

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

VLIV PROBÍHAJÍCÍ GRAVIDITY NA MECHANICKÉ PARAMETRY VLASŮ

Autoreferát disertační práce

Ing. Marie Skřontová

Vedoucí práce: Doc. PaedDr. Karel Jelen CSc.

Konzultant specialista: Mgr. Josef Zeman Ph.D.

Katedra anatomie a biomechaniky FTVS UK

José Martího 36, Praha 6

Praha 2017

Bibliografická identifikace

Název práce: Vliv probíhající gravidity na mechanické parametry vlasů

Autor: Ing. Marie Skřontová

Školící pracoviště: Katedra anatomie a biomechaniky, FTVS UK v Praze

Školitel: Doc. PaedDr. Karel Jelen CSc.

Konzultant specialista: Mgr. Josef Zeman Ph.D.

Disertační práce byla vypracována v průběhu doktorského studia v letech 2011 – 2017

Oponenti disertační práce:

.....

Termín veřejné obhajoby disertace:

Předseda komise pro obhajobu:

Doktorská disertační práce představuje původní rukopis, s jehož plným textem se lze seznámit v Ústřední tělovýchovné knihovně FTVS UK, José Martího 31, Praha 6.

SOUHRN

Název práce: Vliv probíhající gravidity na mechanické parametry vlasů

Problematika: Na vlas můžeme pohlížet z různých úhlů, a to jako na nanokompozitní vlákno nebo jako na biomateriál měnící se v závislosti na původu či věku. Vlasy se neliší jen délkou, strukturou a barvou, ale i průměrem a tvarem. Také se na nich odráží celkový zdravotní stav jedince a všechny procesy probíhající v organismu jedince, a tedy i těhotenství. Během těhotenství dochází k hormonálním změnám majícím vliv i na vlasy. U mnoha žen dochází v průběhu gravidity k rychlejšímu růstu, zesílení a zvětšení objemu vlasů. Tento stav je pouze dočasný a trvá jen do porodu.

Cíl práce: Cílem práce bylo prokázat vliv těhotenství na mechanické parametry vlasů a to, jakým směrem se tento vliv odvíjí. Dále s pomocí dotazníků lépe rozklíčovat vliv jednotlivých parametrů těhotenství na vlas, tj. pořadí těhotenství, pohlaví dítěte. Poté celou tuto problematiku s pomocí statistických testů vyhodnotit a tak jí lépe porozumět.

Metodika: Z cílové skupiny těhotných žen jsme náhodně vybrali skupinu obsahující 64 těhotných žen, kterým v průběhu celého těhotenství byly pravidelně každý měsíc odebírány vzorky vlasů v oblasti zátylku. Měření vždy započínalo zjištěním průměru vlasu, a to s pomocí optického mikroskopu. Dále pak byl vlas měřen s pomocí deformačního zařízení Deform typ 2, kde jsme zjišťovali průběhy deformačních křivek a to u všech vzorků. Také jsme některé vlasy podrobili zkoumání s pomocí torzního vahadla. Všechna měření byla řádně evidována, detekované parametry vypočteny a zpracovány do přehledných tabulek a grafů.

Výsledky: Pro celou námi sledovanou skupinu žen, tj. pro 1755 vlasů, jsme zjistili průměr vlasů o velikosti $84,48 \pm 15,15 \mu\text{m}$ a velikost skutečného modulu elasticity $2,5 \pm 0,71 \text{ GPa}$. O změnách v průběhu těhotenství nejlépe vypovídají trendy neboli průměrné časové změny hodnot veličin v tomto období. Signifikantní rozdíl vychází u resilience (w_e) a všech sil relaxace (F_i). U všech těchto veličin je pořadí těhotenství signifikantním faktorem. Signifikantním ukazatelem pro trendy koncové síly po relaxaci (F_0) je pohlaví dítěte. Další závěr lze činit pro samotné hodnoty měřených veličin. Uvedené tři parametry, tedy pořadí těhotenství, pohlaví dítěte a místo, kde ženy žijí, jednoznačně korelují především s průměrem vlasů, mezi linearity, mezi kluzu, skutečnou relativní tržnou délkou, tahovou houževnatostí a F_0, F_1, F_3, τ_2 .

Závěr: Podařilo se prokázat změny průměru vlasu a resilience v období těhotenství společně pro celou část zkoumané populace. U ostatních zkoumaných veličin se jejich vývoj v době gravidity jeví jako společný vždy jen pro část této populace. Na rozdíl od prokázaných závislostí několika mechanických veličin na pořadí těhotenství je prokázaná silná korelace mezi pohlavím dítěte a některými mechanickými parametry neočekávaná.

Klíčová slova: těhotenství, mechanické parametry vlasů, viskoelastické parametry vlasů, keratin, viskoelastický model vlasů

SUMMARY

Title: Changes in the mechanical parameters of women's hair during pregnancy

Matters: We can look from different angles on the hair – as on a nanocomposite fiber and as on biomaterial changing with the origin and age. The hair doesn't differ only by length, structure and color but also by diameter and shape. It reflects the overall health of the individual and all the processes in the organism of the individual and thus also the pregnancy. During pregnancy, hormonal changes take place which have an effect on the hair. Many women experience faster hair growth, extension and increased volume of the hair during pregnancy. This status is only temporary and lasts only to the childbirth.

Aim: The aim of this work was to show the influence of pregnancy on mechanical parameters of hair and what direction this influence takes. Next, using questionnaires, to better solve the effect of particular pregnancy parameters on the hair, i.e. pregnancy order, sex of the child. Then, evaluate the whole problem using statistical tests and so make better sense of it.

Methods: We'd selected a group of 64 pregnant women; hair samples were cut from them in the nape area each month throughout pregnancy. Each measurement started with evaluation of hair diameter with the use of optical microscope. Next, the hair had been measured by the tensile machine Deform type 2; there the shape of the deformation curve has been examined. Also we examined some hair samples using a torsional pendulum. All measurements have been processed and put into tables and graphs.

Results: For the whole group of women observed, i.e. for 1755 hair samples, we have found hair diameter of $84,48 \pm 15,15 \mu\text{m}$ and the true modulus of elasticity $2,5 \pm 0,71 \text{ GPa}$. Changes during pregnancy are best described by the trends, i.e. by the mean time changes of quantity values in this period. Significant differences appear in resilience and relaxation force. For these variables the order of pregnancy is a significant factor. The significant factor for trends F_0 is sex of the child. Another conclusion can be for the measured values. The three parameters, i.e. pregnancy order, sex of the child and place where the women live positively correlate with the diameter of hair, the linearity limit, the proof stress, the true relative elongation to fracture and the tensile toughness and F_0, F_1, F_3, τ_2 .

Conclusion: We managed to demonstrate changes in the diameter of hair and resilience during pregnancy common to the whole population observed. In contrast with documented dependence of several mechanical quantities on the pregnancy order, the demonstrated strong correlation between the sex of the child and some mechanical parameters was not expected.

Key words: gravidity, mechanical parameters of hair, viscoelastic parameters of hair, ceratin, viscoelastic model of hair

1 ÚVOD

Vlasy – byť nepatrná součást lidského těla, ale pro člověka samotného mnohdy důležitá, a to nejen pro jeho sebevědomí, ale v dávných dobách i jako součást vysokého postavení ve společnosti. Na kvalitu i vzhled vlasů může mít vliv i zdravotní stav daného jedince. Lze je, do určité míry považovat za „indikátor“ lidského zdraví a všech procesů v lidském těle probíhajících. Tedy i probíhající gravidity, která způsobuje velký počet biologických změn v organismech těhotných a jejich důsledcích, jakož i změn minerálních a funkčních v jednotlivých orgánech a tkáních (kůže, nehty, ale i vlasy).

Práce se zabývá určením mechanických parametrů vlasů v průběhu gravidity a toho, jak se v průběhu gravidity a po ní mění. Práce tak reaguje na aktuální studie aplikované na lidské vlasy, a to z pohledu fyzikálního. Existují celé monografie (např. Bartošová et al., 1982; Robbins 2002, 2012) věnované lidským vlasům, ale, bohužel, důsledek těhotenství na vlasy samotné je popsán jen v několika málo pracích (např. Nissimov et al., 2003; Blackmore-Prince et al., 1999). Kdy např. Pařízek (2009) udává, že se kvalita vlasů v těhotenství nemění. Tato práce se nezaobírá vlasy z chemického pohledu. Podrobné chemické složení vlasů můžeme nalézt např. v monografii Robbins (2002). Problémem většiny nalezených studií o tomto tématu bylo nedostatečně popsané odběrové místo a nízký počet měřených vzorků. Proto se tato disertační práce reálně zabývá odběrem velkého počtu vzorků vlasů, a i přes velkou časovou a technickou náročnost získává experimentálními postupy (měřeními a výpočty) co nejširší skupinu jejich mechanických parametrů a objektivně je vyhodnocuje.

Celá disertační práce je sestavena jako experimentální studie zabývající se lidskými vlasy a jejich změnami v průběhu těhotenství u střeoevropských žen. Pro objektivní měření bylo využito laboratorních přístrojů, jako byl optický mikroskop (medical school n/contine, W. Watson and Sons London Ltd. Service II) a deformační zařízení Deform typ 2 umožňující měření změn biologických vláken s rozlišením 1mN a přesností 10 mN. Výsledky všech experimentů jsou porovnávány s aktuálními poznatky zahraniční literatury věnované dané problematice, tedy s výsledky zabývajícími se stejnou, případně podobnou problematikou týkající se lidských vlasů.

Práce předkládá výsledky objektivního hodnocení změny mechanických parametrů lidských vlasů během těhotenství. Na základě výsledků této práce jsou sestaveny závěry určené pro lékaře specialisty a širší vědeckou veřejnost. Kromě toho jsou významným zdrojem informací pro pregraduální a zejména postgraduální studium, ale i např. ženy gravidní či ženy po porodu. V neposlední řadě jsou informace vhodné pro veřejnost laickou.

2 CÍLE A VĚDECKÉ OTÁZKY PRÁCE

2.1 Hlavní cíle

Prozkoumat mechanické chování vlasů v průběhu gravidity konkrétních žen, jejich případné změny zachytit jako měřitelné parametry a pokusit se je vysvětlit.

Ukázat, zda se mechanické parametry vlasů během těhotenství mění a také, zda jsou tyto změny jednoznačně prokazatelné v daných laboratorních podmínkách.

Stanovit odběrové místo pro sběr vzorků, tak aby bylo možno sesbírat velké množství vzorků vždy ze stejné odběrové oblasti.

Sestavit dostatečně velký výzkumný soubor, na kterém by bylo možno použít co nejvíce statisticky průkazných metod k obhájení a vysvětlení závěrů.

Zjistit, zda hodnoty mechanických parametrů vlasů v průběhu těhotenství závisí na vnějších faktorech (např. bydliště ženy, kouření, barvení vlasů).

Zjistit, zda hodnoty mechanických parametrů vlasů v průběhu těhotenství závisí na parametrech těhotenství (např. pohlaví dítěte, pořadí těhotenství, věk ženy).

Vyvinout použitelnou metodiku pro měření mechanických (reologických) parametrů velkého počtu vlasů.

Nalézt korelace mezi měřenými mechanickými veličinami charakteristickými pro vlas.

Ověřit, zda všechny mechanické vlastnosti vlasů mají normální (Gaussovo) rozdělení.

2.1.1 Dílčí cíle

Celá práce je koncipována jako experimentální studie, která ve své první části obsahuje literární zpracování dané problematiky a v druhé části samotnou experimentální studii. Literární rešerše předkládá informace o současném poznání problematiky lidských vlasů, které se během zpracování této práce ukázalo jako velice široké téma. Proto je pro lepší přehlednost zpracována do jednotlivých kapitol. Pro její sepsání bylo využito všech dostupných informačních zdrojů: tištěných i elektronických monografií, odborných vědeckých publikací a periodik, učebnic, ústních forem sdělení na odborných konferencích či konzultacích, diplomových a disertačních pracích. Snahou bylo využít co nejširších a nejnovějších literárních zdrojů o této problematice.

Teoretická část práce má veškeré dostupné poznatky konfrontovat s experimentálně získanými daty, a to především s dopadem gravidity na mechanické vlastnosti vlasů. Snahou bylo poukázat na souvislost gravidity s mechanickými vlastnostmi vlasů.

Experimentální část práce popisuje výběr respondentek, sběr potřebných vzorků a samotné měření mechanických parametrů vlasů na příslušných měřicích zařízeních. Metodika celé práce je detailně rozpracována v úvodu experimentální části, na kterou se zde odkazují. Data získaná měřením na deformačním stroji byla dále zpracovávána pomocí námi vyvinutého softwaru a zpřehledněna v tabulkovém procesoru MS Excel 2010. Výsledné grafy byly zpracovány pomocí MS Excel 2010 a statistického programu R verze 3.2.3.

