stoma+pzl_4.07 30.8.2007 7:51 Str. 101
proLékaře.cz | 30.10.2026

Změna tvaru dolního zubního oblouku ortodontickou léčbou fixním aparátem

Kotas M.

Klinika zubního lékařství LF UP, Olomouc,
přednosta prof. MUDr. M. Eber, CSc.

Věnováno k životnímu jubileu prof. MUDr. J. Racka, DrSc.

Souhrn

Cíl: Postihnout tvarové změny dolního zubního oblouku po terapii fixním aparátem u extrakční a neextrakční léčby.

Soubor: Modely dolního zubního oblouku - 122 pacientů léčených fixními aparáty straight-wire, rozdělených do 3 skupin podle způsobu léčení: neextrakční léčba v dolní čelisti doplněná event. strippingem; neextrakční léčba se sagitální expanzí více než 2 mm a plánovanou změnou tvaru oblouku (převislý skus); extrakce dvou dolních premolárů.

Metoda: Na scanneru zhotoveny okluzogramy dolního zubního oblouku před nasazením a po sejmutí aparátu. Na zobrazeních digitalizovány dobře identifikovatelné anatomické body na zevní křivce perimetru (12 bodů, po extrakcích 10 bodů). Ke statistice tvarových změn použita metoda EDMA (Euclidean Distance Matrix Analysis). Doplněno lineárními parametry zubního oblouku v mm a vizualizací tvaru postižením perimetru křivkou.

Výsledky: U všech skupin došlo ke statisticky významné ($p < 0,05$) změně tvaru ve smyslu zúžení („zašpičatění“) křivky perimetru. Největší průměrné významné změny tvaru jsou lokalizovány v krajině řezáků. Původní průměrná mezišpičáková šířka se u všech skupin nevýrazně zmenšila.

Závěr: 1. Společným efektem terapie fixním aparátem straight-wire byla u sledovaného souboru změna tvaru dolního zubního oblouku ve smyslu zužování křivky perimetru při současném prodlužování a prohlubování anteriorního segmentu perimetru. **2.** Změny tvaru se realizovaly převážně v krajině řezáků (relace řezáků k ostatním zubům). **3.** Relativní zúžení křivky bylo u neextrakční terapie podmíněno sagitálním prodloužením a v menší míře transverzálním zúžením křivky. **4.** U extrakční terapie se křivka zúžila prohloubením anteriorního perimetru (anteriorní sagitální délky oblouku), přičemž průměrná mezišpičáková šířka se klinicky významně nezměnila.

Klíčová slova: tvar zubního oblouku – geometrická morfometrie – ortodontická léčba

Kotas M..: Changes in the Shape of Lower Dental Arch after Treatment with Fixed Appliance

Summary: **Aim:** To find out changes in the shape of lower dental arch after the extraction and nonextraction treatment with straight-wire appliance immediately after removal of the appliance.

Subjects: Plaster casts of lower dental arch of 122 patients treated with the straight-wire appliances were classified into three groups according to the treatment:

Group I (n=51): nonextraction treatment in the lower dental arch, possibly supplemented with stripping, with or without extraction in upper dental arch; Group II (n=21): non-extraction treatment with planned modification of the arch shape (namely Angle II/2); Group III (n=50): extraction of two lower premolars.

Method: Occlusograms of the lower dental arch were made by scanner at the beginning and at the end of active treatment. Landmarks on the outer curve of the perimeter were digitized (12 points, after extractions 10 points). Euclidean Distance Matrix Analysis (EDMA) - type Form Difference Matrix (FDM) was employed to compare the arch form before and after treatment. EDMA is a coordinate-free statistical procedure that compared two forms using all the possible linear distances between homologous landmarks. Form matrices for each form are compared to identify the linear distances that are most and least different ($T_{max/min}$). The differences are expressed as ratios in the form difference matrix. The statistical method used to test the results is the nonparametric bootstrap (in this study as p-value; $\alpha = 0.05$). For FDM calculation the programme WinEDMA was used. The disadvantage of the method is that the results can be hardly represented in diagrams, therefore simplified visualisation of the result by curve fitting are used, which is not a part of EDMA method. The basic linear parameters of the dental arch were found: intermolar width, intercanine width, and the sagittal length of the arch and length of anterior part the arch in absolute values, i.e. characteristic changes in the size. The length was found indirectly with trigonometric method. A paired t-test was used to find out statistical of significance importance of the changes.

Results: 1. The arch curves are visualized with curve fitting, the superimposition was made at first molars, central incisors, and geometrical centre to allow geometrical interpretation. **2**. All groups exhibit a statistically significant ($p<0.05$) change in the shape: relative tapering of the perimeter curve. EDMA statistics $T_{max/min}$ were

stoma+pzl_4.07 30.8.2007 7:51 Str. 102
proLékaře.cz | 30.10.2026

after non-extraction treatment 1.084 total and 1.086 anteriorly, after expansion treatment 1.163 and 1.149, after extraction treatment 2.225 and 1.140). **3**. Intercanine width decreased to – 0.67 ± 1.26 mm after non-extraction treatment, to – 0.57 ± 1.48 mm after expansion treatment and to – 0.45 ± 1.49 mm after extraction treatment.

Conclusions: 1. A common effect of treatment with the straight-wire appliances was the change in the lower dental arch shape, i.e. tapering of the perimeter curve and elongation and/or deepening of anterior segment of the perimeter. **2**. The changes of the shape occurred mainly in incisors (the relationship of incisors to other teeth). **3**. In the non-extraction treatment, the relative constriction of the curve occurred mainly as a consequence of the sagittal elongation and transversal narrowing of the curve. **4**. In the extraction treatment the curve was constricted mainly due to the anterior perimeter deepening (the anterior sagittal arch length increased), while the intercanine width was not clinically remarkably changed.

