

E xperimentální A nalýza N apětí

2004

DURATION OF BOLUS PROCESSING IN DEPENDENCE ON BOLUS PATTERN DÉLKA ZPRACOVÁNÍ SOUSTA V ZÁVISLOSTI NA JEHO CHARAKTERU

Tomáš Goldmann¹, Lucie Himmlová²

The aim of this study was detection of occlusal contacts count during one bolus processing. The trajectory, amplitude of the mastication movements and direction of lower jaw movement were evaluated. In this paper is discussed experimental research of three dimensional human mandible movements during masticating of hard and soft nutrition by use of motion analysis method. Movement of each patient was recorded by three stationary video recorders and record was evaluated by APAS software. The result of this research is ratio and duration of occlusal movements in different anatomical directions. All these data are being presently statistically evaluated at the scope of one patient and at the scope of statistical set of 18 patients.

Keywords 3D Motion Analysis, Mandible Movement, Occlusion.

Klíčová slova Prostorová analýza pohybu, Pohyb mandibuly, Okluze.

Úvod

Rozsahu a charakteru lidských žvýkacích pohybů je v současnosti věnována velká pozornost. Žvýkání je soustava pohybů, při nichž dochází ke zpracovávání potravy. Je to značně individuálně proměnlivý fyziologický děj. Skládá se z několika pohybů, které se cyklicky opakují. Nejdříve dochází k oddělení sousta (ukousnutí), které je pak rozmělněno a míšeno se slinami až do okamžiku kdy je jeho konzistence vhodná k polknutí. Během rozmělnění je sousto transportováno distálně směrem k hltanu. Při žvýkání se střed dolní čelisti pohybuje po křivkách s přibližně elipsovitém průběhem, jejichž velikost a tvar se mění v závislosti na fázi zpracování potravy (ukusování, prokusování, rozmělnění) a na typu zpracovávané potravy (tuhá, křehká, vláknitá,..). [2]

Žvýkací aparát je typický příklad kinematicky a mechanicky neurčitého systému. Dva segmenty, mandibula a lebka jsou ve vzájemném pohybu. Tyto pohyby jsou vedeny dvěma temporomandibulárními klouby. Vzhledem ke konstrukci obou kloubů



Obr. 1: Navržený snímač

¹ Ing. Tomáš Goldmann: Fakulta strojní, ČVUT v Praze; Technická 4, 166 07 Praha 6, Česká Republika, tel.: +420224352561, e-mail: goldmann@biomed.fsic.cvut.cz

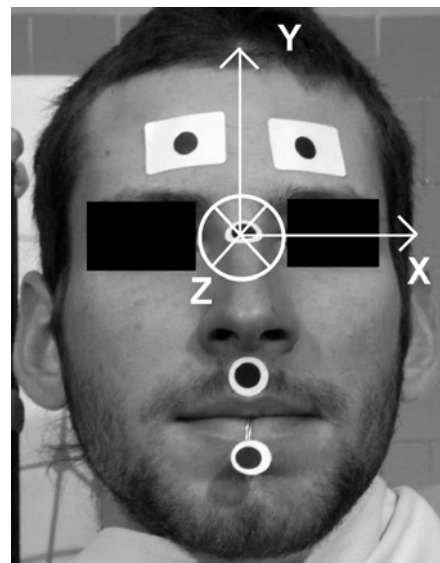
² MUDr. Lucie Himmlová, CSc.: 2VFN Praha, Výzkumný ústav stomatologický; Vinohradská 48, 120 60 Praha 2, Česká Republika, tel.: +42024256718; e-mail: himmlova@seznam.cz

jsou možné pohyby se šesti stupni volnosti. Předpokládáme-li, že kloubní povrchy temporomandibulárního kloubu se nedeformují a zůstávají během žvýkání ve vzájemném kontaktu, pak mandibula vykonává pohyby se čtyřmi stupni volnosti.[1] Pohyb dolní čelisti pak může být definován trojrozměrnou trajektorií pohybu bodu, který je rigidně spojen s dolní čelistí. Pohyb tohoto bodu lze snímat a následně jeho trajektorii rekonstruovat např. metodou pohybové analýzy.

Cílem experimentu bylo zjistit trajektorii pohybu dolní čelisti při žvýkání, dobu zpracovávání jednoho sousta v závislosti na jeho charakteru (tvrdé i měkké) a maximální amplitudu tohoto pohybu. Znalost žvýkacího pohybu v populaci je velmi významná pro určení hlavního anatomického směru při okluzi a ke specifikaci výsledného směru žvýkacích sil.

