

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Viskoelastické vlastnosti lidské kolenní chrupavky
Jméno autora:	Vojtěch Černý
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky
Vedoucí práce:	Ing. Josef Šepitka, Ph.D.
Pracoviště vedoucího práce:	Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadáním bakalářské práce bylo analyzovat viskoelastické vlastnosti lidské kolenní chrupavky ve dvou k sobě kolmých směrech (frontální a sagitální) a hloubkových zónách (povrchová, prostřední a hluboká vrstva).	

Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Student splnil zadání práce i jednotlivé dílčí cíle práce, které si stanovil	

Aktivita a samostatnost při zpracování práce	A - výborně
<i>Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatné tvůrčí práce.</i>	
Student byl při řešení své práce velmi aktivní. Dodržoval všechny dohodnuté termíny a na konzultace byl vždy připraven.	

Odborná úroveň	A - výborně
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Odborná úroveň převyšuje znalosti studentů bakalářského studia. Náročnost zpracování dat z nanometrické dynamické mechanické analýzy a jejich interpretace by bylo i vhodným tématem pro práci magisterskou.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	A - výborně
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce je na dobré typografické úrovni.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	A - výborně
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i>	
Student se výběrem zdrojů držel zadání práce a vybrané citované články plně odpovídají tématu bakalářské práce. V práci jsou jednoznačně rozeznatelné citované pasáže a samostatné úvahy autora.	

Další komentáře a hodnocení
<i>Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.</i>
Vložte komentář (nepovinné hodnocení).

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Předložená práce pana Vojtěcha Černého je zaměřena na analýzu mikromechanických vlastností nativní lidské kolenní chrupavky pomocí nanometrické dynamické mechanické analýzy (nanoDMA). Tato práce plní funkci rozšíření pohledu na chrupavky jako na materiál s časově závislými mechanickými vlastnostmi, čímž dává nástroj do rukou tkáňovým inženýrům, kteří by měli respektovat tento víceparametrický popis při tvorbě umělých chrupavek. Měření dynamických mechanických vlastností na lidské chrupavce nebylo dosud publikováno. Student měl tedy o to těžší práci, protože nemohl své výsledky srovnat s dostupnými zdroji v literatuře.

V průběhu řešení práce bylo nezbytné vytvořit nástroj na zpracování velkého množství dat. Frekvenční charakteristika obsahovala 25 rychlostí zatěžování pro každý indent, tj. 3x21 indentů pro každý anatomický směr. Výstupem každého indentu jsou tři dynamické proměnné (Storage modul, Loss modul a $\tan\delta$), plus kvazistatický redukovaný modul pružnosti, tj. 9576 proměnných charakterizujících mechanickou odezvu chrupavky z jednoho vzorku. Bylo nutné tedy naprogramovat skript, který dokáže automaticky setřídít naměřená data v závislosti na pozici a anatomickém směru, znázornit 3D a 2D mapy mechanických vlastností odpovídajících daným měřeným lokalitám chrupavky, tyto mapy rozdělit do jednotlivých hloubkových zón a vyexportovat frekvenční charakteristiky. Tyto charakteristiky mezi sebou porovnat. To vše bylo řádně provedeno a vytvořený skript je možné univerzálně aplikovat na experimentální data získaná pomocí nanoDMA.

Z výsledných map dynamických mikromechanických vlastností jsou velmi jasně rozlišitelné jednotlivé zóny chrupavky, tj. povrchová, prostřední a hluboká vrstva. Tento fakt je velkým přínosem oproti nejednoznačně čitelným výsledkům běžně používané kvazistatické analýzy. Dále pak je možno z výsledků jednoznačně určit vliv anatomického směru na mechanické vlastnosti. Viskoelastické vlastnosti, popisované pomocí Loss modulu a $\tan\delta$ také jednoznačně odlišují jak frontální a sagitální rovinu, tak i samotné jednotlivé zóny chrupavky. Výsledky experimentu ukazují, že mechanické vlastnosti chrupavky jsou časově a hloubkově závislé, ortotropní a závisí na vnitřní mikrostruktuře tkáně.

Závěrem rád konstatuji, že celkově bylo zadání splněno, úroveň práce odpovídá nárokům kladeným na bakalářskou práci a s ohledem na výše uvedené komentáře ji klasifikuji známkou

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 14.6.2021

Podpis: