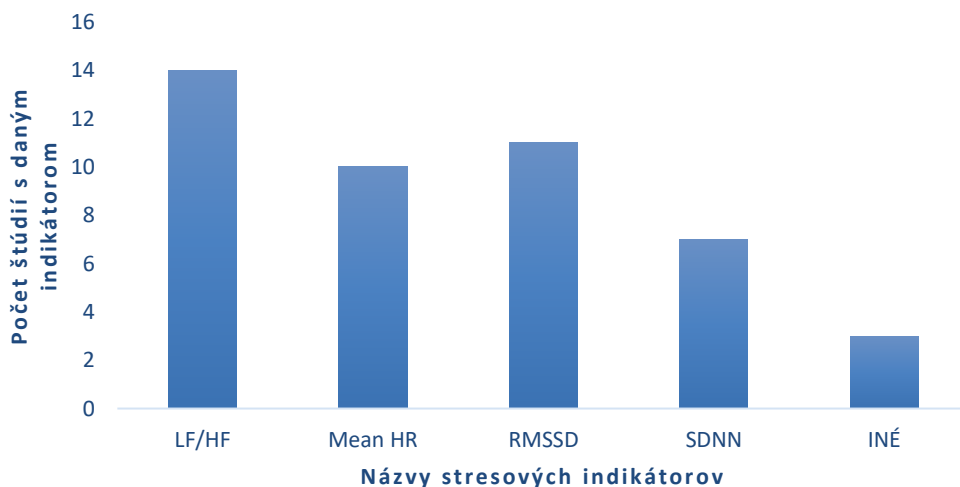
Nelineárne metódy boli taktiež použité pri štúdiách, keďže fungujú na „teórii chaosu“, teda na nepredvídateľnosti signálu. Z toho dôvodu sa môže použiť taktiež na spracovanie srdcovej variability, keďže aj tá funguje na premenlivých úderoch srdca. Nelineárne metódy vyhodnocujú kvalitatívne črty meranej časovej postupnosti, teda komplexnosť celkovej srdečnej variability a nie kvantitatívne resp. ich veľkosťou [62,70-73]. Táto metóda však nie je vhodná na použitie meranie stresových indikátorov, ale je to skôr vhodný doplnok na získanie informácií, ktoré sú vhodné pri následnom spracovaní časovej alebo frekvenčnej analýzy. Štúdia podľa Kutilka [44], ktorá sa zaoberala práve spracovaním HRV signálu nelineárnymi analýzami použila ako vzorku uchádzačov iba dvoch pilotov, preto sa dá predpokladať, že táto štúdia nie je presná z dôvodu nedostatočnosti veľkosti vzorky.

V malom množstve štúdií sa zhodoval výsledok v tom, že nevideli významnú koreláciu medzi stresom a celkovým počtom odlietanych hodín, alebo dilatácii šošoviek. Napriek tejto informácii sa množstvo štúdií práve s touto informáciou vylučuje a hovorí práve o opaku, že tieto vonkajšie prejavy patria medzi stresory počas namáhavých situácií. Medzi výsledkami jednotlivých štúdií je dôležité poznamenať, že pokiaľ sa štúdia zaoberala úlohami, ktoré sa delili medzi očakávané a neočakávané [36,45], ukázali či už ide o úlohu očakávanú, alebo ak úloha nie je očakávaná, vždy sa objaví u všetkých účastníkov spoločný znak a to je zvýšená aktivita srdca. Následne sa odoberal od pilotov pred a po ukončení vzorka moču a zisťovali sa z neho dané informácie, ktoré by mohli byť nápomocné, čo sa týka definovania hladiny stresu. Tieto štúdie [74-77] postupovali podobne v zbieraní informácií. Štúdia odobrala vzorky počas pokojného stavu teda napr. 2 dni alebo týždeň pred letom. Učinili tak, aby zistili normálové hodnoty jedinca. Následne sa odobrali vzorky v deň letu kde už boli značné zmeny v hladine látok z krvi. Na záver sa odobrali vzorky tesne po lete, na základe čoho sa spracovávali dáta, ktoré by mohli odhaliť, ktorá látka súvisí s nástupom stresovej situácie.

Množstvo štúdií sa porovnávalo s NASA TLX. Pravdepodobne to však nie je úplne vhodná komparatívna metóda voči štúdiám, ktoré sú exaktne doložené, keďže sa jedná o dotazník [78]. Ide o hodnotiaci nástroj, ktorý hodnotí pracovné zaťaženie s cieľom

posúdiť efektívnosť jedinca. Jednoducho povedané je to dotazník, v ktorom sa hodnotí výkonnosť jedinca. Využíva sa nielen v letectve, ale aj v zdravotníctve a iných odvetviach. NASA – TLX funguje na princípe hodnotenia zaťaženia, ktoré je rozdelené do 6 subškál. Tieto subškály sú: Mentálna požiadavka, fyzická požiadavka, časová požiadavka, výkon, úsilie a frustrácia.