***Key words**:* dental arch shape - geometric morphometrics - orthodontic treatment

Čes. Stomat., roč. 107, 2007, č. 4. s. 101–107.

1. ÚVOD

Zubní oblouk je anatomický útvar tvořený zuby horní nebo dolní čelisti, pojem je odvozen od charakteristického tvaru utvořeného žvýkacími ploškami horních nebo dolních zubů z pohledu okluzálního. Pro charakteristiku určitých geometrických vlastností okluzní plochy jako celku je pravidlem redukovat oblast okluzální žvýkací plochy na křivku, která okluzální plochu reprezentuje, tzv. linii okluze [1]. Linie okluze je oblouková křivka o určité individuálně odlišné poloze, velikosti a tvaru. Na linii okluze se nacházejí zuby ve stabilním a harmonickém vztahu k okluzi a okolním anatomickým strukturám V průběhu „ideální“ křivky linie okluze se obvykle rozeznávají dvě části. Anteriorní část křivky charakterizuje vzájemné uspořádání frontálních zubů a posteriorní část křivky zubů hrbolkových. Pravidelně v oblouku postavené zuby vytvářejí křivku hladkou, pravidelnou, přičemž v obou antimérách nemusí být průběh jejího zakřivení zcela symetrický. Pravidelný průběh křivky mohou lokálně narušovat nepravidelně postavené zuby nebo zubní skupiny a nepravidelně postavené zuby se mohou nacházet zcela mimo linii okluze.V obou případech má individuální zubní oblouk určitou velikost a určitý tvar. Tvar zubního oblouku je součástí morfologického typu individua. Je určen tvarem a velikostí bazální kosti a soustavou sil zevního prostředí, tj. měkkými tkáněmi a artikulačními poměry [2]. Terapeutická změna tvaru zubního oblouku může, ale nemusí, být stabilní. Míra stability se liší individuálně u jednotlivých pacientů a také v závislosti na anatomické oblasti, ve které ke změně dochází, a na vektoru změny, především její velikosti a směru [3-9].

Cílem práce je postihnout tvarové změny dolního zubního oblouku po terapii fixním aparátem typu straight-wire u extrakční a neextrakční léčby bezprostředně po sejmutí aparátu. Statistická analýza tvaru je provedena pomocí metody EDMA (Euclidean Distance Matrix Analysis) a doplněna vizualizací tvaru jeho aproximativním postižením pomocí křivek různých typů. Analýza tvaru je dále doplněna standardní statistikou kritických lineárních parametrů charakterizujících velikost zubního oblouku a její změny (zejména dolní mezišpičáková šířka a délka oblouku).

2. MATERIÁL A METODIKA

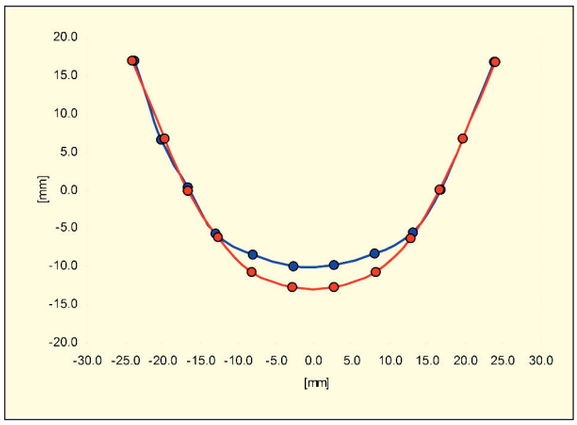
Vyšetřovaný soubor tvořily ortodontické sádrové modely dolních zubních oblouků 122 pacientů léčených fixními aparáty na ortodontickém oddělení Kliniky zubního lékařství v Olomouci. Modely souboru byly rozděleny do 3 skupin podle způsobu léčení: skupina I (n = 51) - neextrakční terapie v dolním zubním oblouku doplněná event. strippingem; skupina II (n = 21) - neextrakční expanzní terapie v dolním zubním oblouku se sagitální expanzí více než 2 mm a plánovanou změnou tvaru oblouku (zejména převislý skus); skupina III (n = 50) - extrakční terapie v dolním zubním oblouku s extrakcí dvou dolních premolárů. Společnými požadavky pro zařazení modelů do souboru bylo: v dolním zubním oblouku terapie fixním aparátem straight-wire bez použití prvků segmentální techniky s výjimkou intruzních oblouků; dolní čelist s plně ozubeným dolním zubním obloukem v rozsahu od pravého do levého prvního dolního moláru, včetně, s výjimkou plánovaně symetricky extrahovaných premolárů na modelech po ukončení terapie u skupiny léčené s extrakcemi; dolní zubní oblouk před léčbou se stěsnáním nebo bez stěsnání. Mezerovité zubní oblouky byly ze souboru vyloučeny. Pro zařazení do souboru nebylo rozhodující, zda byly či nebyly provedeny extrakce v horním zubním oblouku, vztah v Angleově třídě před léčbou ani po léčbě, stupeň stěsnání v dolním zubním oblouku ani hloubka skusu.