Použitá metoda

Snímání prostorového pohybu mandibuly bylo provedeno metodou pohybové analýzy. Každému pacientovi byl k dolní čelisti pevně připevněn speciálně vyvinutý individualizovaný snímač. Tento snímač se skládá z drátu, který je pomocí dentální silikonové otiskovací hmoty připevněn na dolní frontální zuby, dále pak obkružuje ret (Obr. 1). Na jeho konci byl umístěn terčík z metylmetakrylové pryskyřice, který sloužil k odečítání poloh mandibuly. Na obličej pacienta byly připevněny kožní značky, umístěné nad obočí, na hřbet nosu a nad horní ret. Tyto body sloužily k definici lokálního souřadného systému, který je využit pro definování zkoumaného pohybu (Obr. 2). Složka x lokálního souřadného systému definuje pohyb mandibuly v mesio-distálním směru (lateropulze, mediopulze), složka y definuje pohyb v kranio-kaudálním směru (abdukce, addukce) a složka z definuje pohyb ve vestibulo-orálním směru (propulze, retropulze). Počátek lokálního (pohyblivého) souřadného systému je umístěn na značce na hřbetu nosu. Kinematické transformační vztahy mezi základním (nepohyblivým) souřadným systémem a lokálním souřadným systémem byly stanoveny pomocí kinematické metody transformačních matic. Během experimentu žvýkal každý pacient jedno sousto tvrdé a jedno sousto měkké potraviny (oříšky, pečivo). Pohyb značek snímaly tři videokamery SONY DCR-TRV900E umístěné tak, aby z každé z nich byly viditelné všechny značky nalepené na pacientově obličej. K synchronizaci kamer sloužily filmařské klapky, ke kalibraci kamer byla zkonstruována speciální kalibrační klec. Videozáznam a prostorová rekonstrukce pohybu metodou přímé lineární transformace byla zpracována softwarem APAS, který byl také použit ke zpracování výsledků. K vyhodnocování takto zpracovaných výsledků a k stanovení transformačních vztahů mezi souřadnými systémy byl použit software Matlab.



Obr. 2: Definice lokálního souřadného systému, kožní značky a snímač umístěné na pacientově obličej

Na začátku každého měření pacient provedl tzv. mezní pohyby, při nichž vykonal maximální otevření a maximální lateropulsi (dextro- a sinistropulsi) při pootevřených ústech. Poté si vložil do úst sousto a začal žvýkat. Celkem bylo snímáno 18 jedinců s vlastním chrupem bez snímatelných a větších fixních protetických náhrad. U každého pacienta byla změřena doba

žvýkání tvrdého (t1) i měkkého sousta (t2) a maximální amplituda při žvýkání ve všech třech osách (v procentech) vzhledem k maximální amplitudě zjištěné při mezních pohybech pro daného pacienta (Amp1 - tvrdé sousto, Amp2 - měkké sousto). Všechny měřené veličiny byly zprůměrovány a jsou uvedeny v tabulce (Tab. 1).

Výsledky

Trajektorie bodu dolní čelisti rekonstruovaná v Matlabu je graficky vyjádřena pro každého pacienta (Obr.3) a pro každý zaznamenaný pohyb (mezní, žvýkání tvrdého (A) a měkkého (B) sousta (Obr. 4). Vypočtené průměrné, nejvyšší a nejnižší hodnoty jednotlivých sledovaných veličin jsou uvedeny v Tab. 1.

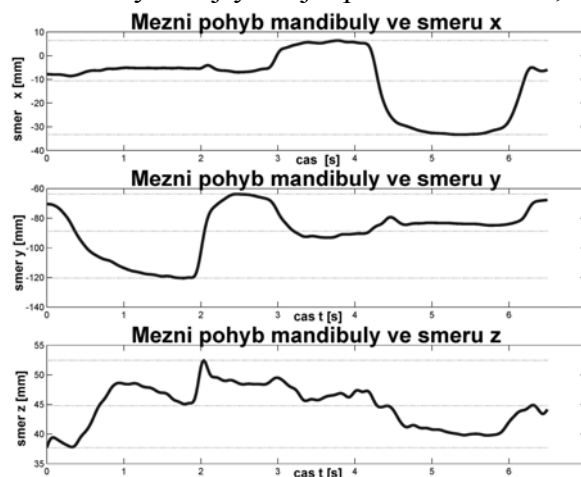
	t1 [s]	t2 [s]	Amp1[%]			Amp2[%]		
			x	y	z	x	y	z
průměr	28,49	23,37	55,75	33,81	60,35 (54,39)	57,13	40,22	67,06 (49,70)
max	50,5	49,44	89,30	53,11	116,02 (87,27)	84,76	97,14	151,49 (94,86)
min	13,52	10,90	28,11	22,86	24,39	30,87	21,66	11,40

Tab.1: Tabulka měřených veličin. t1 [s], t2 [s], Amp1 [%], Amp2 [%]; průměr - aritmetický průměr sledované veličiny; max , min - maximální a minimální hodnota sledované veličiny; x, y, z - hodnota Amp1 a Amp2 v lokálním souřadném systému; hodnota v závorce udává veličinu Amp1 a Amp2 ve směru z po eliminaci hodnot přesahujících hodnotu 100 %.

Průměrná doba zpracování sousta A je 28,49 s, hodnota pro sousto B je 23,37 s. Nejkratší zpracování sousta A trvalo 13,52 s, nejdelší 50,5 s. Sousto B bylo nejrychleji zpracováno za 10,9 s a nejdéle za 49,44 s. U 10 pacientů trvalo zpracování sousta A delší dobu než u sousta B.

