

UNIVERZITET U BEOGRADU
STOMATOLOŠKI FAKULTET

Marijana Radičević

Funkcionalni aparati - indikacije i načini
delovanja

DIPLOMSKI RAD

Beograd, septembar 2015.

Rad je ostvaren na Klinici za ortopediju vilica Stomatološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Autor rada :

Marijana Radičević

Mentor rada :

Prof. dr Ivana Šćepan , Stomatološki fakultet Univerziteta u Beogradu

Rad sarži: 31 stranica

6 slika

1 CD

Sadržaj :

1.Uvod.....	1
2 . Podela funkcionalnih aparata:	2
3 . Indikacije.....	3
4 . Kontraindikacije	4
5 . Teorije kontrole rasta.....	4
5 .1. Servosistem teorija kraniofacijalnog rasta	5
5 . 2. Teorija funkcionalnog matriksa.....	12
5 . 3. Teorija rasta usmerena na kost	13
5 . 4. Teorija rasta usmerena na hrskavicu	14
6 . Primarna i sekundarna hrskavica	16
7 . Čelijski asprekti rasta mandibule	18
8 . Specifičnosti kondilarne hrskavice	20
9 .Mehanizam delovanja funkcionalnih aparata.....	21
10 . Zaključak.....	29
11 . Literatura :	30
12 . Dodatak :	31

1.Uvod

Ideja terapijskog podsticanja i kočenja rasta vilica je u ortodonciji prisutna od samih početaka. Zamisao je primeniti terapijske postupke kojima je moguće iskoristiti fazu rasta i razvoja za ispravljanje skeletnih anomalija. Poznavanje principa rasta i razvoja vilica, omogućilo je konstruisanje naprava kojima se želi promeniti taj proces i usmeriti u željenom pravcu. Modifikacijom rasta se ujedno nastojala smanjiti potreba za mnogo invazivnijom metodom ispravljanja skeletnih anomalija, ortognatom hirurgijom. Optimalno vreme za ovaj vid terapije je period prepubertetskog skoka rasta.

Značaj poznavanja uticaja funkcionalnih ortodontskih aparata na rast vilica od izuzetne je važnosti jer ova saznanja omogućavaju određivanje pravilne indikacije za upotrebu ovih aparata. Oko ovog problema u literaturi postoje različita shvatanja i kontradiktorni istraživački podaci što je i razlog za dalje analiziranje ovih procesa i pojava.

2 . Podela funkcionalnih aparata:

I Podela po Profitu i Fields-u:

1. Zubno nošeni:

- pasivni - aktiviraju mišiće promenom prostornog položaja mandibule
 - Andresen aktivator
 - Woodside i Harvold aktivator
 - Bionator po Balters-u
 - Herbst-ov aparat i dr.
- aktivni - sadrže i aktivne elemente kao što su opruge i zavrtanji koji aktivno proizvode silu
 - razne modifikacije aktivatora
 - ortopedski korektor
 - Stockli headgear aktivator
 - twin - block aparat
 - "M" - blok i dr.

2) Tkivno nošeni :

Smešteni su u vestibulumu, deluju po principu eliminacije pritiska i aplikacije vuče na periost

- Frenkl-ovi regulatori funkcije
- vestibularna ploča

II Podela po načinu delovanja:

1. kosa ravan, vestibularna ploča - mišićna sila se direktno prenosi na zube
2. aktivator i njegove modifikacije - aktiviraju mišiće otvarače promenom položaja mandibule
3. regulator funkcije po Frenklu - deluje po principu eliminacije pritiska i aplikacije vuče na periost, nema kontakt sa zubima pa samim tim izostaje i dentalni efekat aparata.

III Na osnovu toga, da li su fiksirani u ustima pacijenta, funkcionalni aparati dele se na:

- pokretne (aktivator, bionator, Frenkl-ov regulator funkcije, Twin - blok aparat, "M" - blok aparat i dr.)
- fiksne (Herbst aparat, Jasper jumping i dr.).^{1,2}

3 . Indikacije

- pacijenti sa malokluzijom II klase 1. odeljenja kod kojih se rast mandibule odvija rotacijom unapred
- pacijenti sa malokluzijom II klase 2. odeljenja
- pacijenti sa skeletnim dubokim zagrižajem
- pacijenti sa devijacijom donje vilice
- pacijenti sa dentoalveolarnim otvorenim zagrižajem
- pacijenti sa prinudnim progenim zagrižajem .²

4 . Kontraindikacije

- vrlo izražena diskrepanca gornje i donje vilice nasledne etiologije
- skeletni otvoren zagrižaj
- prava progenija nasledne etiologije
- svi oblici astenične konstitucije .²

5 . Teorije kontrole rasta

Na rast utiču unutrašnji faktori (genetski) i spoljašnji faktori (ishrana, fizička aktivnost, oboljenja) . Kada govorimo o rastu, potrebno je prvo objasniti razliku između mesta rasta i centra rasta, kako bi pojasnili razlike između teorija kontrole rasta. Mesto rasta je mesto gde se direktno odvija rast. Ako je to mesto genetski samostalno za rast, nazivamo ga centrom rasta. Svi centri rasta su istovremeno i mesto rasta, ali ne i obratno. Definisanjem koje mesto rasta je ujedno i centar rasta, definišemo šta uzrokuje i kontroliše rast pa teoretski možemo utvrditi uzrok anomalije i terapiju usmeriti prema tome.

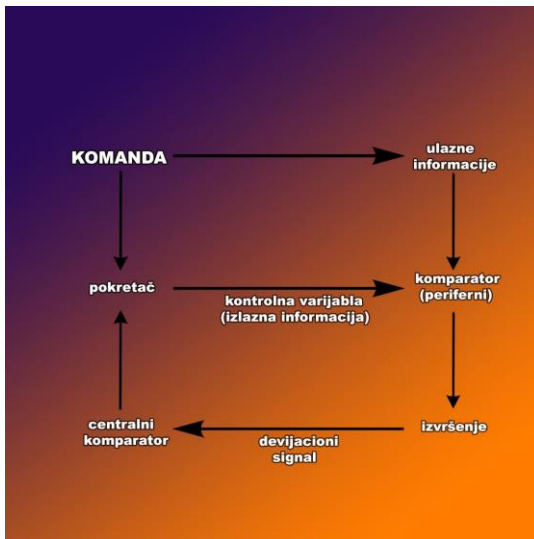
Istraživači su pokušali da objasne primarne odrednice kraniofacijalnog rasta mnogim teorijama, a najpoznatije su:

1. teorija servosistema
2. teorija funkcionalnog matriksa
3. teorija rasta usmerena na kost
4. teorija rasta usmerena na hrskavicu.

5 .1. Servosistem teorija kraniofacijalnog rasta

Teorija servosistema može da bude sumirana na sledeće načine:

1. Sam rast kostiju lobanje i faktori koji kontrolišu njihov rast su vrlo složeni. Da bi se objasnila morfološka i fiziološka kompleksnost ovog procesa, stvoreni su modeli bioloških sistema koji su uključeni u procese rasta kostiju lobanje. Glavni model kibernetički odgovara servosistemu.



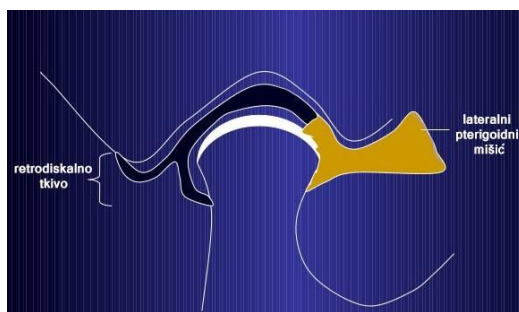
Slika 1. Komponente servosistema

2. Prema teoriji servosistema, sagitalni položaj gornjeg dentalnog luka tj. gornji dentalni luk je u kibernetičkom smislu „ulazno mesto informacija“. Položaj zavisi od dužine rasta gornje vilice, koju kontrolišu STH i somatomedin, kao što zavisi i od rasta septalne hrskavice i od rasta jezika. Efekat rasta septalne hrskavice na budući rast maksile ogleda se u direktnoj vuči labionarinarnih mišića (labionarinary muscles) i preko gornjeg labijalnog frenuluma i septopremaksiliarnog ligamenta. Ovaj kibernetički

model nam pokazuje takođe i efekte nekih hormona. Uzimajući u obzir brojne studije o ovom problemu, nameće se zaključak da rast nosne septalne hrskavice predstavlja važan faktor u kontroli mehanizama vertikalnog i horizontalnog rasta lica, uključujući i gornju vilicu. Rast u širinu gornje vilice uključuje i prateće uzročne sekvence. Spoljašnji rast bočne hrskavičave mase sitaste kosti, kao i rast hrskavice između tela i velikih krila klinaste kosti uzrokuje lateralniji položaj alveolarnih grebena i na levoj i na desnoj strani, i stimuliše rast duž medijalne suture, tj. dovodi do transversalnog rasta gornje vilice. Efekti Frenklovih bočnih vestibularnih štitova utiču na povećanje širine gornje vilice i bili su eksperimentalno analizirani na pacovima u razvoju. Uređaj kojim je eksperiment vršen je stimulisao rast, ali u manjoj meri je uticao na apoziciju kosti na spoljašnjoj strani gornje vilice.

3. Sagitalna pozicija donjeg dentalnog luka, je kibernetički, kontrolisana varijabla.
4. Operacija „suprotstavljanja“ između gornjeg i donjeg dentalnog luka tj. okluzija je kibernetički „periferni komparator“ servosistema. I klasa, kao i puna II i puna III klasa predstavljaju strukturno stabilno stanje. Ali kada je donji dentalni luk pozicioniran malo distalnije, „devijantni signal ili znak“ potiče od „perifernog komparatora“ i proizvodi veoma visoku posturalnu aktivnost lateralnog pterigoidnog mišića i drugih mišića za žvakanje, omogućavajući donjem dentalnom luku da dođe u optimalni ili suboptimalni okluzalni položaj.

Vremenom, pojačana aktivnost pterigoidnog mišića, i, posledično, pojačana nadražaj na retrodiskalno tkivo prvo podstiče zadnju rotaciju mandibule, i drugo, podstiče dodatni rast kondila. Dugoročni eksperimenti kod pacova, pokazali su da je otvaranje Stutzmann-ovog ugla uglavnom samo prolazni događaj.



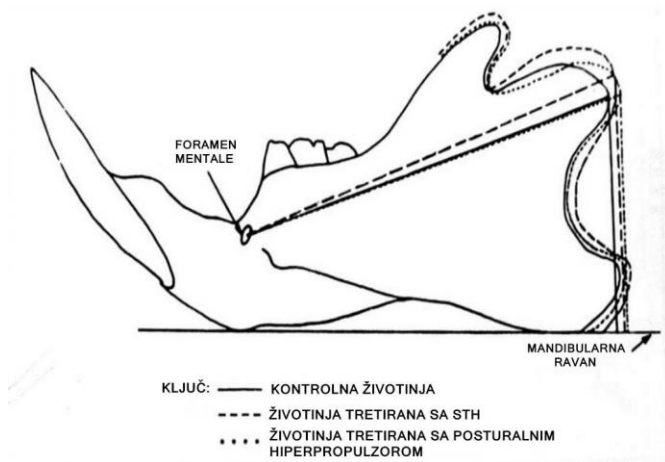
Slika 2. Veza između lateralnog pterigoidnog mišića, retrodiskalnog tkiva i kondila

Tokom rasta lica, sve se događa kao u servosistemu koji kontroliše mandibularnu morfogenezu, oblik je- u kibernetičnom jeziku- “referentni dodatak”, a brzina i stepen rasta su kontrolne varijable. Zaista, odstupanje od normalnog oblika (otvaranje Stutzmann-ovog ugla), događa se kao prelazni fenomen u odgovoru na „smetnje“ (postavljene elastične gumice II klase ili posturalni hiperpropulzor) , teži da bude kibernetiski smanjeno na duže staze, kroz odgovarajuće povećanje rasta.

Spoljašnji pterigoidni mišić je važna veza u kauzalnom lancu koji dovodi do ubranog kondilarnog razvoja izazvanog od strane funkcionalnog aparata poznatog kao posturalni hiperpropulzor .

Intraoralne elastične gumice takođe ubrzavaju rast hrskavice. Za gumice II klase glavni biološki posrednik je retrodiskalno tkivo. Uticaj na rast mandibule se ne može postići sa

gumicama II klase i posturalnim hiperpropulzorom kada se donja vilica potpuno razvije. Funkcionalni aparati koji menjaju držanje mandibule i održavaju je isturenu napred, ubrzavaju razvoj kondilarne hrskavice kao i količinu rasta na zadnjoj ivici ramusa tj. mandibula postaje duža nego mandibula kod kontrolnih životinja. Vremenom, tokom perioda razvoja, smanjuje se sagitalna „devijacija” koju je proizveo postularni hiperpropulzor kroz dodatni rast mandibule unapred. Ovo pokazuje da se u isto vreme smanjuje ”signal devijacije” tj. dodatna brzina razvoja kondilarne hrskavice i dodatno izduživanje mandibule se takođe smanjuje. Periodični porast debljine posturalnog hiperpropulzora ima za rezultat porast aktivnosti spoljašnjeg pterigoidnog mišića što je zabeleženo elektromiografski, i novi porast aktivnosti retrodiskalnog tkiva, i kao za posledicu ima novi porast u nivou rasta kondilarne hrskavice. Kada se aparati izvade pošto je završen razvoj životinje, ne primećuje se povratak stanja. Kada se aparat izvadi pre nego što je došlo do potpunog razvoja, ne primećuje se značajan povratak, a ukoliko je postignuta stabilna okluzija tokom eksperimentalne faze, u suprotnom „komparator” servo sistema nameće ubrzan ili usporen kondilarni rast sve dok se ne dostigne stanje međuvilične okluzalne stabilnosti.



Slika 3. Povećanje dužine mandibule ispitivano na pacovima koji su tretirani sa STH i posturalnim hiperpropulzorom

Gledano sa kvantitativnog gledišta funkcionisanja servo sistema , što je veća retropozicija donjeg zubnog luka, ili što je veća “devijacija” između gornjeg i donjeg zubnog luka veći je “devijacijski signal” koji nastaje iz “perifernog komparatora” i “detektora” okluzalnog uravnoteženja. Povećana devijacija će dovesti do pojačane naknadne aktivnosti lateralnog pterigoidnog mišića i retrodiskalnog tkiva što će dovesti do pojačanog dodatnog rasta kondilarne hrskavice.

Eksperimentalno je utvrđeno da preveliko rastezanje retrodistalnog tkiva prouzrokuje skoro potpuno suzbijanje njene cirkulacije krvi i limfnog toka. Prema tome, ne dolazi do dodatnog rasta kondilarne hrskavice (čak je uočen i smanjen rast kondilarne hrskavice).

5. Da bi povećali potencijal rasta tkiva donje vilice, ubrizgane su različite doze hormona rasta (STH) . U cilju utvrđivanja uloge „komparatora” servo sistema u varijacijama rotacije donje vilice, upoređivani su pacovi koji su u fazi razvoja sa netaknutim sekutićima sa pacovima koji su u fazi razvoja, a čije su krunice gornjih i donjih sekutića amputirane.

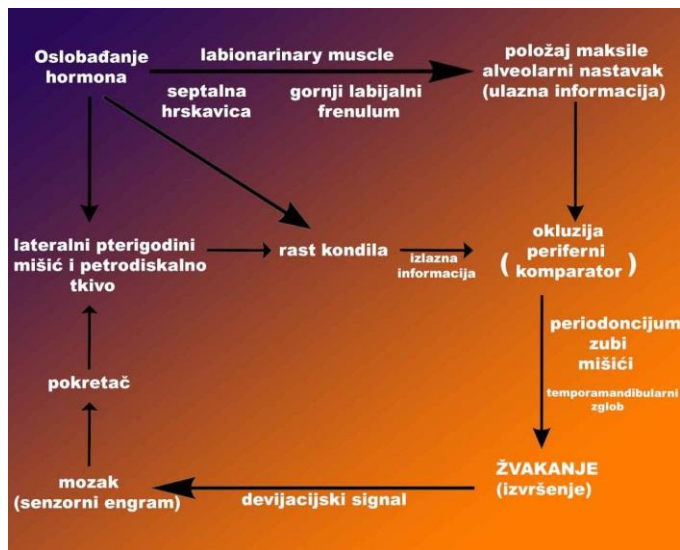
Dodatni posteroanteriori rast izazvan hormonom rasta (STH) ili testosteronom ili vrlo malom količinom estrogena je veći kod donje vilice nego kod gornje vilice . „Periferni komparator” servo sistema održava optimalno okluzalno uravnoteženje, prvo, malim povećanjem u broju mitozu u kondilarnoj hrskavici i zadnjoj ivici grane donje vilice, i drugo, zatvaranjem Stutzmann-ovog ugla (zatvaranje ovog ugla se javlja kod anteriorne rotacije donje vilice). Drugim rečima, izgleda da anteriori rotacijski rast donje vilice predstavlja regulatorni fenomen koji je rezultat povećanog rasta tkiva i prisustva „perifernog komparatora” (kod pacova, sekutići gotovo isključivo predstavljaju „periferni komparator” , kod deteta sa normalnim okluzalnim odnosom, sekutići, očnjaci, premolari i molari predstavljaju „periferni komparator”). Zaista, kod pacova sa sekutićima sa amputiranom krunicom, ubrizgavanje STH1 ne izaziva značajno zatvaranje Stutzmann-ovog ugla. Stoga ne postoji regulisanje Stutzmann-ovog ugla koje zavisi od okluzije. Kod pacova sa netaknutim sekutićima, u ovom slučaju, postojaće regulacija koja je zavisna od okluzije.

6. Transformacija optimalnog okluzalnog uravnoteženja u pod-optimalni uključuje „preskakanje zagrižaja” koji može biti opisan matematički i kibernetički kao „zona katastrofe”. Funkcionisanje komparatora servo sistema ima efekat obezbeđivanja rasta

donje vilice unapred tako da omogućava adekvatan interkuspalni odnos zuba gornje i donje vilice. Svaki interkuspalni položaj predstavlja tačku ravnoteže koje je manje-više stabilna i kompatibilna sa žvakanjem. Moguć prelaz tokom rasta sa jedne tačke ravnoteže na drugu obavezno podrazumeva diskontinuitet, kritična tačka odgovara tet-a-tet zagrižaju .

7. Servo sistem koji kontroliše rast kondilarne hrskavice, obuhvata pored „perifernog komparatora” i „ centralni komparator” koji je smešten u centralnom nervnom sistemu . Davalac obaveštenja ovom „centralnom komparatoru” jeste senzorni engram (memorijski zapis) posturalne aktivnosti mišića koji učestvuju u žvakanju,a koji odgovara habitualnom položaju donje vilice.„Centralni komparator” doprinosi detekciji i korekciji devijacija .

Sve u svemu, za razliku od onoga što se čini da se dešava u takozvanoj primarnoj hrskavici, fiziološki efekat faktora koji kontrolišu rast kosti lica, posebno kondilarne hrskavice, nije ograničen na jednostavne „komande” (u kibernetičkom smislu reči), nego uključuje prenošenje podrazumevenih interakcija i povratnih veza, od kojih sve one formiraju jedan strukturni sistem, „servo sistem” , u kojem okluzalno uravnoteženje igra ulogu perifernog „komparatora”.³



Slika 4. Komponente servosistema

5 . 2. Teorija funkcionalnog matriksa

Teorija objašnjava rast onih delova glave kod kojih ni kost ni hrskavica ne predstavljaju determinante rasta, već rast određuju okolna meka tkiva i funkcija. Prema toj teoriji, rast neurokranijuma je posledica rasta mozga koji svojim rastom dovodi do povećanja intrakranijalnog pritiska. Povećani intrakranijalni pritisak se prenosi na suture pljosnatih kostiju svoda lobanje što rezultira stvaranjem nove kosti u tom području te posledično dolazi do smanjenja pritiska.

Glavna determinanta rasta maksile i mandibule je povećanje nosne i usne šupljine koje se povećavaju u skladu s funkcionalnim potrebama. U skladu s tom teorijom smatra se da gubitak hrskavice neće uticati na rast ukoliko je očuvana normalna funkcija. Kao primer možemo navesti frakuru mandibularnog kondila. Fraktura kondila sama za sebe neće uticati na rast. Rast je suprimiran u slučajevima kada je fraktura

udružena s opsežnom destrukcijom i stvaranjem ožiljaka okolnih mekih tkiva ili ankilozom koje za posledicu imaju ograničavanje normalne funkcije pa zbog toga mogu uticati na rast.⁴

5 . 3. Teorija rasta usmerena na kost

Zagovornici koštane teorije su smatrali da su suture između kostiju centri rasta. Eksperimentima u kojima je suturalno tkivo presađivano na drugo mesto utvrđeno je da se nakon transplantacije rast u suturama zaustavlja. Iz toga je zaključeno da suture nisu primarni centri rasta. One su samo mesta rasta koja reaguju na spoljašnje nadražaje kao što su kompresija i istezanje. Time je teorija da je kost primarna odrednica rasta, tj. da se genetska informacija o rastu nalazi u kosti, odbačena.⁴

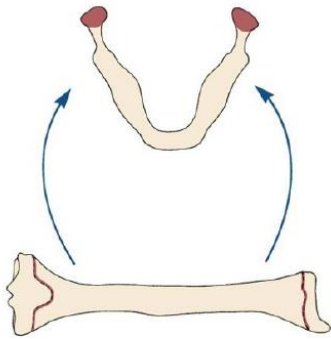
5 . 4. Teorija rasta usmerena na hrskavicu

Prema hrskavičnoj teoriji, primarna odrednica rasta je hrskavica. Situacija kod enhondralnog okoštavanja je jasna već od ranih istraživanja. Sam rast kosti enhondralnim okoštavanjem se događa u epifiznim hrskavicama koje jesu centri rasta. Međutim, kako se kosti kraniofacijalnog kompleksa većinom razvijaju intramembranozno, tu teoriju je bilo teško dokazati.

Prvo je bilo potrebno pronaći hrskavicu koja uzrokuje i kontroliše rast pojedinog dela glave. U mandibuli je to kondilarna hrskavica, maksili septalna hrskavica, a kod kranijalne baze hrskavica u sinhondrozama.

Iako septalna hrskavica nije sastavni deo maksile, smatra se da ona utiče na njen rast budući da nazomaksilarni kompleks raste kao celina. Septalna hrskavica se s' jedne strane odupire na maksili, a s' druge na bazi lobanje. Ona svojim rastom dovodi do istezanja i translacije maksile prema napred što rezultira stvaranjem vučne sile u području sutura te dolazi do laganog rastavljanja kosti. Da bi umanjile silu, suture stvaraju novu kost.

Rast mandibule možemo objasniti uticajem i rastom kondilarne hrskavice koja je centar enhondralnog rasta. U tom slučaju, mandibulu možemo zamisliti kao dugu kost bez epifiza, tj. kost koja ima dijafizu s epifiznim hrskavicama na krajevima (koje predstavljaju kondilarne hrskavice) i savijena je u oblik mandibule.



Slika 5. Mandibula kao analog dugoj kosti

Da bi se te tvrdnje proverile, napravljene su dve vrste eksperimenata. U jednim je hrskavica transplantirana na udaljenu lokaciju kako bi se utvrdilo da li hrskavica nastavlja rast i nakon transplantacije, a u drugima se nastojalo utvrditi da li gubitak hrskavice u ranoj dobi utiče na rast. Eksperimenti u kojima je napravljena transplantacija pokazuju da se različite hrskavice različito ponašaju nakon što su transplantirane. Hrskavica sinhondroza i septalna hrskavica nastavljaju rast nakon što su transplantirane, dok kondilarna hrskavica pokazuje slab ili nikakav rast.

Eksperimenti kojima se utvrđivao učinak odstranjenja hrskavice na rast takođe pokazuju različite posledice kod septalne i kondilne hrskavice.

Odstranjenjem fragmenta septalne hrskavice kod eksperimentalnih životinja dolazi do supresije rasta. Kod ljudi koji su traumom u ranoj dobi izgubili septalnu hrskavicu uočava se izraženi zaostatak u razvoju srednje trećine lica. S druge strane, kod frakture kondila u ranoj dobi u najvećem broju slučajeva dolazi do restitucije kondilarnog nastavka. Samo u malom postotku slučajeva dolazi do zaostatka u rastu i to u onim slučajevima kada je fraktura kondila udružena s opsežnim ozledama mekih tkiva i stvaranjem ožiljaka. Iz navedenog se može zaključiti da se hrskavica u sinhondrozama i

septalna hrskavica ponašaju kao centri rasta, dok kondilarna hrskavica pokazuje osobine mesta rasta.⁴

6 . Primarna i sekundarna hrskavica

Primarna hrskavica - hrskavica epifize dugih kostiju, sfeno-okcipitalne sinhondroze, hrskavica između tela i velikih krila sfenoidne kosti, hrskavica nosnog septuma . Prekursorske ćelije su diferencirani funkcionalni hondroblasti koji su okruženi hrskavičavim matriksom, koji ih „izoluje” od lokalnih biomehaničkih faktora koji su potencijalno sposobni da inhibiraju ili stimuliraju deobu ćelija.

Sekundarna hrskavica -kondilarna, koronoidna i angularna hrskavica mandibule, hrskavica duž medijalne suture nepca, hrskavica u predelu sutura lobanje i hrskavičavi kalus. Progenitorske ćelije sekundarne hrskavice, skeletoblasti, prehondroblasti, nisu okruženi hrskavičavim matriksom, tj. nisu izolovani od lokalnih biomehaničkih faktora koji mogu da utiču na deobu ćelija.

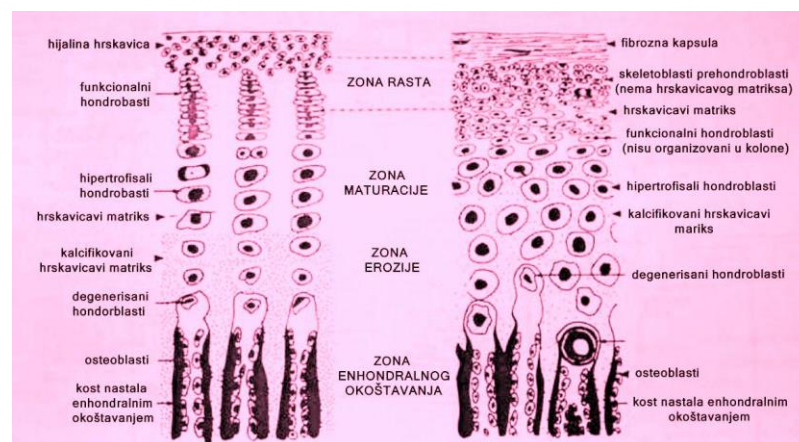
Rast primarne hrskavice je pod uticajem opštih spoljašnjih faktora, hormona rasta i somatodenina. Ortopedske naprave mogu da izmene pravac, ali ne i iznos rasta. S' druge strane, na rast sekundarne hrskavice utiču STH i somatodenin ,ali i lokalni faktori. U tom slučaju ortopedska i funkcionalna pomagala mogu uticati i na pravac i na količinu rasta.

Negativna povratna sprega potiče od još ne hipertrofisalih funkcionalnih hondroblasta. Taj signal koči umnožavanje prehondroblasta. Kada ranije dođe do hipertrofije funkcionalnih hondroblasta (kao posledica terapije funkcionalnim aparatom)

broj funkcionalnih hondroblasta koji nisu hipertrofisali se povećava, i posledično negativna povrata sprega se takođe pojačava, a kao posledica toga dolazi do povećanja stepena umnožavanja prehondroblasta i porast diferencijacije skeletoblasta u prehondroblaste tip II.

Pojačan nadražaj retrodiskalnog tkiva izaziva raniji početak hipertrofije kondilarnih hondroblasta tj. umanjenje „prehondroblastnog signala za sprečavanje deobe” i to za posledicu ima ubrzan rast kondilarne hrskavice.

Citološki, funkcionalni aparat prvenstveno izaziva pojačavanje aktivnosti skeletoblasta i prehondroblastne mitotičke aktivnosti, ubrzanje diferencijacije skeletoblasta u prehondroblaste, ubrzanje transformacije prehondroblasta u funkcionalne hondroblaste i ubrzanje hipertrofije hondroblasta i rasta endohondralne kosti. U isto vreme, dolazi do ubrzanja subperiostealnog rasta na zadnjoj ivici ramusa.^{3,5}



Slika 6. Primarna i sekundarna hrskavica

7 . Čelijski asprekti rasta mandibule

Osteoprogenitorske ćelije se mogu diferentovati u preosteoblaste ili u preosteoklaste. Matična ćelija kosti je u stvari skeletoblast , koja može da se diferentuje ne samo u preosteoblaste i preosteoklaste, već i u prehondroblaste sekundarne hrskavice (kondilarna, koronoidna, angularna hrskavica mandibule sisara, hrskavičavi kalus). U ćelijskoj kulturi u in vitro uslovima, skeletoblast čoveka ili pacova se može deliti 50-60 puta, preosteoblast i prehondroblast - tip II se obično deli pet do osam puta. Na molekularnom nivou uočeno je da koncentracija Ca^{2+} u citoplazmi niža, a koncentracija Na^{+} viša u prehondroblastima i preosteoblastima nego u skeletoblastima.

U kondilarnoj hrskavici i hrskavicavom kalusu, skeletoblasti, prehondroblasti i sekundarni hondroblasti sintetišu kolagen tip I.

Samo funkcionalni hondroblasti sintetišu takođe i kolagen tipa II. Hipertrofisali hondroblasti bivaju okruženi sa kolagenom tip X. Nakon diferencijacije skeletoblasta u prehondroblast odnosno hondroblast, on počinje da sintetise sijaloprotein i proteoglikane.