Měření bylo realizováno na dvourozměrných reprodukcích okluzální plochy zubních oblouků (okluzogramech) pomocí výpočetní techniky. Okluzogramy byly zhotoveny skenováním modelů přiložených okluzální plochou na centrální část skleněné desky scanneru při rozlišení 100 dpi. Na každém zobrazení byla identifikována a digitalizována sada význačných anatomických bodů na zevní křivce perimetru zubního oblouku. Každému zubu v rozsahu zubního oblouku příslušel jeden homologní identifikační bod („landmark“). Na každém zubním oblouku bylo celkem identifikováno 12 bodů, po extrakcích 10 bodů:

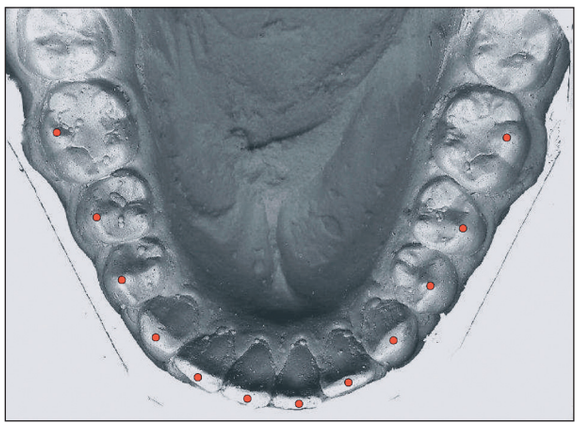
stoma+pzl_4.07 30.8.2007 7:51 Str. 103
proLékaře.cz | 30.10.2026

středy řezacích hran řezáků, hroty špičáků, vrcholy bukálních hrbolků premolárů a vrcholy distobukálních hrbolků prvních molárů (obr. 1). Referenční body byly označeny symbolem příslušného zubu podle Haderupa. Identifikace bodů respektovala tvar zubních oblouků s přihlédnutím zejména k poloze dolních molárů, špičáků a středních řezáků. Poloha zjevně dislokovaných zubů (převážně laterální řezáky) byla aproximována do křivky oblouku s přihlédnutím k poloze alveolárního výběžku, postavení okolních zubů a dostupného volného prostoru v místě příslušného aproximovaného zubu. Poloha zobrazených bodů byla s přesností na jednu desetinu milimetru zaznamenána v dvourozměrné souřadnicové soustavě {x;y} a sloužila k následujícím statistickým odhadům.

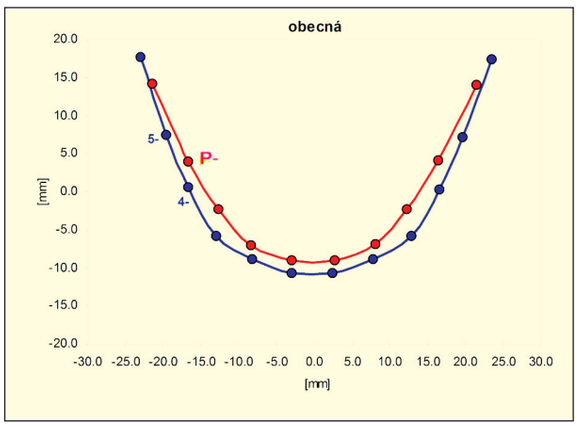
Tvar objektu je geometrickou vlastností konfigurace jeho prvků, která se nemění v důsledku změny polohy objektu (posunem, rotací) a změny měřítka (velikosti) objektu [10]. Tvarové rozdíly se nejlépe hodnotí subjektivně vizuálně. Tento způsob se nehodí pro statistický odhad. Ke statistickému hodnocení tvarových podobností/rozdílů slouží různé metody tzv. geometrické morfometrie, mezi něž patří EDMA [11-16]. Metoda obsa-



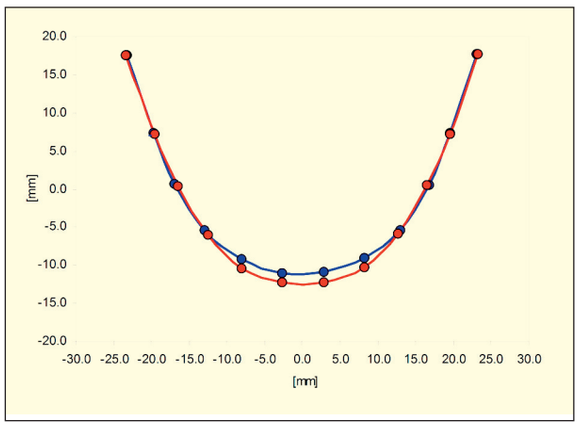
Graf 2. Křivka linie okluze po neextrakční expanzní léčbě.
(Modře před léčbou, červeně po léčbě, superimpozice na prvních molárech.)



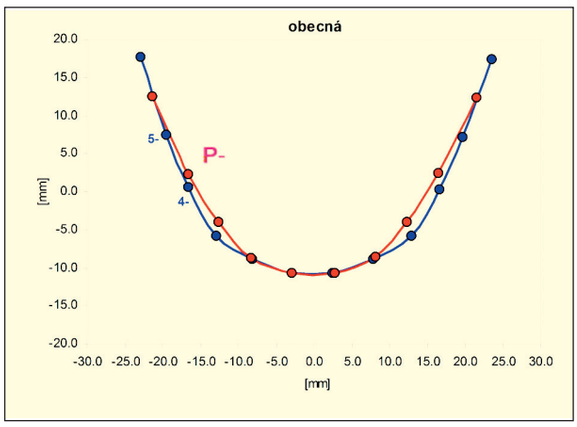
Obr. 1. Digitalizované referenční body na zevní křivce perimetru.



Graf 3. Křivka linie okluze po extrakční léčbě.
(Modře před léčbou, červeně po léčbě, superimpozice na geometrickém středu.)



Graf 1. Křivka linie okluze po neextrakční léčbě.
(Modře před léčbou, červeně po léčbě, superimpozice na prvních molárech.)



