

GRAFOANALITIČKI PRIKAZ DJELOVANJA LINGVALNOG LUKA

Zvonko Poje*
Vučetić Antun**

* Zavod za ortodontiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

** Zavod za mehaničke konstrukcije Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu

Primljeno 8. 10. 1985.

Sažetak

Lingvalni luk se koristi u aktivnoj i pasivnoj varijanti; u prvoj služi za transversalno širenje ili sužavanje zubnog luka, a u drugoj kao kruti nosač raznovrsnih elastičnih nastavaka kojima se generiraju lokalne sile različitog smjera i intenziteta. U različitim oblicima i konstrukcijama luka, sa ili bez dodatnih elemenata, može se primjenom grafoanalitičke metode procijeniti smjer i iznos sile koje se za vrijeme njegovog djelovanja javljaju, kao i prognozirati krajnji učinak za zube.

Ocjena efikasnosti lingvalnog luka u širenju odnosno sužavanju zubnog niza moguća je na bazi poznavanja lateralnih elastičnih karakteristika, tj. zavisnosti između transversalne sile i pomaka u određenoj točki naprave.

U slučaju kliznih frontalnih elastičnih nastavaka ekstremno mekano opušno djelovanje posljedica je prisutnosti kinematičke komponente u karakteristici nastavka.

Ključne riječi: Lingvalni luk; grafomehanički prikaz.

UVOD

Upotrebu čvrstih metalnih lukova u terapiji anomalija zubnog niza nalazimo već kod ANGLE-a (1), koji je lukove postavljao vestibularno, učvršćujući ih cjevčicama preko prstenovanih prvih trajnih kutnjaka. Kasnije je, za razliku od Anglea, MERSHON (2, 3) uveo lingvalni luk, tj. luk postavljen s lingvalne strane zubnog niza, pri čemu su kao mjesta pričvršćenja luka za zubni niz korišteni također prvi trajni kutnjaci (4,5).

U početku se lingvalni luk izrađivao iz legure zlata i platine, da bi kasnije taj skupi materijal zamijenile legure visokokvalitetnog, nerđajućeg čelika.

U aktivnoj varijanti — kao elastična naprava — lingvalni luk koristi se za transversalno širenje odnosno sužavanje zubnog luka, s tim da se prije aktiviranja modelira u oblik koji će omogućiti postizavanje odgovarajućeg prednapona (6).

U pasivnoj varijanti — kao relativno kruti nosač — predstavlja bazu ili uporište za koje se vezuju najraznovrsniji elastični nastavci. Spretnim izborom mjesta pričvršćenja, oblika i elastičnosti žičanog nastavka mogu se generirati sile različitog smjera i intenziteta u svrhu ciljanog djelovanja na određena mjesta odnosno regije u zubnom nizu. Elastični nastavci se mogu remodelirati posebnim kliještima, koja mogu poslužiti i za mjerenje sile kojom aktivirani nastavak djeluje na zubni niz. Žičani opružni nastavci su obično dugački i radi toga vrlo mekani, što znači da generirane sile u toku terapije vrlo malo mijenjaju intenzitet — praktički su konstantne.

Osim u transverzalnom, lingvalni luk se primjenjuje i za korekcije u sagitalnom smislu, posebno kod retruzije donjih frontalnih zubi (7, 8, 9). Često se koristi kao retencijska naprava za očuvanje razmaka u zubnom nizu, kao u slučaju prerana gubitka drugih mliječnih kutnjaka (10). Obzirom na mogućnost preciznog doziranja sila lingvalni luk je posebno prikladan za izvlačenje retiniranih zubi, najčešće očnjaka u gornjoj čeljusti te u liječenju rascjepa čeljusti (11). Ne samo simetrični, već i asimetrični, unilateralni, učinci mogu se postići primjenom lingvalnog luka. Potreba za jednostranim širenjem ili sužavanjem zubnog luka posebno je izražena kod unakrsnog zagriža (12). Unilateralno djelovanje postiže se tako da se suprotna strana zubnog niza veže u blok radi jačeg otpora i time ostvari praktički nepomično uporište.

Lingvalni luk se može primijeniti i u kombinaciji s drugim sličnim napravama, npr. sa Crozatovim napravama (13).

Cilj ovog rada je grafoanalitičkom metodom prikazati efekte lingvalnog luka, te djelovanje sila koje se javljaju pri različitim primjenama lingvalnog luka.