Mayers Gibbs Type Indicator (MBTI), v preklade indikátor osobnosti podľa Mayersa a Briggsovej, pomáha porozumieť tomu, do akej „osobnosti“ sa dajú zaradiť jednotlivci. Je to spôsob, ktorý pomáha zistiť ako jednotlivci reagujú na rôzne situácie a ako sa správajú voči okoliu aj pri rôznych stresových úlohách. Výsledky vychádzajú z predpokladu správania a možnosťou toto správanie predvídať z ich charakterových črt. Následne sa jedinec zaradí do jednej zo 16 základných osobností, na základe ktorých bude možné predvídať reakcie na rôzne situácie. Tento psychometrický dotazník je navrhovaný, aby čo najpresnejšie odmeral psychologické preferencie daného jedinca. Štúdie, ktoré sa zaoberali týmto indikátorom, a dávali ho do spojitosti so zvládnutím stresových záťažach boli viaceré avšak väčšinou postupovali tak isto ako s NASA – TLX indexom. Znamená to, že štúdie sa prvotne zaoberali výsledkami dosiahnutými exaktným spôsobom a MBTI alebo NASA-TLX boli používané iba ako doplnok informácii. Vždy dáta, ktoré boli vyzbierané pomocou zariadení ako napríklad ECG a spracované pomocou matematických analýz mali prednosť, keďže boli vedecké podložené. Jedna konkrétna štúdia [79] sa zameriavala konkrétne iba na MBT Index.



Obrázok 11 Frekvencie použitých štatistických parametrov

Diskusia

Na spracovanie tejto bakalárskej práce sa použil študijný materiál, ktorý pochádzal z elektronických vedeckých databáz ako „SCOPUS“ a „Web of Science“. Všetky vybrané články sa zaoberali podobnými štúdiami, ktoré boli absolvované v čo najpodobnejších podmienkach. Bolo to uskutočnené práve z toho dôvodu, aby výsledky vybrané z daných štúdií neboli skreslené. Je dôležité podotknúť, že v tejto práci majú všetky štúdie rovnakú váhu. Znamená to, že štúdia za niekoľko miliónov dolárov má rovnakú výpovednú hodnotu ako bežné štúdie. Tento fakt je zároveň jedným z mála negatívnych vplyvov, ktoré má meta-analytické spracovanie štúdií.

V nasledujúcom texte sú zosumarizované parametre, ktoré sa ukázali ako jedným z najdôležitejších ukazovateľov stresu za účasti srdčnej variability, teda jej merania, získanej predovšetkým z elektrokardiogramu. Ďalšou možnosťou ako zistiť hladinu stresu je obsah kortizolu v slinách alebo v moči. Medzi ďalšie spôsoby merania patrí aj rytmus dýchania, resp. obsah kyslíka v krvi. Celkovo však dôkazy naznačujú, že práve dáta srdcovej variability sú najdôležitejšími pre tento výskum.

Jeden z najdôležitejších parametrov podľa štúdií môžeme pokladať práve RMSSD (the root mean square successive difference of intervals). Tento parameter sa získaval pomocou EKG a má vyššie hodnoty pri rýchlo meniacich sa signálov. Patrí do časovej analýzy čo znamená, že nie je náročný pre výpočet. Mnoho štúdií potvrdilo, že pokiaľ piloti pracovali pod nižším stresovým nasadením, ich reakcie na rôzne úlohy a manévry boli lepšie, ako keď piloti pracujú a rozhodujú sa pod stresom. Práve toto zistenie potvrdzuje výsledky, ktoré ukazujú, že parameter RMSSD je vyšší pri nestresovej situácii a parameter LF/HF má nižšie hodnoty. Znamená to, že čím väčšie odchýlky hodnôt ukazuje parameter RMSSD, tým v náročnejšej a stresovej situácii sa pilot nachádza. V praxi parameter znázorňuje parasympatický nervový systém a jeho reguláciu srdcovej činnosti. Nízke hodnoty RMSSD sa taktiež preukazujú u jedincov s cukrovkou, depresiou alebo hypertenziou.

Ďalším parametrom, ktorý sa pokladá za jeden z najdôležitejších je pomer parametrov LF/HF. Tento parameter sa získava na základe amplitúdy a oproti predchádzajúcim patrí do frekvenčnej analýzy. Naproti časovej analýze je tento parameter omnoho komplikovanejší na výpočet. Medzi frekvenčnú analýzu patria rôzne frekvenčné pásma ako napríklad pásmo HF (high frequency), vysokofrekvenčné pásmo. Vysokofrekvenčné pásmo odzrkadľuje aktivitu parasympatického nervového systému. Štúdie naznačujú, že čím sú hodnoty HF nižšie, tým sa telo jedinca nachádza pod vyšším stresom, úzkosťou, alebo panikou. Avšak vďaka parasympatickému nervovému systému sa vie telo naladiť späť do homeostázy, teda do vyrovnanej hladiny. Naopak, pásmo LF odzrkadľuje aktivitu sympatického nervového systému, ktorý je zodpovedný za zvýšené, hodnoty ku ktorým dochádza, keď sa telo pripravuje na stresovú situáciu alebo sa v nej už nachádza.

Pri meraní pilotov v rôznych záťažových situáciách index LF/HF, ktorý odráža pomer medzi sympatickými a parasympatickými aktivitami sa ukazuje ako jeden z vhodných ukazovateľov, čo sa týka odrážania stresovej aktivity u jedinca. Vedecké štúdie sa zhodujú, že pokiaľ ide o nízky pomer LF/HF, tak dominuje parasymptický nervový systém. Znamená to, že jedinec sa snaží byť v klude a šetrí si energiu alebo sa snaží správať tzv. svorkovo alebo kolektívne. Pokiaľ však ide o vysoký pomer LF/HF, ide o aktivitu sympatického nervového systému, ktorá sa charakterizuje prípravou na boj, resp. na útek.

Ďalším parametrom, ktorý sa objavoval vo vedeckých štúdiách ako vhodným indexom ukazovateľa stresu je parameter SDNN (standart deviation of NN intervals), štandardná odchýlka normálových NN intervalov. Taktiež patrí do časovej analýzy ako v prípade parametru RMSSD, čo znamená, že je taktiež jednoduchý na spracovanie, alebo výpočet. Parameter SDNN odráža celkovú aktivitu srdečnej variability ktorá koreluje s autonómnym nervovým systémom jedinca. Tak isto ako u parametru RMSSD, tak aj u parametru SDNN sa vyššie hodnoty prejavujú ako odolnosť voči stresu a naopak nízke hodnoty týchto parametrov, ako ukazovateľov stresovej záťaže, úzkosti, alebo nezvládnutie aktuálnej situácie.

