

Posudek na disertační práci k získání titulu "PhD" v oboru *Biomechanika*

Název práce: *Identifikace změn mechanických vlastností axiálního systému člověka v důsledku zátěžového a relaxačního režimu*

Autor práce: *Kateřina van der Kamp*

Fakulta Tělesné Výchovy a Sportu UK v Praze, katedra Anatomie a Biomechaniky

Odezva lidského organismu na vibrační zátěž je dlouhodobým problémem biomechaniky a je studována především z hlediska únavy, popř. následných patologických změn. Ukazuje se však, že v případě, že je k dispozici alespoň kvalitativní model přenosu vibrací některou z částí těla (např. páteří a jeho okolím), lze odezvu na vibrace vyhodnotit jak kvalitativně tak i v některých specifických případech i kvantitativně. Metoda přenosu vibrací páteří a okolním tkáňovým skeletem byla nazvána jeho tvůrcem Mgr. Josefem Zemanem PhD jako metoda TVS (Transfer Vibration through the Spine) a byla v předložené práci použita a ověřena na řadě konkrétních případů. Páteř, včetně meziobratlových spojení, které mají často i složitou geometrii, a jsou obecně popsány i velkým počtem materiálových parametrů, především visko-elastických parametrů jednotlivých komponent skeletu a přilehlých tkání, je komplexní biomechanický systém. Odezva tohoto systému na vibrace je u konkrétního člověka silně závislá na jeho fyzické kondici a jí doprovázejícím stupněm únavy, popř. nastupujících degenerací. Orientace v tomto ohromném množství údajů je možná jen cestou tvorby vhodných a dostatečně přesných modelů, které chování těchto systémů popisují. Jen pomocí nich lze redukovat prakticky nekonečné množství experimentální práce.

Odhlédneme-li od nesporného konkrétního významu práce v oblasti ověření nové neinvazivní metody stanovení visko-elastických vlastností páteře a okolního svalového obalu, je téma práce přínosné i z širšího gnoseologického hlediska, kterým je ověření zatím nové a unikátní metody TVS. Vyhodnocení velkého souboru probandů a analýza výsledků měření ukázala, jak by bylo možno v budoucnu zjednodušit, alespoň přibližně, stanovení visko-elastických parametrů páteře, popř. i odhalit a kvalifikovat různé patologické změny. V tomto ohledu je v daném oboru práce velice aktuální a svým pojetím i originální.

Hlavním cílem práce bylo:

1. ověřit využitelnost neinvazivní metodiky TVS pro registraci reologických změn páteře.
2. na souboru probandů vyhodnotit změny způsobené zátěží (cvičením či jízdou v automobilu)
3. posoudit zda je předložená metoda vhodná k registraci změn visko-elastických vlastností axiálního systému u těhotných žen v závislosti na stupni těhotenství.

Hodnocení.

Z úvodních částí práce je zřejmé, že autorka provedla důkladnou rešerši literatury pojednávající o vlivu vibrací na lidský organismus. Soustředila se na rezonanci jednotlivých částí těla (břicha, hlavy a důležitých vnitřních orgánů), při kterých příslušný orgán pohlcuje velké množství mechanické energie a při které může dojít k jejich trvalému poškození. Zmíněna je i reakce organismu potlačující vnik těchto rezonancí. V literatuře jsou většinou studovány vibrace nízkých frekvencí (0-20 Hz), které jsou důsledkem běhu či jízdy automobilem. Východiskem použitého modelu a následně i prováděných experimentů je buzení mechanických vibrací

(zrychlení-silové působení) na některý obratel (většinou krční C7, popř. lumbální L5) a snímání odezvy na druhém konci páteře (thorakální Th6,Th10, popř. C7). Budící frekvence je v pásmu 20-100 Hz. Mechanický model je formulován jako přenos příčných kmitů mezi segmenty páteře s uvažováním visko-elastických vlastností meziobratlových spojení a okolního vazivového korsetu. Odvozené teoretické vztahy pro souvislost velikosti vlastních (rezonančních) frekvencí a jejich útlumu jsou používány k odhadu změn visko-elastických parametrů páteře, meziobratlového spojení a okolního vazivového krunýře v důsledku zátěže (únavy), popř. pokračujícím těhotenstvím.

K práci mám následující dotazy:

Dotaz 1. Ze srovnání spektra na obr. 4.1 (C7 na L3/L1) se spektrem na obr. 4.2 (C7 na Th10/Th6) je patrný rozdíl. Na obr. 4.2 kde je snímána hrudní část páteře je zcela utlumena frekvence 30 Hz. Zřejmě jde o uzel v místě obratle Th10. Na rozdíl od toho je podobná situace na obr. 4.13 u těhotné ženy. Byl pozorován takový zřetelný pokles v tomto místě i u jiných probandů a nebo je tento jev typický jen pro nějaký typ pacientů (pro specifický fenotyp)?

Dotaz 2. Na obrázcích 4.11. a 4.12. je spektrum trénovaných jedinců a patrně, že charakter spektra není únavou příliš ovlivněn. U gymnastky je to celkem pochopitelné. Jaký druh tréninku prodělával subjekt na obr 4.12 a není frekvence 50 Hz po zátěži ovlivněna frekvencí elektrické sítě? Očekával bych, že i po zátěži bude tato frekvence utlumena. Vyčerpaný sval (vazivo) vykazuje v důsledku nárůstu množství metabolitů větší tlumení.

V práci jsem nenašel žádné podstatné věcné a jen malé tiskové chyby. Pro úplnost bych jen uvedl, že proměnná φ je zřejmě úhlová výchylka segmentu páteře od nějaké pevné referenční osy měřená v radiánech, $\dot{\varphi}$, $\ddot{\varphi}$ jsou její časové derivace. Někde se vyskytuje i rezonanční frekvence značená ω_0 , má být ω_0 . Tlumení γ není dobře odlišitelné od γ .

Na konci druhého odstavce zdola na str.75 je věta , která končí ...maximum, které signalizuje vliv únavy. Myslím, že k tomuto tvrzení není důvod. Maxima se objevují u nejvíce kmitajícího obratle a tato situace může nastat i při relaxovaném stavu, viz např. Th10 na obr. 4.2 při frekvenci cca 30 Hz.

Závěr

Práce má velmi dobrou odbornou i grafickou úroveň a tvoří kompaktní celek, počínaje formulací cílů, přes podrobnou rešerši a popis metod jak vytyčených cílů dosáhnout, až ke konkrétním výsledkům. Autorka práce samostatně připravila a vyhodnotila měření odezvy páteře, včetně jejího vazivového obalu, na vibrace generované akceleračním vibrátorem. *Cenným výsledkem je, zatím více kvalitativní vyhodnocení snímaného spektra vibrací na předem definovanou zátěž. V této oblasti spatřuji největší praktický přínos práce. Vyvinutá metoda TVS je zajímavá i z hlediska praktického klinického využití.*

Mohu konstatovat, že předložená práce splňuje ustanovení § 72, odst. 3 Zákona č. 111/1998 o vysokých školách a doporučuji proto aby byl **Kateřině Van der Kamp** po její úspěšné obhajobě, udělen titul PhD na Fakultě Tělesné výchovy a sportu UK v Praze.

V Praze dne 1. října 2013

Prof. Ing. František Maršík, DrSc
Ústav termomechaniky AVČR