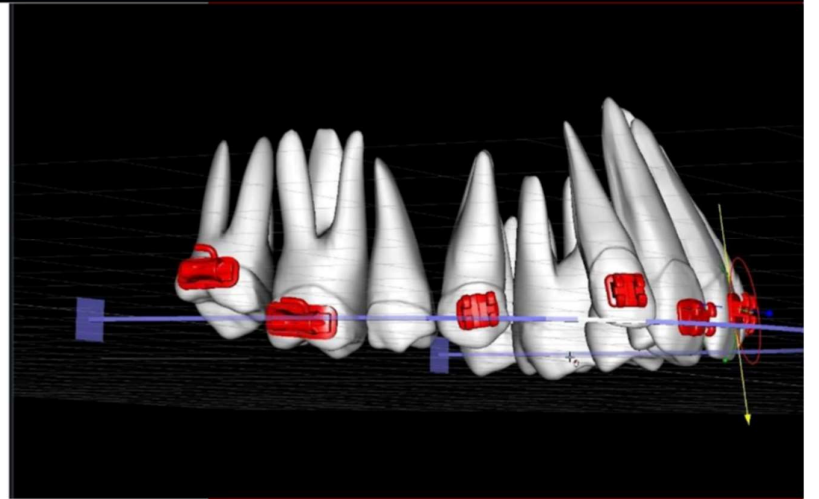




Fizikanın ortodontiyada tətbiqi



Dr. Jean-Marc Retrouvey UMKC

Dr.Katherine Kousaie McGill



IFDE
INTERNATIONAL
FOUNDATION FOR DENTAL EDUCATION

Mexanika əsaslarının ortodontiyada tətbiqi

Dr. Jean-Marc Retrouvey

Dr. Katherine Kousaie

1. MÜNDƏRİCAT

2. Giriş	2
3. Mexanikanın əsasları	2
3.1 Nyutonun üç qanunu	2
3.1.1 Birinci qanun	2
3.2 İkinci qanun	3
3.3 Üçüncü qanun	3
4. Qüvvə anlayışı	4
4.1 Sadə qüvvə:	4
4.1.1 Tərif	4
4.1.2 Tətbiq nöqtəsi	4
4.1.3 İstiqamət və böyüklük ilə təsir xətti	5
4.1.4 Qüvvənin ötürülmə qanunu	5
4.1.5 Qüvvənin tətbiq nöqtəsi	5
4.1.6 Kütlə mərkəzi	6
5. Müqavimət mərkəzi (MM)	7
5.1 Paradont səviyyəsindən asılı olaraq müqavimət mərkəzinin dəyişkənliyi	8
5.1.1 Tək diş üçün müqavimət mərkəzi	8
5.1.2 Diş qrupu üçün müqavimət mərkəzi	9
5.1.3 Qüvvələrin kombinasiyası. Qüvvənin ya qüvvələrin nəticəsi	10
6. Rotasiya mərkəzi (RM)	12
6.1.1 Sərbəst gövdə diaqramları	13
7. Diş hərəkətləri	15
7.1 Translyasiya (gövdəli hərəkət)	15
7.2 Rotasiya (saf)	15
7.3 Əyilmə	16
7.3.1 İdarə olunmayan əyilmə: Tac sahəsinə qüvvə tətbiq edildikdə, tac bir istiqamətdə, kök isə əks istiqamətdə hərəkət edir. Bu halda fırlanma mərkəzi müqavimət mərkəzinə yaxın və ya ondan apikala doğru yerləşir, buna görə diş MM ətrafında əyilir (Şəkil 30)	16
7.3.2 İdarə olunan əyilmə: Fırlanma mərkəzi dişin apeksində yerləşir. Bu, həm momenti, həm də qüvvəni əhatə edir və nəticədə diş RM ətrafında əyilir (Şəkil 31)	16
7.3.3 Kök hərəkəti	16
7.3.4 İtruziya / Ekstruziya	17
8. Qüvvə sistemləri	18
8.1 Moment $M = F \times d$	18

8.2 Qüvvə cütü	19
8.3 Moment/Qüvvə nisbəti	19
8.4 Qüvvə və sistemlərin dəyişəndə, baş verən hərəkətlər	22
8.5 Ekvivalent qüvvə sistemləri	25
9. Ankoraj	27
9.1 Tətbiqlər	28
9.1.1 Köpək dişin retraksiyası	28
9.1.2 Diş tacının uzadılması və implant yerləşdirmə üçün ekstruziya	28
10. Təvsiyə olunan ədəbiyyat	29