Vďaka zhrnutiu výsledkov je možné sa dopracovať ku správnej metodike, ktorá poukáže na najvhodnejší parameter identifikujúci stres.

Limitácie, ktoré ovplyvňovali túto bakalársku prácu boli viaceré. Jednou z najobmedzujúcejších bola práve vysoká konkrétnosť pri hľadaní vedeckých článkov z elektronických databáz. Keďže téma stresu je veľmi rozšírená nielen v doprave ako takej, ale aj v medicíne, v rôznych povolaniach či už ide o učiteľstvo, finančníctvo a ďalších rôznych odvetviach. Z toho dôvodu je náročné nájsť články, ktoré sa priamo zaoberajú danou tematikou. Práve preto bolo nájdených mnoho článkov, ktoré sa neupriamovali iba na hľadanú tému, konkrétne stresové parametre u pilotov, ale mnoho krát išlo o články, ktoré súviseli napríklad s povolaním riadiaci letovej premávky alebo išlo o astronautické výskumy alebo o štúdie, ktoré boli vykonávané z čisto medicínskeho hľadiska, tým pádom tieto štúdie neobsahovali dáta, ktoré boli potrebné pre náš výskum.

Ďalší faktor, ktorý limitoval túto prácu bol jazyk. Štúdie sa mnohokrát písali v inom jazyku ako v anglickom, a tým pádom nebolo možné tieto štúdie pridať do bakalárskej práce, napriek tomu že podľa abstraktu išlo o štúdie, ktoré by sa obsahovo zhodovali vo výsledkoch, vďaka ktorým sa došlo k záverom na vytvorenie tejto štúdie. Často krát bol preložený do angličtiny iba abstrakt, a tým pádom sa podľa zadaných kľúčových slov objavil v elektronickej vedeckej databáze ako vyhovujúci článok. Najčastejšie išlo o francúzsky, ruský alebo kórejský jazyk. Veľký počet článkov sa taktiež nemohol zapracovať do tejto bakalárskej práce z dôvodu, že nebolo nájdený obsah daného článku v plnom znení, a taktiež sa štúdia dala vyrozumieť iba z obsahu abstraktu.

Pokiaľ ide o limitácie zamerané na celkový počet štúdií, je potrebné si uvedomiť, že drvivá väčšina vedeckých článkov z ktorých boli brané dáta do tejto bakalárskej práce sa zbierali počas letu v simulátore. Znamená to, že vtedajšie hodnoty srdečnej variability pilotov boli už pred začatím testu v simulátore, vyššie ako pri skutočnej situácii. Bolo tak z dôvodu, že piloti boli vystresovaní už z nadchádzajúcej simulačnej skúšky. Preto tieto hodnoty nemusia byť totožné s normálovými hodnotami pred reálnou situáciou v lietadle. Taktiež sa predpokladá že pri reálnej situácii by piloti mali oveľa vyššie stresové hodnoty ako pri situácii v simulátore. Tento faktor sa často štúdie snažili obmedziť tým, že rôzne

situácie v simulátore, ktorých sa piloti zúčastňovali boli často krát omnoho viac komplikovanejšie ako manévry, ktoré sa počas reálneho letu dejú, ako napríklad výpadok pohonnej jednotky alebo klzavé klesanie. Taktiež pri skutočnom lete je väčšinu času zapnutý autopilot, avšak v simulátore po celú dobu piloti riadia manuálne. Je tak uskutočnené z dôvodu väčšej náchylnosti pilotov na chyby. Takýmto spôsobmi je zaistná vierohodnosť pri zberaní dát, a čo najautentickejší výsledok pri spracovaní tejto práce.

Záver

Práca pilota je veľkou záťažou na psychiku a je veľmi náročná, pretože v stresovej situácii, napríklad pri poruche lietadla, pilot rozhoduje nie len o svojom vlastnom živote, ale aj o živote celej posádky a o živote každého z cestujúcich. Práve preto musí byť pilot, a samozrejme aj co-pilot, vždy v dokonalej psychickej a aj fyzickej kondícii, aby pri stresovej záťaži nezlyhala ani jeho racionálna myseľ a ani jeho telo.

Bakalárska práca sa venovala téme stresu, jeho vzniku z fyziologického hľadiska, vonkajším a vnútorným prejavom na jedincovi, dôsledkami pod stresovým vplyvom a najmä hľadaniu parametra, vďaka ktorému je možné hladinu stresu identifikovať. Aby sa dalo včas predísť nešťastiu, je potrebná čo najpresnejšia detekcia parametru, ktorý môže nešťastie spôsobiť, teda pod vplyvom stresu. Preto sa táto bakalárska práca venovala štúdiám, ktoré skúmali potencionálne parametre, ktoré by mohli odzrkadľovať hladinu stresu. Zistilo sa, že spomedzi dvoch analýz pri ktorých sa spracovávali dáta, časovej a frekvenčnej, sa častejšie objavovala analýza časová, ktorá nie je tak výpočtovo náročná v porovnaní s frekvenčnou analýzou. Pomocou časovej analýzy, sa zisťovali parametre ako RMSSD alebo SDNN, ktoré sa považovali za významných ukazovateľov stresu. Pokiaľ išlo o frekvenčnú analýzu, najčastejšie sa ukazoval parameter LF/HF. Práve tento parameter odzrkadľuje aktivitu nervového systému, konkrétne sympatikusu a parasympatikusu, ktoré spôsobujú že sa telo a myseľ jedinca dostáva do stresovej situácie a naopak, kedy sa telo opäť dostáva do homeostázy. Z tohto dôvodu bol parameter LF/HF najčastejšie považovaný za najpresnejšieho identifikátora stresu v ľudskom organizme.