MATERIJAL I METODA

Efekt fiksno-ortodontskih naprava ovisit će o smjeru i jačini djelovanja sile što je takva naprava proizvodi. U određivanju izvora i smjera kod fiksne naprave kakva je lingvalni luk koristimo se biomehaničkim postavkama, odnosno metodama analize i sinteze sila koje se javljaju za vrijeme aktivacije ortodontske naprave. Jedna od prikladnih metoda za njihovo razmatranje svakako je i grafoanalitička metoda (14, 15, 16). Ovom metodom moguće je analizirati sile koje nastaju prilikom unilateralnog, bilateralnog i asimetričnog djelovanja luka, kao i promjene sila koje nastaju u toku terapijskih zahvata.

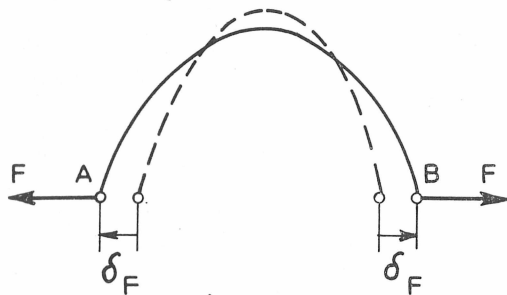
REZULTATI I DISKUSIJA

Opružne karakteristike lingvalnog luka

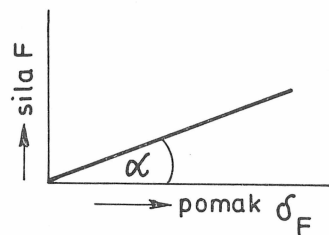
Lingvalni luk po svojim elastomehaničkim svojstvima predstavlja zakrivljenu fleksijsku oprugu približno paraboličkog ili eliptičkog oblika. Op-

terećen je krajnjim točkama A i B kolinearnim silama F, F prema slici 1a, luk će se širiti, pri čemu će lateralni pomak δ_F hvatišta sile F biti ovisan o iznosu te sile i smjeru njenog djelovanja.

Za relativno male pomake δ_F u odnosu na dimenzije luka vladat će linearna zavisnost između sile F i lateralnog pomaka δ_F . Grafički će ta zavisnost biti predočena pravcem (slika 1b). Drugim riječima izraženo, **opružna karakteristika** lingvalnog luka bit će **linearna** u području malih opterećenja F , kakva se dopuštaju u ortodontskoj terapiji.



slika 1a



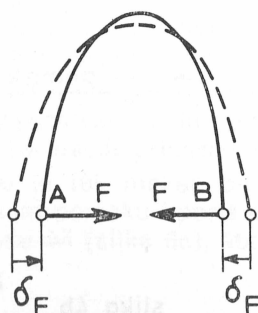
slika 1b

--- Oblik lingvalnog luka prije napinjanja.

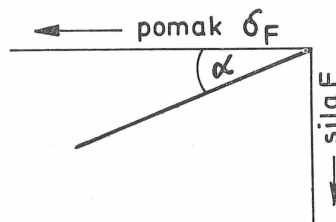
— Oblik lingvalnog luka poslije napinjanja silama F, F .

Opružna karakteristika kod širenja luka ($\alpha <$).

Približno istu ovisnost između sile F i pomaka δ_F treba očekivati u slučaju kada se djelovanjem kolinearnog para sila F, F nastoji luk lateralno sužiti (slika 2a i slika 2b).



slika 2a



slika 2b

--- Oblik lingvalnog luka prije napinjanja.

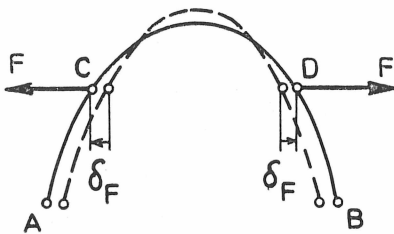
— Oblik lingvalnog luka poslije napinjanja silama F, F .

Opružna karakteristika kod sužavanja luka ($\alpha <$).

Mekanu karakteristiku (mali kut nagiba α) imat će vrlo fleksibilni, tanki lingvalni lukovi, dok će tvrdu karakteristiku (veći kut nagiba α) imati manje fleksibilni, debeli lukovi.