Elektronska mikroskopija ukazuje na postojanje interćelijskih spojeva između skeletoblasta. Na spoljašnjoj površini ćelijske membrane prisutan je fibronektin i transglutaminaze, posebno u predelu ćelijskog spoja. Kada dođe do diferencijacije skeletoblasta u prehondroblast tip II ili u preosteoblast, količina ova dva proteina se značajno smanjuje. Interćelijski spojevi su putevi prolaska signala koji inhibira ćelijsku deobu. Čelijski ciklus izolovanog skeletoblasta i preosteoblasta ili prehondroblast tipa II u toku 24 časa varira. Kada su dva skeletoblasta u kontaktu preko interćelijskih

spojeva intermitotički period se produžava i količina proteina na površini ćelije se blago povećava. Kada su dva ili tri preosteoblasta ili dva prehondroblasta tipa II u kontaktu, ćelijski ciklus se značajno ne menja.

U kondilarnoj hrskavici skeletoblasti se normalno diferenciraju u prehondroblaste i funkcionalne hondroblaste.

Skeletoblast nije jedini prekursor osteoklasta. U alveolarnoj kosti je uočeno prisustvo prekursorskih ćelija osteoklasta spoljašnjeg porekla, iz krvnih sudova, a pri pomeranju zuba blagim, intermitentnim silama. To ukazuje na činjenicu da jake kontinuirane sile, koje imaju štetno dejstvo na krvne sudove, slabe pristizanje spoljašnjih prekursora ćelija, koje imaju ulogu u resorpciji kosti. Stoga u ortodonciji, jake kontinuirane sile su manje korisne nego blage i intermitentne sile.

Subperiostealno, skeletoblasti se diferenciraju u preosteoblaste i doprinose rastu mandibule. U slučaju preloma, kod ljudi i pacova, okolni skeletoblasti se takođe mogu diferencirati privremeno u prehondroblaste tip II, i sazreti u hondroblaste tip II, dovodeći do stvaranja hrskavicavog kalusa. Biološke karakteristike hrskavicavog kalusa se ne razlikuju od karakteristika kondilarne hrskavice.³

8 . Specifičnosti kondilarne hrskavice

Kondilarna hrskavica sisara je izgrađena od sledećih zona :

1. Fibrozna kapsula koja sadrži fibroblaste i kolagena vlakna tip I
2. Zona rasta (mitotička zona) koja sadrži skeletoblaste i prehondroblaste tip II, koji nisu okruženi hrskavičavim matriksom, sa kolagenim vlaknima tip II
3. Zona sazrevanja koja sadrži funkcionalne hondroblaste, hondroblaste koji sintetišu hrskavičavi matriks kao i kolagena vlakna tip I i II, i hipertrofisale hondroblaste okružene delimično kalcifikovanim kartilaginoznim matriksom i kolagenim vlaknima tip X.
4. Erozivna zona sa degenerisanim hondroblastima, kapilarima i mnoštvom hondroklasta.
5. Zona enhondralnog okoštavanja.³

Funkcionalni aparati predstavljaju ortodonske naprave koje se koriste u terapiji nepravilnosti zagrižaja i pripadaju tzv. "*funkcionalnoj ortodonciji*".

Funkcionalni aparati treba da izazovu dodatnu mišićnu aktivnost i izvrše promenu u tenziji mekog tkiva, kao i da distribuiraju te sile na zube i vilice. Neki funkcionalni aparati, kao što su Frenklov aparat i aktivator, dizajnirani su da obavljaju samo ove funkcije. Ipak, većina funkcionalnih aparata takođe je opremljena dodatnim pomoćnim oprugama koje stvaraju fizičke sile slične onima koje proizvode fiksni aparati.

Mehanizam delovanja se temelji na uključivanju neuromuskularne aktivnosti mastikatornih mišića. Zahvaljujući uslovnom refleksu, stvorenom proprioceptivnim neuromišićnim mehanizmom, učestala izotonusna kontrakcija prelazi u izometrijsku. Time se postiže novi, stabilan položaj mandibule.

Woodside i saradnici navode da funkcionalni aparati deluju kroz:

- dentoalveolarne promene
- inhibiciju rasta gornje vilice
- stimulaciju rasta donje vilice
- povećanje gonijalnog ugla
- preusmeravanje vertikalnog u horizontalni pravac rasta
- adaptivne promene u glenoidnoj fosi
- promene u neuromišićnoj anatomiji i funkciji .²

U ortodonciji je pažnja usmerena ka orofacijalnim strukturama, što mora biti shvaćeno kao biološki entitet ili biološka jedinica. Najprepoznatljivija karakteristika ove biološke jedinice je interakcija između neuromišićne aktivnosti i morfogeneze kostiju.

Mišićno – koštani sistem u orofacijalnoj regiji je veoma složen - dvadeset i četiri glavna mišića pripojena su za mandibulu i gotovo isto toliko za maksilu. Svi mišići učestvuju u velikom broju funkcija kao što su žvakanje, gutanje, govor. Svi ovi mišići razvijaju se u skladu sa aktivnostima koje vrše i svi imaju određeni uticaj na raspodelu pritiska u kosti i, samim tim, na morfologiju kosti, položaj zuba i okluziju.

Svi faktori koji učestvuju u neuromišićnoj aktivnosti mogu se smatrati jednom grupom faktora i označeni kao neuromišićni sistem. Ostatak organizma, tj. tkiva, organi, hormonski sistemi i enzimi itd., mogu biti posmatrani kao drugi skup faktora i označeni kao metabolički sistem. Pretpostavka je da neuromišićni sistem deluje na metabolički sistem i uzrokuje formiranje kostiju pod specifičnim okolnostima.

Neuromišićna aktivnost postaje kontrolišući faktor u formiranju i razvoju kostiju. Ovaj koncept nije nov, prema Volfovom zakonu, „oblik i struktura neke kosti zavisi od pritiska koju na nju vrši muskulatura“. Elementi kostiju se raspoređuju ili menjaju svoj raspored u smeru funkcionalnog pritiska, i povećavaju, odnosno smanjuju svoju masu u skladu sa sveukupnim funkcionalnim silama. Ovo je dobar primer izraza dinamične prirode svih neuromišićno – koštanih sistema i svakako je primenjivo na orofacijalnu

regiju.