Cílem celé práce bylo odhalit souvislost mezi těhotenstvím a mechanickými parametry vlasů, tedy popsat, jak se mechanické parametry vlasů mění s délkou těhotenství, případně dalšími vlivy s tímto fyziologickým stavem ženy souvisejícími. Předpokládáme, že výsledky této práce budou využity pro další studie, ale také jako další zdroj poznání nejen pro ženy, kterých se eventuálně toto téma týkalo či může týkat. Součástí celé práce je i dotazník a informovaný souhlas, který každá respondentka vyplnila při prvním odběru vzorků vlasů, a tím tak souhlasila se zapojením se do této rozsáhlé studie.

2.2 Vědecké otázky

Tato práce se neopírá o hypotézy, ale pouze o vědecké otázky jako alternativy k hypotézám. A to z toho důvodu, že hypotézy mají pouze dvě možné odpovědi a pro tuto práci by jich muselo být nesčetné množství, aby pojaly všechna možná tvrzení. Proto jsme se pro zpřehlednění celé práce uchýlili k vědeckým otázkám, které nám pomohly směřovat práci takovým směrem, aby byla přehledná a čitelná pro všechny čtenáře.

Má vliv pohlaví očekávaného dítěte na sledované mechanické parametry?

Jaký vliv má pořadí těhotenství a tedy i opakované porody na sledované parametry vlasů?

Existuje vliv místa bydliště sledované těhotné ženy na mechanické parametry vlasů?

Při porovnání trendů, tedy průměrných časových změn hodnot měřených veličin v období těhotenství, lze dosáhnout nějakých výsledků?

Je možné zjistit mechanické parametry vlasů s pomocí torzních volných kmitů?

2.3 Hlavní problematika

Vlasy, ač nepatrná součást lidského těla, ale pro člověka samotného mnohdy důležitá, a to nejen pro jeho sebevědomí, ale v dávných dobách i jako součást vysokého postavení ve společnosti. Na vlasech se odráží celkový zdravotní stav daného jedince všech procesů v lidském těle probíhajících, tedy i gravidity.

Vlasy určité oblasti se liší nejen délkou, strukturou a barvou, ale i průměrem a tvarem. V horizontálním řezu vlasovým stvolem mohou být oválné, okrouhlé, oploštělé nebo jejich průměr může kolísat po délce stvolu v pravidelných nebo variabilních segmentech. Tvaru příčného řezu odpovídá i konfigurace vlasového stvolu (Bartošová et al., 1982). Vlasy jsou považovány za mrtvou hmotu, za živou součást se považuje jen folikul, ve kterém je samotný vlasový stvol vložen. Když vlákno vlasu začíná růst, již se stává mrtvou hmotou, roste rychlostí 1 cm / měsíc (Cade, 1995; Dias, 2004; Longo et al., 2006). Vlákna vlasů představují významné strukturální rozdíly v závislosti na etniku ale i v rámci stejné skupiny (Dias et al., 2007). Vlasové vlákno (stvol), se skládá ze tří základních částí, a to z kutikuly, kůry (cortexu) a dřene (meduly). Každá z těchto tří koncentrických částí má rozdílnou strukturu a funkci (Benzarti et al., 2011). Jejich funkce spočívá v ochraně pokožky hlavy proti úpalu a dalším efektům světelného záření a mechanickému odírání. Také poskytují kosmetickou a případně ozdobnou funkci (Robbins, 2002).

V průběhu těhotenství dochází i k hormonálním změnám, které mají vliv na celý organismus, a tedy i na vlasy. Tyto změny pozorujeme u většiny těhotných, a proto je považujeme za fyziologické (Funai et al., 2013). Během těhotenství dochází v těle matky k mnoha změnám, které mohou mít vliv i na strukturu vlasů (Karlsson et al., 2005). Řada žen bývá překvapena tím, jak jejich vlasy v období těhotenství zesílí, zaznamenávají rychlejší růst a celkové zvětšení objemu vlasů. Bohužel tento stav trvá pouze do porodu. Zvětšení hustoty vlasů je způsobeno tím, že vlasy těhotných žen zůstávají delší dobu v klidové fázi. Denně tedy vypadá méně vlasů než v době, kdy žena není těhotná. Stejně tak dochází u některých těhotných žen k zhoustnutí chloupků po těle, zejména v oblasti paží, nohou a místech nad horním rtem. To je výsledkem působení pohlavních hormonů androgenů, jejichž hladina se začíná nejrychleji zvyšovat v prvním trimestru těhotenství (March of dimes, 2016; Babycenter, 1997 – 2016).

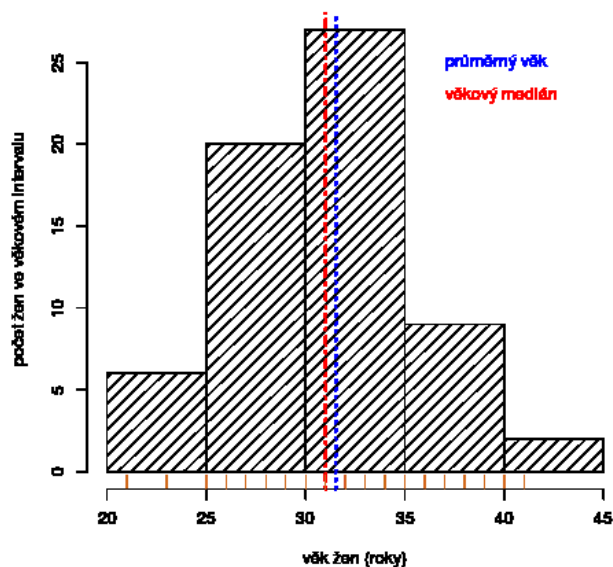
2.4 Výběr a testovaný soubor osob

Z důvodu úzkého zaměření disertační práce jsme oslovili soukromou gynekologickou ordinaci doc. MUDr. Vojena Güttnera CSc., kdy on sám a hlavně jeho zdravotní sestra paní Milena Svobodová po celou dobu s námi spolupracovali. Takto jsme získali soubor 64 těhotných žen různého věku, kterým jsme po celou dobu těhotenství odebírali vzorky vlasů. Vlasy, byly všem těhotným ženám studie odebírány vždy každý měsíc těhotenství a to od

prvního trimestru až do konce šestinedělí. Potřebné vzorky byly ustříženy ostrými nůžkami těsně u pokožky hlavy v oblasti týlu. Vzorky musely být ustříženy, neboť při vytržení dochází k namáhání vlasů tahem, čímž se porušují vnitřní chemické vazby a struktura vlasového stvolu. Nutno dodat, že i když jsme se snažili odebírat vlasy každý měsíc těhotenství, ne u všech žen se nám toto podařilo dodržet (např. stěhování, odhalení rizikového těhotenství, atd.) Oblast týlu, jako odběrové místo, jsme si zvolili záměrně, z důvodu estetiky pro častý odběr vzorků vlasů. I když Stalder, Kirschbaum (2012) uvádí, že standardní pozice pro odběr vlasů je v oblasti *posterior vertex* (oblast temene) a to z toho důvodu, že tato oblast má rovnoměrné tempo růstu vlasů, nejnižší interindividuální variabilitu a nejnižší podíl vlasů v klidové (telogenní) fázi růstu. Naopak u námi zvoleného odběrové místa jiná literatura (Robbins, 2002) uvádí, že týlní a spánkové oblasti obsahují málo nebo žádné receptory dihydrotestosteronu a vlasy v těchto oblastech zůstávají po celý život jedince a jsou relativně imunní vůči hormonálním vlivům.

Všechny odebrané vzorky byly uloženy do igelitových sáčků se zipem, které byly označeny jménem (číslem) probandky a měsícem daného odběru. Současně při prvním odběru každá žena vyplnila krátký dotazník se základními údaji jak o sobě tak o daném těhotenství. Samotný dotazník i z něj zpracované odpovědi jsou součástí samotné disertační práce. Pomocí odpovědí z dotazníků jsme se pokoušeli detailněji zkoumat případný vliv těhotenství na výsledky měření.

Námi zkoumaná skupina těhotných žen měla různý věkový rozsah, kdy nejmladší žena měla 21 let a nejstarší 41. Věkové rozložení celé skupiny 64 žen můžeme názorně vidět v následujícím grafu 1.



Graf 1: Celkové rozložení věku žen v měřeném souboru.

Pro detailnější pohled na věkové složení skupiny sledovaných žen, byla tato skupina rozdělena dle pořadí probíhajícího těhotenství (tab. 1). Z této tabulky je tedy patrné, že

nejvíce žen obsahovala skupina žen poprvé těhotných a v této skupině byl zahrnut nejnížší i nejvyšší věk, tedy 21 a 41 let.

<i>Pořadí vybraného těhotenství</i>	<i>Počet žen ve skupině</i>	<i>Nejmladší žena (roky)</i>	<i>I. kvartil (roky)</i>	<i>Věkový medián (roky)</i>	<i>Průměrný věk (roky)</i>	<i>III. kvartil (roky)</i>	<i>Nejstarší žena (roky)</i>
<i>1. – 3.</i>	64	21	29	31	31,5	34	41
<i>1.</i>	32	21	26	29,5	29,8	31,3	41
<i>2.</i>	19	26	30	32	32,5	34	39
<i>3.</i>	13	30	32	34	34,3	35	40

Tabulka 1: Základní popisné statistiky věku pro jednotlivá pořadí těhotenství. Všimněme si, že průměrný věk je ve všech skupinách větší než medián.

2.5 Metodika měření

Každé měření započínalo měřením průměru vlasů, který jsme přes všechna úskalí popsané v samotné disertační práci prováděli s pomocí mikroskopu s digitální kamerou připojenou k počítači, kde díky speciálnímu programu TSVIEW mohl být vlas při zvětšení 40x vyfotografován. Takto byl průměr měřen v prvních 3 cm vlasu v 15 opakováních, a to v jeho horní části, tj. té, která byla nejbližší pokožky hlavy při jeho odběru. Z naměřených 15 hodnot se poté vypočetla průměrná hodnota udávající průměr daného vlasu.

Poté následovala deformační zkouška tahem, která patří mezi základní experimentální metody zkoumající mechanické vlastnosti látek. Naše měření probíhala na deformačním zařízení Deform typ 2, který nám laskavě zapůjčila soukromá firma. Toto zařízení je velice vhodné pro měření malých a pomalých změn biologických materiálů a pro naši práci byl vybaven speciálními čelistmi pro fixaci a měření vláken. Každý vzorek vlasu, u kterého byl naměřen průměr, byl vložen do čelistí trhačky, přičemž samotné vložení a upnutí do čelisti jsme prováděli pomocí kousku kancelářského papíru o velikosti 0,5 x 0,5 cm. Tento papírek zabraňoval vysmeknutí konce vlasu z čelisti a také jeho uštípnutí při jejich hraně. Vždy před samotným vložení vzorku a následným spuštěním trhacího či relaxačního experimentu byly čelisti trhačky nastaveny do výchozí pozice o velikosti 1 cm. Takto jsme zabezpečili stejnou počáteční délku pro všechny měřené vzorky vlasů. Pro trhací experiment byla trhačka pomocí ovládacího programu Trhey! nastavena na konstantní rychlost 2 mm/min, kterou byl vlas napínán až do přetržení. U relaxačního experimentu byla tato rychlost stejná, tedy také 2 mm/min, do síly 0,25 N pro vlasy o průměru větším než 60 μm . Vlasy s nižším průměrem byly napínány pouze do síly 0,18 N. Poté, co se vlas napnul, nastala relaxace s časem o délce 300 s, po jehož uplynutí se celý napínací proces opakoval s tím, že druhá relaxace trvala pouze 10 s. S takto nastavenými relaxačními cykly jsme nadále schopni z pořízených dat určit dva relaxační časy. Pro trhací experiment byly měřeny vždy tři vlasy a pro relaxaci vlas jeden. A to z každého odběru, který odpovídal danému měsíci těhotenství pro každou probandku, tedy celkem 1755 vlasů pro tyto dva typy měření.

V samotné disertační práci se dále zabýváme i jinými typy měření vlasů, jako je měření s pomocí torzních kmitů, pro které jsme sestavili měřící aparaturu, dále pak měření elipticity vlasů, měření teploty a vlhkosti ve vlasech, atd.