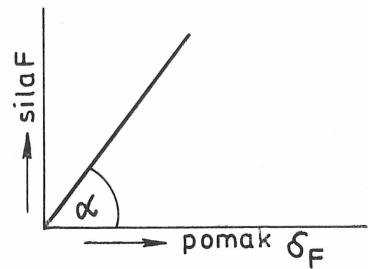
No isto tako, tvrdoća ili mekoća djelovanja luka ovisi i o mjestu na luku u kojem djeluju sile F, F . Tako na primjer, ako prema slici 3a sile F, F istog intenziteta kao na slici 1a djeluju ne na krajevima A i B, već u točkama C i D, koje su bliže tjemenu luka, onda će lateralno širenje luka biti znatno slabije. Karakteristika luka je puno tvrđa — kut nagiba α veći (slika 3b).

Potpuno jednako bi se ponašao i plitki luk kojemu bi točke C i D bile krajnje točke. Općenito, dakle, plitki lukovi imaju u odnosu na duboke lukove mnogo tvrde opružne karakteristike.



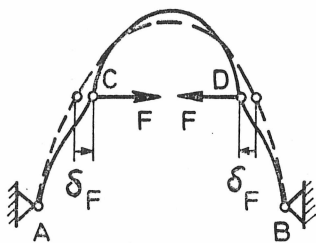
slika 3a

- Oblik lingvalnog luka prije napinjanja.
- Oblik lingvalnog luka poslije napinjanja silama F, F u točkama C, D



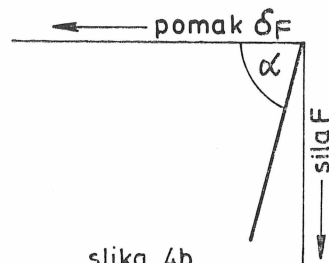
slika 3b

Opružna karakteristika kod širenja luka u točkama C, D ($\alpha >$)



slika 4a

- Oblik lingvalnog luka prije aktiviranja nastavka
- Oblik lingvalnog luka na kon aktiviranja nastavka

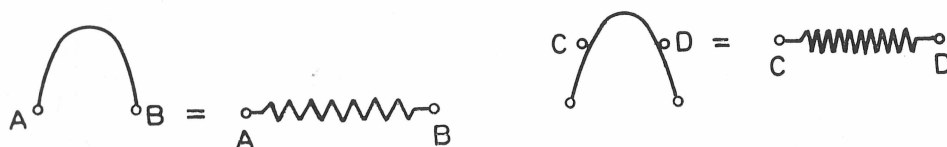


slika 4b

Opružna karakteristika kod sužavanja luka uslijed aktiviranja nastavaka pričvršćenih u točkama C, D ($\alpha \gg$)

Kad se luk koristi kao pasivni nosač, sile F, F izazvane aktiviranjem opružnih nastavaka pričvršćenih u točkama C, D u vrlo maloj mjeri deformiraju lingvalni luk (slika 4a). Luk se kod toga ponaša kao vrlo tvrda opruga, koja je tim tvrđa što su točke C, D bliže krajevima luka A, B. Opružna karakteristika bit će vrlo strma (veliki kut nagiba α) (slika 4b).

Poznato je, da svaku fleksijsku oprugu (elastični luk) možemo predočiti ekvivalentnom aksijalnom oprugom, s tim da opružna karakteristika ostane nepromijenjena (slika 5).



slika 5

Zamjena lingvalnog luka ekvivalentnom aksijalnom oprugom (opruža A B je mekša od opruge C D).

Zamjena lingvalnog luka ekvivalentnom aksijalnom oprugom može dobro poslužiti kod tumačenja složenog djelovanja luka s pričvršćenim elastičnim nastavcima.

LINGVALNI LUK KAO AKTIVNA NAPRAVA

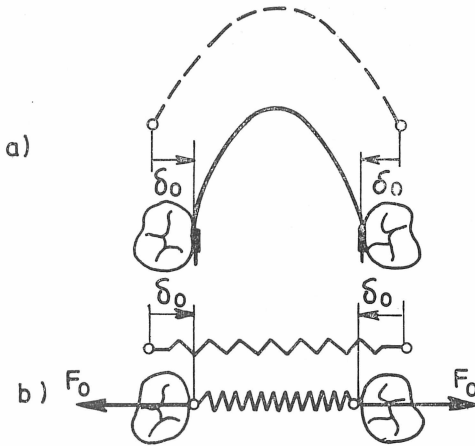
Lingvalni luk pričvršćen u prednapetom stanju za uporišne zube (najčešće kutnjake) proizvodi dvije jednake, kolinearne i suprotno usmjerene sile na te zube. Veličina tih sila ovisi o veličini prednapinjanja δ_0 i može se očitati s opružne karakteristike luka (slika 6c).

