

**Programy rozvoje vědních oblastí na Univerzitě Karlově (PRVOUK)**  
**PŘIHLÁŠKA PROGRAMU**

**Kód programu** (podle struktury PRVOUK):

P38

**a) Název programu:** Biologické aspekty zkoumání lidského pohybu

**b) Vědní oblast:** zátěžová fyziologie, biomechanika, kineziologie,

**c) Stručná anotace programu** (rozsah: 1/2 – 1 strana A4):

**Zaměření projektu:** Problematika lidské motoriky je předmětem studia oborů vědní oblasti biomedicínské kinantropologie (zahrnující zátěžovou fyziologii a kineziologii) i biomechaniky. Cílem projektu je monitorovat biomedicínské aspekty lidského pohybu s jejich kinematickými, strukturálními a funkčními charakteristikami. Výzkum lidského pohybu je chápán komplexně ze tří pohledů:

- I. vnitřních metabolických a biochemických pochodů, odehrávajících se v organismu pod vlivem pohybové zátěže či hypokineze – *zátěžová fyziologie*;
- II. mechanického, strukturálního a funkčního – *biomechanika* tělesné zátěže;
- III. vlivu tělesné zátěže a pohybových činností na lidskou pohybovou soustavu v kontextu fylogenetickém i ontogenetickém – *kineziologie*.

**Obsah projektu a rozvíjené vědní oblasti**

Program se bude zabývat:

1. Genetickými a metabolickými předpoklady pohybové výkonnosti i otázkami morfologie kosterního svalstva a charakteristik tělesného složení; dále otázkami základních neurofyziologických mechanismů, které se projevují při řízení pohybu v různých režimech svalové činnosti, se zaměřením na rizikové a patologické stavy pohybového aparátu. Dominantní oborový přístup: *zátěžová fyziologie*.
2. Strukturálními odezvami tkání, orgánů a orgánových soustav na dynamické zátěžové pole. Cílem je matematické vyjádření reologických parametrů termo-visko-elastických tkáňových struktur, resp. jejich tvarové a prostorové charakteristiky. Dominantní oborový přístup: *biomechanika*.
3. Neurologickými a neurofyziologickými poznatky o řízení pohybu, anatomicko-strukturálními limity lidského pohybu, poznatky z oboru fyzioterapie a léčebné rehabilitace a patologií funkce pohybové soustavy člověka a její možnou optimalizací. Dominantní oborový přístup: *kineziologie, antropomotorika*.

**Cíle a výstupy:** Předpokládané integrované výsledky z oblasti biomechaniky, zátěžové fyziologie, kineziologie a antropomotoriky budou řešit problémy důsledků hypokinetických a hyperkinetických zátěžových režimů s výstupy do oblasti teorie (principy chování biosystémů, simulační modely, zákonitosti a limity lidského pohybu). Umožní rovněž praktické aplikace (vývoj diagnostických metod, fyzioterapeutických postupů, intervenčních nutričních a pohybových programů). Využití výsledků bude zohledněno ve výuce všech biomedicínských předmětů při současném zapojení Mgr. a Ph.D. studentů do řešení projektů. Rozvoj řešené vědecké oblasti rozšiřuje badatelské aktivity v oborech biomedicínská kinantropologie a biomechanika, vytvoří podmínky pro spolupráci s významnými zahraničními partnery.

## Údaje o navrhovaných členech rady programu vč. koordinátora

Jméno, příjmení, titul	Identifikační číslo osoby*	Fakulta/součást	Datum schválení vědeckou radou fakulty/součásti
Jan Heller, doc. MUDr., CSc. – koordinátor	49265953	FTVS UK	20.6.2012
Václav Bunc, prof. Ing., CSc.	40796834	FTVS UK	20.6.2012
Karel Jelen, doc. PaedDr., CSc.	50628209	FTVS UK	20.6.2012
Otomar Kittnar, prof. MUDr., DrSc.	44391263	1. LF UK	27. 3.2012
Eva Kohlíková, doc. MUDr., CSc.	24391318	FTVS UK	20.6.2012
Pavel Kolář, prof. PaedDr., Ph.D.	46411652	2. LF UK	15. 3. 2012
Dagmar Pavlů, doc. PaedDr., CSc.	21563736	FTVS UK	20.6.2012
Josef Stingl, prof. MUDr., CSc.	82348396	3. LF UK	5. 4. 2012

\*osmimístné číslo zaměstnance UK uvedené např. na průkazu zaměstnance

### f) Orientační údaje o celkovém počtu osob zúčastněných na programu

z toho orientačně:

- počet akademických a vědeckých pracovníků: **35**
- počet studentů: **23 studentů PDS a 10 studentů Mgr.**

### Údaje o případných dalších klíčových řešitelích, kteří nejsou členy rady programu

(jmenovitě s tituly a jednou větou o odborném zaměření):

#### Biomechanika:

**Prof. Ing. František Maršík, DrSc.** – výpočtové modelování – biotermomechanika

**Prof. MUDr. Antonín Doležal, DrSc.** – porodnictví – experimentální biomechanika

**Doc. Ing. Monika Šorfová, Ph.D.** – biomechanika pohybového systému člověka

**Doc. MUDr. Jakub Otáhal, Ph.D.** – biomechanika – neurofyziologie svalové činnosti

**Ing. Petr Kubový** – biomechanika člověka, vývoj experimentálních přístrojů

**Ing. et Mgr. Ondřej Fanta** – úrazová biomechanika

#### Zátěžová fyziologie:

**Ing. Tomáš Navrátil, Ph.D.** – Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR v.v.i. Praha – zabývá se výzkumem v oblasti fyzikální chemie: výzkum a vývoj nového typu elektrochemických senzorů pro detekci sekvencí nukleotidů v DNA, aspekty modelů biologických membrán při přesunu nebezpečných kovů přes biomembránu.

**RNDr. Michael Heyrovský, CSc.** – Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR v.v.i. Praha – zabývá se elektrochemií.

**Doc. MUDr. Jiří Radvanský, CSc.** – 2. LF UK, Klinika tělovýchovného lékařství.

**Doc. MUDr. Olga Švestková, Ph.D.** – 1. LF UK, přednostka Kliniky rehabilitačního lékařství, uznávaná odbornice v oblasti fyzioterapie, ergoterapie a zdravotnické legislativy, zejména problematiky týkající se osob se speciálními potřebami.

**Doc. MUDr. PaedDr. Jan Kálal, CSc.** – 2. LF UK, uznávaný odborník v problematice fyziologie a patofyziologie u osob se speciálními potřebami.

**Doc. PhDr. Jiří Suchý, Ph.D.** – hypoxický trénink.

**PaedDr. Irena Čechovská, CSc.** – intervenční pohybové programy (plavecké sporty).

**PaedDr. Jitka Vindušková, CSc.** – intervenční pohybové programy (atletické sporty).

**PhDr. Aleš Kaplan, Ph.D.** – intervenční pohybové programy (atletické sporty).

## **h) Popis programu, včetně návaznosti na dosavadní vědecké výsledky**

Navrhovaný program „**Biologické aspekty zkoumání lidského pohybu**“ je zaměřen na výzkum motoriky člověka, která je předmětem studia oborů vědní oblasti biomedicínské kinantropologie (zahrnující zátěžovou fyziologii, kineziologii i antropomotoriku) a vědního oboru biomechaniky. Cílem navrhovaného projektu je monitorovat biomedicínské aspekty lidského pohybu s jejich kinematickými, strukturálními a funkčními charakteristikami. Výzkum lidského pohybu bude probíhat komplexně ze tří pohledů:

- mechanického, strukturálního a funkčního – biomechanika tělesné zátěže;
- z hlediska vnitřních metabolických a biochemických pochodů, odehrávajících se v organismu pod vlivem pohybové zátěže či hypokineze – zátěžová fyziologie;
- z pohledu vlivu tělesné zátěže a pohybových činností na lidskou pohybovou soustavu v kontextu fylogenetickém i ontogenetickém – kineziologie a antropomotorika.

Výzkumná činnost navazuje na dlouhodobé předchozí výzkumné aktivity, zejména výzkumný záměr MSM 0021620864 a grantové aktivity (GAČR, TAČR, GAUK atd.) zainteresovaných pracovišť FTVS UK.

### **Obsah projektu a rozvíjené vědní oblasti:**

Program se bude zabývat:

1. Genetickými a metabolickými předpoklady pohybové výkonnosti i otázkami morfologie kosterního svalstva a charakteristik tělesného složení; dále otázkami základních neurofyziologických mechanismů, které se projevují při řízení pohybu v různých režimech svalové činnosti, se zaměřením na rizikové a patologické stavy pohybového aparátu. Dominantní oborový přístup: *zátěžová fyziologie*.

2. Strukturálními odezvami tkání, orgánů a orgánových soustav na dynamické zátěžové pole. Cílem je matematické vyjádření reologických parametrů termo-visko-elastických tkáňových struktur, resp. jejich tvarové a prostorové charakteristiky. Dominantním oborovým přístupem této oblasti je *biomechanika*.

3. Neurologickými a neurofyziologickými poznatky o řízení pohybu, anatomicko-strukturálními limity lidského pohybu, poznatky z oboru fyzioterapie a léčebné rehabilitace a patologií funkce pohybové soustavy člověka a její možnou optimalizací. Dominantní oborový přístup: *kineziologie, antropomotorika*.

**Hlavní cíle a výstupy:** Předpokládané integrované výsledky z oblasti zátěžové fyziologie, biomechaniky, kineziologie a antropomotoriky budou řešit problémy důsledků hypokinetických a hyperkinetických zátěžových režimů s výstupy do oblasti teorie (principy chování biosystémů, simulační modely, zákonitosti a limity lidského pohybu). Umožní rovněž praktické aplikace (vývoj diagnostických metod, fyzioterapeutických postupů, intervenčních nutričních a pohybových programů). Využití výsledků bude zohledněno ve výuce všech biomedicínských předmětů při současném zapojení Mgr. a Ph.D. studentů do řešení projektů. Rozvoj řešené vědecké oblasti rozšiřuje badatelské aktivity v oborech biomedicínská kinantropologie a biomechanika, vytvoří podmínky pro spolupráci s významnými zahraničními partnery.

## **Spolupráce v rámci projektu PRVOUK:**

V rámci rozvoje vědního oboru Biomechanika se předpokládá spolupráce s **1.LF UK Praha (prof. MUDr. Otomar Kittnar, DrSc.)** Experimentální laboratoř srdeční elektrofyziologie, se kterou bude spolupracovat za FTVS UK Praha Laboratoř pro biomechaniku extrémních zátěží ( doc. Jelen). V rámci této spolupráce budou řešena témata: „Biomechanické aspekty dynamiky intrakraniálního tlaku při kraniocerebrálním poranění“ a „Biomechanika dýchání za fyziologických a patologických situací a v podmínkách mechanické podpory dýchacího a oběhového ústrojí“ v rámci PDS Biomechanika. Ve spolupráci s **3. LF UK (prof. MUDr. Josef Stingl, CSc.)** bude prováděna odborná výzkumná a expertní činnost na poli klinické anatomie pohybového systému, především v oblasti morfologie kosterního svalu a klinické anatomie pánve.

V rámci rozvoje vědního oboru **Kineziologie** je plánována spolupráce s 2. LF UK, garantem za FTVS UK je doc. Pavlů, za 2. LF UK **prof. PaedDr. Pavel Kolář, PhD.**

Uvedené mezifakultní spolupráce jsou zohledněny i zastoupením v radě PRVOUK (P38).

V oblasti zátěžové fyziologie, v dílčím úkolu „Genetické predispozice k pohybovým schopnostem“ je plánováno pokračovat v již navázané spolupráci s Ústavem fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, Praha, a to zejm. v oblasti fyzikální chemie a elektrochemie při řešení detekce sekvencí nukleotidů v DNA a řešení vybraných aspektů modelů biologických membrán (**Ing. Tomáš Navrátil, Ph.D., RNDr. Michael Heyrovský, CSc.**) a Endokrinologickým ústavem, zejm. s Laboratoří klinické a experimentální neuroendokrinologie (**RNDr. Jara Nedvídková, CSc.**).

V oblasti zátěžové fyziologie, v dílčím úkolu „Morfologické a funkční indikátory adaptačních a maladaptálních změn organismu navozených tělesnou zátěží“ je plánována spolupráce s Klinikou rehabilitačního lékařství 1. LF UK (**Doc. MUDr. Olga Švestková, Ph.D.**) a v dílčím úkolu „Energetická náročnost pohybových intervencí a kvantitativní a kvalitativní hodnocení pohybu v laboratorních i terénních podmínkách“ je plánována spolupráce s Klinikou tělovýchovného lékařství 2. LF UK (**Doc. MUDr. Jiří Radvanský, CSc., Doc. MUDr. PaedDr. Jan Káral, CSc.**). Na FTVS UK se předpokládají interní spolupráce, jak mezi pěti týmy uvedených dílčích úkolů, tak i tělovýchovnými pedagogy zaměřenými na oblast tréninku a intervenční pohybové programy - **Doc. PhDr. Jiří Suchý, Ph.D.** – hypoxický trénink, **PaedDr. Irena Čechovská, CSc.** – intervenční pohybové programy (plavecké sporty), **PaedDr. Jitka Vindušková, CSc., PhDr. Aleš Kaplan, Ph.D.** – intervenční pohybové programy (atletické sporty).