3 VÝSLEDKY

3.1 Představení veličin

Zde jsou ukázány vlastnosti všech zjišťovaných veličin s pomocí jejich statistiky, kdy histogramy a zkoumané vzájemné korelace těchto veličin jsou součástí disertační práce. Tyto statistiky uvádíme ve víře, že je dobré nejprve se seznámit s charakterem rozložení zkoumaných veličin v měřené populaci. Následující tabulka 2 uvádí základní přehled popisných statistik určených pro všechna měřená data. V případě veličin zjišťovaných z trhacích experimentů se jedná o statistiky určené na 1023 vzorcích odebraných z hlav 64 žen, v případě dat relaxačních se jednalo o 331 vzorků z hlav 64 žen.

	D	E'	$\sigma_{0,05}$	$\sigma_{0,2}$	σ_t'	ε_t'	W	W_A	w_e	F_0	F_1	F_2	F_3	τ_1	τ_2
<i>min</i>	42	708	7	5	37	0,05	0,3	3	0,01	0,02	0,002	0,008	0,000	4	27
<i>p. kvartil</i>	73	2087	36	46	165	0,45	2,9	45	0,30	0,11	0,011	0,016	0,032	8	83
<i>medián</i>	84	2449	43	53	198	0,49	4,0	55	0,38	0,16	0,013	0,022	0,058	10	100
<i>průměr</i>	83	2562	45	56	201	0,49	4,0	56	0,44	0,15	0,015	0,023	0,060	10	110
<i>sm.odch.</i>	15	718	13	14	53	0,07	1,5	18	0,27	0,05	0,006	0,009	0,041	3	46
<i>t. kvartil</i>	93	2949	51	64	232	0,53	5,0	66	0,49	0,18	0,017	0,028	0,087	12	130
<i>max</i>	125	7148	123	147	450	0,72	8,8	129	3,30	0,25	0,037	0,059	0,204	33	406

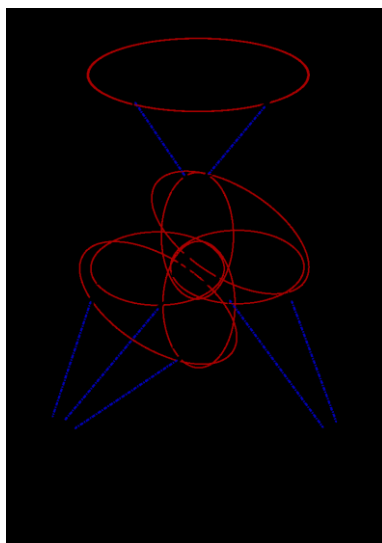
Tabulka 2: Základní popisné statistiky veličin. Kde *min* – minimum; *p. kvartil* – první kvartil; *sm. odch.* - směrodatná odchylka; *t. kvartil* – třetí kvartil; *max* – maximum; D (μm) - průměr vlasů; E' (MPa) – skutečný modul elasticity; $\sigma_{0,05}$ (MPa) – smluvní mez linearity, jinak řečená smluvní mez elasticity; $\sigma_{0,2}$ (MPa) – smluvní mez kluzu; σ_t' (MPa) – skutečné lomové napětí; ε_t' () – skutečná relativní tržná délka; W (mJ) – celková mechanická práce nutná k přetržení materiálu; W_A (MJ/m^3) – tahová houževnatost, množství energie nutné k přetržení materiálu vztažené k počátečnímu tažnému objemu; w_e (MJ/m^3) – resilience, množství energie v jednotce objemu daného materiálu zatíženého napětím $\sigma_{0,05}$; F_0 (N) – koncová síla kterou vzorek působí po odeznění všech relaxačních procesů; F_1, F_2, F_3 (N) – síly patřící jednotlivým členům relaxace; τ_1 (s) – první (krátkodobý) relaxační čas; τ_2 (s) – druhý (střednědobý) relaxační čas.

3.2 Analýza trendů

Nyní se dostáváme k jednomu z hlavních témat této práce. Pokusíme se nyní z našich výsledků stanovit, zda dochází v průběhu těhotenství k signifikantním změnám mechanických parametrů vlasů. Základním problémem totiž je, že změny hodnot mechanických parametrů vlasů v průběhu těhotenství jsou sice značné, avšak u každé ženy jiné. Přesto je zřejmé, že rozptyl hodnot je mnohem větší, než jakákoli jejich střední hodnota. Jen výjimečně leží medián mimo interval obsahující nulovou hodnotu. Jedná se tedy o směs několika nesourodých skupin. Předpokládejme, že tato nesourodost je tvořena rozdílností skupin žen, nikoli vlasů na každé hlavě. V tomto případě, by mohl existovat způsob, jak tyto skupiny žen vzájemně rozdělit a pro každou z nich v případě nalezení souvisejícího parametru dopředu určit, jak se budou hodnoty mechanických parametrů vlasů během těhotenství měnit.

Při shlukové analýze se nám v prvním kroku jedná o nalezení skupiny vzájemně si podobných žen, tedy takových žen, u nichž mají všechny zkoumané mechanické parametry během těhotenství podobný vývojový trend. Ve druhém kroku se pokusíme zjistit, zda takto získané skupiny pojí nějaké markery v oblasti zjišťovaných údajů o zkoumaných ženách. Při hledání maximální podobnosti mezi trendy všech veličin lze postupně dojít k závěru, že

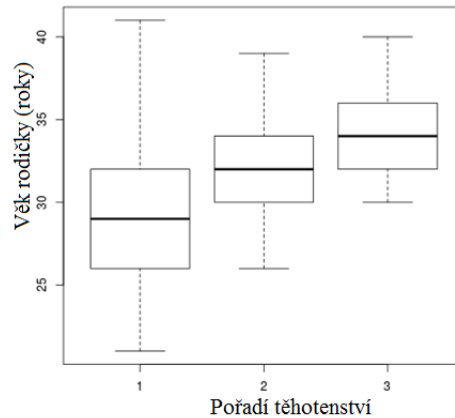
velkou podobnost trendů vykazují páry žen číslo 64 a 58, 27 a 43, 20 a 43, 63 a 43, 22 a 43, 20 a 22, 27 a 63. Naopak velkou rozdílnost trendů vykazují páry 64 a 27, 58 a 27, 47 a 63, 47 a 43. Žena 55 je velmi nepodobná hned třem ženám s čísly 20, 43 a 22. Přehledně tento výsledek ukazuje obrázek 1, který zachycuje celou situaci. Tedy ženy, které se vzájemně nejvíce podobají a které naopak nejméně při porovnávání trendů veličin v průběhu těhotenství. Bohužel, jak lze ověřit z vyplněných dotazníků (součást příloh disertační práce), nelze vše interpretovat v rámci zjišťovaných parametrů. Zatímco žena s číslem 55 se ženě s číslem 20 podobá v tom, že si obě barvily v minulosti vlasy, ale v současnosti se již nebarví a také obě čekají potomka mužského pohlaví, i když žena 55 očekává dvojčata různého pohlaví, žena 55 se ženě 22 nemůže podobat, a to proto, že žena 22 si barví vlasy i v současnosti a denně kouří. A pokud porovnáme ženu s číslem 55 vůči ženě 43, zjistíme, že žena 43 je občasnou kuřačkou, poprvé těhotná a dítě je ženského pohlaví. Obdobně můžeme srovnat i ženu 47, která si barví vlasy i v současnosti, je potřetí těhotná a dítě je holčička, s ženou číslo 43, která si barvila vlasy pouze v minulosti, je občasnou kuřačkou a i když také očekává holčičku, je těhotná teprve poprvé. Při srovnání téže ženy, tj. 47 s ženou 63 zjistíme rozdíly v tom, že žena 63 denně kouřila, je podruhé těhotná a očekává chlapce a navíc užívá hořčik a železo. A nakonec můžeme srovnat ženy s čísly 64, 58 a 27. První dvě, tj. 64 a 58, mají společné parametry barvení vlasů v současnosti, prvního těhotenství a mužského pohlaví dítěte. Těmito parametry se výrazně odlišují od ženy 27, která si vlasy nebarvila a ani nebarví, je těhotná poprvé a pohlaví dítěte je ženské.



Obrázek 1: Diagram extrémní podobnosti. Číslo označují čísla jednotlivých žen. Ženy s nejnižší podobností jsou označeny modrými šipkami, nejpodobnější ženy jsou naopak spojeny červenou elipsou.

Další analýzou trendů je faktorová analýza, která zhodnocuje statistickou významnost rozdílností jednotlivých skupin. Následující analýza má za cíl zjistit, do jaké míry se od sebe odlišují lineární trendy mechanických charakteristik vlasů během prvních třech těhotenství. Za tímto účelem jsme vlasy každé testované gravidní ženy odebírali v průběhu těhotenství a provedli na nich tři trhací a jeden relaxační experiment. Hodnoty mechanických parametrů zjištěných z těchto experimentů byly proloženy přímkou, a tak bylo zjištěno, do jaké míry se u té které ženy v průběhu těhotenství daný parametr mění. U různých žen se jednalo o různé

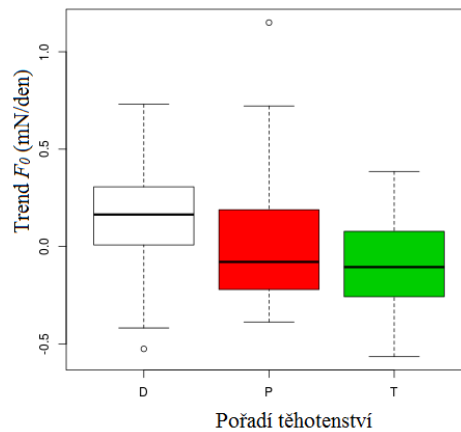
pořadí těhotenství. Ze statistik byly vyloučeny ženy s vícečetným těhotenstvím, tj. matky dvojčat atd. Zpracovávalo bylo celkem cca 1700 vlasů od 62 těhotných žen. Celkově tedy v průměru bylo použito 7 odběrů pro každou ženu. Časová závislost trhacích a relaxačních veličin byla proložena přímkou a směrnice těchto přímek byly porovnávány mezi skupinou 30 žen poprvé těhotných, 18 žen podruhé těhotných a 14 žen těhotných potřetí. Věkové složení těchto skupin můžeme vidět na grafu 2.



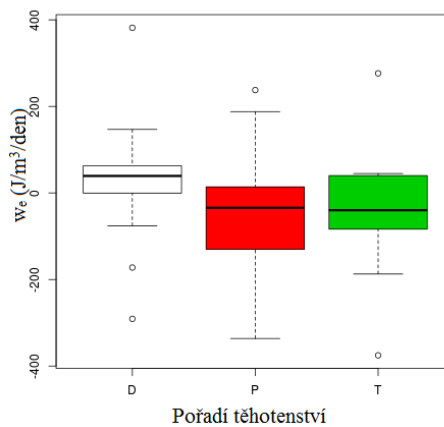
Graf 2: Zobrazení závislosti věku ženy na pořadí těhotenství.