Spracovávanie informácii pre túto bakalársku prácu bolo náročné, najmä z dôvodu limitácii, ktoré jej výsledky ovplyvňovali, ako napríklad vysoký počet nedohľadateľných článkov v anglickom jazyku, chýbajúce plné znenie článkov a články, ktoré neboli zamerané priamo na problematiku tejto bakalárskej práce. Napriek tomu bola táto práca napísaná s čo najväčšou presnosťou, keďže sa jednalo najmä o štúdie, ktoré boli podložené štatistickými dôkazmi. Keďže štúdií, ktoré sa zaoberajú touto témou je veľmi

veľa, viacero štúdií prišlo k rôznym výsledkom, ktoré sa navzájom podporovali, ale aj k výsledkom ktoré sa navzájom negovali. V budúcnosti by bolo zaujímavé sa tejto téme venovať podrobnejšie, keďže existuje veľmi veľa parametrov, ktoré môžu identifikovať stres. Ako je už spomenuté, táto bakalárska práca je založená na výsledkoch rôznych vedeckých výskumov, ktoré už niekto vykonal. Znamená to, že vysoký faktor je práve dôvera voči už uskutočneným výskumom a ich spracovaniu.

Z tejto práce vyplýva, že napriek mnohým štúdiám zaoberajúcim sa touto témou sa doteraz presne nevie identifikovať, ktorý konkrétny parameter je najvhodnejšie považovať za indikátora stresu. Napriek výsledkom tejto bakalárskej práce, ktoré hovoria o parametroch LF/HF, RMSSD a Mean HR ako najpresnejších, nebola vykonaná absolútna agregácia všetkých štúdií a ich výsledkov. Preto by bolo v budúcnosti vhodné uskutočniť ďalší výskum, ktorý sa zaoberá všetkými parametrami získaných na základe HRV a následne ich spracovať pomocou analýz, ktoré sa pokladajú za vhodné, ako ukázala táto bakalárska práca, a tým pádom sa dostať bližšie ku odokrytiu stresu a jeho identifikátora.

Zoznam použitej literatúry

- [1] HANS, S., *The Stress of My Life: A Scientists Memoirs*, McClelland and Stewart, 1977 p. 272, ISBN 9780771080500
- [2] BORENSTEIN, M. *Introduction to meta-analysis*. Chichester, West Sussex, U.K.: John Wiley& Sons, 2009, 421 p.
- [3] CARD, N. A. (2012). *Applied meta-analysis for social science research*. Guilford, New York. ISBN 9781609184995.
- [4] BORENSTEIN, M., HEDGES, L. V., HIGGINS, J., & ROTHSTEIN, H. R. (2009). *Criticisms of Meta-Analysis. Introduction to meta-analysis*, 377-387. ISBN 9780470057247
- [5] MENTEL, J., *Systema nervosum centrale*, 1939, Bratislava: Slovenská zdravotnícka univerzita v Bratislave, 2008, 161 s., lil., ISBN: 978-80-969611-1-5
- [6] PALKOVITS, M., *Neurochemical anatomy of the hypothalamus. Bulletin der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften*. 1978 Mar;34(1-3):113-130.
- [7] KIYATKIN, E.A., (2010). *Brain temperature homeostasis: physiological fluctuations and pathological shifts. Front Biosci*, 1(15), 73-92
- [8] BALOGHOVA, B., ed. *Encyclopaedia Beliana: slovenská všeobecná encyklopédia v dvanástich zväzkoch*. Bratislava: Encyklopedický ústav Slovenskej akadémie vied, 1999. ISBN 80-224-0554-x
- [9] UŠAKOVÁ, K., *Biológia pre gymnázia 6*, 1. vydanie Bratislava EXPOL pedagogika, 2005, 104 strán, ISBN 80-89003-81-8.
- [10] SCHMIDTOVÁ, K., RYBÁROVÁ S., *Autonómny nervový systém*. Košice: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, 2006. Vysokoškolské učebné texty Lekárskej fakulty UPJŠ. ISBN 80-709-762-4-1.
- [11] IHRINGOVÁ E.; VYŠŇOVSKÁ J.; Vydavateľstvo: Dr. Josef Raabe Slovensko, s.r.o.. *Biológia pre gymnázia. ročník*; Rok vydania: 2014. EAN: 9788081400322. ISBN: 978-80-8140-032-2.