## **Detailnější popis programu podle jednotlivých vědních oborů rozvíjených v rámci programu PRVOUK P38:**

### **h1 – ZÁTĚŽOVÁ FYZIOLOGIE**

Hlavním zaměřením rozvoje vědního oboru **Zátěžová fyziologie** bude studium genetických a metabolických předpokladů pohybové výkonnosti, otázky morfologie kosterního svalstva a charakteristiky tělesného složení; dále budou řešeny otázky základních neurofyziologických mechanismů, které se projevují při řízení pohybu v různých režimech

svalové činnosti, se zaměřením na rizikové a patologické stavy pohybového aparátu. Řada výstupů předpokládá integrující mezioborové pojetí, ale dominantním oborovým přístupem bude **zátěžová fyziologie**.

Projekt předpokládá postup výzkumných prací v rámci tří hlavních směrů, které budou řešeny samostatnými ale navzájem spolupracujícími týmy a představují tři navzájem provázané dílčí úkoly:

- 1) Genetické predispozice k pohybovým schopnostem. Adipokiny, fyzická aktivita a endokrinní funkce tukové tkáně. Syndrom sarkopenie (ved. DÚ doc. Kohlíková).
- 2) Morfologické a funkční indikátory adaptačních a maladaptačních změn organismu navozených tělesnou zátěží (ved. DÚ doc. Heller).
- 3) Energetická náročnost pohybových intervencí a kvantitativní a kvalitativní hodnocení pohybu v laboratorních i terénních podmínkách (ved. DÚ prof. Bunc).

## **h1.1 – ZÁTĚŽOVÁ FYZIOLOGIE (1)**

### **Genetické predispozice k pohybovým schopnostem. Adipokiny, fyzická aktivita a endokrinní funkce tukové tkáně. Syndrom sarkopenie.**

Přesto, že pohybová aktivita je ve vztahu k pojmu zdraví historicky chápána jako pozitivně uznávaná skutečnost, značná část lidí dává přednost sedavému způsobu života. Nedostatečná fyzická aktivita, odrážející se i na funkci ostatních orgánů a tím i na kvalitě života, se stává stále častějším problémem, neboť je provázena dříve označovanými civilizačními chorobami, jako jsou cukrovka, hypertenze, ischemické problémy, aterosklerotické procesy atd., jež zdravotně zatěžují nejen daného klienta, ale samozřejmě i ekonomickou stránku.

Hlavními otázkami jsou genetické predispozice k pohybovým schopnostem, zahrnující i významnost spolupodílení se biochemických procesů jak ve svalu, tak ostatních orgánech, endokrinních procesů i možné indispozice včetně vlivu postupného stárnutí organismu. Není však tím míněn pouze pokles orgánových aktivit, ale i nově popisované geriatrické formy typu sarkopenie.

V návaznosti na proběhlé či probíhající výzkumy bychom se chtěli zaměřit na následující oblasti pohybové problematiky:

1. **Hodnocení úrovně pohybových schopností a odpovědí na krátkodobou pohybovou intervenci u rozdílných genotypů v genech, asociovaných s variabilní úrovní silových, rychlostně-silových a vytrvalostních schopností** s cílem posoudit vztahy mezi genovými variantami a individuální odpovědí na zvolený pohybový program při současné monitoraci biochemických markerů a antropometrických parametrů. Cílem projektu je přispět k individualizaci tréninkové zátěže s ohledem na pohybové a kondičně zdravotní cíle.

2. **Vyhodnotit klidový a pracovní energetický výdej s ohledem na genové varianty, sehrávající roli v regulaci energetického metabolismu a termogenezi** na základě premise, že i přes současné silně obezitogenní prostředí se zdaleka ne všichni jedinci stávají obézními. Výsledky kombinovaných genetických studií odhadují heritabilitu obezity v rozmezí 25 – 40%. Proteiny, které zasahují do regulace energetického metabolismu, jsou produktem kandidátních genů asociovaných s obezitou. Cílem projektu je studium důležitých interakcí mezi geny a energetickým výdejem.

3. **Adipokiny, fyzická aktivita a endokrinní funkce tukové tkáně**, kdy pozornost je zaměřena na vliv fyzické aktivity na endokrinní funkci tukové tkáně, přičemž změny hormonální funkce této tkáně jsou považovány za možné spojení mezi obezitou, inzulínovou rezistencí či zvýšeným výskytem aterosklerózy. Cílem je posoudit projevy fyzické aktivity na

změny vybraných hormonů tukové tkáně (leptin, adiponektin, Tumor necrosis faktor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) a interleukin-6, rezistin), ovlivňující tělesnou hmotnost.

4. **Sarkopenie** je geriatrický syndrom, jehož vznik se dává do souvislosti s mitochondriální dysfunkcí a projevuje se energetickým deficitem s **následnou atrofií svalových vláken**, změnou syntézy proteinů či změnami v sekreci a plazmatických hladinách hormonů (růstový hormon, androgeny, inzulin). Cílem je posoudit změny plazmatických hladin vybraných biochemických parametrů i hormonálních změn jako biomarkerů pro hodnocení pohybové aktivity.

Projekt vychází a navazuje na studie realizované v rámci Výzkumného záměru MSM 0021620864 – Aktivní životní styl v biopsychosociální kontextu – (Hl. řešitel prof.V.Bunc), který je v letech 2007-2013 řešen na UK FTVS Praha. Při řešení předpokládáme pokračování naší dlouhodobé spolupráce s Ústavem fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského Akademie věd a Endokrinogickým ústavem v Praze.

## **h1.2 – ZÁTĚŽOVÁ FYZIOLOGIE (2)**

### **Morfologické a funkční indikátory adaptačních a maladaptačních změn organismu navozených tělesnou zátěží**

Organismus člověka je v neustálé interakci s prostředím, organismus disponuje vrozenými předpoklady i geneticky limitovanými regulačními mechanismy, které se podílejí na reakcích na zatížení, postupné optimalizaci odezvy a výsledné adaptaci organismu na exogenní a endogenní změny, resp. zátěžové podněty. Jednou z forem asimilace organismu na vnější popř. vnitřní podnět resp. zatížení představuje adaptace, která pozitivně ovlivňuje šíři funkcí a kapacit lidského organismu. Na druhé straně se vykytují i různé maladaptační projevy na zatížení, které mohou být způsobeny nepřiměřeným, nekompenzovaným či jinak nevhodně působícím zatížením. Tyto maladaptační projevy se vyskytují v bezprostřední či akutní formě (Acute maladaptation effect) zatížení (např. nadměrná lokální únava organismu) i při dlouhotrvajícím (Long term maladaptation effect) nekompenzovaném zatížení (např. při jednostranném zatěžování organismu).

Tyto maladaptační projevy se mohou vyskytovat v různých formách a tvoří inherentní součást reakce organismu na zatížení resp. zatěžování organismu. Konkrétně se předpokládá výzkum v následujících oblastech:

**1) Morfofunkční asymetrie a dysbalance.** Silové dysbalance (bilaterální a ipsilaterální silový deficit mezi svalovými skupinami) mají např. u sportovců představují zvýšené riziko zranění, ale mají přímou vazbu i na úroveň sportovního výkonu. Svalové dysbalance (svalové zkrácení) jsou také indikátorem zvýšené afinity k svalovému zranění a mohou představovat limit pro podání optimálního pohybového výkonu (např. zkrácené flexory kolena ovlivňují délku běžeckého kroku). Dysbalance existují v klidovém stavu, mění se při pohybu a přetrvávají v různých formách i po zatížení.

Morfologické asymetrie na těle člověka jako je např. nesymetrická distribuce spektra tělesné vody může být výsledkem jednostranné nekompenzované pohybové aktivity a včasná identifikace a kompenzace pomocí verifikovaných intervenčních postupů by mohla jako součást sportovní přípravy již od raného věku přispět k eliminaci projevů maladaptačních procesů.

**2) Silové determinanty pohybu.** Bude se jednat o identifikaci typů sil, které mají klíčovou úlohu pro iniciaci a průběh pohybu, možnosti jejich identifikace a vytvoření pracovních norem (např. pro děti a mládež, sportující jedince různého zaměření, seniorskou populaci, pro

osoby se specifickými potřebami). Bude řešena problematika zatížení a zatěžování s ohledem na změny síly a jejích jednotlivých druhů i na funkční projevy svalů v různých fázích zatížení. Budou vyhledávány cílené diagnostické dynamometrické postupy pro konkrétní typy pohybu

**3) Senzomotorická (kinesteticko-diferenční) funkční (svalová) odezva** zaměřená na stav organismu v klidu, při iniciaci pohybu, v průběhu pohybu a po skončení pohybu, kdy se výzkumná sledování budou orientovat zejména osoby nemocní a oslabené, seniorskou populaci a osoby se specifickými potřebami.

**4) Úloha funkční zátěžové diagnostiky v objektivizaci adaptačních a maladaptačních změn lidského organismu** – Bude se jednat o implementaci současných poznatků teoretického výzkumu v oblasti zátěžové fyziologie pro rozvoj metod pro hodnocení předpokladů a efektů pohybového zatížení různých skupin populace (děti mládež, sportující jedinci, senioři, osoby se specifickými potřebami).

Celkovým cílem projektu je identifikace morfologických a funkčních indikátorů adaptace a maladaptace na zatížení organismu s dominantním oborovým přístupem zátěžové fyziologie.

Projekt vychází a navazuje na Výzkumný záměr MSM 0021620864 – Aktivní životní styl v biopsychosociální kontextu (hl. řešitel prof. V. Bunc), který je řešen na UK FTVS Praha v letech 2007-2013. Při řešení předpokládáme pokračování v navázaných zahraničních i domácích spolupracích (Aristotle University, Thessaloniki, Fakulta tělesné kultury, Universita Palackého Olomouc, Klinika dětské neurologie, 2. LF UK v Praze, Neurologická klinika 1. LF UK v Praze). Hlavní řešitelská pracoviště budou Biomedicinská laboratoř a Laboratoř sportovní motoriky UK FTVS, které disponují pokročilými laboratorními technologiemi včetně hardware i software umožňující okamžité zahájení řešení projektu.

### **h1.3 – ZÁTĚŽOVÁ FYZIOLOGIE (3)**

#### **Energetická náročnost pohybových intervencí a kvantitativní a kvalitativní hodnocení pohybu v laboratorních i terénních podmínkách.**

Při řízení pohybové intervence jak u zdravých osob, tak i u jedinců nemocných nebo zdravotně oslabených je třeba řešit vztah mezi podnětem (intervencí) a stavem organismu. V případě zdravých i nemocných osob je celková energetická náročnost pohybové intervence výchozím bodem návrhu, který může vyvolat očekávané změny (zdatnost, pracovní výkonnost, zdravotní stav). Individualizace pohybového projevu je ovlivněna jak morfologií rozhodujících svalových skupin, tak jejich funkčním stavem a samozřejmě aktuálním zdravotním stavem. U jedinců nemocných nebo zdravotně oslabených pak posouzení energetické náročnosti intervence může jednak tuto zefektivnit na straně jedné a na straně druhé snížit riziko zhoršení aktuálního zdravotního stavu. Adaptace-trénovanost se projeví ve snížení energetické náročnosti pohybové činnosti – prodloužení doby konkrétní činnosti a tím zpětně ve zlepšení efektu dlouhodobé adaptace. Stanovení energetické náročnosti vzhledem k jednotce hmotnosti nebo vzdálenosti může přispět k objektivizaci adaptačních procesů.

Pohybová způsobilost (pohybová dovednost plus stav rozhodujících svalových skupin) spolu se zdravotním stavem je rozhodujícím parametrem ovlivňujícím energetickou náročnost dané pohybové činnosti.

Základním prostředkem je kvantitativní (funkční) a kvalitativní (expertní hodnocení) hodnocení pohybu v laboratorních i terénních podmínkách. Projekt bude realizován u dětí, adolescentů, dospělých i seniorů. Vlastní hodnocení energetické náročnosti bude realizováno v reálných i laboratorních podmínkách s využitím nepřímé kalorimetrie (hodnocení spotřeby kyslíku) i individuálních vztahů mezi intenzitou zatížení a srdeční frekvencí. Rovněž tak



předpokládáme využít pro tyto účely hodnocení kinetiky kardiorepiračních parametrů (ventilace, spotřeby kyslíku, poměru respirační výměny RER, srdeční frekvence atd.).