Jako první bylo na testovaných souborech Kolmogorov-Smirnovovým testem zjišťováno, zda se jednalo o veličiny s normálním rozdělením. Gaussovskost byla ověřována pro každou skupinu těhotných žen zvlášť i pro všechny měřené ženy dohromady. Pro ověření homoskedasticity (shodnost rozptylu) bylo použito testů Bartlettova a Leveneova, a na rozhodnutí, zda se jednotlivé skupiny od sebe odlišují, klasický ANOVA test, v případě normálního homoskedasticitního rozložení. V ostatních případech pak testu Kruskal-Wallisova a Jonckheer-Terpstraova, což jsou neparametrické alternativy ke klasické ANOVě. Při čemž Jonckheer-Terpstrův test se výrazně doporučuje používat na místo obvyklejšího Kruskal-Wallisova, neboť je citlivější a je možné tak ve většině případů nadále pracovat na 5% hladině významnosti, kterou je v případě Kruskal-Wallisova testu většinou nutné opustit a spokojit se tak s hladinou 10%. Tabulky ukazující tyto výsledky vzájemného porovnání trendů těchto skupin žen jsou součástí disertační práce. Jak se ukazuje, trendy následujících veličin jsou tvořeny normálním rozdělením pro trhací veličiny D , E' , $\sigma_{0,05}$, $\sigma_{0,2}$, σ_t' , ε_t' , W a relaxační veličiny F_0 , F_1 , F_2 , F_3 . Z těchto skupin však pouze D , E' , $\sigma_{0,05}$, $\sigma_{0,2}$ splňují podmínku homoskedasticity a je tak pro ně možné použít klasický ANOVA test. Žádná skupina se však bohužel na 5% hladině významnosti od ostatních neodlišuje. Nejbližší k odlišnosti má rozdíl trendů mezi druhým a třetím těhotenstvím pro veličinu průměr vlasů, kde pravděpodobnost shody těchto dvou skupin žen je pouze 36 %. Ostatní veličiny nám svými vlastnostmi nedávají možnost buď nevyloučit normalitu anebo potvrdit homoskedasticitu, a musíme tedy pro ně použít neparametrické testy, jako jsou Kruskal-Wallisův a Jonckheer-Terpstrův. Nejpravděpodobnějšími adepty na zaručenou rozdílnost skupin jsou veličiny F_0 a w_e . Párové Wilcoxonovy testy pak prozrazují, že zaručená rozdílnost na 5% hladině významnosti se u resilience nalézá mezi trendy prvního a druhého těhotenstvím a u těhotenství druhého a

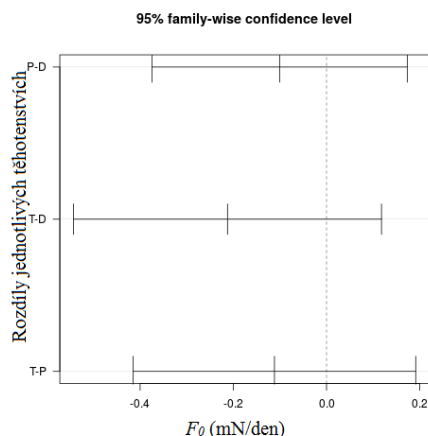
třetího. Hraniční (5,5 %) je pro F_0 mezi prvním a třetím těhotenstvím. Pro tyto veličiny s prokázaným vlivem pořadí těhotenství na trend daných veličin uvádíme i dva boxové diagramy (grafy 3, 4) a Tukey diagramy (grafy 5, 6), které názorně popisují danou situaci. Dále je pravděpodobná rozdílnost skupin viditelná pouze u skupin F_0 , a to mezi druhým a třetím těhotenstvím, pro F_3 mezi prvním a třetím těhotenstvím, pro ε_i' mezi druhým a třetím těhotenstvím a také mezi prvním a druhým těhotenstvím. Pro ostatní veličiny není důvod z naměřených dat předpokládat, že by mezi časovými trendy jednotlivých těhotenství měla existovat významná rozdílnost.



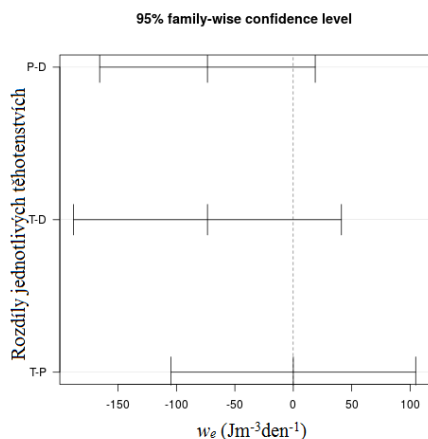
Graf 3: Zobrazení závislosti trendů F_0 na pořadí těhotenství. Kde P – první těhotenství; D – druhé těhotenství; T – třetí těhotenství.



Graf 4: Zobrazení závislosti trendů resilience (w_e) na pořadí těhotenství. Kde P – první těhotenství; D – druhé těhotenství; T – třetí těhotenství.



Graf 5: Diagram rozdílů hodnot trendů pro konečnou sílu (F_0). Ukazuje 95% interval výskytu rozdílů hodnot trendů mezi jednotlivými těhotenstvími. Hodnoty odpovídají milinewtonů za den. Kde P-D – rozdíl mezi prvním a druhým těhotenstvím; T-D – rozdíl mezi třetím a druhým těhotenstvím; T-P – rozdíl mezi třetím a prvním těhotenstvím.



Graf 6: Diagram rozdílů hodnot trendů pro resilienci (w_e). Ukazuje 95% interval výskytu rozdílů hodnot trendů mezi jednotlivými těhotenstvími. Hodnoty odpovídají $\text{Jm}^{-3}\text{den}^{-1}$. Významné rozdíly jsou mezi prvním a druhým těhotenstvím, a mezi druhým a třetím těhotenstvím, jenže opačného znaménka. Změny resilience ve třetím těhotenství jsou prakticky stejné jako u těhotenství prvního. Jistota největší změny je při prvním těhotenství, téměř 90 %. Kde P-D – rozdíl mezi prvním a druhým těhotenstvím; T-D – rozdíl mezi třetím a druhým těhotenstvím; T-P – rozdíl mezi třetím a prvním těhotenstvím.

3.3 Porovnání hodnot veličin v jednotlivých skupinách žen

Nyní uvedeme hodnoty všech pozorovaných veličin pro ženy rozdělené do skupin podle pohlaví očekávaného dítěte a podle pořadí těhotenství. Společně s těmito hodnotami uvádíme základní statistické vlastnosti těchto množin, a to jednotlivých i vzájemných.

V následující tabulce 3, vidíme, že rozdíly hodnot v závislosti skupin žen na pořadí těhotenství se vyskytují u průměrů vlasů a to pro všechny tři skupiny žen a to nejsilnější vlasy se vyskytují ve třetím těhotenství $87,46 \pm 15,62 \mu\text{m}$, dále následuje těhotenství druhé $84,54 \pm 15,84 \mu\text{m}$ a nejtenčí vlasy jsou u těhotenství prvního $81,02 \pm 14,05 \mu\text{m}$. Dále pak je signifikantní rozdíl pro smluvní mez kluzu, kdy dané rozdíly jsou pro první a druhé

těhotenství ($55,17 \pm 13,79$ a $57,47 \pm 14,47$ MPa) a dále pak pro třetí a první těhotenství ($54,8 \pm 14,19$ a $55,17 \pm 13,79$ MPa). Další signifikantní rozdíl vidíme pro skutečné lomové napětí, a to pro rozdíly mezi třetím a druhým těhotenstvím ($193,9 \pm 54,29$ a $207,2 \pm 55,43$ MPa) a třetím a prvním těhotenstvím ($193,9 \pm 54,29$ a $205,4 \pm 53,67$ MPa). Tentýž rozdíl vidíme i pro skutečnou relativní tržnou délku, tedy opět mezi třetím a druhým těhotenstvím ($0,4760 \pm 0,0700$ a $0,4969 \pm 0,0780$) a třetím a prvním těhotenstvím ($0,4760 \pm 0,0700$ a $0,4974 \pm 0,0780$).

Následující tabulka 4 ukazuje signifikantní rozdíly pro skupiny žen v závislosti na pořadí těhotenství. Dané signifikantní rozdíly můžeme vidět pro celkovou mechanickou práci a to mezi prvním a druhým těhotenstvím ($3,87 \pm 1,48$ a $4,49 \pm 1,96$ mJ) a mezi třetím a druhým těhotenstvím ($4,28 \pm 1,56$ a $4,49 \pm 1,96$ mJ). Další rozdíly jsou také pro tahovou houževnatost a to mezi třetím a druhým těhotenstvím ($53,09 \pm 16,80$ a $59,07 \pm 19,14$ MJ/m³) a mezi třetím a prvním těhotenstvím ($53,09 \pm 16,80$ a $57,83 \pm 18,18$ MJ/m³). Tento rozdíl platí i pro resilienci, kde hodnoty jsou velikosti pro rozdíl mezi třetím a prvním těhotenstvím ($0,4061 \pm 0,21$ a $0,4587 \pm 0,25$ MJ/m³) a pro rozdíl mezi třetím a prvním těhotenstvím ($0,4061 \pm 0,21$ a $0,4457 \pm 0,29$ MJ/m³).

Tabulka 5 ukazuje signifikantní rozdíly pro relaxační sílu F_2 a to mezi třetím a prvním těhotenstvím ($0,0201 \pm 0,0097$ a $0,0242 \pm 0,0099$ N). Také zde vidíme signifikantní rozdíl pro první relaxační čas τ_1 a to mezi třetím a prvním těhotenstvím ($9,57 \pm 2,98$ a $12,83 \pm 15,68$ s).

		<i>D</i>		<i>E'</i>		$\sigma_{0,05}$		$\sigma_{0,2}$		σ_i'		ε_i'	
<i>K-S</i>	0,7219	0,7198	0	0,0008	0	0,0044	0	0,0001	0,0205	0,2916	0,0014	0,2325	
		0,5022		0,2679		0,0110		0,0197		0,1989		0,0386	
		0,4228		0,007351		0,0035		0,0079		0,3608		0,0912	
<i>Bar.</i>	0,0172		0,1193		0,5593		0,5756		0,7882		0,1131		
<i>Lev.</i>	0,0201		0,6295		0,2544		0,1702		0,8455		0,2670		
<i>K-W</i>	0		0,1845		0,0689		0,0135		0,0012		0,0003		
<i>J-T</i>	0		0,0476		0,5951		0,5621		0,996		0,9997		
<i>R²</i>	0		0,1412		0,9355		0,8260		0,0112		0,0004		
<i>AN.</i>	<i>p - d</i>	3,518	0,0011	48,26	0,561	1,705	0,113	2,297	0,037	1,82	0,869	-0,0005	0,995
	<i>t - d</i>	6,445	0	70,69	0,352	-0,374	0,914	-0,369	0,930	-11,55	0,0091	-0,0215	0,0003
	<i>t - p</i>	2,927	0,037	22,44	0,917	-2,079	0,104	-2,666	0,045	-13,37	0,0056	-0,0210	0,0016
<i>Wil.</i>	<i>p - d</i>	0,0007		0,1059		0,0985		0,0274		0,7456		0,6253	
	<i>t - d</i>	0,0058		0,8772		0,0250		0,00542		0,0010		0,0024	
	<i>t - p</i>	0		0,1698		0,3417		0,2742		0,0010		0,0001	
<i>min</i>	<i>p. těh.</i>	36,68		708,3		4,35		5,36		39,85		0,0524	
	<i>d. těh.</i>	45,9		837,5		8,537		25,39		68,76		0,0362	
	<i>t. těh.</i>	47,58		1180		18,4		25,97		37,09		0,0979	
<i>I.kv.</i>	<i>p. těh.</i>	71,74		2030		36,51		46,15		171,3		0,4507	
	<i>d. těh.</i>	72,9		2104		37,11		47,33		170,5		0,4514	
	<i>t. těh.</i>	78,64		2095		35,84		45,3		158,9		0,4437	
\tilde{x}	<i>p. těh.</i>	80,64		2415		43,17		53,42		203,9		0,5015	
	<i>d. těh.</i>	85,12		2476		44,02		54,97		204,2		0,4940	
	<i>t. těh.</i>	88,14		2429		42,10		52,08		192,5		0,4830	
$\bar{x} \pm s_x$	<i>p. těh.</i>	81,02 ± 14,05		2504 ± 737,79		44,53 ± 12,8		55,17 ± 13,79		205,4 ± 53,67		0,4974 ± 0,0780	
	<i>d. těh.</i>	84,54 ± 15,84		2553 ± 697,24		46,23 ± 13,26		57,47 ± 14,47		207,2 ± 55,43		0,4969 ± 0,0780	
	<i>t. těh.</i>	87,46 ± 15,62		2575 ± 666,13		44,15 ± 12,5		54,8 ± 14,19		193,9 ± 54,29		0,4760 ± 0,0700	
<i>III.kv.</i>	<i>p. těh.</i>	89,97		2897		50,90		62,62		236,5		0,546	
	<i>d. těh.</i>	94,89		3007		53,28		66,21		237,5		0,5438	
	<i>t. těh.</i>	98,9		2911		49,39		61,84		222,3		0,5195	
<i>max</i>	<i>p. těh.</i>	122,7		7148		123,20		147,4		450,8		0,7189	
	<i>d. těh.</i>	131,7		5918		99,05		107,5		489		0,7218	
	<i>t. těh.</i>	125,2		4906		113		124,2		406,2		0,6446	

Tabulka 3: Vzájemné porovnání hodnot skupin žen na probíhajícím těhotenství. *K-S* – Kolmogorov-Smirnovův test (test normality); *Bar.* – Bartlettův test (test homogenity rozptylu); *Lev.* – Leveneův test (test homogenity rozptylu); *K-W* – Kruskal-Wallisův test (alternativa ANOVy); *J-T* – Jonckheere-Terpstrův test (alternativa ANOVy); *R²* – kvadratická hodnota Pearsonova koeficientu mezi hodnotou veličiny a pořadím těhotenství; *AN.* – ANOVA; *Wil.* – Wilcoxonův test; *p - d* – rozdíl trendů mezi prvním a druhým těhotenstvím; *t - d* – rozdíl trendů mezi třetím a druhým těhotenstvím; *t - p* – rozdíl trendů mezi třetím a prvním těhotenstvím; *min* – minimum; *I. kv.* – první kvartil; \tilde{x} – medián; \bar{x} – průměr; s_x – směrodatná odchylka; *III. kv.* – třetí kvartil; *max* – maximum; *D* – průměr vlasů; *E'* – skutečný modul elasticity; $\sigma_{0,05}$ – smluvní mez linearity; $\sigma_{0,2}$ – smluvní mez kluzu; σ_i' – skutečné lomové napětí; ε_i' – skutečná relativní tržná délka. Žlutě jsou vyznačeny signifikantní rozdíly.

