MĚŘENÍ VISKOELASTICKÝCH VLASTNOSTÍ MĚKKÝCH TKÁNÍ PŘI SPASTICKÉM SYNDROMU

Measurements of viscoelastic characteristic of soft tissues in spastic syndrome

Petr Šifta¹, Stanislav Otáhal¹, Jana Süssová²

7: 1-200, 2005
ISSN 1212-4117

¹Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu

²Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta

Summary

The target of the research was a design and description of a non-invasive biomechanical method, which would be able to assess viscoelastic characteristics of soft tissues in spastic syndrome with the help of the appliance myotonometer. This was a correlation analytical study including a set of 344 measurements on 23 patients involved by spasticity of various etiopathogenesis. The result of this study is a presentation of the appliance myotonometer, which may be used for determining the viscoelastic parameters of interest.

Key words: viscoelastic characteristics – spasticity – myotonometer

Souhrn

Cílem výzkumu je vytvoření a popis biomechanické metody, která by dokázala neinvazivně ohodnotit viskoelastické vlastnosti měkké tkáně při spastickém syndromu pomocí přístroje myotonometr. Jedná se o korelační analytickou studii, která obsahuje soubor 344 měření 23 pacientů postižených spasticitou různě etiopatogeneze. Výsledkem této studie je prezentace přístroje myotonometr, kterým lze hledané viskoelastické parametry stanovit.

Klíčová slova: viskoelastické vlastnosti, spasticita, myotonometr

ÚVOD

Klinické medicínské obory, jako je neurologie nebo rehabilitační lékařství, se setkávají s pacienty trpícími spasticitou, kterou se snaží zmírnit, popřípadě zcela vyléčit. Pro správnou volbu léčby je ale nutné znát výchozí podmínky příslušných spastických svalů, tzn. viskoelastické vlastnosti tak, aby chom byli schopni najít co nejefektivnější terapii. Doposud se však nepodařilo najít optimální metodu, která by vyhodnotila a určila míru spastického syndromu, a tudíž je veškerá, převážně farmakologická, léčba indikována pouze na základě zkušeností ošetřujícího personálu.

Cílem celého výzkumu je ukázat metodu, která dokáže viskoelastické vlastnosti měkkých tkání ohodnotit. Na základě takto stanoveného cíle si lze položit následující otázky:

1. Je možné ohodnotit spasticitu pomocí mechanických vlastností měkkých tkání?
2. Měkké tkáně in situ jsou kompozitem v nejširším slova smyslu. Lze tedy změřit vis-

koelastické vlastnosti jednotlivých tkání a oddělit je od sebe?

3. Jaké jsou reologické vlastnosti zdravé a spastické svalové tkáně?

METODA A JEJÍ POPIS

Experimentální vyšetřování pacientů pomocí myotonometru probíhalo na neurologické klinice 1. lékařské fakulty a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze. Po vyšetření následovala aplikace botulotoxinu do musculus soleus a musculus gastrocnemius medialis. Výsledkem těchto měření je 344 souborů dat, z nichž je možné vytvořit graf závislosti změn délky svalových vláken na aplikované síle. Celkem bylo vyšetřeno 23 pacientů, z nichž 11 pacientů bylo vyšetřeno dvakrát, 6 pacientů více jak dvakrát, u 3 pacientů nebyl aplikován botulotoxin (proto nebyli ani kontrolně měřeni) a 3 pacienti se již nedostavili na kontrolní vyšetření (šest pacientů nebylo kontrolně vyšetřeno).

Kritéria výběru pacientů byla následující:

1. diagnóza: cévní mozková příhoda, dětská mozková obrna, traumatické poškození mozku, roztroušená skleróza – následkem tohoto onemocnění se objevil spastický syndrom,
2. mobilita: pacienti schopní samostatné chůze nebo chůze s pomocí berlí,
3. u pacientů došlo k vyprovokování pseudoklonu v hlezenním kloubu.

Naopak při výběru pacientů nebyl brán ohled na věk a pohlaví. Také doba od vzniku spastického syndromu po první vyšetření nehrála při výběru velkou roli, přestože lze předpokládat, že po určité době od vzniku spasticity nastává přeměna svalové tkáně ve vazivovou.

Popis myotonometru

Základním prvkem celého přístroje je tenzometrický snímač pro excentrické zatížení (model 1022, série 1000), který je připevněn na pohyblivé

rameno s měřicím hrotem o ploše 3,7 cm² (plocha palce). Tenzometr je propojený s odporovým snímačem pro vzdálenost. Pohyblivé rameno přístroje je pomocí kulového kloubu připevněno k pevné konstrukci. Zasunuje se a vysunuje z měkkých tkání po dráze 32 mm oběma směry a je poháněno krokovým motorem. Maximální možná měřitelná síla působící přes měřicí hrot na tenzometr je 110 N, při rozlišení 0,43 N a přesnosti ± 1 %. Rychlost pohybu měřicího hrotu je lineární s odchylkou 3 %, při rychlosti 3,5 – 4 mm/s.

Elektronickou část přístroje tvoří diferenciální zesilovač pro tenzometrický snímač a dva osmibitové A/D převodníky pro sílu a vzdálenost. Myotonometr je sériově připojen k počítači standardu IBM PC, jeho vzorkovací frekvence je 10 ms a doba snímání 10 sekund (100 A/D převodů za sekundu).