Graf 4. Křivka linie okluze po extrakční léčbě.
(Modře před léčbou, červeně po léčbě, superimpozice na středních řezácích.)

stoma+pzl_4.07 30.8.2007 7:51 Str. 104
proLékaře.cz | 30.10.2026

huje několik modů, v této analýze je použita FDM (Form Difference Matrix. FDM spočívá ve stanoveních relativních poměrů (podílů) vzdáleností mezi homologními morfologickými body (zde zuby) u dvou různých biologických objektů nebo dvou skupin objektů. Každá vzdálenost se hodnotí samostatně. Čím více se změny jednotlivých vzdáleností oběma směry vychylují z hodnoty 1, tím jsou změny tvaru větší. Pokud se změna vyjadřuje všude homogenně a stejným směrem, jsou rozdíly ve velikosti, ne v tvaru. Statistika změny tvaru $\mathbf{T_{max/min}}$ je podílem (podílů) vzdáleností, které se nejméně a nejvíce změnily. Na signifikanci T-statistiky (ve studii je hladina významnosti $\alpha = 0,05$) se usuzuje pomocí pseudonáhodného generování vzorků (pseudosamples) ze základního souboru mnohanásobnou replikací (metoda bootstrap). K výpočtu FDM byl použit program WinEDMA [17]. Nevýhodou metody EDMA je, že výsledky se špatně vyjadřují graficky (proto tato studie využívá zjednodušenou vizualizaci výsledku pomocí křivek různého typu, což není součástí metody EDMA).

Průměrný tvar zubních oblouků před léčbou a po léčbě zjištěný metodou EDMA byl vizualizován postižením zvolené linie okluze na zevní křivce perimetru pomocí křivek. Jednotlivými křivkami byl postižen jednak tvar zubního oblouku v rozsahu od prvního moláru po protilehlý první molár, včetně, jednak tvar anteriorní části oblouku mezi oběma špičáky, včetně. Generované křivky tvaru oblouku před léčbou a po léčbě byly přes sebe postupně překládány v kritických bodech, které by mohly přispět k interpretaci tvarových změn při vizuálním posuzování tvarové shody před léčbou a po léčbě. Křivky průměrných hodnot sloužily pouze pro utvoření geometrického názoru na tvar oblouku a vizualizaci změn vzniklých léčbou, studie se nezabývala ani jejich algebraickým vyjádřením, ani statistickým odhadem na jejich základě.

Z digitalizovaných referenčních bodů byly zjištěny základní standardní lineární okluzální parametry zubního oblouku před léčbou a po léčbě: mezimolárová šířka, mezišpičáková šířka, délka oblouku a délka anteriorní části oblouku ve standardních jednotkách (mm), tj. kritické charakteristiky změn velikosti. Délky byly zjišťovány nepřímo trigonometricky. Lineární parametry byly definovány jako: 1. mezišpičáková šířka: spojnice referenčních bodů na hrotech obou dolních špičáků; 2. mezimolárová šířka: spojnice referenčních bodů na vrcholech distobukálních hrbolků obou dolních prvních molárů; 3. délka oblouku: kolmá vzdálenost spojnice referenčních bodů na molárech ke středu spojnice obou středních dolních řezáků; 4. anteriorní délka oblouku: kolmá vzdálenost spojnice referenčních bodů na špičácích ke středu spojnice obou středních dolních řezáků. Ke statistice významnosti změn délky a šířky oblouku byl použit párový t-test.

3. VÝSLEDKY

K určení Form difference matrix (FDM) dolního zubního oblouku pro tři sledované typy léčby jsou použity hodnoty $\mathbf{T_{po\ léčbě/před\ léčbou}}$ = euklidovská průměrná vzdálenost mezi jednotlivými dvojicemi referenčních bodů na zubech jako bezrozměrný podíl (vzdálenost po léčbě/vzdálenost před léčbou).

Hodnota $\mathbf{T_{med}}$ (tj. hodnota mediánu matice, která informuje o změně celkové velikosti objektu charakterizovaného pomocí FDM) je u neextrakční léčby 1,013, u neextrakční expanzní léčby 1,033, u extrakční léčby 0,886. Léčbou se velikost dolního zubního oblouku u neextrakční terapie zvětšila, u extrakční zmenšila.

Hodnota $\mathbf{T_{max/min}}$ (podíl podílů obou extrémů maximum/minimum, tj. vzdáleností které se nejvíce změnily - zvětšily/zmenšily) je u neextrakční léčby 1,084, u neextrakční expanzní léčby 1,163, u extrakční léčby 2,225. K největším změnám celkového tvaru oblouku (při posuzovaní zvolenou metodou) došlo u extrakční terapie. Nulová distribuce T byla zjišťována metodou neparametrický bootstrap s 300násobným opakováním. Výsledky jsou uvedeny v tab. 1.

Přesnost bodového odhadu FDM je jako průměr pro obě antiméry určena intervaly spolehlivosti na úrovni α = 95 %. Na základě FDM a intervalů spolehlivosti bylo zřejmé zkreslení pozorovaného $\mathbf{T_{max/min}}$ (označováno jako $\mathbf{T_{obs}}$) u extrakční terapie. Hodnoty maxim FDM u extrakční terapie jsou relevantní změnám polohy molárů a zbylých premolárů ke všem ostatním zubům. Z tohoto důvodu (s přihlédnutím k biologické opodstatněnosti) byl redukován počet referenčních bodů pro kalkulaci matice a generována další FDM samostatně pro frontální segment zubního oblouku (pro špičáky a řezáky). Hodnota FDM pro frontální úsek zubního oblouku $\mathbf{T_{max/min}}$ **(3—3)** je u neextrakční léčby 1,086, u neextrakční expanzní léčby 1,149, u extrakční léčby 1,140. Výsledky měření polohy pozorovaného T ($\mathbf{T_{obs}}$) byly ve všech sledovaných případech statisticky významné na hladině 5% spolehlivosti ($p<0,05$). Výsledky jsou uvedeny v tabulce 1.