Ako se lingvalni luk koristi za transverzalno širenje u području pričvršćenih kutnjaka, onda se generiranje sila koje djeluju na te zube može opisati na način prikazan na slikama 6a, 6b i 6c.

Ako je luk mekan bit će i karakteristika mekana, pa će izvršenom lateralnom pomaku uporišnog kutnjaka $\Delta\delta$ odgovarati relativno malo oslabljenje sile $\Delta\delta$ (slika 6c), što je u terapijskom postupku poželjno.

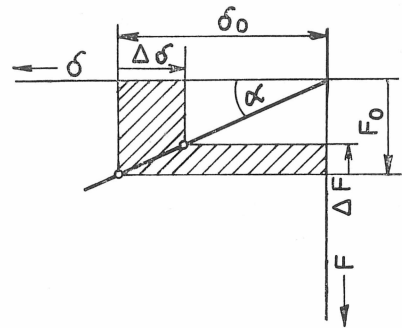
LINGVALNI LUK KAO PASIVNI NOSAČ

Kao direktna naprava lingvalni luk ima ograničenu primjenu. Tako je, na primjer, neprikladan za korekcije položaja očnjaka i frontalne regije zubnog niza, prvenstveno zato što mu je za tu svrhu opružna karakteristika pretvrda. Posebno tvrdo djelovanje imao bi luk, normalno pričvršćen u distalnom dijelu zubnog niza, a oblikovan tako da direktnim kontaktom vrši pritisak na dislocirani očnjak ili pretkutnjak (na primjer u točkama



slika 6a,b

- a) Prednapeti lingvalni luk korišten za širenje u području kutnjaka.
- b) Prikaz pomoću ekvivalentne aksijalne opruge.
- δ_0 = veličina prednapinjanja
- F_0 = generirana sila na početku terapije



slika 6c

Promjene u toku terapije promatrane preko opružne karakteristike luka.

$\Delta \delta$ = transversalni pomak zuba (terapijski efekt).

ΔF = promjena u intenzitetu sile kao posljedica pomaka zuba.

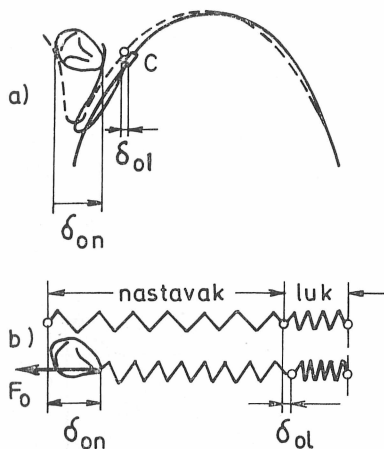
C i D na slici 4a). Zbog vrlo strme karakteristike (slika 4b) sila bi kod takve aplikacije u toku terapije naglo slabila, pa bi bilo potrebno podešavati lingvalni luk u kratkim vremenskim intervalima. Doziranje sile bi također bilo vrlo nesigurno i otežano.

Upravo zbog navedenih nedostataka direktnog djelovanja lingvalnog luka na srednje i frontalne regije zubnog niza dodaju se osnovnom luku kao pasivnom nosaču dodatni mekani elastični nastavci koji imaju vrlo mekanu opružnu karakteristiku. Luk se sada može slobodno oblikovati, tako da što manje smeta u lingvalnom području usne šupljine. Ugradnja elastičnih nastavaka može se izvesti na način koji omogućuje najraznovrsnije djelovanje po smjeru i intenzitetu na raznim mjestima u zubnom nizu. U mehaničkom pogledu lingvalni luk s elastičnim nastavcima predstavlja nešto složeniji opružni sistem, kako je pokazano na slikama 7a, 7b i 7c.

Kako se u praksi lingvalni luk kao pasivni nosač izrađuje iz žice debljeg presjeka, bit će pomaci pričvrstne točke C tako mali da se u analizi mehaničkog djelovanja naprave mogu zanemariti u odnosu na deformacijski pomak nastavka ($\delta_{01} \ll \delta_{0n}$).