- [12] MORGANE PJ, GALLER JR, MOKLER DJ, (2005). "A review of systems and networks of the limbic forebrain/limbic midbrain". *Progress in Neurobiology*. 75 (2): 143–60. doi:10.1016/j.pneurobio.2005.01.001.
- [13] ENDRÖCZI, E., *Limbic system, learning and pituitary-adrenal function*. Budapest: Akad. K, 1972. ISBN: 05-690-759-0-4
- [14] PRAŠKO, J., PRAŠKOVÁ, H., *Asertivitou proti stresu*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2007. *Psychologie pro každého*. ISBN 978-80-247-1697-8.
- [15] ZACHAROVÁ, E., HERMANOVÁ M., ŠRÁMKOVÁ J., *Zdravotnická psychologie: teorie a praktická cvičení*. Praha: Grada, 2007. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-2068-5.
- [16] RABOCH, J., ZVOLSKÝ P., *et al. Psychiatrie*. 1. vydání. Praha : Galén a Karolinum, 2001. 622 s. s. 295. ISBN 80-7262-140-8.
- [17] LAZARUS, R., S., DELONGIS A., FOLKMAN S., GRUEN R., *Stress and adaptational outcomes: The problem of confounded measures*. *American Psychologist* [online]. 1985, 40(7), 770-779 [cit. 2020-11-17]. ISSN 1935-990X. Dostupné z: doi:10.1037/0003-066X.40.7.770
- [18] CIMICKÝ, J., *Sám proti stresu*, 2007 Olympia, 1. Vydanie, Praha, s. 217, ISBN 978-80-7376
- [19] SCHREIBER, V., *Lidský stres*. 2., upr. vyd. Ilustroval Jaroslav PLESL. Praha: Academia, 2000. ISBN 80-200-0240-5.
- [20] KŘIVOHLAVÝ, J. *Jak zvládat stres*. Praha: Grada - Avicenum, 1994, 190 s. ISBN 80-716-9121-6.
- [21] ŠPINAR, J., VÍTOVEC, J., *Kardiol Rev Int Med*, jazyk periodika: čeština, ISSN 2336-288x, 2. vydání 2017, ISSN pro on-line přístup 2336-2898
- [22] *Učebnice pilota 2019: pro žáky a piloty všech druhů letounů a sportovních létajících zařízení, provozujících létání jako svou zájmovou činnost*. Cheb: Svět křídel, 2019. ISBN 978-80-7573-049-7.
- [23] ŠULC, J., *Lidský činitel: studijní modul 9*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. Učební texty dle předpisu JAR-66. ISBN 8072043641

- [25] WIEGMANN, D., A., S. A. SHAPPELL. *A human error approach to aviation accident analysis: the human factors analysis and classification system*. Aldershot: Ashgate, 2003. ISBN 0754618730.
- [26] Učebnice pilota 2019: *pro žáky a piloty všech druhů letounů a sportovních létajících zařízení, provozujících létání jako svou zájmovou činnost*. Cheb: Svět křídel, 2019. ISBN 978-80-7573-049-7.
- [27] MRAVEC, B., *Stres a adaptácia*, Bratislava: SAP, 2011 332 s, il., portr. ISBN 978-80-8095-067-5
- [28] SLUNGAARD, J. McLeod, N.D.C. Green, et al., *Incidence of G-induced loss of consciousness* GFWilson -2005 ISBN 978-0-8330-4571-3
- [29] MOHER D, LIBERATI A, TETZLAFF J, ALTMAN DG, Open Medicine (OPEN ACCESS) The PRISMA Group (2009). *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement*. Open Med 2009; 3(3); 123-130
- [30] COHEN H, KOTLER M, MATAR MA, KAPLAN Z, LOEWENTHAL U, MIODOWNIK H, CASSUTO Y (November 1998). "Analysis of heart rate variability in posttraumatic stress disorder patients in response to a trauma-related reminder". *Biological Psychiatry*. 44(10): 1054–9. doi:10.1016/S0006-3223(97)00475-7
- [31] JAVORKA, K. *akol. Variabilita frekvencie srdca: mechanizmy, hodnotenie, klinické využitie*. Martin: Osveta, 2008, 204 s., ISBN: 978-80-8063-269-4
- [32] HYE-GEUM K., EUN-JIN CH., DAI-SEG B., YOUNG HWAN L., BON-HOON K., *Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature*, *Psychiatry Investig*. 2018 Mar; 15(3): 235–245. Published online 2018 Feb 28. doi: 10.30773/pi.2017.08.17, PMID: PMC5900369
- [33] VICENÍK, K. *Analýza a modelovanie variability srdcového rytmu v časovej oblasti: Kand. diz. práca*. Bratislava: s.n, 1987. Dizertačné kandidátske práce (CSc.). Slovenská akadémia vied, Ústav merania a meracej techniky (Bratislava).
- [34] SLEZÁK, J., K. JAVORKA, M. JAVORKA a I. BÉDER. *Fyziológia kardiovaskulárneho systému.*: Vydavateľstvo Osveta, 2009, s. 115-212. ISBN 978-80-7503-291-4.

- [35] KOVÁCS, L., V. JURKOVICH, M., BAKONY, O., SZENCI, P., PÓTI a J. TŐZSÉR. *Welfare implication of measuring heart rate and heart rate variability in dairy cattle: literature review and conclusions for future research*. *Animal* [online]. 2014, 8(2), 316-330 [cit. 2020-11-25]. ISSN 1751-7311. Dostupné z: doi:10.1017/S1751731113002140
- [36] HIDALGO-MUÑOZ, A., R., MOURATILLE D., MATTON N., CAUSSE, M., ROUILLARD, Y. a EL-YAGOUBI, R., *Cardiovascular correlates of emotional state, cognitive workload and time-on-task effect during a realistic flight simulation*. *International Journal of Psychophysiology* [online]. 2018, **128**, 62-69 [cit. 2020-11-15]. ISSN 01678760. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijpsycho.2018.04.002
- [37] MAIOLO, L., MAITA F., CASTIELLO A., MINOTTI A., PECORA A., *Highly wearable wireless wristband for monitoring pilot cardiac activity and muscle fine movements*. In: *2017 IEEE International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace)* [online]. IEEE, 2017, 2017, s. 271-275 [cit. 2020-11-15]. ISBN 978-1-5090-4234-0. Dostupné z: doi:10.1109/MetroAeroSpace.2017.7999578
- [38] SOCHA, V., SOCHA L., HANAKOVA L., VALENTA V., KUSMIREK S, LALIS A., *Pilots' Performance and Workload Assessment: Transition from Analogue to Glass-Cockpit*. *Applied Sciences* [online]. 2020, **10**(15) [cit. 2020-11-16]. ISSN 2076-3417. Dostupné z: doi:10.3390/app10155211
- [39] DAHLSTROM, N., NAHLINDER, S., *Mental Workload in Aircraft and Simulator During Basic Civil Aviation Training*. *The International Journal of Aviation Psychology* [online]. 2009, **19**(4), 309-325 [cit. 2020-11-16]. ISSN 1050-8414. Dostupné z: doi:10.1080/10508410903187547
- [40] CAO, X., MACNAUGHTON, P., CADET, L. et al. *Heart Rate Variability and Performance of Commercial Airline Pilots during Flight Simulations*. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. 2019, **16**(2) [cit. 2020-11-16]. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi:10.3390/ijerph16020237
- [41] OLIVEIRA-SILVA, I., A. BOULLOSA. D., *Physical Fitness and Dehydration Influences on the Cardiac Autonomic Control of Fighter Pilots*. *Aerospace Medicine and Human Performance* [online]. 2015, **86**(10), 875-880 [cit. 2020-11-16]. ISSN 23756314. Dostupné z: doi:10.3357/AMHP.4296.2015

