

Měření elasticity lidské kůže pomocí ultrazvuku

M. Hyblová (marie.hyblova2@seznam.cz)

O. Knap (andres2@seznam.cz)

E. Radová (radova.eli@seznam.cz)

M. Štajer (martinstajer@seznam.cz)

Ústav termomechaniky AV ČR, v. v. i.
Dolejškova 1402/5, 182 00 Praha 8 - Libeň

a

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská
České vysoké učení technické v Praze
Břehová 7, 115 19 Praha 1

Abstrakt

Kůže je životně důležitý orgán lidského těla. Studium jejích mechanických vlastností může přispět v rozvoji farmaceutického a kosmetického průmyslu, dermatologie a plastické chirurgie. Tato výzkumná práce je postavena na dvou experimentech zkoumajících mechanické vlastnosti lidské kůže (což je biopolymer). V prvním experimentu jsme pomocí speciálního přístroje měřili závislost napětí kůže na jejím prodloužení. Dále, pomocí kruhové sondy jsme v druhém experimentu měřili anizotropii kůže. Výsledkem jsou grafy dokazující elasticitu kůže a její anizotropii pro každého jedince individuálně.

1 Úvod

Kůže je největší orgán lidského těla vzhledem k jejím rozměrům. Má mnoho funkcí (metabolickou, ochrannou, termoregulační, ...) a vlastností, jak fyziologických (které jsou již dobře prozkoumány) tak mechanických, mezi které patří např. elasticita, pružnost, pevnost a anizotropie. Tyto vlastnosti jsme během experimentů zkoumali.

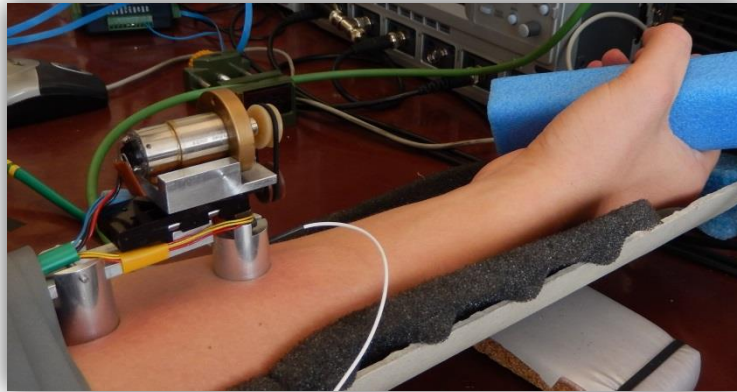
Elasticita kůže je dána elastinem, který soustavným namáháním kůže ubývá a přibývá neelastický kolagen, v důsledku čehož kůže ztrácí svou pružnost a stává se tužší a křehčí. Právě na zjišťování stavu elasticity kůže jsme využili přístroj založený na vysílání ultrazvukových vln a současném mechanickém namáhání kůže.

Anizotropie kůže je pro každého jedince individuální. Proto je potřeba ji měřit pro každého jedince zvlášť, což jsme provedli ve druhém experimentu.

Výsledkem jsou grafy, na kterých můžeme pozorovat výše zmíněné vlastnosti.

