

## Anotace projektu:

Kosti reagují na mechanické zatížení remodelací kostní tkáně, což je dobře pozorovatelné na kostech fyzicky aktivních jedinců. Různé sporty mají odlišné nároky na míru a charakteristiku lokomoce, která je pro daný sport typická. Odlišné způsoby zatížení kostí dolních končetin, relativní pro daný sport, vedou k remodelaci odrážející určitou adaptaci kosti na daný sport. Průřezové vlastnosti geometrie kostí jsou v posledních letech častým tématem výzkumů, avšak většina výzkumů se věnovala srovnání geometrie kostí dolních končetin běžců s dalším sportem a kontrolní skupinou. My se chceme zaměřit na porovnání šermu, jakožto sportu, kde je pravděpodobná asymetrie v zátěži dolních končetin a basketbalu/házené, jakožto sportu, při kterém se hráči pohybují všemi směry a objevují se zde i odrazové prvky, za účelem porovnání adaptací spojených s daným sportem a kontrolní skupinou. Různé variace lokomoce mají různé nároky na aktivaci a zapojení svalových skupin dolních končetin, což je způsobeno jiným postavením trupu a pánve vzhledem k podložce a rychlostí lokomoce. Testováním a porovnáním funkce svalů a svalových skupin v různých variacích lokomoce se chceme zaměřit na adaptaci svalové aktivity a svalového zapojení napříč různými variacemi lokomoce. Prvním cílem projektu je porovnat adaptaci kostí na charakteristickou mechanickou zátěž napříč sporty a kontrolní skupinou. Druhým cílem je identifikovat svalovou adaptaci dolních končetin na různé módy lokomoce. V rámci tohoto projektu budeme pracovat se snímky magnetické rezonance, které budou zpracovávány v softwaru Fiji, pohybová data budou analyzována pomocí muskuloskeletálního modelování v softwaru OpenSim.

## Současný stav poznání:

Kost se v průběhu života člověka neustále remodeluje a její přestavba podléhá zákonu o funkční adaptaci kosti, vycházejícího z tzv. Wolfova zákona, který objasňuje strukturu a remodelaci spongiózy na základě působení různého mechanického zatížení na kost (Frost, 1985; Ruff et al., 2006; Trinkaus et al., 1994; Wolff, 1892). Tento předpoklad je rozvíjen a zobecňován zákonem o funkční adaptaci kosti, který je založen na schopnosti každého organismu, přizpůsobit se během života do určité míry svému okolí, a tedy že kostní buňky dokážou reagovat a odpovídat na lokalizovanou mechanickou zátěž (Pearson and Lieberman, 2004; Ruff et al., 2006). Vyšší míra zátěže má za následek vyšší produkci kostní tkáně, díky které si kost udržuje určitou míru rovnováhy mezi zátěží, která je na ni vyvíjena, a strukturou kosti (Lanyon, 1984). Tento jev by se dal velmi dobře považovat za formu adaptace kosti na dlouhodobou mechanickou zátěž a byl již dříve dobře popsán v mnoha publikacích (Jones et al., 1977; Nilsson and Westlin, 1971, Ruff et al., 2006). Tyto výzkumy byly z velké většiny zaměřené na běžce a tenisty nebo plavce, pro studium kostí dolních respektive horních končetin. My se chceme podívat na sporty, které jsou v tomto směru studovány výrazně méně nebo téměř vůbec, jako je například sportovní šerm, kdy jedinci zatěžují dolní končetiny odlišným způsobem a asymetrie ve svalové aktivitě a síle dolních končetin je až 9 % (Turner et al., 2016). Zatím však nebylo zkoumáno, jaký vliv má tato asymetrie na kost. Studium asymetrie má dále výhodu v možnosti kontrolovat další faktory ovlivňující remodelaci kosti (onemocnění, hormony, výživa,...). Basketbal a házená jsou naopak sporty s podobnou dynamikou, kde se mimo běhu hojně vyskytují výskoky do výšky a úskoky do stran (Bilge, 2013), kdy se dá předpokládat, že na kosti dolních končetin budou síly působit ze všech stran, na rozdíl od běžců, kteří se pohybují výlučně v antero-posteriorním směru. Svalová síla, která je hnacím motorem lokomoce určuje energetickou náročnost chůze i zatížení pohybového aparátu (Griffin et al., 2003; Pandy and Andriacchi, 2010; Pontzer, 2005). Svalová síla musí při lokomoci neustále balancovat vnější síly, aby byla zajištěna opora těla proti gravitaci, zároveň zachován pohyb těla vpřed a udržována stranová rovnováha (Perry et al., 2010). Prostřednictvím těchto funkcí svaly akcelerují těžiště těla (Pandy et al., 2010; Winter, 1995). Díky dynamickému propojení segmentů těla (Zajac and Gordon, 1989) se na uvedených funkcích společně podílí především musculus gluteus maximus, musculus gluteus medius, musculus vasti, musculus soleus a musculus gastrocnemius (Liu et al., 2006; Pandy et al., 2010). Další svaly jako musculus iliopsoas nebo hamstringy působí v součinnosti s těmito svaly (Perry et al., 2010). V rámci našeho projektu se chceme zaměřit na adaptaci jednotlivých svalů a svalových skupin na pozměněnou formu lokomoce, ať jde o změnu v postavení těla a tedy posunu těžiště, nebo o změnu v

rychlosti a dále sem přidáváme prvek náhlého a rychlého úhybového manévru z běhu. A to formou porovnání odchylek v aktivaci a zapojení jednotlivých svalů a svalových skupin mezi těmito variacemi lokomoce.