[42] SOCHA, V., SOCHA, L., HANÁKOVÁ, L., VAGNER, J., KALAVSKÝ, P., *Psychological training of pilots: Experimental perspective*, *Transport Means - Proceedings of the International Conference Volume 2019-October*, 2019, Pages 696-70123rd International Scientific Conference on Transport Means 2019; Hotel GabijaPalanga; Lithuania; 2 October 2019 through 4 October 2019; Code 152673

[43] HORMEÑO-HOLGADO, A. J., J. CLEMENTE-SUÁREZ V., *Effect of different combat jet manoeuvres in the psychophysiological response of professional pilots*. *Physiology & Behavior* [online]. 2019, **208** [cit. 2020-11-15]. ISSN 00319384. Dostupné z: doi:10.1016/j.physbeh.2019.112559

[44] KUTILEK, P., VOLF, P., SEDOVA, K., et al. *Heart Rate Variability During Fighter Pilot Training Preliminary Study*. In: 2019 International Conference on Military Technologies (ICMT) [online]. IEEE, 2019, 2019, s. 1-5 [cit. 2020-11-15]. ISBN 978-1-7281-4593-8. Dostupné z: doi:10.1109/MILTECHS.2019.8870071

[45] ROVEDA, J. M., FINK, W., CHEN M., WU W., *Psychological health monitoring for pilots and astronauts by tracking sleep-stress-emotion changes*. In: 2016 IEEE Aerospace Conference [online]. IEEE, 2016, 2016, s. 1-9 [cit. 2020-11-15]. ISBN 978-1-4673-7676-1. Dostupné z: doi:10.1109/AERO.2016.7500908

[46] SKIBNIEWSKI, F.W., DZIDUA, L., BARAN, P.M., PIOTROWSKI, M.A., TRUSZCZYNSKI, O.E. *Preliminary results of the LF/HF ratio as an indicator for estimating difficulty level of flight tasks*, in 2015 Aerospace Medicine and Human Performance Dostupné z: doi: 10.3357/AMHP.4087.201

[47] SOCHA, Vladimir, Jakub SCHLENKER, Peter KAL'AVKSY, Patrik KUTILEK, Lubos SOCHA, Stanislav SZABO a Pavel SMRCKA. *Effect of the change of flight, navigation and motor data visualization on psychophysiological state of pilots*. In: 2015 IEEE 13th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI) [online]. IEEE, 2015, 2015, s. 339-344 [cit. 2020-11-16]. ISBN 978-1-4799-8221-9. Dostupné z: doi:10.1109/SAMI.2015.7061900

[48] LUIG, Johannes a Alois SONTACCHI. *A speech database for stress monitoring in the cockpit*. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering* [online]. 2012, **228**(2), 284-296 [cit. 2020-11-16]. ISSN 0954-4100. Dostupné z: doi:10.1177/0954410012467944

- [49] CHU, H., Min-Hui L., HUANG, Y., LEE, S., *Simultaneous transcutaneous electrical nerve stimulation mitigates simulator sickness symptoms in healthy adults: a crossover study*. BMC Complementary and Alternative Medicine [online]. 2013, **13**(1) [cit. 2020-11-16]. ISSN 1472-6882. Dostupné z: doi:10.1186/1472-6882-13-84
- [50] GORBUNOV, V.V. *The changes of pilot's cardiac rhythm indices and components of his operator's activity during modelling flight situations*, 2007 Meditsina truda i promyshlennaia ekologiia PubMed ID: 17354596
- [51] BACKS, R.W. *Going Beyond Heart Rate: Autonomic Space and Cardiovascular Assessment of Mental Workload*. The International Journal of Aviation Psychology [online]. 1995, **5**(1), 25-48 [cit. 2020-11-16]. ISSN 1050-8414. Dostupné z: doi:10.1207/s15327108ijap0501_3
- [52] SEKIGUCHI, C., HANDA, Y., GOTOH, M., NAGASAWA, A., KURODA, I., *Evaluation method of mental workload under flight conditions*, Aviation Space and Environmental Medicine Volume 49, Issue 7, 1978, Pages 920-925
- [53] MANSIKKA, H., VIRTANEN, K., HARRIS, D., *Comparison of NASA-TLX scale, modified Cooper–Harper scale and mean inter-beat interval as measures of pilot mental workload during simulated flight tasks*. Ergonomics [online]. 2017, **62**(2), 246-254 [cit. 2020-11-16]. ISSN 0014-0139. Dostupné z: doi:10.1080/00140139.2018.1471159
- [54] NITTALA, S., K. R., COLIN P. ELKIN, J. M. KIKER, R., MEYER, J., CURRO, A., K. REITER, K., S. XU a VIJAY K. DEVABHAKTUNI. *Pilot Skill Level and Workload Prediction for Sliding-Scale Autonomy*. In: 2018 17th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA) [online]. IEEE, 2018, 2018, s. 1166-1173 [cit. 2020-11-16]. ISBN 978-1-5386-6805-4. Dostupné z: doi:10.1109/ICMLA.2018.00188
- [55] MÜHLHAUSEN, T., RADÜNTZ, T., TEWS, A., GÜRLÜK, H., FÜRSTENAU, N. *Research Design to Access the Mental Workload of Air Traffic Controllers*. AHRAM, Tareq, Waldemar KARWOWSKI a Redha TAIAR, ed. Human Systems Engineering and Design [online]. Cham: Springer International Publishing, 2019, 2019-10-17, s. 415-421 [cit. 2020-11-16]. Advances in Intelligent Systems and Computing. ISBN 978-3-030-02052-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-02053-8_63