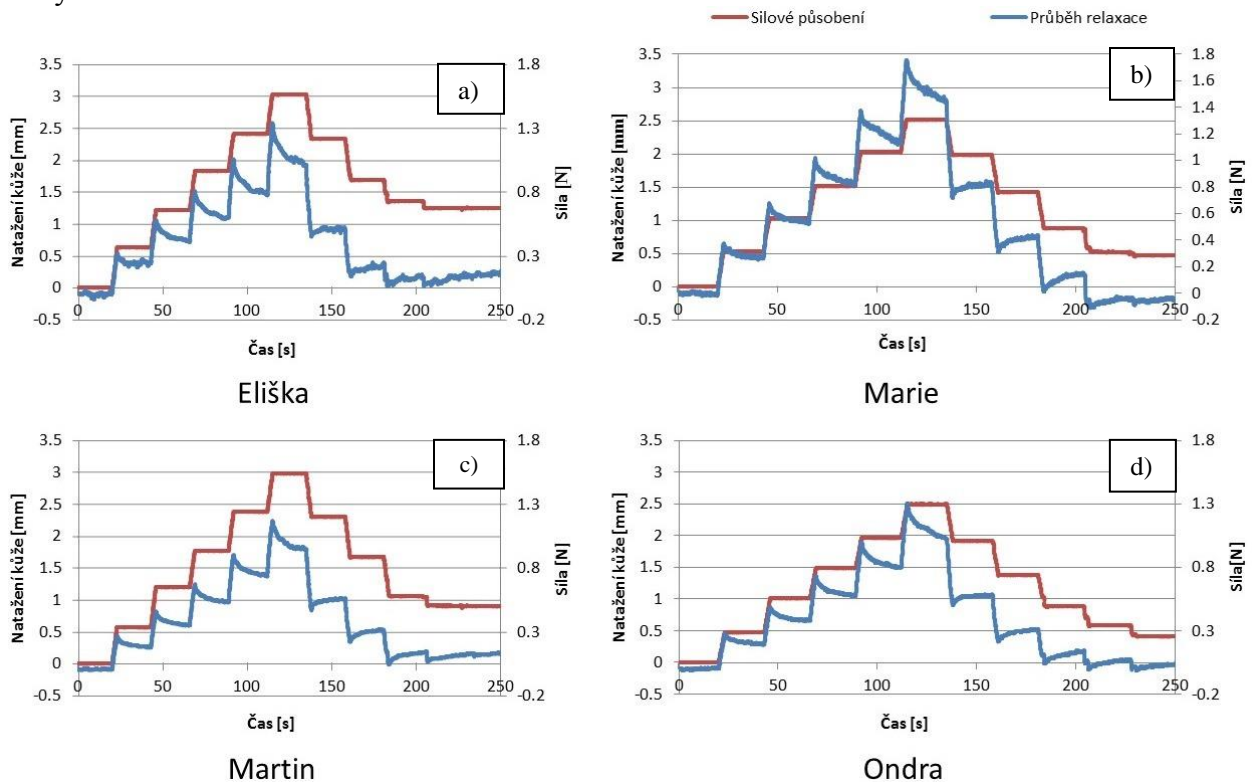
2 Měření elasticity

Elasticitu lidské kůže jsme měřili pomocí speciálního přístroje (obrázek 1), který kombinuje mechanické namáhání kůže v tahu s ultrazvukem, jenž umožňuje sledovat okamžité změny v kůži. Princip přístroje je stupňovité natahování kůže a po dosažení určitého natažení následuje postupné uvolňování. Přístroj je opatřen třemi ultrazvukovými sondami, jednou vysílací a dvěma přijímacími. Jedna přijímací sonda je pevná (sonda A) a druhá natahuje kůži - je pohyblivá (sonda B).



Obrázek 1: Přístroj na měření elasticity lidské kůže

Pomocí přístroje můžeme dále měřit vzdálenost sond a napětí, kterým kůže reaguje na vyvolané změny.



Obrázek 2: Závislost napětí kůže na jejím natažení

Na obrázku 2 můžeme porovnat závislost napětí kůže na jeho natažení pro 4 jedince ve věku 17 a 18 let. Zatímco na grafech a), b) jsou data pro dívky, na obrázcích c) a d) jsou data chlapců. Na grafech a) a c) je maximální prodloužení kůže 3mm, na grafech b) a d) je to pouze 2,5mm, protože kůže byla příliš elastická a technické parametry experimentu nedovolovaly větší prodloužení. Z tohoto důvodu budeme porovnávat pouze grafy a) a c) a grafy b) a d). Z první dvojice grafů je vidět, že kůže a) je více elastická (lépe se přizpůsobuje síle) než c). To samé platí o druhé dvojici, kde b) je výrazně elastičtější než d). Dále si můžeme všimnout porušení Boltzmannova principu superpozice, který říká, že dané deformaci odpovídá vždy stejná hodnota napětí. To dokazuje, že kůže je nelineárně viskoelastická.

3 Měření anizotropie

Anizotropie je rozdílnost vlastností materiálu v určitých směrech. Na lidské kůži je anizotropie obecně popsána pomocí Langerových linií. Ty udávají, v jakém směru je kůže elastická více a v jakém směru méně. Anizotropie je ale pro každého jedince individuální, což umožňuje měřit speciální kruhová sonda (obr.3).