Z prokládaných křivek interpolujících referenční body na zubech pro vytvoření geometrického názoru na změny linie okluze jsou zobrazeny u neextrakčních typů léčby pro zubní oblouk před léčbou a po léčbě v rozsahu 6—6 obecné křivky přeložené přes sebe v bodech na molárech (grafy 1 a 2) a u extrakční léčby pro zubní oblouk před léčbou a po léčbě v rozsahu 6—6 obecné křivky přeložené přes sebe na geometrickém středu a na bodech v řezácích (grafy 3 a 4).

Průměr a variabilita měřených lineárních

Tab. 1. EDMA - FDM T - statistika

Terapie	N	$T_{max/min}$ celkově	$T_{max/min}$ anteriorně
Neextrakční	51	1,084*	1,086*
Neextrakční expanzní	21	1,163*	1,149*
Extrakční	50	2,225*	1,140*

**p< 0,05; neparametrický bootstrap*

stoma+pzl_4.07 30.8.2007 7:51 Str. 105
proLékaře.cz | 30.10.2026

Tab. 2. Lineární okluzální parametry v [mm]

Terapie	N	3- -3	6- -6	Délka	Anteriorní délka
Neextrakční	51	- 0,67 ± 1,26**	+ 0,30 ± 1,25	+ 1,26 ± 0,95**	+ 0,72 ± 0,76**
Neextrakční expanzní	21	- 0,57 ± 1,48	+ 0,42 ± 2,57	+ 2,68 ± 1,34**	+ 2,09 ± 1,06**
Extrakční	50	- 0,45 ± 1,49*	- 3,54 ± 1,74**	- 5,13 ± 1,44**	+ 1,78 ± 1,19**

** p < 0,05` ** p < 0,01; párový t-test; 3--3: mezišpičáková šířka; 6--6: mezimolárová šířka*

okluzálních parametrů a statistická významnost změny párovým t-testem je zaznamenána v tabulce 2. U neextrakční terapie se statisticky významně zmenšily transverzální rozměry. (3--3: -0,67 ± 1,26 mm) a prodloužily sagitální rozměry. U neextrakční expanzní terapie je prodloužení významné i klinicky (délka: +2,68 ± 1,34 mm, anteriorní délka: +2,09 ± 1,06 mm). U extrakční terapie se statisticky i klinicky významně změnily sagitální rozměry zkracováním oblouku extrakcemi (délka: -5,13 ± 1,44 mm). Původní průměrná mezišpičáková vzdálenost se změnila o -0,45 ± 1,49 mm.

4. DISKUSE

Práce je založena na pokusu o kvantitativní statistickou analýzu tvarových změn dolního zubního oblouku navozených ortodontickou léčbou fixním aparátem straight-wire u různých typů léčby – extrakční léčbou se symetrickou extrakcí dvou dolních premolárů, neextrakční léčbou doplněnou strippingem a léčbou s cílenou sagitální expanzí vedenou s plánovanou snahou o změnu tvaru zubního oblouku.

Práce se zabývá tvarem zubních oblouků, nezabývá se otázkami změn polohy zubního oblouku vůči skeletu. Určitá pozornost je však věnována i otázce změn velikosti zubních oblouků léčených různým způsobem. Důvodem kvantifikace změn velikosti je: 1. ve zvoleném typu metody EDMA je analýza velikosti obsažena, 2. lineární metody měření jsou standardním a dlouhodobě zavedeným způsobem hodnocení výsledku ortodontické léčby, 3. výsledky provedených měření je možno porovnat s výsledky předchozích výzkumů provedených na autorově pracovišti.

K postižení tvaru zubního oblouku bylo v literatuře použito mnoho různých metod. Převažují metody zaměřené na matematickou interpretaci linie okluze jako křivky interpolující určité referenční body na zubech. Použité křivky byly převážně různými typy kuželoseček, zejména elipsou a parabolou [18-21], dále polynomiálami vyšších stupňů [22, 23], kubickými splajny [24, 25], řetězovkami [26, 27], sjednocením kružnice s přímkami [28], ojediněle jinými funkcemi [29]. Některé z těchto funkcí byly použity i k vizuálnímu nebo statistickému posuzování tvarových rozdílů v průřezových studiích (např. rozdílů rasových, pohlavních apod.) a tvarových vývojových nebo terapeutických změn v longitudinálních studiích [30-37].

Při statistickém hodnocení změn zubního oblouku navozených ortodontickou léčbou jasně převažují metody založené a měření lineárních okluzálních parametrů délky a šířky zubního oblouku. Převážná většina klinicky uplatnitelných závěrů o dlouhodobé stabilitě různých typů léčby je založena právě na takto metodicky zaměřených studiích. Pokud se zabývají tvarem oblouku, pak jen okrajově a tvar je v nich reprezentován vzájemnými podíly délky a šířky. Studie zabývající se přímo změnou tvaru linie okluze jsou ojedinělé.