## Způsob řešení projektu:

Ze strany materiálního zabezpečení, pro nás bude zásadní pořízení snímků dolních končetin probandů na magnetické rezonanci. Celkem budeme skenovat 40 probandů. Další práce navazující na pořízené snímky bude probíhat digitálně pomocí softwaru zajištěném laboratoří (EPmacroJ). Pohybová data, která budou součástí druhé části projektu, máme již nasnímaná a k dispozici. Tato data budeme dále zpracovávat digitálně pomocí freeware softwaru (OpenSim) a softwaru zajištěném laboratoří (Visual3D).

## Cíle řešení projektu:

Prvním cílem projektu bude testovat vliv sportovní aktivity na rozložení hutné kostní tkáně v transverzálním průřezu kostí dolních končetin a to:

a) porovnat vlastnosti průřezové geometrie kostí mezi studovanými sporty, porovnání s hodnotami získanými pro jiné sporty v dříve publikovaných člancích a hodnotami jedinců normální lidské populace (ne profesionálních sportovců), kteří budou plnit funkci kontrolního vzorku, z jiných studií.

b) porovnat rozdíly mezi pravou a levou dolní končetinou.

H: Předpokládáme odlišné rozložení kostní hmoty na transverzálním průřezu kostí mezi vybranými sporty v závislosti na charakteristickém způsobu lokomoce a dále výraznější rozdíl jak v rozložení, tak v množství kostní hmoty mezi profesionálními sportovci a jedinci normální lidské populace. Dále předpokládáme asymetrii mezi pravou a levou dolní končetinou u šermířů oproti basketbalistům/házenkářům. U basketbalistů/házenkářů dále předpokládáme cirkulárnější rozložení hutné kostní tkáně na průřezu kosti oproti šermířům a běžcům.

Druhým cílem projektu bude analýza aktivace a funkce svalů dolních končetin při různých variacích lokomoce a dále porovnání dat získaných pro jednotlivé svaly dolních končetin mezi chůzí, přikrčenou chůzí, během a úhybovým manévrem při běhu s důrazem na adaptaci svalů na změny v lokomoci.

H: Předpokládáme rozdílné zapojování a aktivaci skupin svalů dolních končetin v závislosti na módu lokomoce.

## Způsob řešení:

V první části projektu budeme testovat vliv sportovní aktivity na rozložení hutné kostní tkáně v transverzálním průřezu kostí dolních končetin. Soubor bude tvořit 40 mužů, kteří budou vybráni z reprezentace České republiky v šermu, basketbalu/házené. Tato část bude složena ze dvou kroků. Prvním krokem bude naskenování holenních kostí vybraných probandů na 3 T magnetické rezonanci v transverzální rovině. Druhým krokem bude zpracování pořízených snímků (výpočet a výběr daného snímku, úprava a vyčištění snímku) v programu GIMP a výpočet vlastností průřezu kosti pomocí průřezové geometrie v programu Fiji pomocí implementace EPMacroJ (Sládek et al., 2018). V rámci analýzy průřezové geometrie kostí se zaměříme na obecné vlastnosti kostní tkáně, jako je plocha hutné kostní tkáně a dřevňové dutiny na průřezu a dále na proměnné ovlivňované množstvím a směrem mechanické zátěže působící na kost. Míru asymetrie a srovnání hodnot získaných pro jednotlivé skupiny budeme testovat pomocí studentova t-testu a ANOVA.

## Druhá část

V druhé části projektu budeme sledovat aktivaci a působení svalů dolních končetin při různých způsobech lokomoce, jako je chůze, chůze v příkrčení, běh, odrazová cvičení a rychlý úhybný manévr při běhu. Zde budeme pracovat s již dříve naměřenými daty a to v rozsahu 20 jedinců na jednotlivé variace lokomoce, která budeme zpracovávat pomocí muskuloskeletálního modelování v programu OpenSim za použití redukce silových residuí pro získání co nejpřesnějších hodnot reakčních sil a statické optimalizace. Výstupem z tohoto softwaru budou poté údaje o nástupu aktivace a míry působení daných svalů nebo svalových skupin napříč sledovanou dobou lokomoce nebo sledovaným množstvím kroků. Na základě získaných dat budeme poté srovnávat, jak se mění, nebo nemění, aktivace a působení svalových skupin mezi studovanými variacemi lokomoce.

**Transfer do praxe?**