Preko lingvalnog luka kao pasivnog nosača može se djelovati i na frontalnu regiju zubnog niza u smislu frontalnog pomicanja zubi u toj re-

giji (na primjer, labijalno pomicanje retrudiranih sjekutića). U tu svrhu se mekano opružno djelovanje može ostvariti na više načina, od kojih su na slikama 8a i 8b prikazana dva tipična načina: a) ugradnjom dvokrakog konzolnog nastavka, i b) ugradnjom zatvorenog, petljastog nastavka, kod kojeg su radi što veće fleksibilnosti krakovi položeni unakrsno.



slika 7a, b

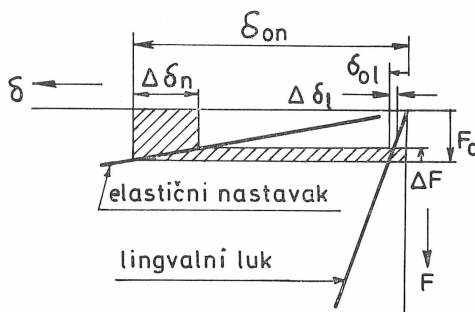
- a) Lingvalni luk s jednokrakim elastičnim nastavkom za labijalno pomicanje ocnjaka.

--- Luk i nastavak prije aktiviranja.
 — Luk i nastavak nakon aktiviranja.

- b) Prikaz pomoću ekvivalentnih aksijalnih opruga.

δ_{on} , δ_{ol} = veličina prednapinjanja nastaka i lingvalnog luka.

F_0 = generirana sila na početku terapije.



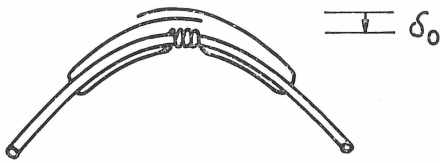
slika 7c

- c) Promjene u toku terapije promatrane preko opružnih karakteristika nastavka i lingvalnog luka.

$\Delta \delta_n \approx$ transverzalni pomak zuba (terapijski efekt)

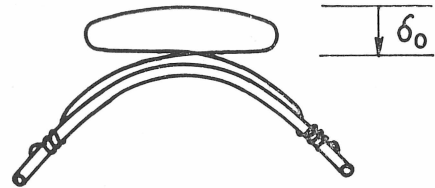
ΔF = promjena u intenzitetu sile kao posljedica pomaka zuba.

Naročito mekano opružno djelovanje na frontalnu regiju u smislu labijalnog pomicanja prednjih zubi postiže se dodatnim fleksibilnim lukom koji je klizno vezan za osnovni lingvalni luk (slika 9a). Mekoća ovako izvedenog nastavka može se podošavati preko nagiba krakova trapezno oblikovanog pasivnog lingvalnog luka. S povećanjem kuta nagiba β prema sagitalnoj ravnini raste krutost u frontalnom smjeru, a time i opružna karakteristika nastavka postaje tvrđa (slika 9b).



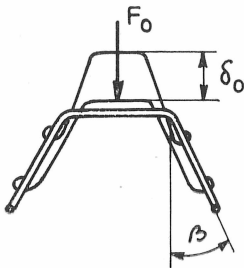
slika 8a

Dvokraki konzolni nastavak za pomicanje sjeku - tića (tvrda karakteristika)



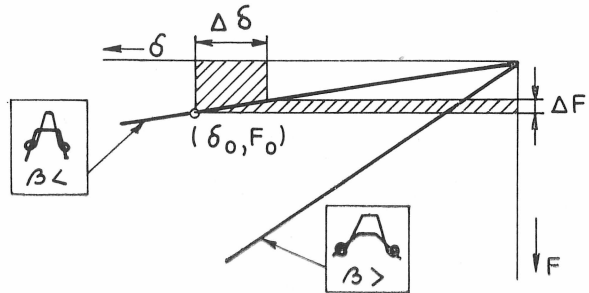
slika 8b

Zatvoreni petljasti nastavak s unakrsnim krakovima za labijalno pomicanje frontalne regije zubnog niza. (mekana karakteristika)



slika 9a

Klizni frontalni nastavak za labijalno pomicanje sjekutića.



slika 9b

Ovisnost opružne karakteristike kliznog nastavka o kutu nagiba β bočnih strana lingvalnog luka.