Metoda statistické analýzy tvaru použitá v této práci – Euclidean distance matrix analysis – primárně operuje se vzdálenostmi mezi jednotlivými referenčními body na zubech, nikoli vlastní geometrií křivky linie okluze. Tento přístup se blíží tradičnímu způsobu měření na zubním oblouku, který se zabývá prostorovými poměry v okluzní ploše, přičemž nepřihlíží ani ke změně polohy celého zubního oblouku vůči bazální kosti, ani k relaci dolní okluzní plochy k horní – tj. blíží se klasickému měření délek a šířek v zubním oblouku. Na druhé straně ovšem nedostatečné možnosti metody EDMA při grafickém vyjádření linie okluze neumožňují vytvořit si geometrický názor na průběh linie okluze a s jeho pomocí usnadnit biologicky smysluplnou interpretaci tvarových změn. Z tohoto důvodu je experiment doplněn postižením linie okluze interpolací průměrných referenčních bodů (získaných předtím statistickou analýzou tvaru metodou EDMA) různými typy křivek. Pro usnadnění interpretace tvarových změn a jejich klinického významu je experiment dále doplněn uvedením lineárních okluzálních parametrů délky a šířky v obecně srozumitelných standardních jednotkách délky (v mm).

Metoda EDMA byla v literatuře použita Ferrariou v průřezových studiích zjišťujících rozdíly ve tvaru horního a dolního zubního oblouku [36], pohlavní rozdíly ve tvaru zubních oblouků [34] a asymetrie v zubním oblouku [34]. Použití metody k analýze změn tvaru zubních oblouků po ortodontické léčbě není autorovi známo.

Při interpretaci výsledků statistické analýzy tvaru metodou EDMA je zapotřebí určité opatrnosti a je nutno přihlížet jednak ke geometrickému názoru, jednak k faktickým přírůstkům/úbytkům lineárních vzdáleností v reálných hodnotách (tj. v mm). Tento postup je při kritické analýze referenčních bodů, které se rozhodující měrou podílejí na změně tvaru, doporučován i tvůrci metody [13].

S přihlédnutím k výsledkům dosaženým třemi různými způsoby lze konstatovat, že u všech tří typů léčby (extrakční / neextrakční / sagitální expanze) došlo k podobné změně tvaru linie okluze zubního oblouku ve smyslu jejího anteriorního

stoma+pzl_4.07 30.8.2007 7:51 Str. 106
proLékaře.cz | 30.10.2026

zúžení vzhledem k posteriorní části (k „zašpičatění“ zubního oblouku).

U neextrakční terapie se oblouk mírně zvětšil. Změny vzdáleností mezi jednotlivými zuby byly celkem homogenní s lehkým akcentem na řezáky. U neextrakční expanzní terapie je změna ve velikosti oblouku nepatrně vyšší než u předchozí skupiny, ale projevuje se větší nepravidelnost distribuce změny, jejíž důraz se přesouvá anteriorně a exprimuje na špičácích a zejména na řezácích. Tento nález potvrzuje poloha referenčních bodů na řezácích ve FDM, geometrie křivky linie okluze i milimetrové přírůstky/úbytky vzdáleností mezi body na zubech, zvl. kontrast míry změny celkové délky vůči anteriorní délce. Je patrné otevírání se úhlu tvořeném zuby 6-3-1. Současně se obě antiméry zubního oblouku k sobě přiblížily a transverzální šířka oblouku klesla.

U extrakční terapie se délka oblouku podle očekávání zkrátila. Celkově se oblouk zmenšil. Celková změna tvaru oblouku je podobná jako u neextrakční terapie. Mezišpičáková šířka distalizovaných špičáků byla překvapivě nižší než původní. Z pohledu původní linie okluze se mezimolárová šířka mezializovaných molárů zmenšila relativně méně než mezišpičáková šířka a sledovala původně vytyčenou linii okluze, kdežto špičáky se uchýlily navnitř od ní. Distalizací špičáků se prohloubila křivka anteriorního úseku zubního oblouku a změnila tvar v podobném smyslu, jak tomu bylo u neextrakční terapie. Znova je patrné otevírání se úhlu tvořeného zuby 6-3-1. EDMA T-statistika celého oblouku je u extrakční terapie zjevně zkreslena uzavíráním mezery po extrahovaném premoláru a její vysoká hodnota není biologicky opodstatněná. V tomto případě se metoda k postižení změn tvaru oblouku neosvědčila. Naproti tomu hodnota EDMA T-statistiky pro anteriorní úsek zubního oblouku tímto nedostatkem netrpí a její hodnota srovnatelná s neextrakční léčbou se nachází mírně pod hodnotou zjištěnou u sagitální expanze.

Pozorovaná zúžení zubního oblouku u extrakčních i neextrakčních způsobů léčby dolním fixním aparátem je v rozporu s převážnou většinou literárních studií, kde mezišpičáková šířka po léčbě naopak vzrostla [3-6, 8] u expanzí i při distalizaci špičáků. Příčiny tohoto jevu lze z designu této studie vyvozovat pouze spekulativně. U extrakční terapie se jako nejpravděpodobnější vysvětlení jeví způsob volby referenčních bodů a aproximace značně dislokovaných stěsnaných zubů do linie okluze. Identifikace bodů respektovala tvar zubních oblouků s přihlédnutím zejména k poloze dolních molárů, špičáků a středních řezáků. Je možné (a tvar linie okluze vyjádřené obecnou křivkou tomu napovídá), že původní poloha špičáků se u oblouků se stěsnáním nenacházela na linii okluze, nýbrž špičáky byly stěsnáním dislokovány labiálně. U neextrakční terapie jsou nejpravděpodobnějším hypotetickým vysvětlením změny geometrie původního oblouku - manifestující se jako anteriorní prodloužení a zúžení („zašpičatění“) křivky linie okluze - podporové reakce na zubech. „Slabé“ dolní řezáky na rozdíl od „silných“ špičáků neodolají pružinovitému účinku nivelizačního oblouku o nízké tuhosti a protrudují ještě před ukončením nivelizace.