Bude řešeno využití uvedených parametrů pro řízení a kontrolu pohybového tréninku, budou řešeny otázky stanovení minimálního objemu pohybových činností pro potřeby ovlivnění hmotnosti, nefarmakologické intervence pro ovlivnění zdravotního stavu, zlepšení kardiorepiračních funkcí, průběhu regenerace a rehabilitace, zkvalitnění pohybových dovedností – zvýšení kvality života, atd.

Projekt vychází a navazuje na Výzkumný záměr MSM 0021620864 – Aktivní životní styl v biopsychosociální kontextu – hlavní řešitel prof.V.Bunc, který je řešen na UK FTVS Praha v letech 2007-2013. Při řešení předpokládáme spolupráci s Karl-Franzens University of Graz – prof.Peter Hofmann, Vrije Universiteit Brussel – prof. J.P.Clarys, University of Leipzig – prof.J.Krug, rovněž tak předpokládáme spolupráci s 2.LF UK FTVS – doc.J.Radvanský, 1.LF UK FTVS – dr.M.Matoulek a 3.LF doc.V.Štich

Pracoviště LSM UK FTVS, které bude hlavním řešitelským pracovištěm, disponuje nezbytným hardware i software umožňující okamžité zahájení řešení projektu.

## **h2 – BIOMECHANIKA**

### **Biomechanická reflexe tkání, orgánů a orgánových systémů člověka v hypokinetickém a hyperkinetickém zátěžovém režimu**

Vědní obor Biomechanika bude rozvíjen na Katedře anatomie a biomechaniky a v Laboratoři pro biomechaniku extrémních zátěží (BEZ), které integrálním komplexem a samostatným školícím pracovištěm doktorského studia biomedicíny na Univerzitě Karlově v oboru Biomechanika.

*Předmětem základního výzkumu* jsou otázky funkční a strukturální odezvy pojivových tkání a orgánů na dynamické zátěžové pole. Potenciálními segmenty zájmu jsou traumata resp. biomechanika úrazů, biomechanické aspekty nemocí z povolání, otázky umělé náhrady resp. tkáňové inženýrství, identifikace zátěžové historie a soudněznalecká biomechanická činnost, interakce člověk-stroj a degenerativní změny v organismu. Zátěžové mechanismy jsou impaktní, vibrační i kvazi-statické. Kvantifikují se limity tolerance tkání v různých zátěžových režimech a to in vivo i ex vivo: - kraniospinální traumata, - odpovědi axiálního systému a jeho kompartmentů (kost, chrupavka, vazivový aparát), - účinek tlakové vlny na měkké i tuhé tkáně, - účinnost preventivních a terapeutických postupů a prostředků. K řešení otázek v uvedených okruzích je využíváno matematického modelování popisující interakční děje mezi okolím a sledovanou strukturou (od buňky až po orgán) a její odezvu. K tomu je parciálně využívána fyzikální chemie nezastupitelná při posuzování a řešení stability a dynamiky metabolických procesů (např. modelace či remodelace tkáně), na nichž závisí biomechanické a reologické vlastnosti biomateriálů. Pro stanovení vstupních a okrajových podmínek řešení jsou aplikovány metodiky pro 3D kinematickou a dynamickou analýzu interakce sledovaných biologických struktur.

#### *Hlavní cíle:*

- I) Stanovení reologických parametrů thermo-visko-elastických tkáňových struktur a jejich tvarové a prostorové charakteristiky.***
- II) Rozvoj simulátoru kardiovaskulárního systému***

S ohledem na finanční objem podpory budou řešeny úlohy I) jako úloha základního i aplikovaného výzkumu a úloha II) jako rozvoj konkrétní metodiky.

### ***I a ) Extracelulární matrix (ECM) – strukturální a reologická odpověď na mechanickou zátěž***

Vzhledem k faktu, že lidské tkáně jsou metazoické struktury, je pro jejich korektní funkci nezbytná podpůrná konstrukce. Za tuto konstrukci je považována mezibuněčná hmota – extracelulární matrix (ECM). Buňky jsou pak vzájemně vázány do jednotlivých typů tkání za pomoci této extracelulární matrix (Whiting, Zernicke, 2008).

Struktura a funkce EMC je jedním ze základních parametrů pro správné fungování pojivových tkání. Základní dopad mechanických vlastností ECM na buněčnou funkci (morfologie, motilita, diferenciacce, apoptóza atd.) je znám již po desetiletí (Keese, Gjaever, 1991; Opas, Dziak, 1994). Při důrazu na mechanické vlastnosti těchto tkání hraje struktura EMC stěžejní roli (Peterson, Bronzino, 2007). Za fyziologických podmínek probíhají děje v EMC v rámci předpokládaných vzorců (Mecham, 2011). Dojde-li v organismu k narušení rovnovážného stavu tkáně (popálení kůže, infarkt myokardu, gravidita, ruptura vazy, atd.) dochází často k nevratným změnám postižené tkáně a zákonitě ke strukturálním změnám v EMC. Tato změna je následně vyjádřena omezením, resp. nefunkčností postižené tkáně.

Následkem změn v postižené tkáni dochází k rozsáhlým změnám v rovnovážném stavu jedince a případným následným patologiím.

Cílem práce je odhalit podíl jednotlivých látek přítomných v EMC na celkových mechanických vlastnostech a následné porovnání vlastností těchto látek ve tkáni modifikované zátěžovým režimem nebo patologií a změnu reologických vlastností sledovaných tkání včetně změny jejich tvaru.

Vlastnosti a chování biologických tkání bude sledováno jak na úrovni mikro-, tak na úrovni makro- skopické a funkční.

Kolagen, jako nejhojněji se vyskytující protein u savců, hraje zásadní roli v biochemických a biomechanických procesech. Především biomechanický význam je fenomenální. Vnitřní organizace a tvar vláken reflektuje mechanické vlastnosti tkání, přesto přesný mechanismus fungování a podílení se na jevech mechanotransdukce a mechanosenzitivity zůstává nepopsaný.

Soubor a metodika. Bude zkoumána šlacha tendo calcaneus communis králíků v různém věku. Ihned po vyjmutí bude šlacha nařezána na 20 $\mu$ m plátky a vizualizovaná do hloubky 1500 $\mu$ m ve směru zatěžování. Organizace kolagenu I. typu je pak vizualizovaná za pomoci fotonové excitační mikroskopie (TPEM) a metody generování druhé harmonické (SHG) na detekční vlnové délce 430 nm při excitaci 860 nm. Společně s TPEM je použita metoda prostorové polarizace (0°, 60° a 120°) vláken. Obdržené snímky kolagenu I budou dále analyzovány z hlediska jasu, dominantní orientace, orientace v segmentu, stejně tak jako z hlediska kontinuity a šířky vláken.

Pro stanovení reologických parametrů bude využit bioreometr – řízený mechoelektrický systém pro detekci reologických vlastností biologických tkání s možností víceosého namáhání vzorků a kontinuálního záznamu změny tvaru vzorku.

Výsledky budou analyzovány a porovnávány s vizualizačním měřením. Předpokládá se, že mechanické změny v tkáňových (vazivových) strukturách jsou obrazem změn v extracelulární matrix. Dále se předpokládá, že na základě znalostí jednotlivých domén extracelulární matrix bude možno identifikovat mechanické vlastnosti tkáňového celku. Předpokládá se, že výsledky studie přispějí k pochopení principu vzniku a formování odezvy pojivové tkáně na mechanickou zátěž, což má široké uplatnění především v oblasti lékařství (gynekologicko-porodnická chirurgie, regenerace tkání, tkáňové inženýrství atd.). následně

bude možno kvantifikovat postupy např. při: výrobě nosičů pro tkáňové inženýrství (tuhost, uspořádání, porozita), při hysterektomii (kvantifikace možnosti využití vazů ligamentum teres uteri, ligamentum sacrouterinae pro uchycení vagíny), resp. při výrobě vhodných uterovaginálních implantátů.

*Technologie a spolupráce:*

- fotonová excitační mikroskopie (TPEM) – spolupráce AVŘ
- bioreometr a fluorescenční mikroskop – vlastní,
- morfologie 2. LF prof. Stingl.

*Návaznosti:*

Práce navazuje na výzkumné projekty katedry anatomie a biomechaniky a výzkumné projekty GAČR, TAČR, GAUK.

*Časový plán:*

1. Prvý rok - studium literatury - zhodnocení dosavadního výzkumu u nás i ve světě, příprava přehledových studií, příprava pilotní studie.
2. Druhý a třetí rok: realizace vlastního výzkumu, evaluace a srovnání dosažených výsledků se srovnatelnými zahraničními studii, modifikace témat a designu výzkumu dle aktuálních znalostních potřeb a možností pracoviště (resp. s využitím zahraničních spoluprací). Průběžná zpráva o řešení.
3. Čtvrtý a pátý rok - realizace druhé výzkumné etapy, ověřování platnosti a významnosti.  
dosažených výsledků, širší prezentační a publikační aktivita. (odborné články v periodikách uznatelných pro RIV, semináře, workshopy, konference).  
Závěrečná zpráva o řešení

### ***I b) Intervertebrální disky a menisky kolenního kloubu – reologické a tvarové změny při mechanickém zatížení***

Únavové jevy biologických tkání a jejich komplexů jsou celosvětově exponovaným problémem a jsou poměrně dobře popisovány z pohledu jejich důsledků (např. Ravnik, 2005; Frolov, 1982 a další). U řady z nich existují studie popisující i jejich limitní stavy. Tvoří základ hygienických a ergonomických norem (viz. např. Sbírka zákonů ČR 68/2010 Sb.).

Lidský pohyb je nejčastěji z pohledu biomechaniky vyjádřen kinematickými parametry (Yang, 2010). Na jedné straně tento přístup nabízí široké spektrum informací (rychlosti, dráhy, zrychlení atd.) o prováděné pohybové aktivitě, na druhé straně neposkytuje žádné informace o vnitřních biomechanicko-chemických procesech předmětných tkáních. Přesto, vzhledem k charakteristice jednotlivých tělesných segmentů, je zřejmé, že nejvíce jsou mechanicky namáhány segmenty nejbližší středové ose (páteři), nebo segmenty umístěny pod těžištěm těla (noha, bérce atd.) Ve vzájemných mechanických i funkčních vazbách jednotlivých segmentů těla hrají významnou roli jejich kloubní spojení. Mezi nesložitější a zároveň nejvíce exponované klouby (i vzhledem k funkci antigravitační) patří intervertebrální skloubení (Kurtz, Edidin, 2006) a kolenní kloub (Bergmann, 1993; Bendjaballah, 1997; Athanasiou, 2009). Pro zaručení plné funkčnosti (pohyb, stabilita, výživa, distribuce tlaků, tlumení, atd.) jsou intervertebrální disky a kolenní menisky nezbytnými vmezeřenými stavebními prvky kloubních spojení. Biomechanické veličiny určující vlastnosti těchto systémů, především v oblastech termo-visko-elastických tkání a jejich strukturálních změn, jsou ve výstupu interpretovány jako složený reologický model. Definované faktory určující předpokládaný charakter změn a odpovědi sledovaných termo-visko-elastických tkání (IVD, menisky kolenního kloubu) jsou detekovány v závislosti na době nepřetržitě krátkodobé i dlouhodobé mechanické zátěže při lokomočních aktivitách zatěžujících pohybový aparát v různých směrech působících interakčních sil.

Objektem zkoumání bude sledování dynamiky distribuce tlaku, interakčních sil, doby zatěžování a následných biomechanických charakteristik sledovaných systémů - tvarových, funkčních a reologických. K podrobné identifikaci a vyhodnocení chování těchto systémů budou použity kombinace neinvazivních zobrazovacích a diagnostických metod. (MRI), metody Transfer Vibration through Spine (TVS) a jako nástroj standardizování mechanického zatížení organismu tenzometrický systém Pedar-X a dynamometrickou plošinu Kistler.

Metoda TVS spočívá v aplikaci buzení  $\gamma$  pulzy a posléze plynule se periodicky měnícího harmonického buzení na obratle C7 a L5. Toto vlnění se přenáší podél axiálního systému a akcelerometrickými snímači je snímáno zrychlení všech trnových výběžků obratlů kterými se vlnění šíří mezi C7 až S1. Nově rozpracovaná metoda TVS Transfer Vibration through Spine (Maršík 2010; Machač, 2011) vychází z vlastností látek přenášet pulsace (vlnění obecného tvaru, tj. podélné, příčné, povrchové – Rayleighovy vlny), které vždy nesou nějakou formu energie. Většinou jde o energii mechanickou (zřídka o energii tepelnou či chemickou). Díky tomu, že mechanická energie vlny se superponuje na mechanickou energii obsaženou v jednotce objemu látky, je rychlost přenosu vlny, popř. i její útlum spojen s těmi parametry látky, které hustotu mechanické energie charakterizují, tj. elastické moduly, viskozita, popř. i plasticita. Z rychlosti šíření tlakových a smykových vln můžeme zpětně usuzovat na mechanické vlastnosti látky. Na této vlastnosti je metoda TVS založena. Dále lze předpokládat, že strukturální a tvarové změny menisků jsou detekovatelné za použití MRI založeném na T1rho, resp. T2 mapování. Metodu MRI k detekci kolenních struktur využil Kessler et al. (2006), kdy se zaměřil na analýzu změn chrupavkovitých částí kolena po extrémní zátěži. Výsledky měření ukazují na změny objemu menisků po absolvování 5, 10 a 20 km, které jsou statisticky nejvýznamnější po 5 km běhu.