2. GİRİŞ

Ortodontiya, məkan daxilində hərəkət edən cisimlərə aid olan fizikanın əsas prinsiplərinə söykənir. Təbii ki, ortodontiyada bu hərəkətlər daha mürəkkəbdir, çünki həmin cisimlər ağız boşluğunda yerləşir və sadə mexanikanın proqnozlaşdırma biləcəyindən daha mürəkkəb qüvvə sistemlərinə məruz qalır. Biomexanika ortodontiyanın mühüm bir hissəsidir və statik tarazlığın, eləcə də qüvvələrin bioloji sistemlər üzərində təsirlərinin öyrənilməsidir. Bu mətnin məqsədi ortodontik biomexanikanı sadələşdirmək və klinik tətbiqlər üçün bir çərçivə təqdim etməkdir.

3. MEXANİKANIN ƏSASLARI

Ortodontiyada biomexanikaya və onun klinik hallardakı tətbiqlərinə keçməzdən əvvəl bir neçə əsas fizika anlayışını nəzərdən keçirmək vacibdir.

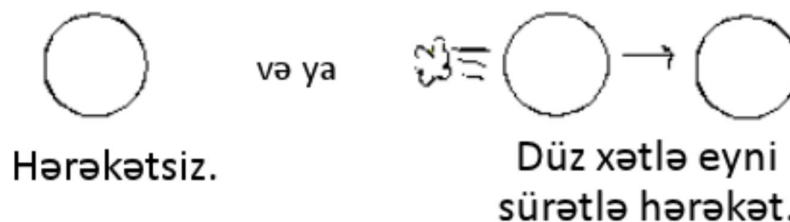
Ortodontiyada biz qüvvələrin cisim üzərində təsirini izah etmək üçün Nyutonun üç qanunundan istifadə edirik.

3.1. Nyutonun üç qanunu

Nyutonun qanunları cismin qüvvələr təsirinə məruz qalanda, hərəkətini izah edir. Ortodontiyada isə ən mühüm olanlar Nyutonun ikinci və üçüncü qanunlarıdır.

3.1.1 Birinci qanun

Sürtünmə olmadıqda, bir cisim ya dinc vəziyyətdə qalır, ya da düz xətt üzrə eyni sürətlə hərəkət etməyə davam edir, ta ki, təsir edən qüvvələr onu dəyişir. Nyutonun birinci qanunu mahiyyətə inersiya anlayışını və ya bir qüvvənin təsir etdiyi zaman cismin hərəkətə reaksiyasını (və ya müqavimətini) təsvir edir (Şəkil 1).



Şəkil 1: Nyutonun 1-ci Qanunu

3.2. İkinci qanun

Cismin sürətlənməsi ona təsir edən qüvvənin istiqamətində olur və bu, qüvvənin böyüklüyündən və cismin kütləsindən asılıdır.

$$F_{\text{net}} = ma$$

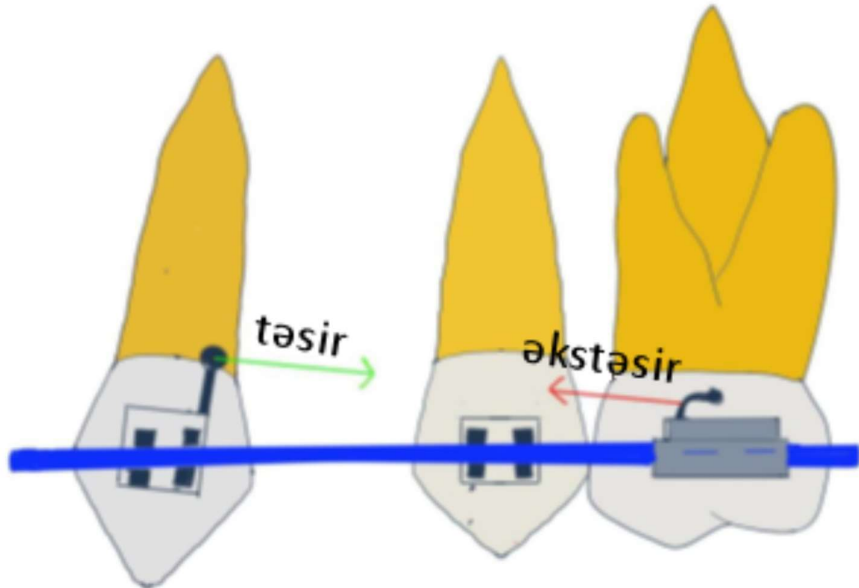
(Qüvvə = kütlə × sürətlənmə)