- [56] ALAIMO, A., ESPOSITO, A., ORLANDO, C., *Cockpit Pilot Warning System: A Preliminary Study*. In: 2018 IEEE 4th International Forum on Research and Technology for Society and Industry (RTSI) [online]. IEEE, 2018, 2018, s. 1-4 [cit. 2020-11-16]. ISBN 978-1-5386-6282-3. Dostupné z: doi:10.1109/RTSI.2018.8548518
- [57] NIXON, J., CHARLES, R., *Understanding the human performance envelope using electrophysiological measures from wearable technology*. *Cognition, Technology & Work* [online]. 2017, **19**(4), 655-666 [cit. 2020-11-16]. ISSN 1435-5558. Dostupné z: doi:10.1007/s10111-017-0431-5
- [58] HANULA, M., HUTTUNEN, K., KOSKELO, J., LAITINEN, T., LEINO, T., *Comparison between artificial neural network and multilinear regression models in an evaluation of cognitive workload in a flight simulator*, *Computers in Biology and Medicine*, 2009, Dostupné z doi: 10.1016 / j.combiomed.2008.09.007
- [59] FARSKÝ, Š. a . EKG do vrecka. Martin: Osveta, 1995, 103 s. ISBN 80-967377-0-8
- [60] JORNA, P.G.A.M. *Heart rate and workload variations in actual and simulated flight*. *Ergonomics* [online]. 1993, **36**(9), 1043-1054 [cit. 2020-11-16]. ISSN 0014-0139. Dostupné z: doi:10.1080/00140139308967976
- [61] ALLSOP, J., GRAY, R., H. BULTHOFF, H., CHUANG, L., *Effects of anxiety and cognitive load on instrument scanning behavior in a flight simulation*. In: 2016 IEEE Second Workshop on Eye Tracking and Visualization (ETVIS) [online]. IEEE, 2016, 2016-10-23, s. 55-59 [cit. 2020-11-16]. ISBN 978-1-5090-4731-4. Dostupné z: doi:10.1109/ETVIS.2016.7851167
- [62] KACER, J., KRIVANEK, V., CICMANEC, L., *Physiological Data Monitoring of Members of Air Forces During Training on Simulators*. ed. World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2018 [online]. Singapore: Springer Singapore, 2019, 2019-05-30, s. 855-860 [cit. 2020-11-16]. IFMBE Proceedings. ISBN 978-981-10-9022-6. Dostupné z: doi:10.1007/978-981-10-9023-3_154
- [63] LEHRER, P., KARAVIDAS, M., LU, S., VASCHILLO, E., VASCHILLO, B., CHENG, A. *Cardiac data increase association between self-report and both expert ratings of task load and task performance in flight simulator tasks: An exploratory study*. *International Journal of Psychophysiology* [online]. 2010, **76**(2), 80-87 [cit. 2020-11-16]. ISSN 01678760. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijpsycho.2010.02.006

- [64] PATRAO, L., ZORRO, S., SILVA, J., *Physiological Factors Analysis in Unpressurized Aircraft Cabins, pen Engineering*, Open Access Volume 6, Issue 1, 2016, Pages 381-384, Dostupné z DOI: 10.1515 / eng-2016-005
- [65] WANYAN, X., ZHUANG, D., ZHANG, H., *Improving pilot mental workload evaluation with combined measures*, Bio-Medical Materials and Engineering Volume 24, Issue 6, 2014, Pages 2283-2290, Dostupné z DOI: 10.3233/BME-141041
- [66] HAGELSTEN, J.O., JESSEN, K., MANTHROPE, R., *Continuous ECG monitoring of helicopter pilots*, MedicaMundi Volume 18, Issue 2, 1973, Pages 87-89
- [67] LEE, Y.-H., LIU, B.-S., *Inflight workload assessment: Comparison of subjective and physiological measurements*, Aviation Space and Environmental Medicine Volume 74, Issue 10, 1 October 2003, Pages 1078-1084 PubMed ID: 14556571
- [68] SAMEL, A., WEGMANN, H.-M., VEJVODA, M., MANZEY, D., WENZEL, J. 1997, *Two-crew operations: Stress and fatigue during long-haul night flights* Aviation Space and Environmental Medicine 68(8), pp. 679-687
- [69] WILSON, N., GURAGAIN, B., VERMA, A., ARCHER, L., TAVAKOLIAN, K. *Blending Human and Machine: Feasibility of Measuring Fatigue Through the Aviation Headset*. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society [online]. 2020, **62**(4), 553-564 [cit. 2020-11-15]. ISSN 0018-7208. Dostupné z: doi:10.1177/0018720819849783
- [70] HANAKOVA, L., SOCHA, V., SOCHA, L., et al. *Determining importance of physiological parameters and methods of their evaluation for classification of pilots psychophysiological condition*. In: 2017 International Conference on Military Technologies (ICMT) [online]. IEEE, 2017, 2017, s. 500-506 [cit. 2020-11-16]. ISBN 978-1-5090-5666-8. Dostupné z: doi:10.1109/MILTECHS.2017.7988810
- [71] VIGO, D. E., PÉREZ LLORET, S., VIDELA, A. J., et al. *Heart Rate Nonlinear Dynamics During Sudden Hypoxia at 8230 m Simulated Altitude*. Wilderness & Environmental Medicine [online]. 2010, **21**(1), 4-10 [cit. 2020-11-16]. ISSN 10806032. Dostupné z: doi:10.1016/j.wem.2009.12.022
- [72] XI, P., LAW, A., GOUBRAN, R., SHU, CH. *Pilot Workload Prediction from ECG Using Deep Convolutional Neural Networks*. In: 2019 IEEE International Symposium on