Odezva kloubních segmentů (koleno, páteř) na indikovanou a přesně definovanou dynamickou zátěž je obrazem biomechanických vlastností kloubních komponent (u páteře především pak nucleus pulposus, anulus fibrosus a endplate, u menisku vlastnosti jednotlivých vrstev) a důsledkem změn v chemickém složení (např. množství kolagenu, GAGs, atd.) (Magnier, 2009) Eckstein (2006). Následný adekvátní biomechanický model umožní stanovit kvantitativní i kvalitativní definování zátěže sledované struktury. Zátěže budou definovány ve spektru hypo-hyperkinetické a součástí jejich definice bude jejich objektivizovaná klasifikace (součást projektu). Z definovaného mechanického zatěžování pak vyplývají změny tvaru a visko-elasto-plastických parametrů menisku i meziobratlových disků, jejichž znalost je krucální pro účely léčebných, terapeutických a rehabilitačních postupů a korekce zátěžových, případně nutričních režimů. Kromě toho výsledky budou navazovat a doplňovat výsledky grantového projektu TAČR

Sledovaný soubor bude tvořen skupinami žen systematicky trénujících rytmickou gymnastiku, žen kontrolní skupiny tj. necvičících, dále řidiči a soubor neřidičů, skupiny vybraných kancelářských profesí a těhotné ženy.

#### *Výsledky:*

Získané parametry tkání a jejich modely umožní simulovat odpovědi předmětných struktur při změně zátěžových režimů. Výsledky mají široké uplatnění jak v klinických (ortopedie, ortotika-protetika, léčebná rehabilitace), či fyzioterapeutických oborech, tak v obuvnickém i sportovním průmyslu.

#### *Technologie a spolupráce:*

- Qualisys 3D analýza pohybu – vlastní
- Transfer Vibration through Spine –TVS - analyzátor hustoty mechanické energie pojivové tkáně a podmínky její distribuce (in vivo) – vlastní + spolupráce AVČR + MFF - prof. Maršík

- dynamometrie Kistler – vlastní
- MRI – T1 a T2 relaxační časy - nemocnice Na Homolce

*Návaznost:*

Práce navazuje na výzkumné projekty katAB GAČR, TAČR a GAUK.

*Časový plán:*

1. Prvý rok - studium literatury - zhodnocení dosavadního výzkumu u nás i ve světě, příprava přehledových studií, příprava pilotní studie.
2. Druhý a třetí rok: realizace vlastního výzkumu, evaluace a srovnání dosažených výsledků se srovnatelnými zahraničními studii, modifikace témat a designu výzkumu dle aktuálních znalostních potřeb a možností pracoviště (resp. s využitím zahraničních spoluprací). Průběžná zpráva o řešení.
3. Čtvrtý a pátý rok - realizace druhé výzkumné etapy, ověřování platnosti a významnosti dosažených výsledků, širší prezentační a publikační aktivita. (odborné články v periodikách uznatelných pro RIV, semináře, workshopy, konference)  
Závěrečná zpráva o řešení

Třetí rozvíjející se oblastí je aplikovaná oblast úrazové biomechaniky, která přispívá výrazně k řešení problémů zranění a bezpečnosti interakcí mezi člověkem a jeho okolím – doprava, pracovní a mimopracovní aktivity –sport.

### ***I c) Biomechanická odezva cerviko-kraniální oblasti na extrémní zátěž***

Biomechanická odezva hlavy na fyziologickou a extrémní zátěž je téma úzce související zejména s biomechanikou poranění hlavy při nárazu, velmi často při dopravní nehodě, ale i při pracovních i volnočasových aktivitách.

Poranění hlavy je nejčastější příčinou ohrožení na životě. Je způsobené zejména silným nárazem hlavy do nějaké překážky. Při pohledu na tuto problematiku z hlediska nejčastějších příčin mozkových poranění zjistíme, že v popředí jsou dopravní nehody (60-80%), z toho motocyklisté asi v 10% případů, na chodce a cyklisty připadá asi 8-10%. Druhou nejčastější příčinou mozkových poranění jsou pády (10%). Za přibližně 9% traumat mozku jsou odpovědná napadení, sporty a střelná poranění. K méně než 8% kraniálních traumat dochází při práci v průmyslu, zvláště v oborech hutnictví, hornictví, stavebnictví, dřevozpracujícím průmyslu apod. (Jurán, a další, 2001).

Problematikou biomechaniky poranění hlavy se zabývá poměrně velké množství autorů (Kang, a další, 1997), (Craig, a další, 2003), (Gilchrist, 2003), (Fenner, a další, 2005), (Zhang, a další, 2006), nicméně specifikace vhodné diagnostiky biomechanické odezvy na zátěž není ještě zcela detailně zpracována. A to i přes to, že se snímání a vyhodnocování biomechanických hodnot a z nich vyplívající závěry jako jsou kriteria poranění při crashtestech používá velmi často.

Mechanismy poranění hlavy způsobené nárazem se podrobně zabýval (Ommaya, a další, 1994). Reakci hlavy na čelní, boční a zadní náraz modeloval a ověřoval (Horst, 2002) a predikci mechanismů hlavy a mozku včetně rozboru šíření vln v průběhu nárazu hlavy popsal (Brands, 2002), když detailnější prognózy poranění dosáhl použitím vypočítané vnitřní mechanické odezvy, která vzešla z vnějšího mechanického nárazu do figuríny.

(Bandak, a další, 2001) vytvořili SIMon, simulovaný monitor poranění. Zahrnuje jednoduchý model konečných prvků vyvinuté hlavy. Zabývá se jak nárazem přeneseným z vnějšího mechanického nárazu na hlavu do vnitřní mechanické odezvy tak i prognózou rizika poranění se stupněm tolerance tkáně vůči poranění. Dále byla na základě experimentů na mrtvých tělech stanovena korelace hodnoty HIC<sub>36</sub> s tabulkou AIS (Shojaati, 2003). V ČR se problematikou modelování a simulování poranění hlavy zabývá zejména Jiroušek (2007).

Při dopravních nehodách je nejohroženější částí lidského těla hlava, je to dáno jednak umístěním hlavy ve volném prostoru, v kabině automobilu, a setrvačností, kterou hlava díky své poměrně vysoké hmotnosti a silovým možnostem svalů krku může při nárazu získat. Ostatní části těla jsou většinou omezeny proti nežádoucímu pohybu – bezpečnostní pásy, airbagy a/nebo nejsou tak exponovaným místem.

Naproti tomu hlava se nachází ve volném prostoru na velmi pohyblivém spojení s krční páteří a je pak při střetu vystavena vysokým hodnotám zrychlení. Dochází proto k poranění jak krční páteře (whiplash syndrom), tak hlavy. Nežádoucí pohyb hlavy může být zmírněn opět airbagy a správně nastavenou hlavovou opěrkou.

Nejčastěji dochází k traumatickému poranění mozku. Vnitřní mechanická odezva mozku je klíčovou veličinou pro pochopení vnějšího mechanického zatížení, které způsobí poranění. Pochází z vnějšího mechanického nárazu, který je přenesen z pokožky hlavy do mozkových vláken skrze lebku. Vnitřní mechanická odezva je ovlivněna velikostí a časem trvání vnějšího mechanického rázu. Velikost vnějšího mechanického nárazu musí být taková, že napětí spojené s poraněním působí uvnitř na mozková vlákna. To znamená, že musí být překročen jistý stupeň tolerance. Trvání úderu určuje povahu a rozsah napětí v mozku. Vnitřní mechanická odezva mozku je pak určena šířením vzniklých vln. Toto šíření napěťových vln mozkovou tkání je již dlouho pokládáno za důležité při vnitřní mechanické odezvě a dle (Brands, 2002) bylo jasně poukázáno, za kterých okolností je dané šíření vlny odpovědné za vnitřní mechanickou odezvu. Při pomalejších podmínkách nárazu nastává quasi-statická odezva, při které mohou být opomenuty setrvačné účinky (Brands, 2002).

Na základě analytického užití lineární viskoelastické teorie (Brands, 2002) byly stanoveny dva typy vln šířící se v mozku.

V rámci zjištění a popisu děje probíhajícího při nárazu impaktoru na hlavu se částečně naváže na již provedený experiment zaměřený na získání hodnot zrychlení, jeho přenos a stanovení biomechanických kritérií. Měření dat bude provedeno na dvou probandech a figurině ÚSMD Manikin, kterou používá Fakulta dopravní, ČVUT v Praze pro sdružené nárazové zkoušky, tzv. crashtesty. Současně tak bude možné porovnat biomechanickou odezvu „živé“ hlavy a hlavy figuríny na náraz. Pro ověření platnosti korelace HIC (Head Injury) budou řešeny otázky vhodné detekce biomechanické odezvy hlavy a specifikovat tak jednotlivé vnitřní mechanické odezvy na základě vnějších mechanických zatížení.

*Sledovaný soubor:*

Případová studie – dle souhlasu etické komise jednotlivci-dobrovolníci.

*Metody:*

V laboratorních podmínkách budou simulována různá charakteristická zatížení, budou detekovatelné vnitřní mechanické odezvy. Bude provedena implementace biomechanické odpovědi do simulačního softwaru tak, aby co nejvíce odpovídala realitě. Na základě výsledků simulace bude možno s větší přesností vyhodnotit biomechanickou odezvu na extrémní zátěž a lépe charakterizovat kritérium poranění a možná vzniklá zranění. Bude matematicky popsán průběh impaktu a budou určeny faktory, které nejvíce ovlivňují jeho nepříznivý důsledek. Zároveň budou nalezeny veličiny charakterizující vnitřní mechanickou odezvu a stanovena vzájemná závislost mezi vnějším mechanickým zatížením a vnitřní mechanickou odezvou jako přenosová funkce daných veličin.

*Předpokládané výsledky:*

- Získání metodiky a simulace charakteristických zatížení (kontaktní, statické, dynamické, impulzní, bezkontaktní, inerciální), při různých polohách hlavy (frontální náraz, laterální náraz), pro slabé nárazy na probandech, pro silné na figuríně a modelech.
- Implementace biomechanické odpovědi do simulačního softwaru.
- Vyhodnocení biomechanické odezvy na extrémní zátěž a charakteristika kritéria poranění a možných vzniklých zranění.
- Popis děje v průběhu impaktu a stanovení stěžejních faktorů, které by nepříznivý důsledek impaktu co nejvíce snížily.
- Stanovení míry aktivace příslušných svalových skupin krku při deceleraci a akceleraci hlavy a jejich podíl na její ochraně.

#### *Technologie a spolupráce:*

- impaktor – vlastní konstrukce v laboratoři biomechaniky extrémních zátěží na FTVS UK. Jedná se o kyvadlo s akcelerometrem a možností regulace síly a tvrdosti nárazu,
- Qualisys 3D analýza pohybu – vlastní,
- Rychloběžná kamera – vlastní,
- EMG – vlastní – spolupráce 1. LF prof. Kittnar,
- SW vybavení – vlastní - Amira, Autodesk, Origin, Matlab a softwaru využívající metodu konečných prvků (Madymo, Pam-Crash) – spolupráce s Institut für Rechtsmedizin, München, BRD.

#### *Návaznost:*

Práce navazuje na výzkumné projekty katAB GAČR, TAČR a GAUK.

#### *Časový plán:*

1. Prvý rok - studium literatury - zhodnocení dosavadního výzkumu u nás i ve světě, příprava přehledových studií, příprava pilotní studie.
2. Druhý a třetí rok: realizace vlastního výzkumu, evaluace a srovnání dosažených výsledků se srovnatelnými zahraničními studii, modifikace témat a designu výzkumu dle aktuálních znalostních potřeb a možností pracoviště (resp. s využitím zahraničních spoluprací). Průběžná zpráva o řešení.
3. Čtvrtý a pátý rok - realizace druhé výzkumné etapy, ověřování platnosti a významnosti dosažených výsledků, širší prezentační a publikační aktivita. (odborné články v periodikách uznatelných pro RIV, semináře, workshopy, konference) Závěrečná zpráva o řešení.