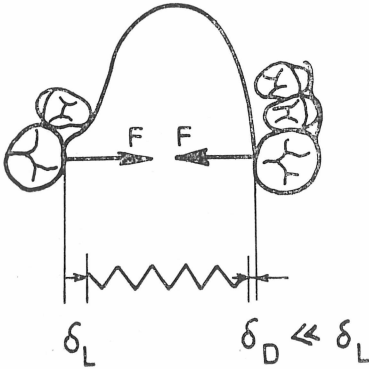
UNILATERALNO DJELOVANJE LINGVALNOG LUKA

Lingvalni luk, kao aktivna naprava, može se jednostavno i efikasno koristiti za korekciju asimetričnog položaja pojedinih zubi u distalnoj regiji zubnog niza (slučaj unakrsnog zagrizu).

Želimo li, na primjer, korigirati bukalno dislocirani kutnjak, vezat ćemo jedan kraj lingvalnog luka za taj zub, dok ćemo na suprotnoj strani uporište lingvalnog luka ojačati vestibularnim čvrstim vezom uporišnog kutnjaka sa susjednom grupom zubi (slika 10). Obzirom da uporišna grupa pruža mnogo veći otpor djelovanju opružne sile F nego usamljeni kutnjak na suprotnoj strani, pomicat će se samo taj zub, dok će pomak uporišne grupe biti praktički zanemariv.

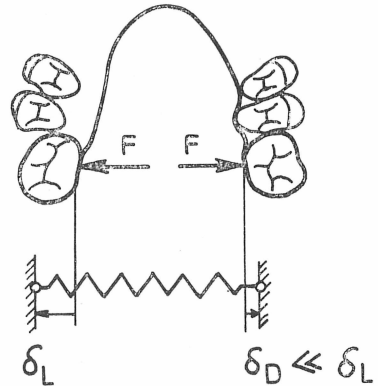
Obratno, ako treba lingvalno dislocirani kutnjak vratiti u korektni položaj u zubnom nizu, postići ćemo to grupnim povezivanjem suprotnog upo-

rišnog kutnjaka sa susjednim zubima u nizu, na način kako je to pokazano na slici 11. Za tu svrhu nije potreban dodatni žičani element kao u prethodnom slučaju, već je dovoljno da se lingvalni luk na tom mjestu tako oblikuje da se ostvari čvrsti kontakt između luka i uporišne grupe zubi. U oba slučaja se luk aktivira s odgovarajućim prednapinjanjem.



slika 10

Lingvalni luk kao aktivna naprava adaptiran za unilaterarno lingvalno pomicanje uporišnog kutnjaka. Terapijski efekti: δ_L , δ_D



slika 11

Lingvalni luk kao aktivna naprava adaptiran za unilaterarno bukalno pomicanje uporišnog kutnjaka. Terapijski efekti: δ_L , δ_D

Unilateralna djelovanja u srednjim i frontalnim regijama zubnog niza najefikasnije se postižu preko jednokrakih žičanih nastavaka pričvršćenih za pasivni lingvalni luk, kao na slici 7a. Reakcija na korektivnu silu F prenaša se preko praktički krutog lingvalnog luka na uporišne kutnjake. Njihov zajednički otpor dovoljno je velik da se može smatrati da je uporište nepomično, te nije potrebno u uporišnoj regiji formirati blokove kao na slikama 10 ili 11.

U ortodontskoj praksi lingvalni luk pokazuje određene prednosti pred ostalim korektivnim napravama. Lako se postavlja i skida zahvaljujući jednostavnoj mehaničkoj vezi između krajeva luka i prstenova cementiranih za prve trajne kutnjake.

Pričvršćenje luka za prstenove ostvaruje se pomoću horizontalno ili češće vertikalno položenih cjevčica, zalemljenih za prstenove i snabdjevenih osiguračima. Pri mjesečnim kontrolnim pregledima luk se skida, po potrebi remodelira zajedno sa žičanim elastičnim nastavcima, ili se sami nastavci skidaju i zaleme novi. Reparature lingvalnog luka su jednostavne, a isto tako i promjene žičanih elastičnih nastavaka. Pacijenti ga lakše prihvaćaju od ostalih ortodontskih naprava, iz razloga što nije vidljiv i estetski najbolje zadovoljava. Pored toga, u usporedbi s mobilnim napravama os-

tavlja velik prostor za nesmetanu funkciju jezika i vrlo povoljne uvjete za održavanje higijene zubi i ustiju.