3.3. Üçüncü qanun

Nyutonun üçüncü qanununa görə, hər bir təsirə (qüvvəyə) qarşı ona bərabər, lakin əks istiqamətdə olan bir reaksiya qüvvəsi mövcuddur. Bu qanuna əsasən, iki cisim qarşılıqlı təsirdə olduqda, onlar bir-birinə təsir və əks-təsir qüvvələri göstərirlər. Hər qarşılıqlı təsirdə qüvvələr cütlüyü mövcuddur. Bu cütdəki qüvvələr (təsir və əks-təsir) vektordur, yəni həm ölçü, həm də istiqamətə malikdirlər. Birinci cismə təsir edən qüvvənin ölçüsü ikinci cismə təsir edən qüvvənin ölçüsünə bərabərdir, lakin birinci cismə təsir edən qüvvənin istiqaməti ikinci cismə təsir edən qüvvənin istiqamətinə əksdir.

Avtomobilin təkərləri ilə yol arasındakı qarşılıqlı təsiri nəzərdən keçirək. Təkərlər fırlandıqca, onlar yola bir qüvvə tətbiq edirlər. Öz növbəsində yol da təkərlərə həmin qüvvənin böyüklüyünə bərabər, lakin istiqamətcə əks olan qüvvə ilə təsir göstərir. Başqa sözlə, təkərlər yolu arxaya doğru itələyir, yol isə təkərləri irəliyə doğru itələyir (bərabər və əks qüvvələr). Bu qarşılıqlı təsir nəticəsində avtomobil irəli hərəkət edə bilər.

Ağız boşluğunda isə təsir–əks təsir sistemlərinin nümunələrini köpək dişin retraksiyası zamanı görə bilərik. Yay, köpək dişini geriye müəyyən qüvvə ilə dartır. Çünki həmin aparat molyarlardan dayaq kimi istifadə edir, molyarlara da eyni böyüklükdə, lakin əks istiqamətdə qüvvə təsir edir və onları önə dartır (Şəkil 2). Bu isə arzuolunmaz yan təsir ola bilər. Müalicə planlaşdırılarkən belə arzuolunmaz yan təsirlər nəzərə alınmalı, aradan qaldırılmalı və ya heç olmasa minimuma endirilməlidir.



Şəkil 2: Təsir və əks-təsir qüvvələri sistemi tarazlıq vəziyyətinə gətirir. Bu, sadələşdirilmiş təsvirdir.

4. QÜVVƏ KONSEPSİYASI

4.1 Sadə qüvvə:

4.1.1 Tərif:

Qüvvə – cismin hərəkətində dəyişiklik yaradan hər hansı təsirdir. Qüvvələr unsiya, qram və ya Nyutonla ölçülür (Yer planetində cazibə qüvvəsinin sabit sürətlənməsi $9,807 \text{ m/s}^2$ qəbul edildiyinə görə təxminən $1 \text{ Nyuton} \approx 100 \text{ qramdır}$). Ortodontiyada isə qüvvənin ölçü vahidi adətən qramdır ⁽²⁾.

Qüvvənin istiqaməti və böyüklüyü

Qüvvə vektor olduğuna görə, onun istiqaməti dişin hərəkət istiqamətinə yönəlmiş ox ilə göstərilir.

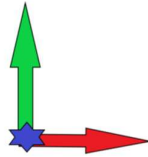
Qüvvənin böyüklüyü isə qəbul olunmuş qaydaya görə oxun uzunluğu ilə ifadə olunur (Şəkil 3).