Dalším hypoteticky možným vysvětlením je způsob vedení léčby sledovaného souboru vyznačující se důsledným respektováním původní mezišpičákové šířky s možnou tendencí k překorigování tvaru drátu opačným směrem. V pokročilých fázích léčby se na pracovišti, kde byl soubor léčen, v straight-wire metodě pracuje většinou s ručně zhotovenými oblouky, jejichž celková geometrie se blíží více tvaru Bon-will-Hawley než širokým obloukům typu Andrews nebo Roth. To by korespondovalo se zjištěními o vlivu drátěného oblouku na tvar léčeného zubního oblouku [38]. Tatáž koncepce vedení léčby se v dolním zubním oblouku snaží uchovat původní dentoalveolární kompenzaci (tj. mimo jiné parametry i tvar oblouku) a vyznačuje se častým používáním oblouků o nižším průřezu i v pozdních fázích léčby. Tyto oblouky by pak výrazně neovlivňovaly původní postavení špičáků ani u expanzní léčby.

Při interpretaci zúžení dolní mezišpičákové šířky přibližně půl milimetru ve smyslu zúžení je třeba vzít na vědomí asi dvoumilimetrovou variabilitu danou směrodatnou odchylkou.

Klinický význam pozorovaných změn tvaru je nutno odvozovat především v reálných změnách jednotlivých vzdáleností mezi zuby v mm. Tyto je možno srovnávat s literárními údaji o stabilitě terapeuticky navozených změn tvaru. U pozorovaného souboru lze konstatovat, že byla splněna hlavní zásada terapie v dolním zubním oblouku: neexpandovat transverzálně. Průměrně půlmilimetrové zúžení dolních špičáků (tedy 1/4 mm na špičák) je klinicky zanedbatelné a je na hranici rozlišovací schopnosti zvolené zobrazovací metody. Podstatné byly změny délky oblouku u expanzní terapie, které k udržení výsledku vyžadují trvalou retenci.

Experimentální metoda statistické analýzy tvaru Euclidean distance matrix analysis (EDMA), typ Form difference matrix, poskytla při hodnocení terapeutických změn tvaru zubního oblouku ve spojení s pomocnými metodami vizualizace linie okluze a měřením okluzálních parametrů délky a šířky oblouku biologicky smysluplné a klinicky interpretovatelné výsledky u neextrakčních typů terapie. Její použití k statistice celkových tvarových změn u zubních oblouků léčených s extrakcemi zubů je z hlediska interpretace výsledku velmi problematické.

ZÁVĚRY

1. Společným efektem terapie fixním aparátem straight-wire byla u sledovaného souboru změna tvaru dolního zubního oblouku ve smyslu zužování zvolené křivky linie okluze při současném prodlužování a prohlubování anteriorního segmentu perimetru.

stoma+pzl_4.07 30.8.2007 7:51 Str. 107
proLékaře.cz | 30.10.2026

2. Změny tvaru se realizovaly převážně v krajině řezáků (relace řezáků k ostatním zubům).

3. Relativní zúžení křivky bylo u neextrakční terapie podmíněno sagitálním prodloužením a v malé míře transverzálním zúžením křivky.

4. U extrakční terapie se křivka linie okluze zúžila prohloubením anteriorního perimetru (anteriorní sagitální délky oblouku), přičemž průměrná dolní mezišpičáková šířka se klinicky významně nezměnila.