Průměrná hodnota maximální amplitudy sousta A je 55,75% ve směru x, 33,81% ve směru y a 60,35% ve směru z. Ve 2 případech došlo ve směru z k překročení maximální amplitudy zjištěné u pacientova mezního pohybu. V případě eliminace těchto měření, je hodnota průměrné maximální amplitudy snížena na 54,39% ve směru z.

Pro sousto B byly vypočteny průměrné hodnoty maximální amplitudy 57,13% ve směru x, 40,22% ve směru y a 67,06% ve směru z. U tohoto typu sousta došlo k překročení maximální amplitudy ve 4 případech a po eliminaci těchto měření, je hodnota průměrné maximální amplitudy snížena na 49,87% ve směru z.



Obr. 3 Příklad mezních pohybů dolní čelisti jednoho pacienta v lokálním souřadném systému

Diskuse a závěr

Žvýkání je velmi individuální fyziologický děj. Znalost jeho průběhu a některých hodnot je velmi významná pro určení hlavního anatomického směru při artikulaci a ke specifikaci výsledného směru žvýkacích sil. Tyto výsledky mohou ovlivnit jak materiály tak design dentálních implantátů, používaných jako náhrad ztracených zubů.

Definování pohybu dolní čelisti trojrozměrnou trajektorií pohybu bodu rigidně spojeného s dolní čelistí se ukázalo jako jedna z vhodných možností, protože z grafů znázorňujících pohyb bodu v souřadném systému je možné odečíst jeho celkový pohyb v prostoru.

K překročení amplitudy ve směru z mohlo dojít jak tím, že pacient při provádění mezních pohybů nezašel na maximální mez, tak i tím, že při zpracovávání sousta použil naprosto netypického pohybu, který při běžném žvýkání nepoužívá. Pro toto vysvětlení hovoří i to, že pro různá sousta je rozdílný počet pacientů s překročením maximální amplitudy mezních pohybů.

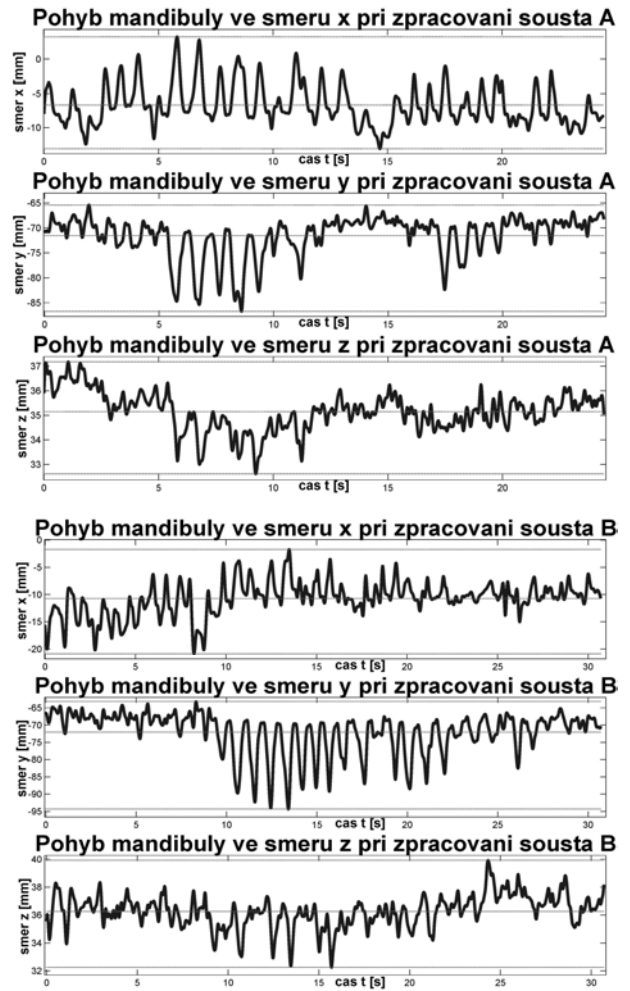
Logický předpoklad, že charakter sousta významně ovlivní délku jeho zpracování nebyl potvrzen, protože počet pacientů, kteří žvýkali měkké sousto déle než tvrdé byla téměř polovina souboru. To může ukazovat, že žvýkání je vysoce individuální proces.

Literatura (References)

- [1] Prinz, J.F.: *The Cybermous: A Simple Method of Describing the Trajectory of the Human Mandible in Three Dimensions* - J. of Biomechanics, Vol. 30, No.6, 643-645, June 1997, ISSN 0021-9290
- [2] Aut Goodson, J. M., Johansen, E.: *Monographs in Oral Science, Vol. I. Analysis of Human Mandibular Movement* - Kager, Basel 1975
- [3] Lewin, A.: *Electrognathographics: Atlas of Diagnostic Procedures and Interpretation* - Quintessence, Chicago 1985.

Poděkování

Studie byla podporována výzkumným záměrem Interní Grantové Agentury Ministerstva zdravotnictví České Republiky č. 00002377901 a projektem Ministerstva školství č. 210000012.



Obr. 4 Příklad zaznamenaného pohybu dolní čelisti jednoho pacienta při zpracování sousta A a B v lokálním souřadném systému.