Obr. 1: Schéma myotonometru

- S1** ... směr pohybu měřicího hrotu na konci pohyblivého ramene
- S2** ... výškové nastavení pohyblivého ramene
- MH** ... měřicí hrot
- TM** ... tenzometr
- KK** ... kulový kloub
- KM** ... krokový motor
- AD** ... A/D převodník
- PC** ... počítač

POPIS ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ

Zkoumání všech získaných dat ukázalo, že nejvhodnější metodou pro popis těchto dat je zobrazení velikosti odporu tkáně v závislosti na hloubce zanoření měřicího hrotu do zkoumané

tkáně. Výsledkem jsou hysterézní křivky vznikající při zasouvání a vytahování měřicího hrotu do měkké tkáně. Tyto křivky lze následně použít pro relevantní popis viskoelastických vlastností měkkých tkání.

Obr. 2: Ukázka výsledného zobrazení a interpretace naměřených hodnot

Při srovnání uvedených křivek s chorobopisy vyšetřovaných pacientů byla objevena souvislost s dvěma parametry křivek. Zaprvé se jedná o strmost vzestupující křivky. Čím je křivka strmější, tím tužší a „více patologický“ je sledovaný sval. Druhým parametrem je prohnutí vzestupující křivky. Čím víc je křivka prohnutá, tím víc je sval elastičtější a zároveň „zdravější“.

Uvedené parametry jsou zpracovány ve vyhodnocovacím programu. Hysteréza je na začátku rozdělena na vzestupující a sestupující část a je zvolena spodní a horní hranice pro výpočty. Spodní hranice je určena hodnotou 10 N, horní hranice je závislá na charakteru hysterezní křivky a ve většině případů dosahuje k hodnotě 40 N.

Používaný program umožňuje zobrazení a vyhodnocení až čtyř křivek (sval zdravý a spastický před aplikací botulotoxinu a sval zdravý a spastický po aplikaci). Tím je možné monitorovat vývoj rekonvalescence při terapii.

Tato metoda by mohla představovat objektivní způsob měření viskoelastických vlastností měkkých tkání, zejména povrchových svalů. Data za

jednotlivé pacienty jsou mezi sebou srovnatelná a zároveň použitelná pro případnou další analýzu.

VÝSLEDKY

Ze všech měření, která byla provedena, vyplývá, že intervence na musculus gastrocnemius medialis pomocí botulotoxinu nepřináší takové výsledky, jaké bychom očekávali a jaké jsou prezentovány odbornou veřejností (například Brashear, 2002, Eames, 1999 nebo Hesse, 1995). Z toho důvodu bylo posléze od aplikace botulotoxinu do musculus gastrocnemius upuštěno a úsilí dále zaměřeno pouze na aplikaci botulotoxinu do musculus soleus.

Porovnáme-li jednotlivé výsledky podle předem stanovených etiologických skupin (cévní mozková příhoda, dětská mozková obrna, traumatické poškození mozku, roztroušená skleróza, arteriovenózní malformace), nebylo shledáno žádných signifikantních rozdílů, který by nasvědčovaly tomu, že mechanismus vzniku spastického syndromu hraje důležitou roli při sledování viskoelastických vlastností měkké tkáně. V průběhu

vlastního výzkumu nebyly sledovány pouze výše uvedené parametry, ale také tvar a obsah hysterézní smyčky.

Výsledky měření naznačují, že každý sval vykazuje specifický tvar hysterézní křivky. Pro úplnou a správnou interpretaci viskoelastických vlastností nelze proto sledovat pouze uvedené parametry, ale je nutné sledovat celkový charakter a tvar hysterézní smyčky.

ZÁVĚR

Předpoklad stanovený na počátku výzkumu týkající se možnosti měření a detekování viskoelastických vlastností měkkých tkání pomocí myotonometru a následném určení míry spasticity se potvrdila. Výsledky a interpretace měření ukazují, že popsání přístroje umí hledané a koumané parametry změřit a interpretační software vyhodnotit, a to tak, že hysterézní křivky korespondují s předpokladem, že aplikace botulotoxinu snižuje svalové napětí spastické tkáně. Můžeme tedy říct, že odpověď na první hledanou otázku, zda je možné ohodnotit elasticitu pomocí mechanických vlastností měkké tkáně, zní ano. Použitá metoda dokáže určit mechanické vlastnosti měkké tkáně, ale pro její přesnější používání je třeba sestavit nový přístroj, který by dokázal pracovat v rozdílných zátěžových zónách a který by byl plně automatizovaný.

Odpověď na druhou otázku, zda jsme schopni

měřením oddělit jednotlivé měkké tkáně ležící v těsné blízkosti sebe, nejsme doposud schopni pomocí myotonometru zodpovědět. Můžeme pouze předpokládat, v jakém „podloží“ se měřící čidlo nachází, a můžeme si být téměř jisti, že zavedením nového parametru, který bude sledovat a hodnotit frekvenci deformace měkké tkáně při zátěži, budeme schopni jednotlivé vrstvy měkké tkáně od sebe odlišit.

Poslední problém, tj. popis reologických vlastností zdravé a spastické svalové tkáně, byl také v průběhu výzkumu úspěšně vyřešen.

LITERATURA

- Brashear, A. a kol. 2002:** Intramuscular Injection of Botulinum Toxin for the Treatment of Wrist and Finger Elasticity after a Stroke. *The New England Journal of Medicine*, číslo 347, s. 95–400.
- Eames, N.W.A. a kol. 1999:** The effect of botulinum toxin A on gastrocnemius length: Magnitude and duration of response. *Developmental Medicine and Child Neurology*, ročník 41, číslo 4, s. 226–232.
- Hesse, S. 1995:** Management of the lower limb. *Botulinum Toxin in Spasticity*. Evian, France, číslo 11, s. 30–32.
- Hesse, S. a kol. 1996:** Ankle muscle activity before and after botulinum toxin therapy for lower limb extensor spasticity in chronic hemiparetic patients. *Stroke*, ročník 27, číslo 3, s. 455–460.

Petr Šifta et al.
sifta@nemjbc.cz