		W		W_A		w_e	
<i>K-S</i>		0,113	0,9261	0,0172	0,353	0	0
			0,0455		0,1765		0
			0,7257		0,4317		0
<i>Bar.</i>		0		0,06997		0	
<i>Lev.</i>		0		0,1968		0,0858	
<i>K-W</i>		0		0,0001		0,0065	
<i>J-T</i>		0		0,9982		0,7986	
R^2		0		0,0025		0,0868	
<i>AN.</i>	<i>p - d</i>	0,621	0	1,235	0,5610	0,0130	0,7380
	<i>t - d</i>	0,413	0,0016	-4,743	0,0009	-0,0396	0,0930
	<i>t - p</i>	-0,209	0,250	-5,977	0,0001	-0,0526	0,0323
<i>Wil.</i>	<i>p - d</i>	0		0,4477		0,0615	
	<i>t - d</i>	0,6958		0		0,0014	
	<i>t - p</i>	0,0001		0,0002		0,0852	
<i>min</i>	<i>p. těh.</i>	0,2472		3,261		0,0044	
	<i>d. těh.</i>	0,0887		1,744		0,0176	
	<i>t. těh.</i>	0,2521		2,716		0,0778	
<i>I.kv.</i>	<i>p. těh.</i>	2,792		46,240		0,2985	
	<i>d. těh.</i>	2,986		46,82		0,3162	
	<i>t. těh.</i>	3,148		42,81		0,2936	
\tilde{x}	<i>p. těh.</i>	3,874		56,880		0,3835	
	<i>d. těh.</i>	4,216		57,6		0,4031	
	<i>t. těh.</i>	4,371		52,14		0,3600	
$\bar{x} \pm s_x$	<i>p. těh.</i>	3,87 ± 1,48		57,83 ± 18,18		0,4457 ± 0,29	
	<i>d. těh.</i>	4,49 ± 1,96		59,07 ± 19,14		0,4587 ± 0,25	
	<i>t. těh.</i>	4,28 ± 1,56		53,09 ± 16,80		0,4061 ± 0,21	
<i>III.kv.</i>	<i>p. těh.</i>	4,817		68,750		0,4943	
	<i>d. těh.</i>	5,675		69,89		0,5193	
	<i>t. těh.</i>	5,415		62,32		0,4824	
<i>max</i>	<i>p. těh.</i>	8,297		135,20		3,30	
	<i>d. těh.</i>	11,44		145,9		2,63	
	<i>t. těh.</i>	8,259		124,7		2,52	

Tabulka 4: Vzájemné porovnání hodnot skupin žen v závislosti na probíhajícími těhotenství. *K-S* – Kolmogorov-Smirnovův test (test normality); *Bar.* – Bartlettův test (test homogenity rozptylu); *Lev.* – Leveneův test (test homogenity rozptylu); *K-W* – Kruskal-Wallisův test (alternativa ANOVy); *J-T* – Jonckheere-Terpstrův test (alternativa ANOVy); R^2 – kvadratická hodnota Pearsonova koeficientu mezi hodnotou veličiny a pořadím těhotenství; *AN.* – ANOVA; *Wil.* – Wilcoxonův test; *p - d* – rozdíl trendů mezi prvním a druhým těhotenstvím; *t - d* – rozdíl trendů mezi třetím a druhým těhotenstvím; *t - p* – rozdíl trendů mezi třetím a prvním těhotenstvím; *min* – minimum; *I. kv.* – první kvartil; \tilde{x} – medián; \bar{x} – průměr; s_x – směrodatná odchylka; *III. kv.* – třetí kvartil; *max* – maximum; W – celková mechanická práce; W_A – tahová houževnatost; w_e – resilience. Žlutě jsou vyznačeny signifikantní rozdíly.

		F_0		F_1		F_2		F_3		τ_1		τ_2	
K-S	0,0041	0,0478	0	0,0001	0,1141	0,2461	0,0249	0,1486	0	0	0,0004	0,1767	
		0,1295		0,0370		0,2686		0,5806		0		0,0084	
		0,6353		0,0034		0,0161		0,5711		0,2848		0,1041	
Bar.	0,7686		0,0611		0,0155		0,7807		0		0		
Lev.	0,6623		0,0896		0,0968		0,9504		0,1182		0,0229		
K-W	0,3977		0,4624		0,0008		0,5816		0,2439		0,1086		
J-T	0,1123		0,8926		0,9998		0,6030		0,8013		0,8913		
R²	0,1987		0,1136		0,0004		0,8630		0,1819		0,4287		
AN.	p - d	0,0005	0,9941	-0,0005	0,7483	-0,0020	0,1391	0,0040	0,6756	1,24	0,7753	7,78	0,3101
	t - d	0,0080	0,3407	-0,0012	0,2563	-0,0041	0,0015	-0,0020	0,9176	-3,26	0,2270	-7,13	0,4338
	t - p	0,0074	0,4605	-0,0007	0,6863	-0,0020	0,2540	-0,0060	0,5354	-4,50	0,0978	-14,91	0,0506
Wil.	p - d	0,7844		0,5048		0,2299		0,5236		0,5354		0,5568	
	t - d	0,3240		0,5693		0,0129		0,3157		0,1041		0,0509	
	t - p	0,1795		0,2286		0,0002		0,5568		0,2030		0,0787	
min	p. tĕh.	0,0381		0,0020		0,0083		0		4,39		6,54	
	d. tĕh.	0,0176		0,0033		0,0069		0		2,32		5,91	
	t. tĕh.	0,0647		0,0071		0,0081		0		3,69		26,69	
I.kv.	p. tĕh.	0,1072		0,0107		0,0170		0,0286		7,68		79,41	
	d. tĕh.	0,1034		0,0104		0,0163		0,0354		8,22		83,98	
	t. tĕh.	0,1287		0,0105		0,0129		0,0309		8,04		78,53	
\tilde{x}	p. tĕh.	0,1576		0,0128		0,0226		0,0570		9,72		103,5	
	d. tĕh.	0,1591		0,0130		0,0235		0,0589		9,83		98,01	
	t. tĕh.	0,166		0,0123		0,0172		0,0539		9,12		93,54	
$\bar{x} \pm s_x$	p. tĕh.	0,1508 ± 0,045		0,0151 ± 0,0065		0,0242 ± 0,0099		0,0593 ± 0,0410		12,83 ± 15,68		105,9 ± 43,03	
	d. tĕh.	0,1513 ± 0,047		0,0146 ± 0,0065		0,0221 ± 0,0078		0,0633 ± 0,0430		14,07 ± 21,1		113,7 ± 57,25	
	t. tĕh.	0,1587 ± 0,044		0,0139 ± 0,0053		0,0201 ± 0,0097		0,0572 ± 0,0410		9,57 ± 2,98		98,78 ± 35,48	
III.kv.	p. tĕh.	0,1805		0,0185		0,0305		0,0854		12,13		128,1	
	d. tĕh.	0,1840		0,0169		0,0276		0,0885		12,12		139,1	
	t. tĕh.	0,1898		0,0154		0,0251		0,0797		10,84		111,5	
max	p. tĕh.	0,2468		0,0368		0,0505		0,1625		104,2		263	
	d. tĕh.	0,2387		0,0346		0,0410		0,2044		151,7		406,2	
	t. tĕh.	0,2403		0,0347		0,0585		0,1631		23,36		221	

Tabulka 5: Výsledky porovnání trendů pro skupiny žen v závislosti na pořadí těhotenství. *K-S* – Kolmogorov-Smirnovův test (test normality); *Bar.* – Bartlettův test (test homogenity rozptylu); *Lev.* – Leveneův test (test homogenity rozptylu); *K-W* – Kruskal-Wallisův test (alternativa ANOVy); *J-T* – Jonckheere-Terpstrův test (alternativa ANOVy); *R²* – kvadratická hodnota Pearsonova koeficientu mezi hodnotou veličiny a pořadím těhotenství; *AN.* – ANOVA; *Wil.* – Wilcoxonův test; *p - d* – rozdíl trendů mezi prvním a druhým těhotenstvím; *t - d* – rozdíl trendů mezi třetím a druhým těhotenstvím; *t - p* – rozdíl trendů mezi třetím a prvním těhotenstvím; *min* – minimum; *I. kv.* – první kvartil; \tilde{x} – medián; \bar{x} – průměr; s_x – směrodatná odchylka; *III. kv.* – třetí kvartil; *max* – maximum; F_0 – koncová síla kterou vzorek působí po odeznění všech relaxačních procesů; F_1 , F_2 , F_3 – síly patřící jednotlivým členům relaxace; τ_1 – první (krátkodobý) relaxační čas; τ_2 – druhý (střednědobý) relaxační čas. Hodnoty trendů jsou přenásobeny tisícem. Změna tedy odpovídá změně veličiny za tisíc měsíců. Žlutě jsou vyznačeny signifikantní rozdíly.

Tabulka 6 ukazuje, že u průměru vlasů je rozdíl ve skupinách žen očekávajících chlapce či dívku jen na 10% hladině významnosti, rozdíl činí 1,69 μm , číselné hodnoty pro chlapce jsou $82,54 \pm 14,15 \mu\text{m}$, zatímco pro děvče $84,23 \pm 15,53 \mu\text{m}$. Modul elasticity je asi nejjistějším identifikátorem se zde zkoumaných dvou skupin, pro něj jsme schopni dokonce rozhodnout na 1% hladině významnosti, že se skupina žen očekávajících chlapce významně odlišuje od skupiny čekajících děvče. Pro skupinu žen očekávajících chlapce vychází $2488 \pm 705 \text{ MPa}$, tedy významně méně než pro skupinu žen očekávajících děvče $2643 \pm 731 \text{ MPa}$. Na 5% hladině významnosti rozlišíme mez linearitu a mez kluzu. Opět na 1% hladině významnosti můžeme rozlišit skutečné lomové napětí, kdy pro ženy očekávající chlapce má hodnoty $195,7 \pm 53,59 \text{ MPa}$, kdežto u žen očekávající děvče je vyšší tedy $206 \pm 52,84 \text{ MPa}$.

Tabulka 7 udává, že u celkové mechanické práce i u tahové houževnatosti jsme schopni určit rozdíl, a to na 1% hladině významnosti. Kdy pro celkovou mechanickou práci jsou číselné hodnoty o velikosti $3,84 \pm 1,47 \text{ mJ}$ pro ženy očekávající kluka, a pro ženy očekávající děvče vyšší tedy $4,21 \pm 1,56 \text{ mJ}$. Velikosti hodnot pro tahovou houževnatost jsou opět vyšší pro ženy očekávající děvče tedy $57,53 \pm 17,43 \text{ MJ/m}^3$ a pro ženy očekávající chlapce $54,58 \pm 17,73 \text{ MJ/m}^3$.

Poslední tabulka 8 udává, že u relaxačních sil F_1 a F_2 jsme schopni určit rozdíl, a to na 0,5% hladině významnosti. Pro relaxační sílu F_1 jsou hodnoty o velikosti $0,0157 \pm 0,0065 \text{ N}$ pro ženy očekávající kluka, pro ženy očekávající děvče jsou tyto hodnoty nižší $0,0138 \pm 0,0058 \text{ N}$. Hodnoty pro relaxační sílu F_2 jsou vyšší pro ženy očekávající chlapce tedy $0,0245 \pm 0,0096 \text{ N}$ a pro ženy očekávající děvče jsou o velikosti $0,0215 \pm 0,0090 \text{ N}$.