Obrázek 3: Kruhová sonda na měření anizotropie

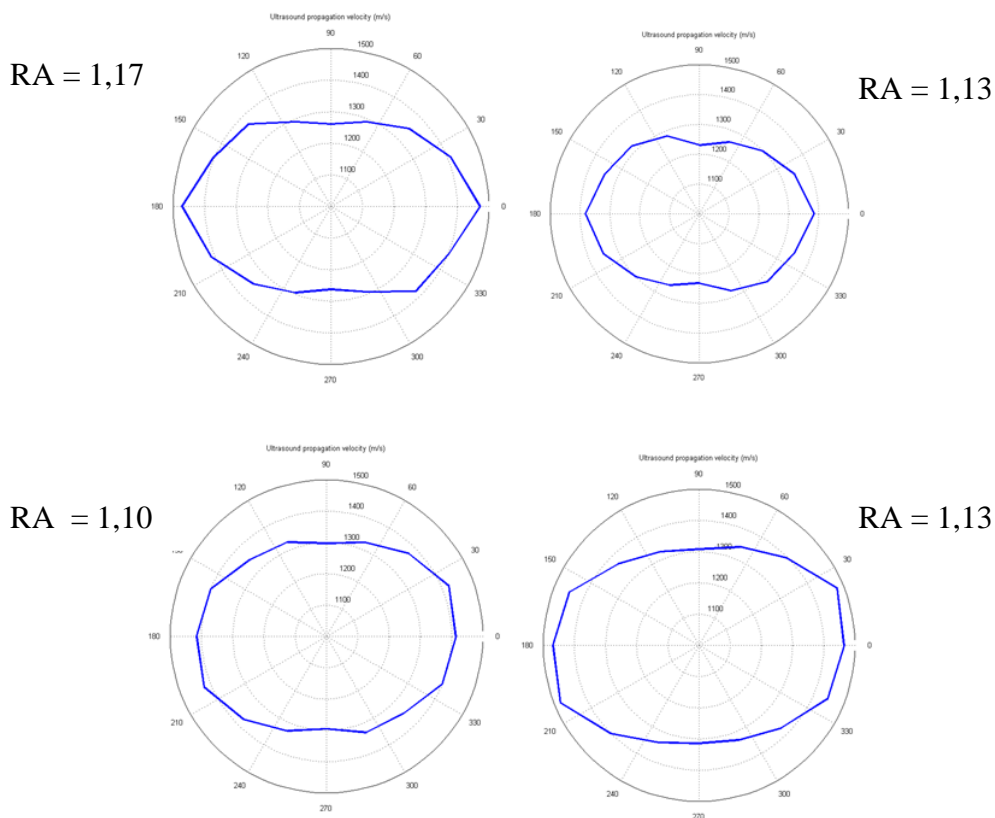
Čím menší je pružnost, tím menší je deformace a větší napětí, tzn. vyšší modul pružnosti. V tomto případě se ultrazvukové vlny šíří v kůži rychleji, což můžeme vidět na následujících grafech (obr. 4). Data jsou pro čtyři osoby ve věku 17 a 18 let. Anizotropii kůže v daném místě na těle (předloktí pravé ruky) určuje hodnota RA (relativní anizotropie),

$$RA = \frac{v_{max}}{v_{min}}$$

tedy podíl maximální rychlosti šíření ultrazvuku ku minimální. Hodnoty rychlostí šíření ultrazvuku se pohybují mezi 1100 m/s – 1500m/s.

4 Shrnutí

Seznámili jsme se se základními pojmy výzkumu v oblasti elasticity lidské kůže. Poznali jsme vědecké prostředí v Ústavu termomechaniky AV ČR. Provedli jsme dva experimenty, na jejichž základě jsme mohli vyhodnotit elasticitu a anizotropii lidské kůže pro čtyři jedince ve věku 17 a 18 let. Zjistili jsme, že dívky mají kůži elastičtější v porovnání s chlapci. Dále jsme zjistili, že nejvíce anizotropní kůži v daném místě měření mají opět dívky. Tento výzkum nám poskytl širší rozhled v oblasti dermatologie a farmacie, což nás dále motivovalo k výběru vysoké školy po absolvování gymnázia.



Obrázek 4: Závislost rychlosti šíření ultrazvuku na směru a hodnoty relativní anizotropie (RA)

5 Poděkování

Velmi děkujeme Ing. Janě Hradilové a Ústavu termomechaniky AVČR.

Reference:

- [1] FERRY, J. D.: *Viscoelastic properties of polymers* John Wiley & Sons, 1970, 671 č.1 – č.
- [2] RŮŽIČKOVÁ, E.: *Hodnocení mechanických vlastností kožní tkáně pomocí ultrazvuku* Bakalářská práce FJFI ČVUT v Praze, 2008, 49 č.1 – č.49.