Medical Measurements and Applications (MeMeA) [online]. IEEE, 2019, 2019, s. 1-6 [cit. 2020-11-16]. ISBN 978-1-5386-8428-3. Dostupné z: doi:10.1109/MeMeA.2019.8802158

[73] XI, P., LAW, A., GOUBRAN, R., SHU, CH. *Pilot Workload Prediction from ECG Using Deep Convolutional Neural Networks*. In: 2019 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA) [online]. IEEE, 2019, 2019, s. 1-6 [cit. 2020-11-16]. ISBN 978-1-5386-8428-3. Dostupné z: doi:10.1109/MeMeA.2019.8802158

[74] LAHTINEN, T.M.M., KOSKELO, J.P., LAITINEN, T., LEINO, T.K., *Heart rate and performance during combat missions in a flight simulator*. Aviation Space and Environmental Medicine, 2007, PubMed ID: 17484341

[75] REGULA, M., SOCHA, V., KUTÍLEK, P., HANÁKOVÁ, L., SZABO, S. *Study of heart rate as the main stress indicator in aircraft pilots* 2014, Proceedings of the 16th International Conference on Mechatronics, Mechatronika 2014 Dostupné z: doi: 10.1109/MECHATRONIKA.2014.7018334

[76] KAKIMOTO, Y., NAKAMURA, A., TARUI, H., NAGASAWA, Y., YAGURA, S., *Crew workload in JASDF C-1 transport flights: I. Change in heart rate and salivary cortisol*, Aviation Space and Environmental Medicine Volume 59, Issue 6, 1988, Pages 511-516

[77] CHEN, M. L., LU, S. Y., MAO, I. *Subjective symptoms and physiological measures of fatigue in air traffic controllers*. International Journal of Industrial Ergonomics [online]. 2019, **70**, 1-8 [cit. 2020-11-16]. ISSN 01698141. Dostupné z: doi:10.1016/j.ergon.2018.12.004

[78] COLLIGAN, L., POTTS, H.W., FINN, C.T., SINKIN, R.A (July 2015). *"Cognitive workload changes for nurses transitioning from a legacy system with paper documentation to a commercial electronic health record"*. International Journal of Medical Informatics. 84 (7): 469–476. doi:10.1016/j.ijmedinf.2015.03.003.

[79] SOHN, S.Y., JO, Y.K., *A study on the student pilot's mental workload due to personality types of both instructor and student*, 2003, Ergonomics Dostupné z: DOI: 10.1080/0014013031000121633

- [80] JAVORKA, K. a kol. . *Lekárska fyziologia: Učebnica pre lekárske fakulty*. 3, prep. a dopl. vyd. Martin: Vydavateľstvo Osveta, 2009, s. 742 ISBN 9788080632915
- [81] KINNEY, L., O'HARE, D. *Responding to an Unexpected In-Flight Event: Physiological Arousal, Information Processing, and Performance*. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* [online]. 2020, 62(5), 737-750 [cit. 2020-11-15]. ISSN 0018-7208. Dostupné z: doi:10.1177/0018720819854830
- [82] LIU, W., LU, Y., HUANG, D., FU, S., *An Analysis of Pilot's Workload Evaluation Based on Time Pressure and Effort.*, ed. *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics: Performance, Emotion and Situation Awareness* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2017, 2017-05-19, s. 32-41 [cit. 2020-11-16]. Lecture Notes in Computer Science. ISBN 978-3-319-58471-3. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-58472-0_3

Zoznam obrázkov

Obrázok 1 Poloha Hypotalama v ľudskom mozgu.....	25
Obrázok 2 Stavba miechy.....	26
Obrázok 3 Sympatický a para-sympatický systém.....	28
Obrázok 4 Limbický systém.....	29
Obrázok 5 Situácie vyvolávajúce stres.....	30
Obrázok 6 Model SHELL.....	33
Obrázok 7 Charakteristiky srdcového napätia.....	45
Obrázok 8 Znázornenie srdcovej variability.....	46
Obrázok 9 Zobrazenie spektrálnej analýzy a jej rozdelenie.....	49
Obrázok 10 Prisma diagram.....	53
Obrázok 11 Frekvencie použitých štatistických parametrov.....	59

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1 - Rozdelenie fyziologických a psychologických reakcií na stres.....	12
---	----