

Měření elasticity lidské kůže pomocí ultrazvuku

M. Caha – Gymnázium Velké Meziříčí

A. Červenková – Gymnázium Sokolov

L. Šimková – Gymnázium Bučovice

Š. Zbožíňková – Gymnázium Bučovice

nitramahac@seznam.cz

Ancervenkova@gmail.com

simklu.xD@seznam.cz

sarka1309@seznam.cz

Abstrakt:

Naším úkolem bylo seznámit se se základními pojmy v oblasti měření elasticity lidské kůže pomocí ultrazvuku a analýzy signálu. Dále jsme na Ústavu termomechaniky Akademie věd České republiky (ÚT AV ČR, v. i. i.) seznámili s experimentem, který probíhá pod vedením Ing. Zdeňka Převorovského, CSc. Naším cílem bylo analyzovat signál pomocí programu MATLAB.

1 Úvod

Kůže je největší lidský orgán, který zajišťuje řadu životně důležitých funkcí (např. metabolická, termoregulační, vylučovací, ...). Z fyziologického hlediska byla kůže již zcela prozkoumána, zato její mechanické vlastnosti stále zůstávají neprobádaným územím. Neustálým namáháním kůže stárne a ztrácí pružnost a tento jev bychom chtěli minimalizovat. Výsledky mohou přispět v oblasti dermatologie, plastické chirurgie nebo v kosmetickém průmyslu. Během experimentu je pokožka stupňovitě namáhána v tahu a zároveň je vyslán ultrazvukový impulz. Sledujeme relaxaci pokožky a šíření impulzu. Měření probíhá *in vivo*, tedy v žijící tkáni neoddělené od těla.

2 Základní pojmy

- **Kůže**

Kůže se skládá ze tří základních vrstev – *epidermis* (pokožka), *dermis* (škára) a *hypodermis* (podkožní vazivo).

Horní vrstva pokožky neustále rohovatí, buňky odumírají a odlupují se. Ve spodní vrstvě se buňky neustále dělí a vytlačují starší k povrchu. Celá pokožka se obnoví jednou z 3 týdnů, během života se buněk vymění 18-22 kg. V této vrstvě se nachází také melanin – pigment, který ovlivňuje barvu vlasů, očí a kůže.

Škára je asi 3 mm silná, odolná a pružná vrstva, obsahující krevní a lymfatické cévy, nervová zakončení, mazové a potní žlázy. Je tvořena vlákny kolagenu a elastinu, které zajišťují pevnost a pružnost pokožky. Kolagenová vlákna jsou vysoce pevná v tahu, zatímco elastinová se prodlužují a navracejí do původního stavu.

Podkožní vazivo zajišťuje tepelnou izolaci těla a je zásobárnou energie díky tukovým buňkám.

- **Viskoelasticita**

Viskoelastická látka je kombinací viskózní a elastické, což znamená že má nenulovou viskozitu a zároveň po odstranění vnějšího silového působení se vrací do původního tvaru. Patří mezi ně např. polymery (kaučuk, PVC, polystyren, ...) a také kůže, kterou řadíme mezi biopolymery. Pro zkoumání viskoelastických vlastností používáme experimenty relaxaci a *creep*. Při relaxaci je látka skokově deformována a my sledujeme časový průběh napětí. Naopak při *creepu* na látku přivedeme skokově napětí a tentokrát sledujeme časový průběh deformace. Věda zabývající se vztahy mezi deformací, napětím a rychlostmi deformace pro různé látky se nazývá reologie.

- **Ultrazvuk**

Ultrazvuk je akustické vlnění s frekvencí nad 20 kHz, mechanické kmitání částic určené frekvencí, amplitudou a rychlostí šíření v prostředí. Uplatňuje se v lékařství, diagnostice biologických tkání nebo např. v nedestruktivním testování materiálu. Vlny jsou při průchodu prostředím pohlcovány a tlumeny rozptylem, platí Snellův zákon odrazu, Huygensův princip atd. Při vlnění rozlišujeme vlny podélné, které kmitají přímočaře ve směru šíření vlnění, a vlny příčné (*smykové*) kmitající kolmo na směr šíření. Jejich speciálním případem jsou vlny povrchové (*Rayleighovy*) a deskové (*Lambovy*). Každý z typů výše zmíněných vln se šíří různou rychlostí.