## ***II) Klasifikace kardiovaskulárního systému s ohledem na zatížení srdce - CVS***

Kardiovaskulární onemocnění, jejich frekvence a jeho následky jsou jedním z nejdůležitějších zdravotních problémů obyvatel České republiky. Způsobují více než 56% celkové úmrtnosti v České republice. (Klener et al, 2001). Jednou z častých kardiovaskulárních chorob je hypertenze. V České republice existuje okolo 2 milionů pacientů s hypertenzí (Horký et al., 2000). Celosvětově se jedná o masivní příčiny úmrtnosti a jejich řešení vyžaduje obrovské finanční prostředky. Posuzování – ***klasifikace kvalitativních ukazatelů stavu srdečního svalu a celého kardiovaskulárního systému pomocí neinvazivních metod na vyšší úrovni*** je proto důležitým krokem v redukci problémů a příčin úmrtí v důsledku selhání CVS.

Tento projekt je pokračujícím vývojovým řešením CVS, který ve spolupráci s katAB FTVS UK Praha vyvíjí Ústav termomechaniky AVČR ( prof. Maršík ). Mezi hlavní cíle této práce patří:

- a) Stanovení výdeje energie srdečního svalu v klidu a při zatížení

- b) Odhad ( matematický ) potřebné výživy srdce v klidu a při definovaném zatížení
- c) Odhad ( matematický ) kvality a množství reakce kardiovaskulárního systému na zátěž
- d) Prověření vlivu definovaného zatížení organismu na mechanický výkon levé srdeční komory.
- e) Nalezení souvislostí mezi stenozou tepen, výživovým režimem a pohybovým zatížením organismu.
- f) Mechanická podpora srdeční práce v podmínkách srdečního selhání
- g) Mechanický výkon srdečního svalu, jeho poruchy a jejich vliv na periferní cirkulaci

Body a) až f) budou probíhat na humánních probandech rozdělených do tří kategorií: sportovci, hypertonici a běžná populace.

Body f) a g) budou souběžně probíhat na animálních probandech (prase domácí) v Experimentální laboratoři srdeční elektrofyzologie 1.LF a laboratoři Biomechaniky extrémních zátěží FTVS UK s možností prověřování reologických vlastností tepen ex vivo.

Postupné řešení jednotlivých bodů bude probíhat ve spolupráci kat. AB FTVS UK Praha, Ústavem termomechaniky AVČR ( prof. Maršík ), MFF UK Praha ( prof. Maršík ) a 1.LF UK Praha ( prof. Kittnar ).

Uvedené naznačené simulace a výpočty budou probíhat na základě vstupních dat, které se získají neinvazivními metodami – krevní tlaky, fyzikální zatížení ve W/kg, spotřeba kyslíku.

Výsledkem bude komplexnější systém identifikátorů kvality kardiovaskulárního systému, zlepšující a umožňující včasnou diagnostikou varovat před hrozícím nebezpečím selhání kardiovaskulárního systému člověka. Současně budou studovány možnosti umělé podpory selhávajícího oběhu a jejich periferního efektu. Výsledky umožní provést kvalifikované terapeutické, medicínské, nutriční a režimové zásahy do života konkrétních jedinců. Dále tento systém umožní průběžné sledování změn – jejich dynamiku – kvality kardiovaskulárního systému. Tím výrazným způsobem přispěje ke zlepšení společenských, osobních a ekonomických důsledků selhání kardiovaskulárního systému člověka.

#### *Návaznosti a spolupráce*

Tento projekt je pokračujícím vývojovým řešením CVS, který ve spolupráci s katAB FTVS UK Praha vyvíjí Ústav termomechaniky AVČR ( prof. Maršík ), 1.LF UK Praha ( prof. Kittnar ), Biomedicínská laboratoř ( doc. Heller FTVS ). Práce navazuje na výzkumný projekt katAB GAČR 407/10/1624.

#### *Časový plán:*

1. Prvý rok - studium literatury - zhodnocení dosavadního výzkumu u nás i ve světě, příprava přehledových studií , příprava pilotní studie.
2. Druhý a třetí rok: realizace vlastního výzkumu, evaluace a srovnání dosažených výsledků se srovnatelnými zahraničními studii, modifikace témat a designu výzkumu dle aktuálních znalostních potřeb a možností pracoviště. Průběžná zpráva o řešení.
3. Čtvrtý a pátý rok - realizace druhé výzkumné etapy, ověřování platnosti a významnosti dosažených výsledků, širší prezentační a publikační aktivita. (odborné články v periodikách uznatelných pro RIV, semináře, workshopy, konference).  
Závěrečná zpráva o řešení.

Experimentálním zázemím výše uvedených výzkumných úkolů z oblasti biomechaniky je **laboratoře biomechaniky extrémních zátěží (BEZ)**, působící při katedře Anatomie a biomechaniky FTVS UK. Laboratoř byla otevřena v r.2004 a představuje experimentální školicím pracovištěm doktorského studia biomedicíny na Univerzitě Karlově v oboru



biomechanika, kde je v současné době školeno více než 40 Ph.D. studentů. Je členem ISB – International Society of Biomechanics, působí soudněznalecký ústav pro forenzní biomechaniku a pracoviště je dále členem Mezinárodního uzlu pro neuroinformatiku se zaměřením na řešení otázek řízení pohybu a jeho spolehlivosti při interakci člověk – stroj (řízení automobilu, ovládací pohyby strojů, střelba apod.). V průběhu 7 let bylo v laboratoři řešeno více než 35 grantových úloh (GAČR, MZd, MPO, MD, MŠMT, GAUK, FRVŠ), více než 50 dizertačních prací a desítky prací diplomových.

### **Spolupráce rozvoje oboru Biomechanika v rámci projektu PRVOUK:**

V rámci spolupráce **1.LF UK Praha** (prof. Kittnar) Experimentální laboratoř srdeční elektrofyziologie a FTVS UK Praha (doc. Jelen) Laboratoř pro biomechaniku extrémních zátěží budou řešena témata: „Biomechanické aspekty dynamiky intrakraniálního tlaku při kranio cerebrálním poranění“ a „Biomechanika dýchání za fyziologických a patologických situací a v podmínkách mechanické podpory dýchacího a oběhového ústrojí“ v rámci PDS Biomechanika. Ve spolupráci s **3. LF UK** (prof. Stingl) bude prováděna odborná výzkumná a expertní činnost na poli klinické anatomie pohybového systému, především v oblasti morfologie kosterního svalu a klinické anatomie pánve.

**Další spolupráce pracoviště** - katedry Anatomie a biomechaniky: MFF UK, ÚTM AVČR, 1. a 2. LF UK, FyzÚ AVČR, ČVUT FS, FD, FEL, FST, Rechtsmedizin Institute Mnichov, University of Primorska, Faculty of Health Science Slovenia, University of Stuttgart, Ústav pro výzkum kolejových vozidel. Škoda Mladá Boleslav, ÚVN, Nemocnice Motol, Nemocnice Na Homolce, ADITEC Německo a další.

### **h3 – KINEZIOLOGIE**

Dílčí projekt programu PRVOUK za oblast **kineziologie** bude navazovat na dlouhodobý výzkumný záměr katedry fyzioterapie. Bude řešit problematiku v níže uvedených kategoriích.

1. Motorické vzory: deskripce geneticky podmíněných pohybových vzorů vybavovaných stimulací reflexních zón dle prof. Vojty. Jde o použití povrchové elektromyografie a elektroencefalografie pro detekci aktivovaných svalů při stimulaci zón reflexní lokomoce dle prof. Vojty pomocí manuální stimulace a pomocí stimulace elektroléčebnými proudy.
2. Lokální a celkové účinky elektroterapie: jsou ověřovány teoretické a empirické znalosti o účinku aplikace jednotlivých typů proudů v terapii na základě registrace elektrické aktivity z lokálních a vzdálených svalových skupin. Aplikace elektroléčebných proudů v kontextu vývojové kineziologie a potvrzení celotělového účinku určitých elektro-léčebných proudů na organismus otevírá cestu pro nové spektrum elektroterapie.
3. Sledování nástupu svalové únavy v režimu dynamické a statické zátěže. Je využívána povrchová elektromyografie k analýze indexu svalové únavy a šíření rychlosti akčního potenciálu na svalovém vlákně. V kombinaci s vyhodnocením výsledné mechanické odpovědi svalu je stimulována centrální a periferní složka tohoto parametru a výsledky jsou aplikovány do vybraných terapeutických technik a sportovních činností.
4. Detekce svalové činnosti zobrazovacími metodami: zavedení sonografie do sportovní a klasické fyzioterapie s cílem ověření a využití nového směru diagnostiky svalové činnosti do běžné fyzioterapeutické praxe. Sonografie výrazně podpoří rozvoj vědy založené na důkazu v oblasti fyzioterapie a tím podpoří efektivitu práce fyzioterapeuta.
5. Taping: jsou hodnoceny základní neurofyziologické mechanismy, které tuto terapeutickou techniku doprovázejí; studovány jsou především její účinky prostřednictvím elektrické a

mechanické odpovědi u jednotlivých svalů při použití různých technik tapování; evidence a detekce účinků pomocí sonografie, elektromyografie.

6. Kryoterapie: jsou sledovány účinky chladu při jeho celotělové a lokální aplikaci na výstupní mechanickou a elektrickou odpověď svalů; jsou studovány tyto parametry svalové činnosti v závislosti na časovém intervalu od aplikace chladu. Jde o využití nových technologií v poli fyzikální terapie a průkazu vlivu této terapie na organismus pomocí elektromyografie, event. sonografie.
7. Akvaterapie: prostřednictvím modifikované registrace elektromyografického signálu ve vodním prostředí jsou analyzovány definované pohybové vzory. Informace získané porovnáním elektrické aktivity svalů ve vodním prostředí a na suchu jsou následně aplikovány do terapeutických postupů.
8. Myofasciální bolestivé syndromy: je sledována široká problematika existence myo-fasciálních spoušťových bodů v teoretické a klinické rovině; jsou studovány základní neurofyziologické projevy na úrovni jednotlivých svalů.
9. Analýza pohybových vzorců ve sportu: objektivizace základních pohybových vzorců u jednotlivých sportovních činností, výsledky jsou aplikovány do korekčních terapeutických postupů.

Řešení dílčího úkolu zaměřeného na rozvoj Kineziologie bude probíhat ve **spolupráci s klinikou rehabilitace a tělovýchovného lékařství UK 2. LF** (ved. prof. PaedDr. Pavel Kolář, Ph.D.)

Spolupráce bude probíhat v rámci odborného vedení, oponování a praktické realizace bakalářských a diplomových prací studentů bakalářského a navazujícího magisterského studia oboru fyzioterapie i v rámci doktorských studijních programů. Studentům bude umožněn přístup k přístrojové diagnostické technice i ke sportovně terapeutickým prostředkům které jsou na obou pracovištích k dispozici, student či řešitel daného vědecko-výzkumného projektu bude mít možnost odborné konzultace na obou pracovištích v rámci zvoleného tématu práce. Tato vědecko-výzkumná činnost se bude týkat následujících odborných oblastí:

- Vliv CNS řízení na kvalitu posturálně – lokomočních vzorů
- Neurofyziologické přístupy v metodice posilování
- Neurofyziologické přístupy v metodice různých druhů sportů
- Nácvik gnostických a praktických funkcí v rámci sportovního tréninku
- Integrace neurofyziologického přístupu do sportovního tréninku, vliv na sportovní výkon.
- Vyšetření plicních funkcí a ovlivnění parametrů plicních funkcí prostřednictvím neurofyziologických principů jako součásti metodiky sportovního tréninku
- Funkční diagnostika a terapie jedinců s vertebrogeními obtížemi
- Funkční diagnostika a terapie jedinců s funkční poruchou gastrointestinálního traktu a somato-viscerálními vzory.
- Funkční diagnostika a terapie jedinců s poruchou rovnováhy. Vestibulární trénink a biofeedback jako součást sportovního tréninku.
- Aplikace neurofyziologických principů v rámci sportu vozíčkářů

- Vývojová kineziologie - korelace poruchy posturálně-lokomočních funkcí s poruchou funkcí praktických a gnostických.
- Pohybové a sportovní aktivity u pacientů s chronickým neurologickým onemocněním.

### **i) Kritické zhodnocení postavení vědní oblasti na UK v národním a zejména mezinárodním kontextu**

Vědní oblast oborů zabývajících se biologickými aspekty zkoumání lidského pohybu zapojených do vytyčeného Programu, je na Fakultě tělesné výchovy a sportu UK trvale rozvíjena a tvoří spolehlivý předpoklad úspěšného řešení navrhovaného Programu. Problematika biologických aspektů pohybu člověka se ve své komplexitě týká jak pedagogického procesu, tj. přípravy příštích odborníků v oblasti tělovýchovy a fyzioterapie tak i badatelských aktivit řady pracovišť Fakultě tělesné výchovy a sportu UK. Jedinečné postavení Fakulty tělesné výchovy a sportu UK spočívá v mezioborovém pojetí biomedicínských i společenskovedních disciplín, které se z různých oborových hledisek společně soustřeďují na problematiku zkoumání lidského pohybu. Posuzujeme-li postavení vědní oblasti z hlediska jednotlivých vědních disciplín, lze zaznamenat rozdíly, dané jak historickým vývojem, tak i aktuálními podmínkami, souvisejícími zejména s personálními otázkami (generační výměna pracovníků, odchody významných odborníků jednotlivých oborů), ekonomickou náročností biomedicínsky orientovaných badatelských aktivit tak i společenskou poptávkou v oblasti teoretických poznatků i prakticky orientovaných výstupů výzkumu týkajícího se význam lidského pohybu.