LITERATURA

1. **Ricketts, R. M.:** A detailed consideration of the line of occlusion. Angle Orthodont., roč. 48, 1978, č. 4, s. 274-282.
2. **Proffit, W. R.:** Equilibrium theory revisitid: Factors influencing position of the teeth. Angle Orthodont., roč. 48, 1978, č. 3, s. 175-186.
3. **Gardner, S. D., Chaconas, S. J.:** Posttreatment and postreten-tion changes following orthodontic therapy. Angle Orthodont. roč. 46, 1976, č. 2, s. 151-161.
4. **Little, R. M., Wallen, T. R., Riedel, R. A.:** Stability and relapse of mandibular anterior alignment - first premolar extraction cases treated by traditional edgewise orthodontics. Amer. J. Orthodont., roč. 80, 1981, č. 4, s. 349-365.
5. **Little, R. M., Riedel, R. A., Ārtun, J.:** An evaluation of changes in mandibular anterior alignment from 10 to 20 years postretention. Amer. J. Orthodont., roč. 93, 1988, č. 5, s. 423-428.
6. **Sadowsky, C.:** Long-term stability following orthodontic therapy. In: Nanda, R., Burstone, C. J. (eds.): Retention and stability in orthodontics. Philadelphia: W. B.Saunders, 1993.
7. **Little, R. M.:** Stability and relapse of dental arch alignment. In: Nanda, R., Burstone, C. J. (eds.): Retention and stability in orthodontics. Philadelphia: W. B. Saunders, 1993.
8. **Hamine, Y.:** Retence a stabilita výsledků ortodontické léčby. Odborná práce ke specializační atestaci z čelistní ortopedie, Olomouc, 1995.
9. **Blake, M., Bibby, K.:** Retention and stability: A review of the literature. Amer. J. Orthodont. dentofacial Orthop., roč. 114, 1998, č. 3, s. 299-306.
10. **Dryden, I. L., Mardia, K. V.:** Statistical shape analysis. Chichester: John Wiley, 1998.
11. **Lele, S.:** Some comments on coordinate-free and scale-invariant methods in morphometrics. Amer. J. phys. Anthropol., roč. 85, 1991, č. 4, s. 407-417.
12. **Lele, S., Richtsmeier, J. T.:** Euclidean distance matrix analysis: a coordinate free approach for comparing biological shapes using landmark data. Amer. J. phys. Anthropol., roč. 86, 1991, č. 3, s. 415-427.
13. **Lele, S., Richtsmeier, J. T.:** On comparing biological shapes: detection on influential landmarks. Amer. J. phys. Anthropol. roč. 87, 1992, č.1, s. 49-65.
14. **Lele, S.:** Euclidean distance matrix analysis: Estimation of mean form and mean form difference. Math. Geol., roč. 25, 1993, č. 5, s. 573-602.
15. **Lele, S., Richtsmeier, J. T:** Euclidean distance matrix analysis: Confidence intervals for form and growth differences. Amer. J. phys. Anthropol., roč. 98, 1995, č.1, s. 73-86.
16. **Cole, T. M.,III., Richtsmeier, J. T:** A simple method for visualisation of influential landmarks when using Euclidean distance matrix analysis. Amer. J. phys. Anthropol., roč. 107, 1998, č. 3, s. 273-283.
17. **Cole, T. M. III:** WinEDMA: Software for Euclidean distance matrix analysis. University of Missouri – Kansas City School of Medicine, 1999, http:// .
18. **Currier, J. H.:** A computerized geometric analysis of human dental arch form. Amer. J. Orthodont. roč. 56, 1969, č. 2, s. 164-175.
19. **Sampson, P. D.:** Dental arch shape: A statistical analysis using conic sections. Amer. J. Orthodont., roč. 79, 1981, č. 5, s. 535-548.
20. **Sampson, P. D.:** Statistical analysis of arch shape with conic sections. Biometrics, roč. 39, 1983, č. 2, s. 411-423.
21. **Brader, A. C.:** Dental arch form related with intraoral forces: PR = C. Amer. J. Orthodont., 1972, 61, č. 6, s. 541-561.
22. **Lu, K. H.:** An orthogonal analysis of the form, symmetry and asymmetry of the dental arch. Arch. oral Biol., roč. 11, 1966, č. 11, s. 1057-1069.
23. **Pepe, S. H.:** Polynomial and catenary curve fits to human dental arches. J. dent. Res., roč. 54, 1975, č. 6, s. 1124-1132.
24. **BeGole, E. A.:** A computer program for the analysis of dental arch form using the cubic spline function. Computer Programs in Biomedicine, roč. 10, 1979, č. 2, s. 136-142.
25. **BeGole, E. A.: Lyew, R. :** A new method for analyzing change in dental arch form. Amer. J. Orthodont. dentofacial Orthop., roč. 113, 1998, č. 4, s. 394-401.
26. **Scott, J. H.:** The shape of the dental arches. J. dent. Res., roč. 36, 1957, č. 6, s. 996-1003.
27. **Burdi, A. R., Lillie, J. H.:** A catenary analysis of the maxillary dental arch during human embryogenesis. Anat. Rec., roč. 154, 1966, č. 1, s. 13-20.
28. **Hawley, C. A.:** Determination of the normal arch and its application to orthodontia. Dental Cosmos, roč. 47, 1905, s. 541-552. (Cit. in: [18])
29. **Braun, S. et al.:** The form of human dental arch. Angle Orthodont., roč. 68, 1998, č. 1, s. 29-36. (Erratum in: Angle Orthodont., roč. 70, 2000, č. 4, s. 271-275.)
30. **Baluta, J., Lavelle, C. L. B.:** An analysis of dental arch form. Europ. J. Orthodont., roč. 9, 1987, č. 3, s. 165-171.
31. **Davis, L. M., BeGole, E.:** Evaluation of orthodontic relapse using the cubic spline function. Amer. J. Orthodont. dentofacial Orthop., roč. 113, 1998, č. 3, s. 300-306.
32. **BeGole, E., Fox, D. L., Sadowsky, C.:** Analysis of change in arch form with premolar expansion. Amer. J. Orthodont. dentofacial Orthop., roč. 113, 1998, č. 3, s. 307-315.
33. **De La Cruz, A. et al.:** Long-term changes in arch form after orthodontic treatment and retention. Amer. J. Orthodont. dentofacial Orthop., roč. 107, 1995, č. 5, s. 518-530.
34. **Ferrario, V. F. et al.:** Dental arch asymmetry in young healthy human subjects evaluated by Euclidean distance matrix analysis. Arch. oral. Biol., roč. 38, 1993, č. 3, s. 189-194.
35. **Ferrario, V. F. et al.:** Maxillary versus mandibular arch form differences in human permanent dentition assessed by Euclidean distance matrix analysis. Arch. Oral. Biol., roč. 39, 1994, č. 2, s. 135-139.
36. **Ferrario, V. F. et al.:** Human dental arch shape evaluated by Euclidean-distance matrix analysis. Amer. J. phys. Anthropol., roč. 90, 1993, č. 4, s. 445-453.
37. **Henrikson, J., Persson, M., Thilander, B.:** Long-term stability of dental arch form in normal occlusion from 13 to 31 years of age. Eur. J. Orthodont., roč. 23, 2001, č. 1, s. 51-61.
38. **Huntley, P. N.:** The effect of archwires of identical form and dimension upon the mandibular arch of cases treated with the straight-wire appliance. MSc Thesis, University of London, 1989. (Cit. in: Lee, R. T.: Arch width and form: A review. Amer. J. Orthodont. dentofacial Orthop., roč. 115, 199, č. 3, s. 305-313.)

MUDr. Martin Kotas
Klinika zubního lékařství LF UP
Palackého 12
772 01 Olomouc
e-mail: kotas@tunw.upol.cz