Svakako da postoje i određena ograničenja i nedostaci u djelovanju lingvalnog luka. Neki pomaci zubi praktički se ne mogu postići, kao na primjer rotacija zuba oko vertikalne osi, čisti translacijski pomak i lingvalni pomaci prednjih zubi.

ZAKLJUČCI

Opružna karakteristika lingvalnog luka je linearna u području malih opterećenja kakva se koriste u ortodontskoj terapiji. Ako lingvalni luk služi kao pasivni nosač vrlo elastičnih opružnih nastavaka, on će se ponašati kao tvrda opruga. Aktivno unilateralno djelovanje lingvalnog luka na dislocirane molare moguće je uz grupnu fiksaciju dovoljnog broja zubi na kontralateralnoj strani. Budući da se lingvalni luk lako aplicira i skida, pacijenti ga lakše nose od drugih naprava. Nije vidljiv za vrijeme nošenja niti ometa funkciju jezika, što ga u određenim slučajevima čini pogodnijim u odnosu na slične naprave.

Literatura

1. ANGLE E H. Malocclusion of the Teeth, 7. izd. Philadelphia: The SS White Comp., 1907.
2. MERSHON J V. The Removable Lingual Arch and Its Relations to the Orthodontic Problem. Dent Cosm. 1920; 693.
3. MERSHON J. V. The Removable Lingual Arch Appliance, Int J Orth, 1926; 1022.
4. TRYFUS F. Erfahrungen mit dem Lingualbogen. Zahnärztl Rdsch; 1931; 1314.
5. RANT J. Zobna in čeljustna ortopedija, Ljubljana: Univerzitetna založba Univerze v Ljubljani, 1970.
6. POJE Z. VUČETIĆ A. Transverzalno djelovanje headgeara kao sekundarni učinak u njegovoj primjeni, BILT UOJ 1985; 18:75—80.
7. FORSBERG C-M. HELLSING E. The effect of a lingual arch with anterior bite plane in deep overbite correction. Europ J Orthodont 1984; 6:107.
8. MIOTTI F. Ahe passive lingual arch in first bicuspids extraction. Angle Orthodont 1984; 54:163.
9. GORMAN J. C, HILGERS J. J, SMITH J. R., Lingual orthodontics: a status report, Part 4: Diagnosis and treatment planning. J Clin Orthodont 1983; 17:26.
10. HOUSTON W J B. ISAACSON K. G., Orthodontic treatment with removable appliances. Dental practitioner handbook No. 25. Bristol: John Wright&Sons Ltd, 1977:93.
11. POJE Z. Ortodontsko liječenje rascjepa čeljusti. Symp Otorhinol Yug 1980; 2—3:179.
12. BOUÉ D C, BOUÉ C P., NAVES R. J., NAVES S. M., Turner's syndrome: Controlling facial growth. Report of a case. J Int Assoc Dent Child, 1983; 14:21.
13. WENDELL H T. Die Grundlagen der Crozat-Technik. Informationen aus Orthodontie und Kieferorthopädie 1985, 4: 329.
14. POJE Z. Prilog razjašnjenju principa mehaničkog djelovanja headgeara u tretmanu malokluzija. Zagreb, Jugoslavija: Sveučilište u Zagrebu, 1974, 47 str. Habilitacijski rad.
15. POJE Z. VUČETIĆ A. Asimetrični vratni elastični teg in njegova uporaba. Zdravestv 1980; 171.
16. POJE Z. Translacijsko distalno pomicanje gornjih kutnjaka headgearom. Acta Stom Croat 1984; 18:169.

GRAPHIC-ANALYTICAL REPRESENTATION OF THE LINGUAL ARCH ACTION

Summary

Lingual arch can be applied in its active and passive variant. In the former it is used for transverse expansion or contraction of the dental arch, and in the latter as a rigid support for various types of elastic wires generating local forces of different direction and intensity. In whatever type and design of the arch, with or without its additional elements, the direction and amount of forces by graphoanalytical method and the final effect on the teeth can be predicted.

The assessment of the efficiency of the lingual arch in regard to transverse extension or compression of the dental arch is made possible by introducing the lateral elastic characteristics, i. e. the dependence between the transverse force and lateral displacement of the lingual arch at the point of force application.

In the application of sliding-spring frontal attachments, the extremely weak spring effect will be the result of the presence of the kinematic component in the attachment characteristic.

Key words: lingual arch, mechanical effect