		<i>D</i>		<i>E'</i>		$\sigma_{0,05}$		$\sigma_{0,2}$		$\sigma_{t'}$		$\varepsilon_{t'}$	
<i>K-S</i>	<i>k</i>	0,8119	0,6543	0	0,0132	0	0,0008	0	0,0013	0,1032	0,9126	0,0036	0,0648
	<i>h</i>		0,5475		0,0010		0,0009		0,0013		0,0131		0,0322
<i>Bar.</i>		0,0386		0,4191		0,976		0,9264		0,7524		0,0335	
<i>Lev.</i>		0,0344		0,8577		0,4509		0,3275		0,1663		0,2868	
<i>Wil.</i>		0,1389		0,0002		0,0100		0,0055		0,0053		0,5705	
<i>J-T</i>		0,9306		0,9999		0,995		0,9972		0,9973		0,7148	
<i>AN.</i>		-1,69	0,0736	-154,85	0,0007	-1,66	0,0457	-2,09	0,0215	-10,31	0,0023	-0,0034	0,4653
<i>min</i>	<i>k</i>	42,18		708,3		7,307		5,36		37,09		0,0524	
	<i>h</i>	45,69		837,500		6,926		18,24		39,85		0,1020	
<i>I.kv.</i>	<i>k</i>	72,85		2012		35,14		44,54		159,1		0,4460	
	<i>h</i>	73,51		2168		37,39		47,72		170,8		0,4485	
\tilde{x}	<i>k</i>	83,43		2378		42,01		52,33		193,4		0,4899	
	<i>h</i>	84,52		2525		44,08		54,46		203,7		0,4918	
$\bar{x} \pm s_x$	<i>k</i>	82,54 ± 14,15		2488 ± 705		44,23 ± 13,10		54,74 ± 14,41		195,7 ± 53,59		0,4859 ± 0,0780	
	<i>h</i>	84,23 ± 15,53		2643 ± 731		45,89 ± 13,11		56,84 ± 14,35		206 ± 52,84		0,4893 ± 0,0700	
<i>III.kv.</i>	<i>k</i>	91,70		2878		51,17		63,22		230,5		0,5326	
	<i>h</i>	95,13		3025		51,64		64,25		232,8		0,5308	
<i>max</i>	<i>k</i>	119,4		5918		103,6		107,5		386,4		0,7189	
	<i>h</i>	125,2		7148		123,2		147,4		450,8		0,7116	

Tabulka 6: Vzájemné porovnání hodnot skupin žen dle pohlaví očekávaného dítěte. *K-S* – Kolmogorov-Smirnovův test (test normality); *Bar.* – Bartlettův test (test homogenity rozptylu); *Lev.* – Leveneův test (test homogenity rozptylu); *J-T* – Jonckheere-Terpstrův test (alternativa ANOVy); *Wil.* – Wilcoxonův test (alternativa ANOVy); *AN.* – ANOVA; *min* – minimum; *I. kv.* – první kvartil; \tilde{x} – medián; \bar{x} – průměr; s_x – směrodatná odchylka; *III. kv.* – třetí kvartil; *max* – maximum; *k* – kluk; *h* – holka; *D* – průměr vlasů; *E'* – skutečný modul elasticity; $\sigma_{0,05}$ – smluvní mez linearity; $\sigma_{0,2}$ – smluvní mez kluzu; $\sigma_{t'}$ – skutečné lomové napětí; $\varepsilon_{t'}$ – skutečná relativní tržná délka. Žlutě jsou vyznačeny signifikantní rozdíly.

		<i>W</i>		<i>W_A</i>		<i>w_e</i>	
<i>K-S</i>	<i>k</i>	0,5696	0,8013	0,0287	0,571	0	0
	<i>h</i>		0,9457		0,0348		0
<i>Bar.</i>		0,217		0,7049		0,1259	
<i>Lev.</i>		0,2221		0,339		0,8701	
<i>Wil.</i>		0,0002		0,0139		0,2854	
<i>J-T</i>		0,9999		0,9931		0,8573	
<i>AN.</i>		-0,3722	0,0001	-2,95	0,0080	-0,0060	0,7205
<i>min</i>	<i>k</i>	0,2521		2,72		0,0206	
	<i>h</i>	0,4156		3,26		0,0079	
<i>I.kv.</i>	<i>k</i>	2,76		43,33		0,2965	
	<i>h</i>	3,08		46,22		0,2999	
\tilde{x}	<i>k</i>	3,86		53,21		0,3746	
	<i>h</i>	4,20		56,54		0,3928	
$\bar{x} \pm s_x$	<i>k</i>	3,84 ± 1,47		54,58 ± 17,73		0,4336 ± 0,2800	
	<i>h</i>	4,21 ± 1,56		57,53 ± 17,43		0,4397 ± 0,2600	
<i>III.kv.</i>	<i>k</i>	4,81		65,17		0,49	
	<i>h</i>	5,29		67,39		0,50	
<i>max</i>	<i>k</i>	8,24		120,40		3,30	
	<i>h</i>	8,82		128,70		2,63	

Tabulka 7: Výsledky porovnání hodnot skupin žen v závislosti na pohlaví očekávaného dítěte. *K-S* – Kolmogorov-Smirnovův test (test normality); *Bar.* – Bartlettův test (test homogenity rozptylu); *Lev.* – Leveneův test (test homogenity rozptylu); *Wil.* – Wilcoxonův test (alternativa ANOVy); *J-T* – Jonckheere-Terpstrův test (alternativa ANOVy); *AN.* – ANOVA; *k* – kluk; *h* – holka; *min* – minimum; *I. kv.* – první kvartil; \tilde{x} – medián; \bar{x} – průměr; s_x – směrodatná odchylka; *III. kv.* – třetí kvartil; *max* – maximum; *W* – celková mechanická; *W_A* – tahová houževnatost; *w_e* – resilience. Žlutě jsou vyznačeny signifikantní rozdíly.

		F_0		F_1		F_2		F_3		τ_1		τ_2	
<i>K-S</i>	<i>k</i>	0,0154	0,1386	0	0,0013	0,1604	0,3796	0,0540	0,2472	0,0049	0,2783	0,0001	0,0102
	<i>h</i>		0,1748		0,0004		0,0283		0,1599		0,0278		0,0080
<i>Bar.</i>		0,0740		0,1622		0,386		0,1463		0,1824		0,42	
<i>Lev.</i>		0,1178		0,293		0,7877		0,2541		0,57		0,5914	
<i>Wil.</i>		0,1235		0,0010		0,0044		0,796		0,866		0,6217	
<i>J-T</i>		0,9383		0,0005		0,0022		0,3978		0,4328		0,3107	
<i>AN.</i>		-0,0069	0,1786	0,0019	0,0041	0,0030	0,0038	0	0,992	-0,0281	0,9416	1,04	0,8381
<i>min</i>	<i>k</i>	0,0782		0,0052		0,0083		0		3,769		30,59	
	<i>h</i>	0,0176		0,0020		0,0081		0		3,694		26,69	
<i>I.kv.</i>	<i>k</i>	0,1088		0,0114		0,0173		0,0364		7,929		84,76	
	<i>h</i>	0,1173		0,0099		0,0136		0,0268		7,691		80,84	
\tilde{x}	<i>k</i>	0,1509		0,0139		0,0234		0,0580		9,581		102,5	
	<i>h</i>	0,1615		0,0122		0,0208		0,0584		9,445		97,73	
$\bar{x} \pm s_x$	<i>k</i>	0,1485 ± 0,0430		0,0157 ± 0,0065		0,0245 ± 0,0096		0,0605 ± 0,0390		10,00 ± 3,29		110,6 ± 44,41	
	<i>h</i>	0,1554 ± 0,0490		0,0138 ± 0,0058		0,0215 ± 0,0090		0,0605 ± 0,0440		10,03 ± 3,65		109,5 ± 47,31	
<i>III.kv.</i>	<i>k</i>	0,1763		0,0179		0,0293		0,0878		11,62		127,30	
	<i>h</i>	0,1929		0,0158		0,0272		0,0871		11,78		132,90	
<i>max</i>	<i>k</i>	0,2468		0,0368		0,0585		0,1497		24,01		314,40	
	<i>h</i>	0,2403		0,0347		0,0505		0,2044		32,57		406,20	

Tabulka 8: Vzájemné porovnání hodnot skupin žen v závislosti na pohlaví dítěte. *K-S* – Kolmogorov-Smirnovův test (test normality); *Bar.* – Bartlettův test (test homogenity rozptylu); *Lev.* – Leveneův test (test homogenity rozptylu); *Wil.* – Wilcoxonův test (alternativa ANOVy); *J-T* – Jonckheere-Terpstrův test (alternativa ANOVy); *AN.* – ANOVA; *k* – kluk; *h* – holka; *min* – minimum; *I. kv.* – první kvartil; \tilde{x} – medián; \bar{x} – průměr; s_x – směrodatná odchylka; *III. kv.* – třetí kvartil; *max* – maximum; F_0 – koncová síla kterou vzorek působí po odeznění všech relaxačních procesů; F_1 , F_2 , F_3 – síly patřící jednotlivým členům relaxace; τ_1 – první (krátkodobý) relaxační čas; τ_2 – druhý (střednědobý) relaxační čas. Žlutě jsou vyznačeny signifikantní rozdíly.

4 DISKUSE

Celá tato práce měla stanovených několik hlavních cílů, které jsme se snažili naplnit. Mezi ně patřilo prozkoumat mechanické chování vlasů v průběhu gravidity u konkrétních žen, a jeho případné změny zachytit jako měřitelné parametry a pokusit se je tak vysvětlit. Dále pak ukázat, zda se mechanické parametry vlasů během těhotenství mění a také to, zda jsou tyto změny jednoznačně prokazatelné v daných laboratorních podmínkách. Také jedním z cílů bylo stanovit odběrové místo pro sběr vzorků tak, aby bylo možno sesbírat velké množství vzorků vždy ze stejné odběrové oblasti, a případně vyvinout použitelnou metodiku pro měření mechanických (reologických) parametrů velkého počtu vlasů. S tímto souvisí sestavení dostatečně velkého výzkumného souboru, na kterém by bylo možno použít co nejvíce statisticky průkazných metod. Dále pak jsme chtěli zjistit, zda hodnoty mechanických parametrů vlasů v průběhu těhotenství závisí na vnějších faktorech (např. bydliště ženy, kouření, barvení vlasů) a případně na parametrech těhotenství (např. pohlaví dítěte, pořadí těhotenství, věk ženy). Dále jsme chtěli nalézt korelace mezi měřenými mechanickými veličinami charakteristickými pro vlas. A nakonec ověřit, zda všechny mechanické vlastnosti vlasů mají normální (Gaussovo) rozdělení.

Abychom mohli prozkoumat mechanické chování vlasů, vyvinuli jsme software, který nám umožnil zpracovat velké množství dat a současně tak z každého vzorku zjistit mechanické (reologické) parametry, které jsme pak tímto mohli lépe vysvětlit. Takto jsme dokázali zjistit velký počet parametrů jen z trhacích křivek. Tyto parametry jsou počáteční průřez vlasu (S_0), inženýrský modul elasticity (E), skutečný modul elasticity (E'), smluvní mez lineariry (neboli smluvní mez elasticity, $\sigma_{0,05}$), smluvní mez kluzu ($\sigma_{0,2}$), lomové napětí (σ_l), skutečné lomové napětí (σ_l'), tažnost (ε_l), skutečná relativní tržná délka (ε_l'), celková mechanická práce nutná k přetržení materiálu (W), tahová houževnatost (W_A), resilience (w_e). Další parametry jsme zjišťovali z dat pořízených relaxační zkouškou. A to koncovou sílu po relaxaci (F_0), síly patřící jednotlivým členům relaxace (F_1, F_2, F_3), krátkodobý relaxační čas (τ_1) a střednědobý relaxační čas (τ_2). Takto velký soubor mechanických parametrů je ojedinělý, neboť v literatuře nalezneme jen základní parametry, a to smluvní mez kluzu, skutečný modul elasticity, skutečné lomové napětí, případně některé relaxační síly (Hay, Wall, 2011; Benzarti et al., 2011). V tomto ohledu je naše práce ojedinělá, a proto můžeme diskutovat s jinými autory pouze minimální počet mechanických parametrů.