### **i1 – ZÁTĚŽOVÁ FYZIOLOGIE**

Ve vědním odboru zátěžová fyziologie došlo v našich podmínkách v posledních dvou desetiletích k významným změnám, z nichž lze uvést odklon od invazivních výzkumných metodik, jako byla svalová biopsie s následnou histochemickou analýzou vzorků kosterního svalu (různých svalů, např. z hlediska funkce – posturálních a fyzických nebo z hlediska podílu na dané pohybové činnosti). Došlo i k útlumu pracovišť kooperujících v oblasti základního a aplikovaného výzkumu v oblasti morfofunkční adaptability kosterního svalu jak ve Fyziologickém ústavu ČAV, tak i v rezortních ústavech zaměřených na veterinární medicínu (Výzkumný ústav hospodářských zvířat), a nemalý význam měla i generační výměna vědecko-pedagogických pracovníků, která v tomto období probíhala. V současnosti lze obdobná šetření řešit pouze v rámci zahraniční spolupráce (viz publikační aktivity navrhovatele).

Na druhou stranu bylo možno zaznamenat rozvoj v oblasti funkční zátěžové diagnostiky a vývoje laboratorních vyšetřovacích metod, kde lze např. konstatovat, že relativně dobře prozkoumaná je oblast bioenergetiky ve vztahu k zatížení a zatěžování organismu. Velmi frekventovaná oblast je i sledování reakce organismu na zátěž a sledování příslušných indikátorů, přičemž značná pozornost je věnována aerobní a anaerobní kapacitě popř. výkonu v kontrolovaných laboratorních podmínkách, kdy úroveň a kvantifikace aerobních a anaerobních indikátorů při cyklických pohybech (běh, práce na bicyklovém ergometru) byla předmětem výzkumu zejména v posledních dvou dekádách minulého století. Méně pozornosti bylo věnováno uplatňování aerobních, anaerobních i dalších funkčních předpokladů lidského

organismu v reálných podmínkách mimo laboratoř při fyzických a psychofyzických výkonech různého typu. Poměrně málo pozornosti bylo v uvedené oblasti věnováno indikátorům síly, které z fyziologického hlediska představují jednu z hlavních determinantů pohybu a např. z hlediska antropomotoriky tvoří široké spektrum latentní (konceptuální) proměnné – silové schopnosti. Jen okrajově byly silové charakteristiky svalů jako hlavního efektoru pohybu posuzovány a hodnoceny ve vztahu ke sportovnímu výkonu, prevenci zranění, ekonomice pohybu a kvantifikaci stavu, což bylo často dáno i nevhodným designem výzkumu. Poměrně málo probádanou oblastí je efekt adaptace a maladaptace na krátkodobé zatížení, resp. dlouhodobé zatěžování organismu, kde může docházet k projevům různých forem morfolo- gických a funkčních dysbalancí a asymetrií, které mají přímou resp. přes mediátor zprostředkovanou afinitu k pohybovému (sportovnímu) výkonu. Podobně je málo informací o fyziologických a patofyziologických mechanismech prevence zranění sportovce a vedení rekonvalescence sportovce po zranění (identifikace svalové atrofie, funkční deficit svalové síly apod.). Etiopatogentické mechanismy projevů maladaptací nebyly dosud dostatečně studovány z hlediska variability ve spektru krátkodobých zatížení (úroveň dysbalance ve vztahu k velikosti a modalitě zatížení organismu) ani z hlediska dlouhodobého zatěžování u jednostranně sportující populace při nedostatečné kompenzaci. Doposud nejsou známy velikosti uvedených morfolo- gických a funkčních asymetrií ve vztahu k úrovni sportovní výkonnosti, z pohledu ontogeneze ani z pohledu intersexuálních rozdílů.

Morfolo- gické asymetrie na těle člověka, jako je např. nesymetrická distribuce spektra tělesné vody, může být výsledkem jednostranné nekompensované pohybové aktivity a včasná identifikace a kompenzace pomocí verifikovaných intervenčních postupů by mohla jako součást sportovní přípravy již od raného věku přispět k eliminaci projevů maladaptacních procesů.

Obdobně poměrně málo studovanou oblastí jsou silové determinanty pohybu, chybí podrobnější znalosti o typech sil, které mají klíčovou úlohu pro iniciaci a průběh pohybu, informace o možnostech jejich identifikace a vytvoření pracovních norem pro různé skupiny populace (např. pro děti a mládež, sportující jedince různého zaměření, seniorskou populaci, pro osoby se specifickými potřebami).

Vedle oblasti síly se omezené znalosti týkají i senzomotorické (kinesteticko- diferenční) funkční (svalové) odezvy zaměřené na stav organismu v klidu, při iniciaci pohybu, v průběhu pohybu a po skončení pohybu.

Relativně dobrou úroveň dosaženou v oblasti funkční zátěžové diagnostiky bude třeba dále udržovat a rozšířit i na problematiku objektivizace adaptačních a maladaptacních změn lidského organismu, a to implementací současných poznatků teoretického výzkumu v oblasti zátěžové fyziologie pro rozvoj metod pro hodnocení předpokladů a efektů pohybového zatížení různých skupin populace.

V současnosti se celosvětově výzkum pohybové aktivity zaměřuje na komplexní fyziologii a genetické dispozice především u neurologických poruch pohybu. Je snaha identifikovat nové geny pro ataxie, Parkinsonovu chorobu (PD), dystonie a spastické paraplegie, a tím podhalit klinicko- genetické korelace u těchto onemocnění. Výsledky jsou využívány především v klinické praxi, což je však na druhé straně limitující pro objektivizaci pohybové aktivity u zdravých jedinců. Při studiu mechanismů regulace vlastností nervosvalového aparátu hraje významnou úlohu vhodný experimentální model, kde znalost mechanismů podmiňujících funkceschopnost nervosvalového aparátu je zároveň předpokladem pro úspěšnost regeneračního procesu probíhajícího v kosterním svalu. A zde hraje nepopíratelně významnou roli genetická predispozice jak ke strukturálním projevům svalových vláken, tak biochemicko- hormonálním reakcím a odpovědím, které jsou také geneticky determinovány. Genetická variabilita jak mezi jednotlivými populacemi, tak intrapopulačně je natolik složitá, že jen v některých vybraných znacích lze hovořit o vlivu kandidátních genů na pohybový

system, avšak významnější postavení mají vztahy mezi genovými variantami a jejich kombinacemi. Zhruba 15 % existující genetické variability mezi lidmi vytváří populační rozdíly.

Cílem našeho sledování by mělo být hledání vztahu mezi genetickou dispozicí pro strukturu kosterní svalové tkáně a metabolickými ději, které jsou také významně geneticky determinovány, a to i ve vztahu ke stárnoucí populaci se sarkopenickými projevy.

Reakce člověka na fyzické zatížení v podmínkách modelové situace nebo v podmínkách reálného pohybového výkonu je často zpracovávanou problematikou ve světovém písemnictví (Web of Sci 2010-2011 1 462 pramenů). Podobně je tomu v případě Bioenergetiky pohybových činností (Web of Sci 2006-2011 – Movement bioenergetics 50 pramenů, Human bioenergetics 264). Výzkumy se soustřeďují přednostně na využití v oblasti návrhu a hodnocení intervencí jak v prostředí zdravých, tak i nemocných, jak ve studiích klinických, tak i epidemiologických. Bioenergetika je součástí Fyziologie zatížení a je nezbytná v případě všech režimových opatření zaměřených na ovlivnění aktuálního funkčního stavu jedince. Režimová opatření využívající bioenergetiky jsou frekventovaná hlavně jak v rámci primární, sekundární i terciální rehabilitace, tak i pro potřeby ovlivňování zdatnosti nebo trénovanosti u trénovaných i netrénovaných osob. Značná pozornost je rovněž věnována charakterizování funkčních předpokladů v situacích limitního pohybového výkonu nebo obecně v situaci limitního lidského výkonu. Středem zájmu jsou i práce hodnotící adaptační proces v důsledku vnější farmakologické i nefarmakologické intervence. Sem patří i identifikace genetických předpokladů v našem případě pohybových intervencí jak pro potřeby zdravé, tak i nemocné populace (kardiaci, hypertonici, diabetes 2. typu, obézní, pacienti s metabolickým syndromem atd.) a také pro potřeby vrcholné sportovní výkonnosti. Řada studií řeší problematiku kultivace zdatnosti v rámci národních studií často orientovaných na redukci hmotnosti nebo některých sociálních patologií. Rovněž tak existují studie, které se zaměřují na zlepšení předpokladů pro výkon různých povolání. Vesměs se ale koncentrují na kvantitativní hodnocení. Prakticky nám nejsou známy studie, které vedle kvantitativního hodnocení realizují i hodnocení kvalitativní.

Podobně je limitován počet studií, které hodnotí kauzální vztahy mezi pohybovou intervencí a vyvolanými změnami jak z pohledu kvantitativní, tak hlavně kvalitativní diagnostiky. V tomto případě se opět neobejdeme bez využití bioenergetiky.

Je velmi málo studií, které mají longitudoální charakter u dětí a u seniorů. V ČR dosud studie tohoto rozsahu a zaměření nebyla realizována.

Navrhovaný projekt navazuje na výsledky získané pracovišti UK FTVS v rámci řešení výzkumných záměrů, hlavně pak na VZ řešený v posledním období (2007–2013) MSM 0021620864.

V návaznosti na výše uvedené skutečnosti, které se týkají na jak tradičně a kvalitně rozvíjených oblastí zátěžové fyziologie, tak i oblastí, kde výzkumné aktivity nedosahují žádoucí úroveň nebo nejsou vhodným způsobem orientovány, se navrhovaný **projekt rozvoje vědního oboru Zátěžová fyziologie** zaměřuje na výzkum morfologických a funkčních indikátorů adaptačních a maladaptačních změn organismu navozených tělesnou zátěží, na aktuální problematiku genetických predispozic k pohybovým schopnostem, problematiku adipokinů, fyzické aktivity a endokrinní funkce tukové tkáně, na syndrom sarkopenie i na problematiku energetické náročnosti pohybových intervencí a kvantitativní a kvalitativní hodnocení pohybu v laboratorních i terénních podmínkách.

Řada výstupů z výše uvedených oblastí předpokládá integrující mezioborové pojetí a kooperace a výstupy do dalších kinantropologických oborů, dominantním oborovým přístupem bude v dané oblasti zátěžová fyziologie.

## i2 – BIOMECHANIKA

Biomechanika je vyučována na UK FTVS již od r. 1962, od r. 1986 představuje samostatný obor vědecké přípravy na UK i na ČVUT. Postgraduální doktorské studium v biomechanice v rámci PDSBM UK bylo akreditováno v r. 1993, reakreditace proběhla v r. 2002 (v českém i anglickém jazyce). Od r. 2011 je dále akreditováno 7 pracovišť jako pracoviště školicí Ph.D. studenty v oboru Biomechanika. Jsou to 1., 2. a 3. LF UK, Ústav termomechaniky AVČR, Fyziologický ústav AVČR, Ústav experimentální medicíny AVČR.

### Srovnání se světem

Vědecká činnost katedry anatomie a biomechaniky je zaměřena velice interdisciplinárně a přináší celou řadu kvalitních příspěvků a publikací v základním i aplikovaném výzkumu v široké oblasti biomechaniky. Dosažené úspěchy reflektuje výčet publikací a aktivní účast na světových biomechanických konferencích, kde patří UK FTVS k předním přispěvovatelům z ČR. Přístrojové a materiální vybavení laboratoře extrémní zátěže je v současné době na konkurenceschopné úrovni, k udržení tohoto trendu je však zapotřebí stálý přísun finančních prostředků a upgrade vybavení dle posledních trendů. V laboratoři je nyní používáno a průběžně vyvíjeno minimálně deset originálních vědeckých měřicích přístrojů, což je předností, ale od světové špičky oboru biomechaniky naše pracoviště nás dělí zejména nižší počet publikací i nízká citovanost v nejprestižnějších oborových světových časopisech (Journal of Biomechanics, Online Conference Proceedings of the Annual Meeting of the ASB, BioMechanics – The Magazine of Body Movement and Medicine, Bone, Clinical Biomechanics, Computer Methods and Programs in Biomedicine, Computerized Medical Imaging and Graphics, Gait and Posture, Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation, Journal of Electromyography and Kinesiology, The Knee Mathematical Biosciences Neuromuscular Disorders, BMES Bulletin – Biomedical Engineering Society Sport Science Magazine, SPORTSCIENCE, Biommetics Email Discussion Group).