Şəkil 3: İstiqaməti və böyüklüyü göstərilən sadə qüvvə

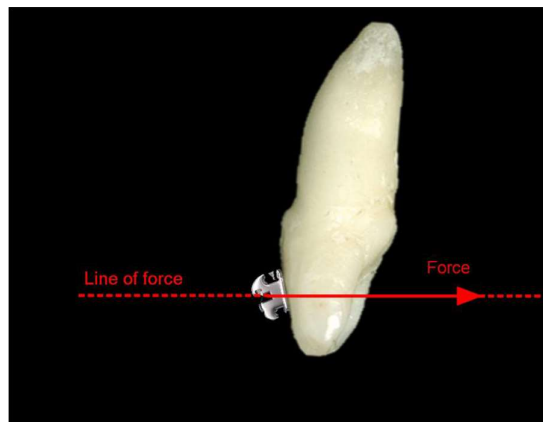
4.1.2 Tətbiq nöqtəsi

Qüvvənin tətbiq nöqtəsi – qüvvənin cismə tətbiq olunduğu yerdir və qəbul olunmuş qaydaya görə oxun başlanğıc nöqtəsi hesab olunur. Qüvvənin tətbiq nöqtəsinin yerləşməsi cismin kütlə mərkəzi ilə əlaqəlidir, çünki məhz bu dəqiq yer cismin qüvvəyə məruz qaldıqda translasiya (yer dəyişmə) və ya rotasiya (fırlanma) meylini müəyyən edir.



Şəkil 4: Qüvvələrin tətbiq nöqtəsi

Şəkil 4-də yaşıl və qırmızı qüvvələr fərqli istiqamətlərdədirlər, lakin eyni tətbiq nöqtəsinə malikdir.

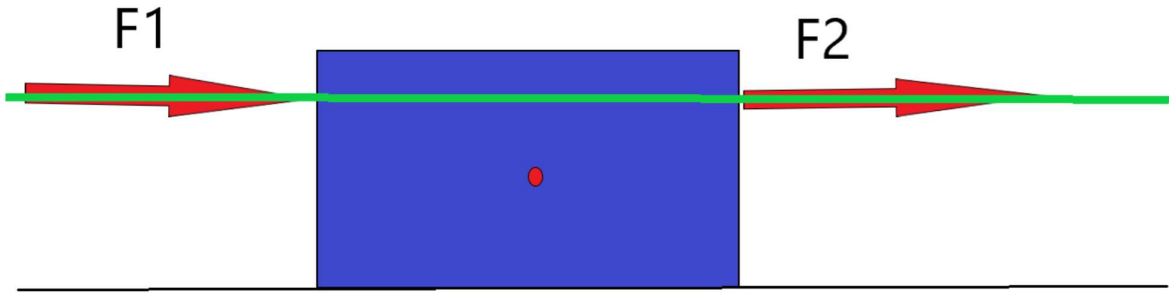


Şəkil 5: Sadə qüvvə mərkəz kəsici dişin breketinə tətbiq edilir. Hərəkət xətti qüvvə vektorunun istiqamətini göstərir.

4.1.3 Hərəkət xətti ilə istiqamət və qüvvə böyüklüyü

Hərəkət xətti qüvvənin tətbiq olunduğu yolun geometrik təsviridir (Wikipedia). Hərəkət xətti, qüvvə tətbiq olunduqda cismin yer dəyişdirmə oxu kimi çıxış edir. Qüvvənin istiqaməti ox ilə göstərilir, böyüklüyü isə qəbul olunmuş qaydaya görə oxun uzunluğu ilə ifadə olunur.

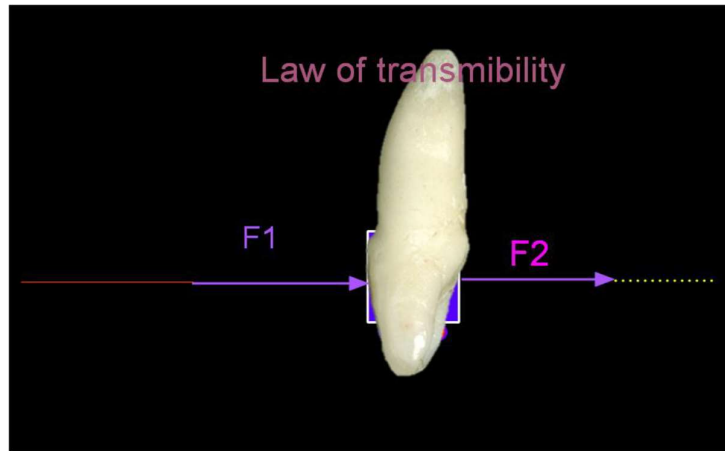
Eyni istiqamətdə və eyni hərəkət xətti üzrə tətbiq olunan bərabər böyüklüklü iki qüvvə sərt cismin üzərində eyni təsir göstərir. Şəkil 6-da F_1 və F_2 aşağıdakı mavi cismin üzərində eyni təsir göstərəcək. Qüvvələrdən biri itələyib, digəri dartsa da, fərqi yoxdur. Yekun təsir eyni olacaq.