Nejčastěji diskutovaným parametrem pro vlasy je jejich průměr. V tomto ohledu se mnohá literatura liší, protože pokud pro všechny námi sledované ženy určíme velikost průměru vlasů, tedy $84,48 \pm 15,15 \mu\text{m}$, zjistíme, že nám vychází vyšší, než uvádí např. Hay, Wall (2011), kteří udávají velikost průměrů $56,2 \pm 10 \mu\text{m}$, či Benzarti et al. (2011) $70 \pm 5 \mu\text{m}$. Tato rozdílnost může být zapříčiněna několika faktory, a to např. odlišným počtem naměřených vzorků vlasů, případně rozdílnými odběrovými místy vzorků na hlavě nebo subjekty, od kterých byly vzorky vlasů odebírány. Dalším důvodem může být i rozdílnost v rámci jednoho vlasu, neboť jak uvádí Guohua et al. (2005): Vlasy se v jednotlivých úsecích liší svojí tloušťkou vzhledem k přítomnosti či absenci kutikuly, což výrazně ovlivňuje jejich vlastnosti. Ovšem pokud přistoupíme na myšlenku, že zvětšení průměru vlasů je znakem jejich degradace, neboť interiérové odchovy zvířat způsobují jak řídnutí srsti, tak zvyšování průměru jednotlivých chlupů, a v procesu stárnutí je průměr vlasu a modul elasticity rovněž rostoucí a rovněž tak se populačně za posledních 100 let zvýšil minimálně o $15 \mu\text{m}$, lze pak konstatovat, že ženy s horšími vlasy častěji rodí děvče. Něco takového však nelze říci zcela obecně, neboť naprosto určitě existují i ženy s tenkými nekvalitními vlasy. Zdá se však, že na rozdíl od průměru vlasů je modul elasticity vhodnou charakteristikou kvality vlasu, neboť jeho růst patrně vždy znamená kvalitativní ztrátu stavu vlasu. Tuto myšlenku potvrzuje i náš výsledek, že ženy žijící ve městech mají průměr i modul elasticity vyšší než ženy žijící na venkově. Rovněž tak opakované porody podle této myšlenky a našich výsledků kvality vlasů nepřispívají a každý další porod znamená jak zvýšení průměru vlasů, tak zvýšení modulu elasticity. Což je opět odpověď na jednu z našich vědeckých otázek.

Dále pak s literaturou můžeme porovnat skutečný modul elasticity, kdy nám v průměru vychází o velikosti $2,53 \pm 0,71 \text{ GPa}$ a Hay, Wall (2011) udávají $7,22 \pm 0,93 \text{ GPa}$. Zde opět dochází k velké odlišnosti, a to ve prospěch literatury. Odlišnost může být, stejně jako u průměru, způsobená rozdílným místem odběru vzorku, poškozením samotných vlasů a v neposlední řadě i odlišností velikosti zkoumaného souboru. V tomto případě my jsme prováděli tahové zkoušky pro 1334 vlasů a Hay, Wall (2011) pouze pro vlasů 11! Ale práce Skřontová et al. (2011) potvrzuje vyšší modul elasticity pro negravidní ženy.

Měření, které se někdy vyskytuje v literatuře jako možnost zjišťování skutečného modulu elasticity ve smyku, je s pomocí torzních kmitů (Bartošová et al., 1982; Robbins, 2002). Pro nás to bylo současně jak doplňkové měření, tak jedna z vědeckých otázek. Celou metodiku jsme podrobně popsali v Kapitole 4.1.6 (viz disertační práce), a jak se ukázalo, při pokusu o stanovení Poissonova poměru způsobuje nehomogenita elasticity v radiálním směru, že se modul elasticity určený torzními kmity jeví daleko vyšším, než reálně odpovídá elasticitě kterékoli vrstvy vlasu. Skutečný modul elasticity vychází dvakrát až šestkrát vyšší než u jiných autorů (např. Hay, Wall, 2011; Franbourg et al., 2003; Mamada, Nakamura, 2007) včetně nás. Z této skutečnosti by šlo vycházet při budoucích studiích a určit tak radiální distribuci elasticity vlasu.

Jedním z našich cílů bylo stanovit odběrové místo pro snazší odběr vzorků vlasů a také pro to, že dostupná literatura zabývající se zkoumáním mechanických (reologických) parametrů vlasů neuvádí odběrové místo na hlavě daného jedince. Zvolili jsme si odběrové místo v oblasti týlního hrbolu jednak proto, že lze snadno tento hrbol nahmatat na každé hlavě, a také z estetického hlediska pro častý odběr vlasů pro náš výzkumný záměr. Ačkoli víme, že Stalder, Kirschbaum (2012) uvádějí jako standartní pozici pro odběr vlasů oblast *posterior vertex* (oblast temene), a to proto, že tato oblast má rovnoměrné tempo růstu vlasů, nejnižší interindividuální variabilitu a nejnižší podíl vlasů v telogenní (klidové) fázi růstu. Naopak naši variantu odběru vlasů z oblasti týlu podporuje Robbins (2002), jenž uvádí, že týlní a také spánkové oblasti obsahují málo nebo žádné receptory dihydrotestosteronu a vlasy v těchto oblastech zůstávají po celý život jedince a jsou relativně imunní proti hormonálním vlivům.

Za cíl jsme si také dali sestavit dostatečně velký výzkumný soubor. Nakonec tento soubor činil 64 žen, od kterých jsme odebírali jednu za měsíc několik vlasů, a to v intervalu od prvního trimestru až do konce šestinedělí. I přes velkou snahu se nám u několika žen toto nepodařilo splnit, případně jiné ženy neodpověděly na příslušné otázky v dotaznících, proto jsme museli vždy danou statistickou metodu použít na různě velké soubory žen. To mělo za následek vedlejší efekt zjištění mechanických vlastností tak velkého souboru vlasů, že je možnost stanovení hodnot a korelací zjišťovaných mechanických veličin a jejich odhad pro celou středoevropskou populaci, a to proto, že ze vzorku 64 žen lze do určité míry činit i závěry o těchto veličinách pro celou současnou českou populaci, neboť externí validita při tomto počtu měření není již zcela zanedbatelná. Je samozřejmostí, že interní validita této práce je mnohem vyšší, neboť stanovení hodnot všech veličin probíhala pro relaxační veličiny 421 krát a pro trhací veličiny alespoň 1334 krát a pro měření průměrů vlasů dokonce 26 325 krát.

Dalšími cíli bylo nalézt korelace mezi jednotlivými mechanickými veličinami a ověřit to, zda mají normální (Gaussovo) rozdělení. Zde musíme upozornit, že výsledky týkající se korelací veličin, a zvláště pak zjištěné korelace mezi mechanickými parametry, tak i parametry historie těhotných žen, jsou nové a není možno je tedy porovnávat.

Co se týče rozložení hodnot v ženské populaci, překvapila většina veličin svou nenormalitou. Jak je popsáno v jedné z kapitol disertační práce (Kapitola 5.1), ukazuje se, že v našem populačním vzorku týlní vlasy mají normální (Gaussovo) rozdělení pouze u průměrů a celkové mechanické práce nutné k přetržení materiálu. U některých veličin (E' , $\sigma_{0,05}$, $\sigma_{0,2}$, w_e , τ_1 , τ_2) se nám podařilo prokázat logaritnicko-normální rozdělení, což znamená, že jsme

tyto veličiny přiřadili mezi jiné biometrické veličiny, jako je krevní tlak (McManus, 1983), hmotnost, délka apod., které tímto rozdělením ovlivňují rovněž. Veličiny F_0 , F_1 a F_3 vykazují komplikovanou distribuční funkci a zvláště u F_3 je možné předpokládat rozdělení do dvou skupin.

Zajímavá je silná pozitivní korelace relaxačních veličin F_1 , F_2 , τ_1 , τ_2 , která naznačuje, že poměr hodnot těchto veličin zůstává pro vlasy na hlavách žen z našeho souboru konstantní (Kapitola 5.1 v disertační práci).

Jedna z vědeckých otázek se týkala významu trendů neboli průměrné časové změny hodnot veličin v tomto období. Tyto trendy vypovídají o změnách hodnot mechanických veličin vlasů v průběhu těhotenství nejlépe. Bohužel u žádné z veličin se nám nepodařilo prokázat, že během těhotenství se její hodnota mění pro všechny ženy společně. Jiná situace ovšem nastává, pokud rozdělíme množinu všech žen podle místa, kde žijí, a především pak podle pohlaví očekávaného dítěte. Určitou roli rovněž hraje i pořadí těhotenství. Co se týče trendů, vychází statisticky signifikantní rozdíl u resilience a všech sil relaxace (F_i). U všech těchto veličin je pořadí těhotenství statisticky signifikantním faktorem. Statisticky signifikantním ukazatelem pro trendy F_0 je pohlaví dítěte. Další závěr lze činit pro samotné hodnoty měřených veličin. Uvedené dva parametry, tedy pořadí těhotenství, pohlaví dítěte, jednoznačně korelují především s průměrem vlasů, mezi linearity, mezi kluzu, skutečnou relativní tržnou délkou, tahovou houževnatostí a F_0 , F_1 , F_3 , τ_2 . PCA analýzou byly všechny tyto závěry potvrzeny, a navíc byla nalezena méně významná závislost těchto veličin na místě, kde ženy žijí. Z úsporných důvodů a kvůli faktu, že se jedná pouze o malé rozšíření výsledků, byl však tento typ analýzy a její výsledky z této práce vypuštěny.

Za cíl jsme si také stanovili vyvinutí metodiky pro měření velkého počtu vzorků vlasů. I když k zjišťování trhacích a relaxačních křivek jsme využili konvenčně vyráběné deformační zařízení, pro které jsme si jen upravili vhodné čelisti, aby splňovaly naše nároky (Příloha 8.1, která je součástí disertační práce), zjistili jsme, že i tak musíme vlas nejprve vložit do kousku papíru a až poté do samotných čelistí. Jednak zabraňujeme jeho vysmeknutí, ale také jeho rozdrčení či uštípnutí o hranu čelisti (viz Kapitola 4.1.5 disertační práce). Uvádíme to zde proto, že jsme neměli možnost se o ničem podobném dočíst v nám dostupné literatuře. I když jsme vynaložili značné úsilí na vývoj optimální metodiky v několika zajímavých oblastech průzkumu mechanických vlastností vlasů kromě v této práci uváděných postupů, jako např. rozdíly v mechanických vlastnostech ženských a mužských vlasů; rozdíly mezi vlasy dospělých a dětí; rozdílnost vlasu v jeho jednotlivých úsecích; vliv teploty a vlhkosti na mechanické vlastnosti vlasů (in vitro), případně porovnání mechanických vlastností chlupů pro různé druhy zvířat apod, rozhodli jsme se ve snaze zkrácení této práce se jimi zde nezabývat a věnovat se především hlavnímu tématu této práce. Jen okrajově zde můžeme zmínit, že z in vivo měření relativní vlhkosti vzduchu ve vlasech jsme zjistili, že je zpravidla během dne o 10 % nižší než v okolním vzduchu.

5 ZÁVĚR

Výsledky této práce lze rozdělit na plánované, které jsou v souladu s původním cílem a názvem práce, a výsledky neplánované, i když neméně zajímavé, které vznikly takovými porovnáními naměřených dat, která jsme původně neplánovali.

Do první skupiny patří především prokázání změny průměru vlasu a resilience v období těhotenství společně celému zkoumanému vzorku populace. U ostatních zkoumaných veličin se zdá, že je jejich vývoj v období gravidity společný vždy jen určitým částem populace. Přestože shluková analýza dává poměrně jasný obraz rozdělení populace, nepodařilo se nám za pomoci dotazníkových markerů nalézt takové, které by nezávisle určily příslušnost do těchto skupin, a tím je ověřit a vysvětlit, což může být například způsobeno genetickým charakterem dělení, které dotazník nepodchytil.

Podařilo se však prokázat souvislosti těhotenství jako celku i některých jeho parametrů s některými mechanickými parametry vlasů, čímž si můžeme odpovědět na jednu z vědeckých otázek. Na rozdíl od prokázaných závislostí několika mechanických veličin na pořadí těhotenství, které považujeme za předpokládatelné, je prokázaná silná korelace mezi pohlavím dítěte a některými mechanickými parametry pro nás výsledkem naprosto nečekaným. Především sem patří průměr vlasů, modul elasticity, mez linearitu, mez kluzu, mechanická práce, tahová houževnatost. Ženy, které očekávají děvče, mají prokazatelně vyšší průměr vlasů, tedy 84,23 μm , a současně platí, že tytéž ženy očekávající dívky mají hodnoty pro modul elasticity, které činí 2643 MPa, zatímco u žen očekávající chlapce jen 2488 MPa. Ve prospěch žen očekávajících děvče jsou také hodnoty meze linearitu 45,89 MPa a hodnoty meze kluzu 56,84 MPa oproti hodnotám pro ženy očekávající chlapce, tedy pro mez linearitu 44,23 MPa a pro mez kluzu 54,74 MPa.

Je pochopitelné, že určitý vývoj zaznamenávají mechanické parametry vlasů i pro opakované porody. Nám se to podařilo prokázat pro následující veličiny: průměr vlasů, modul elasticity a konečnou sílu relaxace F_0 .

Ženy žijící na venkově oplývají vlasy tenčími a ve smyslu modulu elasticity měkčími než ženy městské. U ostatních dotazníkových parametrů jako je kouření, barvení vlasů, apod. se kupodivu jednoznačný celopopulační vliv nepodařilo prokázat.

Přestože netušíme, co je příčina souvislostí výše uvedených třech korelací, nezbyvá než je prohlásit na základě naměřených dat na našem vzorku populace za prokázané.