Budući da je Volfov zakon izražen u tako uopštenom smislu, moguće je fokusirati se na određene faktore i zaključivanjem izmeniti Volfov zakon kako bi se obuhvatili različiti problemi sa kojima se ortodont suočava. Na primer, izmeštanje vilice na novu poziciju unutar mišićnog sistema rezultira izmenom oblika trabekularne strukture. Izmeštanje kosti na drugo mesto znači preraspoređivanje fizičkih uticaja, odnosno pritiska i rasporeda sile delovanja. Verodostojnost ovog zakona, odnosno pravila lako je eksperimentalno proverljiva i zapravo je i testirana u Centru za kraniofacijalne anomalije u San Francisku . U nekim od ovih eksperimenata, parče plastike postavljeno na nepčani nastavak poslužilo je da izmesti donju vilicu u drugačiji položaj u odnosu na mišićni sistem, što je rezultiralo promenama u morfologiji iste. Na početku eksperimenta sve životinje, i kontrolni i eksperimentalni primerci, imale su normalnu okluziju i morfologiju vilice. Nakon jedne godine od početka eksperimenta, eksperimentalne životinje imale su povećanu visinu lica, povećan gonijalni ugao, izraženu apoziciju kosti na bradi i malokluziju. Eksperiment je potvrdio da pravilo da promena položaja donje vilice u odnosu na mišićni sistem utiče na morfologiju same kosti.

Promena položaja mandibule je bitan faktor koji utiče na izmene u morfologiji kosti,tj. na remodelovanje kosti.

Može se pretpostaviti da bi svi ortodontski aparati koji služe za promenu položaja donje vilice nakon nekog vremenskog perioda izazvali remodelovanje kosti kao posledicu u promeni rasporeda pritiska. Ovo se odnosi na Frenklov aparat i aktivator.

Primenom aktivatora mandibula se pomera i održava isturenom i na dole 14 sati dnevno. Ovakav novi položaj rezultira izmenama u rasporedu opterećenja i treba da izazove remodelovanje. Ukoliko do promene ne dođe, onda je, možda, period od 14 sati dnevno neadekvatan. Moguće je da je potrebno aparat nositi sve vreme kako bi se izazvalo remodelovanje kosti.

Reakcija na bilo koji standardni aparat može se značajno razlikovati od pacijenta do pacijenta. Ortodont treba da zna gde da pozicionira donju vilicu kako bi stvorio određeni sistem pritiska koji će proizvesti željenu promenu u morfologiji vilice kod svakog individualnog pacijenta.

Drugo pravilo može se zaključiti iz Volfvog zakona. *Promena mišićne aktivnosti uticaće na morfologiju kosti zato što će promena mišićne aktivnosti izmeniti i prenos pritiska.* Ovo pravilo je takođe testirano u eksperimentima sa životinjama . Proučavanja u oblasti disanja na usta zapravo su osmišljena da bi se izučio ovaj tip promene. Nisu disanje i relativna količina vazduha koja prolazi kroz usta i nos zaista bili od primarnog interesa, već preraspoređivanje mišićne aktivnosti bez oštećenja okolnih mišića i nerava. Cilj je bio jednostavno dodatno angažovati muskulaturu tokom dužeg vremenskog perioda. Učiniti da eksperimentalne životinje drže oralni put protoka vazdušne struje otvorenim delovalo je kao odgovarajući metod. Rezultati ovih studija ilustruju verodostojnost pravila .

Eksperimenti su pokazali da promene u mišićnoj aktivnosti kao što je angažovanje mišića za oralnu respiraciju mogu uzrokovati izmenu oblika vilica i proizvesti malokluziju. Treba napomenuti da ključni faktor nije promena u protoku vazduha, već stalna promena namene mišića. Kao posledica toga, ortodontski aparat koji izaziva kontinuiranu promenu u angažovanosti mišića može indukovati remodelovanje kosti i uticati na okluziju. Ovo je osnova mehanizma delovanja funkcionalnih ortodontskih aparata.

Pravilo se primenjuje na upotrebu aktivatora isto koliko i na upotrebu svih ostalih funkcionalnih aparata. Stvarna promena pritiska na kost i opterećenja unutar kosti pod uticajem aparata zavisi od reakcije samog pacijenta. Po svoj prilici, ne reaguju svi pacijenti na isti način, iako je konstrukcija samih aparata slična.

Rezultati eksperimenta pokazuju da remodelovanje kosti prestaje tokom osciliranja pritiska, ali će se nastaviti usled pritiska koji je donekle stabilan tokom ponovljenih vremenskih perioda. Ovakvi uslovi se stvaraju ili tokom perioda mirovanja ili tokom održavanja kosti u posturalnoj poziciji. Teorijski, funkcionalni tretman treba da iskoristi posturalnu poziciju tako da indukuje remodelovanje kosti. Uz aparat u ustima, mandibula pronalazi novu posturalnu poziciju. Svi mišići vezani za kost učestvuju u novom pozicioniranju i trpe određene promene u svrsi kojoj služe, kao i u tonusu, time menjajući mišićno okruženje.

Kada pacijent spava i kada nema značajnijih orofacijalnih refleksa ili voljne mišićne aktivnosti, elastičnost u mišićima i mekom tkivu koja je izmenjena pod uticajem aparata nastojeće da izmesti mandibulu u specifično stanje mirovanja. U ovome učestvuju brojni mišići: mišići lica, posteriorni deo slepoočnih mišića i neki mišići suprahiodne grupe, naročito digastrični mišić. Ova generisana sila, distriburirana putem aparata, može biti relativno stalna tokom dužih vremenskih perioda i, samim tim, može inicirati promene u predelu sutura i remodelovanje čitavog kraniofacijalnog skeleta.

Kada je pacijent budan, uz odgovarajući senzo – motorički povratni mehanizam, situacija je komplikovanija. Pacijent može voljno ili nesvesno pozicionirati mandibudu tako da izbegne ili pojača određene osećaje.