Şəkil 6: Qüvvələrin hərəkət xətti

4.1.4 Qüvvənin ötürülməsi qanunu

Qüvvə cismin üzərindəki təsiri, hərəkət xətti boyunca istənilən nöqtədə tətbiq olunduqda eyni qalır (Şəkil 7). Məsələn, əgər hərəkət xətti dişin uzun oxu ilə üst-üstə düşürsə, qüvvə kəsici kənardə, breketdə və ya singulumda tətbiq olunsada fərqi yoxdur; qüvvənin istiqaməti və böyüklüyü eyni olduğu müddətdə, təsir dəyişməz qalır.



Şəkil 7: Qüvvənin ötürülməsi qanunu: F_1 və F_2 eyni təsir göstərəcək

4.1.5 Qüvvənin tətbiq nöqtəsi

Qüvvənin ötürülməsi qanunu bizə göstərir ki, eyni böyüklükdə və istiqamətdə olan qüvvələr, tətbiq nöqtəsi hərəkət xətti boyunca harada olursa olsun, eyni təsir göstərir.

Skalyarlar qüvvələri təsvir etmək üçün istifadə olunur; skalyarların böyüklüyü vardır, amma istiqaməti

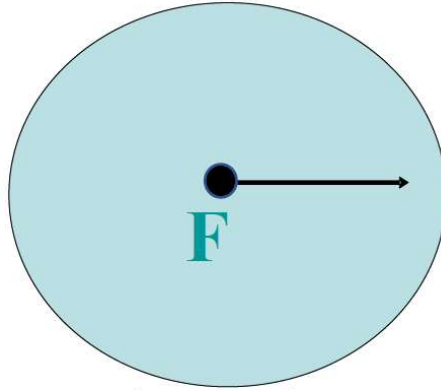
yoxdur. Vektorlar isə həm böyüklük, həm də istiqamətə malikdir (vektorlar sərbəst cism diaqramında istifadə olunur).

Sərt cisimlər: Bu cisimlər qüvvələrin təsiri altında formasını dəyişməz (məsələn, sıxılma və dartılma qüvvələri). Dışlər sərt cisimlərdir; yumşaq toxumlar üçün isə eyni sözləri demək olmaz!

4.1.6 Kütlə mərkəzi

Kütlə mərkəzi sistemin tarazlıq nöqtəsini ifadə edir. Sadə obyektlərdə, məsələn, dişdə, kütlə mərkəzi paylanmış kütlənin mövqeyinin sıfıra bərabər olduğu nöqtədir. Əgər bir cismin üzərinə heç bir qüvvə (lər) təsir etmirsə, o, bütün kütləsi sanki həmin tək nöqtədə (kütlə mərkəzində) cəmləşmiş kimi davranar.

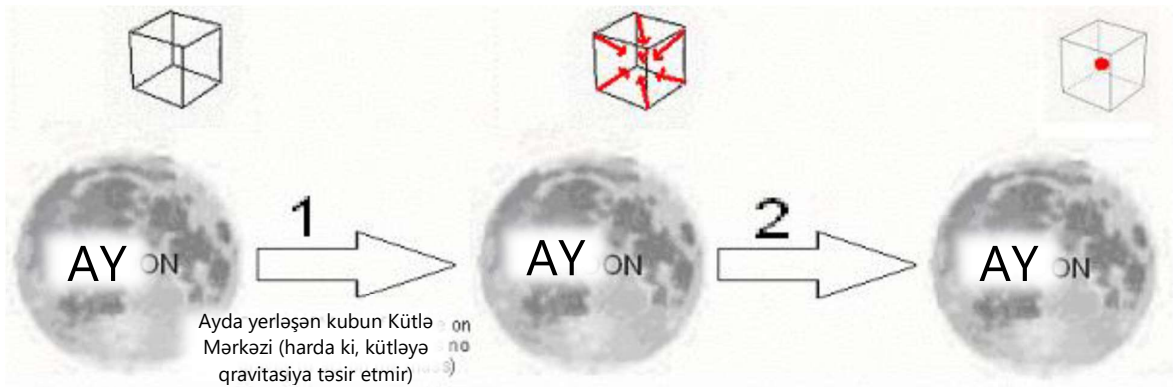
1 Kütlə mərkəzi: sistemin tarazlıq nöqtəsi