Hlavním úkolem této práce bylo zjištění vlivů parametrů gravidních žen na mechanické parametry vlasů, což se také podařilo; považujeme za podstatné zjištění středních hodnot u těchto bílých žen a jejich rozložení v místní populaci naměřené na tolika vzorcích. Jsou to ukazatele, které se mohou s vývojem populace historicky nemálo vyvíjet, a proto fixování hodnot současné dějinné etapy v této práci považujeme za cenný příspěvek. Podobně také nalezení několika netriviálních korelací mechanických veličin a především zjištění invariantnosti (neměnnosti) tvaru relaxační křivky na vlasu považujeme za dosud nezjištěné a cenné. Také zjištění, že některé relaxační časy a resilience mají na místo normálního (Gaussova) rozdělení prokazatelně rozdělení logaritmicko-normální, považujeme za překvapivé.

Závěrem bychom chtěli doporučit případným následovníkům důkladnější rozvinutí měření s pomocí metody tlumených kmitů. Pro nás díky své časové náročnosti mělo spíše doplňkový charakter. Také by bylo zajímavé pomocí námi nalezené metody měření vlasů v tahu naměřit vlasy jiných skupin lidí, ať již mužů, dětí různého stáří či lidí s různým onemocněním. Neboť jak se ukázalo, prací zaměřených na zkoumání mechanických vlastností vlasů v detailnějším měřítku a pro větší počty vzorků stále není mnoho.

6 SEZNAM LITERATURY

Bartošová, L., Jorda, V., Šťáva, Z. (1982): Choroby vlasů a ovlášené kůže. Avicenum, zdravotnické nakladatelství Praha, 1. vydání, pp. 256.

Babycenter (1997 – 2016). Hair and nail changes during the pregnancy. Citováno dne: 5. Července 2016. Dostupné z: <http://www.babycenter.com/0_hair-and-nail-changes-during-pregnancy_1456563.bc>.

Benzarti, M., Tkaya, M. B., Mattei, C. P., Zahouani, H. (2011): Hair Mechanical Properties Depending on Age and Origin. World Academy of Science, Engineering and Technology, vol. 74, pp. 471 – 477.

Blackmore-Prince, Ch., Hatlow, S. D., Gargiullo, P., Lee, M. A., Savitz, D. A. (1999): Chemical Hair Treatments and Adverse Pregnancy Outcome among Black Women in Central North Carolina,“ American Journal of Eptdemiology, vol. 149 (8), pp. 712 – 716.

Cade, P. (1995): Chemical hair straighteners, waves and treatment products. Edison: Croda, pp. 1 – 21.

Dias, T. C. S. (2004): Análise da ação condicionadora de substâncias cosméticas adicionadas em alisante capilar à base de tioglicolato de amônio. São Paulo, pp. 106. (Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade de São Paulo).

Dias, T. C. S., Baby, A. R., Kaneko, T. M., Velasco, M. V. R. (2007): Relaxing / straightening of Afro-ethnic hair: historical overview. J. Cosmet. Dermatol., Oxford, vol. 6 (1), pp. 2 – 5.

Franbourg, A., Hallegot, P., Balteenneck, F., Toutain, C., Lerroy, F. (2003): Current research on ethnic hair. J. Am. Acad. Dermatol., pp. 115 – 119.

Funai, E. F., Gillen-Goldstein, J., Roque, H., Abdel-Razeq, S. S. (2013): Respiratory tract changes during pregnancy. Citováno dne: 31. Srpná 2013. Dostupné z: <<http://www.uptodate.com/contents/changes-in-the-respiratory-tract-during-pregnancy>>

Guohua, W., Bhushan, B., Torgerson, P. M. (2005): Nanomechanical characterization of human hair using nanoindenttion and SEM. Ultramicroscopy, 105, 1-4, pp. 248 – 266.

Hay, J., Wall, C. (2011): Mechanical Characterization of Brown and Grey Hair. Agilent Technologies.

Karlsson, M. K., Ahlberg, H. G., Karlsson, C. (2005): Maternity and bone mineral density. Acta orthopaedica, 76 (1), pp. 2 – 13.

Longo, V. M., Monteiro, V. F., Pinheiro, A. S., Terci, D., Vasconcelos, J. S., Paskocimas, C. A., Leite, E. R., Longo, E., Varela, J. A. (2006): Charge density alterations in human hair fibers: an investigation using electrostatic force microscopy. Int. J. Cosmet. Sci., Oxford, vol. 28 (2), pp. 95 – 101.

- Mamada, A., Nakamura, K. (2007): A study of the volume and bounce decrease in hair with aging using bending elasticity measurements. *J. Cosmet. Sci.*, vol. 58, pp. 485 – 494.
- March of dimes (2016): Hair changes. Citováno dne: 19. Července 2016. Dostupné z: <<http://www.marchofdimes.org/pregnancy/hair-changes.aspx>>.
- McManus, I. C. (1983): Biomodality of blood pressure levels. *Statistics in medicine*, vol. 2, pp. 253 – 258.
- Nissimov, J., Elchalal, U. (2003): Scalp hair diameter increases during pregnancy. *Clinical and experimental dermatology*. 28, pp. 525 – 530.
- Pařízek, A. (2009): Kniha o těhotenství a dítěti – Český průvodce těhotenstvím, porodem, šestinedělím – až do dvou let dítěte (4. vydání). Galén Praha. ISBN 9788072626533.
- Robbins, R. C. (2002): *Chemical and Physical Behavior of Human Hair*, 4th ed. ISBN 0-387-95094-X.
- Robbins, C. R. (2012): *Chemical and physical behavior of human hair*. 5th ed. New York: Springer.
- Skřontová, M., Šimková, L., Jelen, K. (2011): Hair quality in gravid versus non-gravid women. *Acta Universitatis Carolinae, Kinanthropologica*, vol. 47 (2), pp. 117 – 125.
- Stalder, T., Kirschbaum, C. (2012): Analysis of cortisol in hair - state of the art and future directions. *Brain Behav Immun*, vol. 26, pp. 1019 – 1029.

SEZNAM ZKRATEK

D (μm)	průměr vlasu
E (MPa)	skutečný modul elasticity
ε'_t (1)	skutečná relativní tržná délka
F_0 (N)	koncová síla po relaxaci
F_1 (N)	síly patřící jednotlivým členům relaxace
F_2 (N)	
F_3 (N)	
S (μm^2)	průřez
$\sigma_{0,05}$ (MPa)	smluvní mez linearity
$\sigma_{0,2}$ (MPa)	smluvní mez kluzu
σ_{max} (MPa)	skutečné lomové napětí
τ_1 (s)	krátkodobý relaxační čas
τ_2 (s)	střednědobý relaxační čas
W (mJ)	celková mechanická práce
W_A (MJ/m ³)	tahová houževnatost
w_e (MJ/m ³)	resilience

PUBLIKAČNÍ ČINNOST:

Skřontová, M., Šimková, L., Jelen, K. (2011): Hair quality in gravid versus non-gravid women. *Acta Universitatis Carolinae, Kinanthropologica*, vol. 47 (2), pp. 117 – 125.

Šimková, L., Skřontová, M., Jelen, K., Zeman, J. (2012): The structure of hair thickness distribution over women's heads surface. *Acta Universitatis Carolinae, Kinanthropologica*, vol. 48 (2), pp. 156 – 163.

Skřontová, M., Šimková, L. (2012): Viskoelastické parametry vlasů. In: *Scientia Moventis 2012, Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze, 27. Března 2012, Praha, Česká republika*, pp. 190 – 197.

Skřontová, M., Šimková, L., Zeman, J., Jelen, K. (2012): Změny mechanických parametrů vlasů u žen v reprodukčním věku. In: *Stárnutí 2012, 3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Praze, 26. – 27. Října 2012, Praha, Česká republika*, pp. 31.

Šimková, L., Skřontová, M., Jelen, K., Zeman, J. (2012): Struktura rozložení tloušťek vlasů na povrchu ženské hlavy. In: *Stárnutí 2012, 3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Praze, 26. – 27. Října 2012, Praha, Česká republika*, pp. 33.

Skřontová, M., Šimková, L., Jelen, K., Zeman, J. (2012): Hair material parameter's determination by free oscillations method. In: *14th Conference on Human Biomechanics 2012, 5. – 7. November 2012, Třešť, Czech Republic*, pp. 74 – 76.

Šimková, L., Skřontová, M., Jelen, K., Zeman, J. (2012): Dependence of the Young's modulus in tension and shear in case of a human hair. In: *14th Conference on Human Biomechanics 2012, 5. – 7. November 2012, Třešť, Czech Republic*, pp. 82.

Skřontová, M., Šimková, L., Zeman, J., Jelen, K. (2013): Časové rozložení denních teplot na povrchu lidské hlavy při fyzických aktivitách. In: *Věda v pohybu, pohyb ve vědě, Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze, Červen 2013, Praha, Česká Republika*.

Šimková, L., Skřontová, M., Jelen, K., Zeman, J. (2013): Časové rozložení relativních vlhkostí během dne na povrchu lidské hlavy při fyzických aktivitách. In: *Věda v pohybu, pohyb ve vědě, Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze, Červen 2013, Praha, Česká Republika*.

Skřontová, M., Šimková, L., Havránek, A., Květoň, M., Jelen, K., Chalupa, B., Zeman, J. (2013): Determination of viscoelastic properties of human hair by damped torsion oscillation method. In: *XXIV. Congress of the International Society of Biomechanics ISB 2013, 4. – 9. August 2013, Natal, Brazil*, pp. 194.

Šimková, L., Skřontová, M., Jelen, K., Zeman, J. (2013): Probability of different diameters distribution of hair on the head. In: *XXIV. Congress of the International Society of Biomechanics ISB 2013, 4 – 9. August 2013, Natal, Brazil*, pp. 194 – 195.

Šimková, L., Skřontová, M., Jelen, K., Chalupa, B. (2013): Determination of different animal species hair viscoelastic. In: 5th International Conference Trends in Agricultural Engineering TAE 2013, Published by Czech University of Life Sciences Prague, 3. – 6. September 2013, Prague, Czech Republic, pp. 590 – 594.

Skřontová, M., Šimková, L., Zeman, J., Jelen, K. (2014): The dependence of viscoelastic parameters of hair on its structure. In: 15th International Conference Human Biomechanics 2014, University of West Bohemia, 15. – 16. September 2014, Pilsen, Czech Republic, pp. 22.

Šimková, L., Skřontová, M., Zeman, J., Jelen, K. (2014): The values of viscoelastic parameters of hair at different places on the head surface. In: 15th International Conference Human Biomechanics 2014, University of West Bohemia, 15. – 16. September 2014, Pilsen, Czech Republic, pp. 23.

Jelen, K., Skřontová, M., Šimková, L., Zeman, J., Tlapáková, E., Fanta, O. (2014): Changes in the mechanical parameters of hair in a group of women in reproductive age. *Neuroendocrinology Letters*, vol. 35 (6), pp. 101 – 109.

Skřontová, M., Šimková, L., Jelen, K., Chalupa, B., Zeman, J. (2015): Viscoelastic Parameters of Mammalian Hair, In: 21st Congress of the European Society of Biomechanics ESB 2015, Published by Czech Technical University in Prague, 5. – 8. July 2015, Prague, Czech Republic, pp. 503.

Šimková, L., Skřontová, M., Zeman, J., Chalupa, B., Jelen, K. (2015): Impact of canities on viscoelastic parameters of human hair. In: 21st Congress of the European Society of Biomechanics ESB 2015, Published by Czech Technical University in Prague, 5. – 8. July 2015, Prague, Czech Republic, pp. 163.

Skřontová, M., Šimková, L., Zeman, J., Chalupa, B., Jelen, K. (2015): Effect of mechanical parameters hair Caucasian pregnancy women. XXV. Congress of the International Society of Biomechanics ISB 2015, International Society of Biomechanics, 12. – 16. July 2015, Glasgow, UK, pp. 1402 – 1403.

Skřontová, M., Zeman, J., Šimková, L., Jelen, K. (2016): Vliv gravidity na tvar a tloušťku vlasu. In: Experimentální a výpočtové metody v inženýrství EVM 2016, vydavatel Katedra strojů a mechaniky, Fakulta výrobních technologií a managementu, Universita Jana Evangelisty Purkyně Ústí nad Labem, 2. – 3. června 2016, Ústí nad Labem, Česká republika.

Skřontová, M., Šimková, L., Jelen, K. (2016): Relationship between the medulla and the diameter of ferret hairs. In: 6th International Conference Trends in Agricultural Engineering TAE 2016, Published by Czech University of Life Sciences Prague, 7. – 9. September 2016, Prague, Czech Republic, pp. 597 – 601.