Pro zvýšení úrovně výsledků zejména na světové úrovni jsou rezervy hlavně v personální sféře, přičemž zásadní význam přikládáme vytvoření podmínek pro soustavnou a dlouhodobou činnost stabilních vědeckých týmů, které budou nositeli know-how pro kontinuitu vědeckých prací. Perspektiva je ve vytvoření tematicky zaměřených týmů dle odbornosti, s dostatečným finančním zabezpečením, které budou pracovat na vysoce akcentovaných problematikách aktuálních společensky zajímavých témat. Musí dojít k výraznějšímu vyhranění preferovaných zájmů a oblastí vědy na pracovišti a prohlubování dané problematiky. Jedná se např. o **rozvoj matematického modelování** a implementaci reálných mechanických vlastností vztahených k biomechanice poranění do složitých biologických systémů. S tím souvisí tkáňové inženýrství a reologické vlastnosti aplikované na reálné zatěžování. Materiálové, pružnostně-pevnostní teorie jsou zpracované na vysoké úrovni, ale na izolovaných vzorcích, a právě jejich zpětné vazbě do biomechanického komplexu je potřeba věnovat v současné době pozornost.

V průběhu řešení programu bychom se chtěli přiblížit ke špičce v oblasti matematického modelování a úrazové biomechaniky, kam se řadí zejména Department of Surgery, University of California Medical Center, Los Angeles, California, dále University College Dublin, Belfield – Dublin, Ireland, Wayne State University Detroit nebo School of Metallurgy and Materials, The University of Birmingham, Birmingham. Na těchto pracovištích působí celá řada předních odborníků věnujících se matematickému modelování. Abychom mohli tato pracoviště následovat, je nezbytné upgradovat výpočetní techniku a zejména pak softwarové vybavení (PamCrash, Madymo atd.) a v neposlední řadě zaškolit pracovníky v těchto specializovaných softwarech, k čemuž bychom chtěli využít i prostředky poskytnuté programem PRVOUK.

Co se týká oblasti **úrazové biomechaniky**, považujeme za potřebné zkonstruovat specializované měřicí zařízení, simulující odpovídající extrémní zatížení. Např. Department of Physical Therapy, Faculty of Rehabilitation Medicine, University of Alberta, Edmonton, Canada zkonstruovali simulátor nárazu k monitorování poranění při prudké deceleraci nebo Swedish National Testing and Research Institute vyvinul speciální „unášeč“ figuríny pro testování ochranných pomůcek. Celá řada pracovišť se pak zabývá crash testy. Chceme-li se dostat na světovou úroveň, považujeme za žádoucí vynaložit prostředky poskytnuté programem PRVOUK do vybavení laboratoře pro detekci extrémní zátěže, v první řadě pořízení figuríny Dummy pro crash testy. V současné době si vypůjčujeme velmi zastaralý typ z FD ČVUT. Je žádoucí doplnění měřicího zařízení – A/D převodník, akcelerometry (vlastníme dva využitelné pro translační zrychlení, ale žádný pro úhlové zrychlení) a tlakoměry.

V oblasti **tkáňového inženýrství** předpokládáme využít prostředky poskytnuté programem PRVOUK na obnovu měřicího trhačického zařízení. Charakteristikou biomechanických vlastností tkání se zabývá řada zahraničních institucí. Mezi pracoviště se silným důrazem na biomedicínské inženýrství patří oddělení na Bostonské univerzitě. Toto pracoviště, jako mnoho jiných, umožňuje výzkum in vivo. Dále disponuje vysokou úrovní v oblasti počítačové modelace. Mezi hlavní témata patří např. mechanotransdukce v extracelulární matrix, modelace tkání atd. Celé pracoviště disponuje moderní laboratoří z roku 2006 s názvem „Multi-Scale Tissue Biomechanics“, kde se zkoumá vztah mezi mikroskopickou strukturou a makroskopickým chováním tkání. Další významná univerzita na poli mechaniky měkkých tkání a případné aplikace je Columbia University. Hlavní oblasti zájmu jsou muskuloskeletární biomechanika, buněčná a tkáňová biomechanika a biomedicínské zobrazovací metody. Hlavní zájem v oblasti buněčné a tkáňové bio-mechaniky je soustředěn do oblasti spojení měkkých tkání a kostí.

Na vrcholu žebříčku vědeckého poznání stojí např. univerzita Massachusetts Institute of Technology. Laboratoř specializovaná na vizualizaci tkání s důrazem na biomechaniku disponuje moderními mikroskopy, spektroskopy, lineárními a nelineárními optickými zařízeními, fluorescenčními mikroskopy atd. Na poli buněčné a mezibuněčné mechaniky využívají např. zařízení jako optická pinzeta, AFM, magnetické pasti atd. Na tkáňové úrovni využívají např. multifotonový mikroskop ke skenování povrchu a vysokorychlostní multifotonový mikroskop. Mezi spolupracující instituce se řadí nejen ostatní univerzitní pracoviště, ale i např. univerzita Harvard, univerzita Wisconsin-Madison atd.

V podobné sféře výzkumu se pohybuje také např. oddělení Bioinženýrů na California Institute of Technology. Na celém oddělení je devět hlavních sekcí. V každé sekci pracuje 5 až 10 pracovníků. Např. v oblasti biomechaniky je řešena převážně otázka molekulární a celulární biofyziky, kardiovaskulární mechanika, svalová a membránová mechanika, multicekulární morfodynamika a celulární materiálová interakce. Všechny z výše uvedených univerzit disponují kvalitním finančním zázemím a na každém projektu se podílí dostatečný počet lidí. Ke kvalitnímu materiálovému zajištění patří kvalitní vybavení laboratoře. Výzkumníci jsou zaměstnáni na plný úvazek, a tak se mohou plně věnovat svému tématu.

Univerzita v Calgary řeší jak problém elasticity, anisotropie a nelinearity biomateriálů, tak jejich nehomogenity, resp. orientace jednotlivých složek. Dále se zabývá interakcí buňka – mezibuněčná hmota. Podobným tématem se zabývá univerzita v Minnesotě, která pro účely mechaniky měkkých tkání disponuje samostatnou laboratoří vybavenou nanoindentorem, uniaxiálním deformačním zařízením pro malé síly, a také biaxiálním deformačním zařízením pro malé síly. Dále se na oddělení biomedicínského inženýrství řeší projekty v sedmi oblastech, např. Biomateriály, Biomedicínská optika a snímání, Kardiovaskulární inženýrství atd. Na výzkumu v každé oblasti se podílí 6 až 20 členů týmu. Úspěšné práce jsou publikovány a je pro ně hledáno komerční využití. Podobným vybavením jako univerzita

v Minnesotě disponuje laboratoř pro měkké materiály na Tufts University. Tato laboratoř, přestože nepatří k nejlepším na světě, spolupracuje s desítkou univerzitních a mimo-univerzitních pracovišť.

Mezi nejuznávanější pracoviště v oblasti biomechaniky pohybu patří University of Texas at Austin, The Movement and Posture Lab at the University of Guelph (Ontario, Canada), University of Michigan Biomechanics Research Lab, University of Washington Applied Biomechanics Laboratory, University of Massachusetts – UMass Amherst, University of Nottingham, Cardiff university, school of Applied Physiology Georgia Institute of Technology, National Chenk Kung University – Taiwan. Tyto laboratoře disponují většinou obdobným zařízením jako naše laboratoř biomechaniky extrémních zátěží a zabývají se srovnatelnými tématy.

### **Závěry:**

Za současný hlavní deficit rozvoje biomechaniky na FTVS UK považujeme nedostatečnou personální stabilitu, malý počet zkušenějších členů týmu, což se projevuje v nižším vědeckém výkonu pracovníků v oblasti biomechaniky. Problémem je nedostatek stálých odborníků – biomechaniků, konstruktérů, elektrotechniků, programátorů, kteří by byli oporou a držiteli kontinuity „know-how“ týmu, který dosud tvoří převážně studenti Ph.D. V druhé řadě se jedná o nedostatečné možnosti modernizace laboratorního zázemí i nedostatek přímých financí na provoz. Předpokládáme, že prostředky poskytnuté programem PRVOUK by mohly být využity k nápravě tohoto stavu, např. mzdové prostředky by mohly být využity pro mladé vědecké pracovníky kategorie post-doc, což by následně přispělo ke stabilizaci výzkumných týmů. Neinvestiční prostředky poskytnuté programem PRVOUK by byly využity na postupnou modernizaci laboratorního zázemí i přímo na provoz laboratoře.

## **i3 – KINEZIOLOGIE**

Kineziologie (z řeckých slov kines = pohyb a logos = nauka) v pojetí předkládaného projektu je věda o pohybu, často definována širěji jako věda zkoumající pohybové projevy člověka, jejich vývoj, stabilizaci a regresi v průběhu života. Jedná se o typický interdisciplinární obor, který se v současné době především v celosvětovém měřítku profiluje jako samostatný vědní obor. V souvislosti s uvedeným vymezením považujeme za nezbytné upozornit na to, že tato vědní disciplína nemá nic společného s kineziologií, která je označována za diagnostickou a léčebnou metodou, směřující k dosažení tělesné, energetické a duševní mobility. Uvedená kineziologie, bohužel někdy také nazývaná Aplikovaná kineziologie, není nic jiného než „pseudovědecká panacea“, která nese typické rysy alternativní medicíny a navazuje na řadu neúčinných alternativních metod.

Vědní obor kineziologie má na UK FTVS již dlouhou tradici. V posledních 10 letech byla realizována řada výzkumných projektů, od roku 1996 je pravidelně organizována odborná konference „Kineziologie“ a v neposlední řadě v roce 2000 došlo z iniciativy UK FTVS k založení kineziologické společnosti. Tato společnost, nesoucí oficiální název Česká kineziologická společnost, je jedinou svého druhu v České republice. Společnost usiluje o rozvoj a koordinaci spolupráce jednotlivých vědních oborů se vztahem ke kineziologii – jako je právě funkční anatomie, biomechanika, neurofyzologie, ale i oblast sportu, cvičení apod. Na základě spolupráce odborníků z různých oblastí se snaží o vytvoření komplexních, vědecky podložených odpovědí na otázky týkající se řízení pohybu a motorického učení ve



vztahu k mechanickým zákonitostem pohybového ústrojí, pohybu člověka a jeho interakce s okolním prostředím, což je rovněž v souladu se snahou projektu, který předkládáme.

Obor kineziologie na UK, resp. na žádné její součásti, není a nikdy nebyl systematicky v porovnání se světem rozvíjen. Lze říci, že určitá kineziologická témata řešena jsou, avšak ne v takovém rozsahu, jako je tomu v zahraničí, kde dokonce existují studijní obory či celá pracoviště, která i slovo kineziologie ve svém názvu nesou. Pracoviště UK spíše než celý obor rozvíjejí vždy dílčí témata, která studují lidský pohyb za pomoci technik od nejjednoduššího pozorování, přes hodnocení elektrofyzologie svalové a mozkové aktivity, využívají i širokého spektra monitorovacích metod fyziologických funkcí a v neposlední řadě i jiných behaviorálních či kognitivních výzkumných technik. Tyto přístupy jsou vesměs řešeny v rámci jiných oborů, než je kineziologie, jelikož tato, jak již bylo výše uvedeno, na UK, resp. v ČR, prakticky neexistuje nebo je v začátcích.

Vzhledem k výše uvedenému bude cílem dílčího projektu dobudovat na UK FTVS obor kineziologie, který by navazoval či spolupracoval s obory jako biomechanika, antropomotorika, funkční anatomie a další, tak jak je tomu zvykem v mezinárodním měřítku. Výzkumný tým si neklade za cíl zpracovat projekty ve všech oblastech, do kterých kineziologie zasahuje, ale především chce vstupovat do těch oblastí, které pomohou objektivizovat význam pohybu jak po stránce kvalitativní, tak i kvantitativní v oblasti sportovních aktivit a fyzioterapie. Důvodem je právě rozvoj uvedených oblastí na UK FTVS. Dalším cílem bude postavit vědní obor kineziologie na odpovídající úroveň zahraničním univerzitám, kde uvedený obor má delší tradici (Kanada, USA ale i Německo), a v neposlední řadě ukázat také pozici UK FTVS a tím i UK v renomovaných kineziologických zahraničních časopisech.