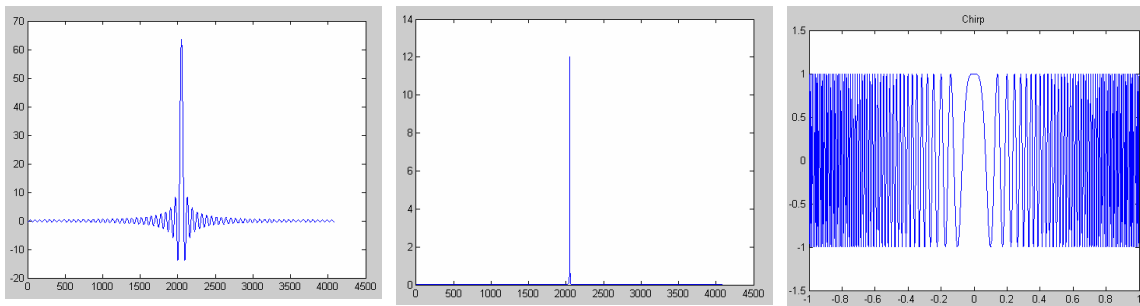
- **Experiment**

Kožní tkáň zkoumáme *in vivo* (oproti *ex vivo* – vzorek odebraný z žijící tkáně, *in vitro* – mrtvá tkáň). Používáme metodu zatěžování v rovině. Veličiny, které sledujeme jsou rychlost ultrazvuku a jeho útlum během šíření kožní tkání. Základem experimentu je zatěžovací přístroj zkonstruovaný na ÚT AV ČR, v. i. i., který zajišťuje stupňovité namáhání pomocí elektromotoru a sondami vysílá a přijímá ultrazvukové signály. Skládá se ze tří ultrazvukových sond (1 vysílací, 2 přijímací) opatřených podtlakovými přísavkami, které jsou pevně přichyceny na kůži díky odsávání vzduchu odsávací pumpičkou. Přístroj je umístěn na radiální části předloktí. Akustickou vazbu mezi pokožkou a sondou zprostředkovává včelí med (svými vlastnosti umožňuje přenášení smykových vln). Během experimentu sbíráme data, z kterých následně vyhodnotíme rychlost signálu v závislosti na namáhání pokožky.

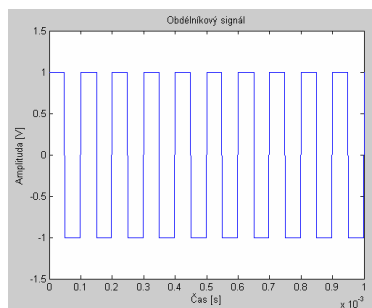


- **Zpracování dat v MATLABu**

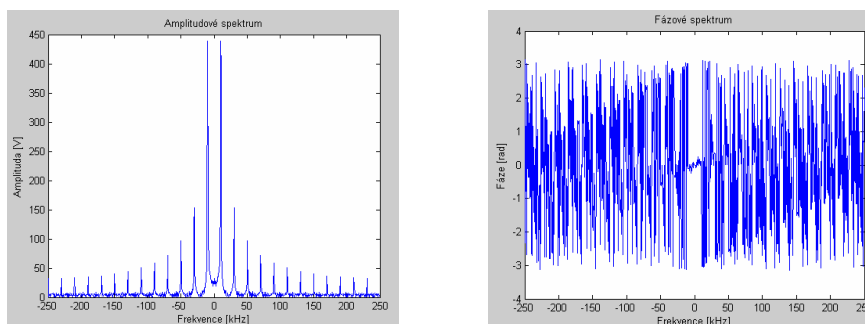
Vygenerovali jsme základní impulzy, některé z nich jsou k vidění na obrázcích níže.



Dále jsme zpracovávali úlohu o vygenerování obdélníkového signálu s frekvencí 10 kHz. Vzorkovací frekvenci jsme podle Nyquistova teoremu zvolili 500 kHz, tedy více než 2x vyšší hodnotu než je frekvence vzorkovaného signálu.



Tento signál jsme analyzovali pomocí Fourierovy transformace, která signál rozložila do harmonických signálů. Neboli převedla signál z časové oblasti do frekvenční.



Na prvním obrázku je zobrazeno amplitudové spektrum, kde velikosti amplitud (spektrálních čar) jsou příspěvky každé harmonické (aliquótního tónu) k celkovému původnímu signálu.

Fázové spektrum na druhém obrázku zobrazuje počáteční fáze každé ze složek.

3 Závěr

Seznámili jsme se s experimentem jehož cílem bylo zjistit mechanické vlastnosti kožní tkáň, především elasticitu, pomocí skokového zatěžování v tahu a současného vysílání ultrazvukových impulzů, jejichž rychlost závisí právě na vlastnostech dané kožní tkáň.

Zároveň jsme rozšířili své znalosti v oblastech týkajících se lidské kůže, viskoelasticity a ultrazvuku. Věcí, kterou musíme vyzdvihnout, je zajisté exkurze do laboratoří na ÚT AV ČR v. i. i., která nás nadchla, zejména díky přístroji, který je hlavním objektem ve zmíněném experimentu. Na závěr jsme se seznámili s počítačovým programem MATLAB, nepostradatelným nástrojem pro zpracování signálů a dalších výpočtů. My jsme ho využili na analyzování zvolených signálů.

Poděkování

V první řadě děkujeme naší báječné a obětavé supervizořce Ing. Janě Hradilové. Dále Ing. Zdeňkovi Převorskému CSc., který je autorem celé myšlenky experimentu a který nám umožnil exkurzi na vrcholné vědecké pracoviště ÚT AV ČR v. i. i. V neposlední řadě musíme vyjádřit vděčnost Ing. Vojtěchu Svobodovi CSc. a FJFI ČVUT v Praze za uspořádání Týdne vědy na Jaderce.

Reference:

- [1] RŮŽIČKOVÁ, E.: Hodnocení mechanických vlastností kožní tkáně pomocí ultrazvuku, Bakalářská práce FJFI ČVUT v Praze, 2008.
- [2] WEEKS, M.: Digital Signal Processing Using MATLAB and Wavelets, David F. Pallai, 2007.