Kliničko iskustvo ide u prilog mišljenju da su hiperaktivnost i hipertrofija mišića lica kao reakcija na aktivator uobičajene pojave. Elektromiografski snimci su ukazivali na stalnu hiperaktivnost mišića usana kod pacijenata. Akrilatni štitovi u vestibulumu, koji se koriste na Frenkelovom aparatu, pokazali su se kao efektivniji stimulatori od jednostavnih žica koje se koriste na aktivatoru. Reakcija mišića lica i usana na aktivator smatra se najvažnijom, jer aktivnost u ovim mišićima najverovatnije kontroliše smer rasta donje vilice, sa mišićima koji se nalaze submandibularno kao kontradelujućim .

Na osnovu Volfvog zakona može se izneti treće pravilo. *Neutralno telo unutar kosti ometa raspodelu opterećenja i utiče na morfologiju.* Neutralno telo je tvorevina koja ne može postati deo sistema opterećenja. Dobro je poznato da neutralna tela koja se

formiraju unutar kosti, na primer zubni folikul koji se širi, cista ili tumor menjaju raspodelu opterećenja i uzrokuju promene u morfologiji kosti. Ovo ukazuje na dinamičnu strukturu skeletnog sistema. Ometanje razvoja kosti u određenim pravcima može se izvesti ortopedskim silama .

Funkcionalni aparat se ne nalazi unutar kosi, ali je smešten unutar mišićno – koštanog sistema i može sprečiti razvoj kosti u određenim pravcima .

Može se izvesti i četvrto pravilo: *Pomeranje neutralnog tela unutar kosti promeniće raspodelu opterećenja i izazvati preoblikovanje*. Većina ortodontskih aparata, naročito fiksnih, osmišljeni su tako da pomeraju neutralno telo, zub, unutar kosti. Raspodela opterećenja se menja, što je praćeno preoblikovanjem kosti. Promene u alveoli su složene, ali i su deo procesa preoblikovanja kosti.

Četvrto pravilo se takođe može primeniti na funkcionalne aparate. Funkcionalni aparati obično vrše određeni pritisak na zube. Ipak, zubi će se pomeriti jedino ako kost reaguje na stimulans remodelovanjem. Intenzitet pritiska koji se na zube vrši pomoću funkcionalnog aparata je uglavnom promenljiv– lako može inhibirati remodelovanje. Nisu naročito delotvorni u pomeranju zuba te puno funkcionalnih aparata poseduje pomoćne žice i opruge.

Pravilo da *transformacija kosti u nov, unapred određen oblik zahteva pokretanje mišićne aktivnosti koja proizvodi pritisak koji izaziva remodelovanje kosti, što dalje vodi*

ka formiranju željenog oblika ističe jedan od najvažnijih zahteva u dizajnu ortodontskih aparata. Takođe, to je ono po čemu se fiksni aparati razlikuju od funkcionalnih.

Primena ovog pravila i puna upotreba ovog biološkog mehanizma pred lekara postavlja određene zahteve. Ne može se samo primeniti standardni hirurški metod ili funkcionalni aparat i očekivati željeni rezultat. Postojeći sistem opterećenja se mora razumeti isto kao što se mora znati kako uspostaviti novi sistem opterećenja koji će proizvesti željenu promenu u morfologiji kosti.

Dizajn aktivatora zasnovan je na drugačijem konceptu. On se primarno fokusira na odnos i morfologiju vilica, ali i na veličinu istih. Položaj pojedinačnih zuba, iako primarni problem, ne mora neophodno biti onaj kojim će se baviti. Terapija funkcionalnim aparatom zasniva se na konceptu da u većini slučajeva uzrok leži u nekoj nepravilnosti ili disharmoniji unutar mišićno – koštanog sistema, dok je poremećen položaj zuba efekat koji iz toga proističe. Malokluzija je samo simptom poremećaja koji je u osnovi problema. Sa ove tačke gledišta, fiksni aparati napadaju simptome, dok funkcionalni aparati treba da se pozabave uzrocima. U praksi, kombinovanje ove dve vrste pristupa je primamljivo i logično, ali ukoliko razlika između njih nije potpuno shvaćena, može se desiti da to kombinovanje ne funkcioniše najbolje.⁵

10 . Zaključak

Zaključci koji se mogu izvesti iz ovih opservacija su sledeći: (1) funkcionalni aparati ne bi trebalo da budu standardizovani prema vrsti malokluzije već prema očekivanoj reakciji pacijenta, (2) određena nervna ili neuromišićna aktivnost koja kontroliše formiranje kostiju i remodelovanje mora biti identifikovana, i mora da se nauči kako izazvati tu aktivnost u cilju postizanja željenih promena na kosti. Ovo će obezbediti novu osnovu za dizajniranje funkcionalnih aparata, što će sadašnje tipove istih učiniti manje ili više zastarelim.

11 . Literatura :

1. Ristić V. Kraniofacijalne promene kod pacijenata II skeletne klase lečenih aparatom sa zavrtanjem za mezijalno pomeranje donje vilice.[doktorska disertacija].Beograd: Stomatološki fakultet;2015. (16-20)
- 2.Šćepan I. Funkcionalni aparati[Internet].Datum objavljivanja [08.04.2013.]Dostupno na : <https://prezi.com/qdjuzpjrz6qj/funkcionalni-aparati-za-studente-ii/>
- 3.Carlson D. Craniofacial Growth Theory and Orthodontic Treatment.Craniofacial Growth Series 23. Center for Human Growth & Development, The University of Michigan, Ann Arbor; 1990. (13-74)
4. Proffit WR, Sarver DM, Fields HW Jr. Contemporary Orthodontics. 4th edition. Mosby; 2006. (47-53)
- 5.Mcnamara J. Clinical alteration of the growing face. Center for Human Growth & Development, The University of Michigan, Ann Arbor; 1983. (41-63)

12 . Dodatak :

Slika 1-<https://www.techylib.com/en/view/geographertongues/cybernetics>

Slika 2-<https://www.techylib.com/en/view/geographertongues/cybernetics>

Slika 3- <http://www.slideshare.net/indiandentalacademy/servosystem>

Slika 4-<https://www.techylib.com/en/view/geographertongues/cybernetics>

Slika 5- Proffit WR, et al. Contemporary Orthodontics, 4th edition. Mosby; 2006.

Slika 6- <http://www.slideshare.net/indiandentalacademy/servosystem>