#### **j) Návrh klíčových kroků pro kvalitativní zlepšení tohoto postavení v horizontu doby uskutečňování programu, zdůvodnění a rámcový harmonogram těchto kroků, indikátory tohoto zlepšení**

### **j1 – ZÁTĚŽOVÁ FYZIOLOGIE**

1) Pro průběh prací dílčího úkolu „**Genetické predispozice k pohybovým schopnostem. Adipokiny, fyzická aktivita a endokrinní funkce tukové tkáně. Syndrom sarkopenie.**“ předpokládáme s ohledem na složitost problematiky předpokládáme následující postupy:

#### **Dílčí kroky a harmonogram:**

První rok – příprava a vytvoření podmínek pro pilotní studie jak u sportovní populace tak jedinců se sarkopenií

Druhý a třetí rok – vlastní realizace výzkumu jak u sportovců tak sarkopenických jedinců a to z pohledu genetické variability v porovnání s vybranými biochemicko – hormonálními změnami

Čtvrtý rok – ověřování významnosti získaných výsledků, doplnění o možné další přístupy dle i finančních možností

Pátý rok – prezentační a publikační aktivita, zpracování závěrečné zprávy

#### **Předpokládané dílčí cíle:**

- posoudit vztahy mezi genovými variantami a individuální odpovědí na zvolený pohybový program a přispět tak k individualizaci tréninkové zátěže s ohledem na pohybové a kondičně zdravotní cíle
- vyhodnotit klidový a pracovní energetický výdej s ohledem na genové varianty, sehrávající roli v regulaci energetického metabolismu a termogenezi na základě premise vlivu silně obezitogenního prostředí
- vyhodnotit vztahy mezi fyzickou aktivitou a změnami vybraných hormonů tukové tkáně, jejichž aktivita výrazně ovlivňuje složení těla
- posoudit změny plazmatických hladin vybraných biochemických parametrů i hormonálních změn jako vhodných biomarkerů pro hodnocení pohybové aktivity sarkopenických jedinců

### **Sledované a hodnocené výstupy:**

Publikace: v recenzovaných a IF časopisech českých i zahraničních

Účast na kongresech a seminářích

Účast studentů PDS na realizaci a řešení tohoto úkolu

Spoluúčast studentů v rámci bakalářských a magisterských prací

2) Pro průběh prací dílčího úkolu „**Morfologické a funkční indikátory adaptačních a maladaptačních změn organismu navozených tělesnou zátěží**“ předpokládáme následující postupy:

### **Dílčí kroky a harmonogram:**

1. První rok – zhodnocení dosavadního výzkumu u nás i ve světě, příprava přehledových studií a metaanalýz, příprava pilotní studie.
2. Druhý a třetí rok – realizace vlastního výzkumu, evaluace a srovnání dosažených výsledků se srovnatelnými zahraničními studii, modifikace témat a designu výzkumu dle aktuálních znalostních potřeb a možností pracoviště (resp. s využitím zahraničních spoluprací)
3. Čtvrtý a pátý rok – realizace druhé výzkumné etapy, ověřování platnosti a významnosti dosažených výsledků, širší prezentační a publikační aktivita.

### **Sledované a hodnocené výstupy:**

Publikace v časopisech s IF a v recenzovaných zahraničních časopisech indexovaných v databázích Scopus a Medline

Příprava monografií k dané tématice v českém i anglickém jazyce

Prezentace dílčích výsledků na kongresech a seminářích

Zapojení posluchačů doktorského studia a magisterského studia do výzkumných prací, tématické sladění zaměření magisterských prací a projektů PDS s výzkumy realizovanými v rámci programu Prvok.

### **Indikátory zlepšení:**

1. Publikační výstupy a jejich ohlas (citovanost)
2. Zahraniční spolupráce (výjezdy a přijetí odborníků)
3. Doktorské disertace – uplatňování kvalitativních kritérií
4. Ohlas odborné veřejnosti a společenské praxe.

3) Pro průběh prací dílčího úkolu „**Energetická náročnost pohybových intervencí a kvantitativní a kvalitativní hodnocení pohybu v laboratorních i terénních podmínkách**“ se předpokládá následující postup:

**Dílčí kroky a harmonogram:**

- Základní kroky se koncentrují na vytvoření nástrojů kvantitativní a kvalitativní diagnostiky využívající energetické náročnosti pohybových činností v laboratoři a v terénu (2012-2013).
- Současně s tím bude rozpracována metodika hodnocení reálných pohybových režimů jak u zdravých tak i u nemocných, mužů i žen, dětí, dospělých i seniorů s cílem zmapovat aktuální energetickou náročnost běžných pohybových aktivit (2012-2014).
- V návaznosti na analytickou část projektu budou navrhovány a ověřovány programy, které povedou k ovlivňování zdatnosti, pracovní výkonnosti a zprostředkovaně zdravotního stavu i nezávislosti a soběstačnosti u výše jmenovaných skupin (2013-2017).
- Energetická náročnost bude hodnocena na základě měření spotřeby kyslíku v reálných podmínkách pomocí zařízení CORTEX a současně bude monitorována SF. Pro hodnocení budou rovněž využívány individuální závislosti SF-energie.
- Morfologické předpoklady budou hodnoceny pomocí multifrekvenční celotělové bioimpedanční analýzy za využití predikčních rovnic platných pro danou populační skupinu.

## **j2 – BIOMECHANIKA**

Pro průběh prací dílčího úkolu zaměřeného na rozvoj biomechaniky předpokládá následující postup:

**Dílčí kroky a harmonogram:**

- Modernizace laboratorního zázemí i zajištění přímých financí na provoz, a to s pomocí prostředků poskytnutých programem PRVOUK i z dalších zejm. grantových zdrojů, pilotní studie v navrhovaných oblastech, včetně předpokládaných spoluprací s 1.LF UK a 3.LF UK (2012-2013).
- Zajištění personální stability, navýšení počet zkušenějších členů týmu, zejm. odborníků – biomechaniků, konstruktérů, elektrotechniků, programátorů, kteří by byli oporou a držiteli kontinuity „know-how“ týmu, předpokládáme, že prostředky poskytnuté programem PRVOUK by mohly být využity k nápravě tohoto stavu, např. mzdové prostředky by mohly být využity pro mladé vědecké pracovníky kategorie post-doc, což by následně přispělo ke stabilizaci výzkumných týmů. (2012-2014).
- S pomocí stabilního týmu pracovat na řešení vytyčených výzkumných úloh - I) Stanovení reologických parametrů thermo-visko-elastických tkáňových struktur a jejich tvarové a prostorové charakteristiky, s podtématy a ) Extracelulární matrix-strukturální a reologická odpověď na mechanickou zátěž; b) Intervertebrální disky a menisky kolenního kloubu – reologické a tvarové změny při mechanickém zatížení; c) Biomechanická odezva cerviko-kraniální oblasti na extrémní zátěž jako úloha základního i aplikovaného výzkumu a úlohy II) Rozvoj simulátoru

kardiovaskulárního systému jako rozvoj konkrétní metodiky ve spolupráci s biomechanickými pracovištěm 1.LF UK a 3.LF UK (2013-2016).

- Prohloubit spolupráci při řešení rozvojově cílených grantových úloh (i v rámci rozvoje postgraduálního doktorského studia biomechaniky na UK), navázání intenzivnější zahraniční spolupráce, rozšíření již existující spolupráce s tuzemskými i zahraničními akademickými i průmyslovými pracovišti. (2013-2017)
- Zpravování výsledků vytyčených výzkumných úloh, zvýšení produkce IF, ale i RIV publikací, kongresové aktivity i zhodnocení výsledků pro průmyslové aplikace (vzory, patenty) a posudkové činnosti Soudněznaleckého ústavu, zvýšení renomé oboru biomechaniky na UK ve srovnání se zahraničím.

### **j3 – KINEZIOLOGIE**

Vzhledem k navrhovaným oblastem projektu rozvoje kineziologie na FTVS UK jsou považovány za podstatné tři níže uvedené kroky:

- A. Obnova stávajícího instrumentária (povrchová EMG, WaSEMG) a doplnění stávajícího instrumentária (sono k diagnostice pohybového systému, elektroterapeutický přístroj), a to s termínem od zahájení řešení projektu
- B. Vytvoření (pořízení) aktuální literatury k řešeným tématům vč. přístupů do databáze: a to s termínem při zahájení řešení projektu
- C. Interoborová a internacionální konzultace a stáže k řešeným tématům: termín: průběžně

V návaznosti na rozvoj kineziologie bude řešen i rozvoj antropomotoriky jako vědního oboru na FTVS UK. Ten se týká základních oblastí antropomotoriky, jako je např. implementace témat integrující základní antropomotoriku (strukturální a funkční -pohybové schopnosti) a problematiku motorického řízení z neurologicko-anatomicko a kineziologického pohledu do komplexu funkčně – strukturálních dějů zajišťujících motorické projevy člověka. Dále se jedná o zaměření na současná aktuální témata, např. motorika seniorů a její specifika v návaznosti na degenerativní procesy ontogeneze motoriky této populace, určování a srovnání motorického a kalendářního věku u různých populací, resp. individualizace motorického stavu člověka. Dalším tématem je doplnění problematiky motorických projevů laterality o: genetické modely, modelování struktury motorických projevů laterality v návaznosti na různé populace, evaluaci motorických projevů laterality nejen u běžně se rozvíjejících populací.

Podobně je perspektivní výzkum s výstupy do výuky v oblasti specifík motorických projevů u populací postižených Parkinsonovou chorobou, autismem, dětí trpících ADHD, dětí s poruchou vývoje motoriky.

Dalším směrem rozvoje oboru antropomotorika je tématické zaměření na projekty:

#### **a) tvorba diagnostických nástrojů pro:**

- určení a srovnání motorického věku a věku kalendářního pro dětskou populaci a populaci seniorů
- diagnostiku motorických projevů laterality (děti 8–10 let a dospělí) – plná standardizace řešeného projektu
- diagnostiku motorických projevů laterality dětí předškolního věku – longitudinální studie
- diagnostiku somatotypu – zdokonalení současného softwaru „Antropo“

#### **b) ověřování struktur – modelování:**

- dvou aspektů motorických projevů funkční asymetrie mozkových hemisfér u autistické populace, komparace s běžně se rozvíjející populací

- hypotéz o integraci, kontrole a řízení pohybu z pohledu multidimensionalitu lidské motoriky (neurologicko-funkční přístup)
  - pohybových schopností, určení dimensionalitu těchto jednotlivých atributů lidské motoriky u běžně se rozvíjející populace a dětí s ADHD nebo dětí s poruchou vývoje motoriky
  - genetických determinantů lateralitu (populace běžně se rozvíjející a pacientů se schizofrenií), s tím souvisí možnost zodpovězení dlouho diskutované otázky, a to zda jsou motorické projevy lateralitu diskrétní nebo kontinuální latentní proměnnou
- c) **design výzkumu v programu antropomotoriky, analýza a interpretace získaných dat**
- deskriptivně asociační výzkum, experimentální výzkum, základy interpretace vztahů manifestních proměnných (regrese, vícenásobná regrese, korelace intervalová i kategorická data), testování hypotéz
  - základy modelování struktur pohybových atributů a interpretace vztahů mezi latentní a manifestními proměnnými
  - základy IRT (item response theory models) v kontextu diagnostiky úrovně pohybových schopností (dovedností) tj. určení vztahu osob z výzkumného souboru a zvolených indikátorů jako vyjádření úrovně zkoumaného latentního traitu.

Posunu **oboru kineziologie** resp. jeho přiblížení se mezinárodní úrovni oboru kineziologie nelze docílit pouze dílčími kroky v rámci UK FTVS, ale je k tomuto cíli zapotřebí i mezifakultní spolupráce a rovněž tak součinnosti samotné univerzity.

Za významný krok v rámci prosazení kineziologie jako oboru na UK FTVS se nám jeví vznik „rady“ pro uvedený obor, která by se stávala z odborníků, kteří by kineziologii posouvali na úroveň univerzitního oboru a který by byl propojením se stávajícími obory kinantropologie a biomechaniky, směřované k medicínským oborům. V neposlední řadě za důležitý, ale následný krok považujeme umožnění (akreditaci) doktorského studijního oboru kineziologie.

Cestou nové „rady“ pro daný obor a následně studentů postgraduálního doktorského studia v nově konstituovaném oboru PDS Kineziologie předpokládáme systematické budování a širší rozvinutí zahraničních spoluprací. Aby však mohla tato spolupráce být rozvíjena na odpovídající úrovni, je třeba vytvořit a vybavit specializovanou výzkumnou laboratoř, která by směřovala do oblasti neurofyziologie. Laboratoř by řešila témata, která dosud nejsou řešena či nejsou blízka pro obory kinantropologie a biomechaniky. Výstupy z činnosti neurofyziologické laboratoře by pak samozřejmě měly směřovat do recenzovaných a impaktovaných časopisů. Současně by zde mohly vznikat podmínky pro odborné stáže, které by opět měly rozšířit další mezioborovou spolupráci a kooperaci mezi významnými pracovišti v mezinárodním měřítku. Těmito kroky by bylo možno postupně dosáhnout **mezinárodně uznávané postavení oboru kineziologie**. K tomu by měly být využity prostředky