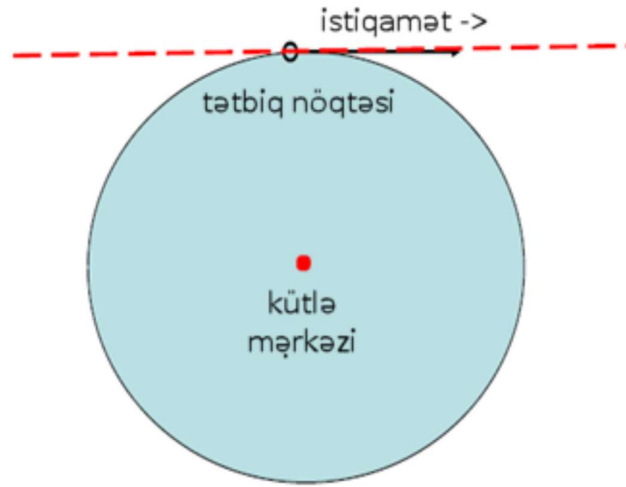
Şəkil 8 : Kütlə Mərkəzi

Əgər qüvvə Kütlə Mərkəzindən keçərsə, obyekt fırlanmadan, yalnız qüvvənin istiqamətində hərəkət edər (saf gövdəli hərəkət).

Bu, Ayda yerləşən bir kub və ya başqa bir bənzər obyekt kimi olar — yəni dişin üzərinə heç bir qüvvə təsir etmədiyi bir mühitdə (Şəkil 9). Bu, əlbəttə, real vəziyyət deyil, daha çox nəzəri anlayışdır!



Şəkil 9: Ayda kütlə mərkəzi

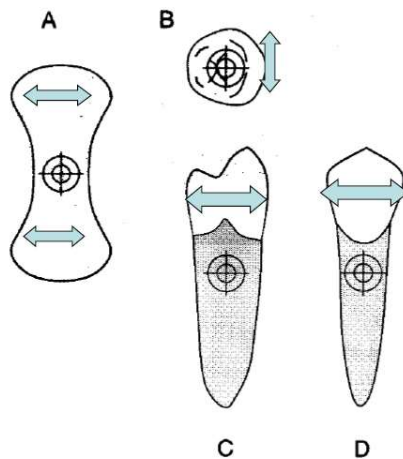


Şəkil 10: Kütə mərkəzindən müəyyən məsafədə yerləşən qüvvənin təsir xətti

Əgər sərbəst cismin təsir xətti müqavimət mərkəzindən kənarda yerləşərsə, həm fırlanma, həm də gövdəli hərəkətinin birləşməsi müşahidə olunur (Şəkil 10).

5. MÜQAVİMƏT MƏRKƏZİ (MM)

Müqavimət mərkəzi ortodontiyada mühüm anlayışdır, çünki dişlər sərbəst cismlər deyillər — onların kökləri diş alveolyar sümüyə birləşdirən parodontal bağ vasitəsilə qorunur. Kütə mərkəzi və müqavimət mərkəzi eyni mövqedə yerləşmir. Müqavimət mərkəzi kütə mərkəzinə nisbətən daha apikalıdır. Bu, yerdəyişməyə qarşı bütün müqavimətin cəmləşdiyi riyazi bir nöqtədir. Qüvvə sistemlərinin dişin gövdəli və ya rotasiya hərəkəti yaratmaq qabiliyyətinə dair hesablamaları müqavimət mərkəzinə əsasən aparılır.



Şəkil 11: Müxtəlif baxış bucaqlarına görə müqavimət mərkəzinin yerləşməsi:

A. Kök səviyyəsində, B. Oklüzal, C. Labio-lingval, D. Mezio-distal

Müqavimət mərkəzi hər diş üçün fərqlidir və mövcud parodontal dəstəyə görə dəyişir. O, təxminən kök səviyyəsinin yarısında yerləşir (Şəkil 11).

Müqavimət mərkəzi cismə təsir edən bütün qüvvələri nəzərə alır. Diş üçün bu qüvvələrə parodontal bağ (PDL), qan damarları, sümük və birləşdirici toxuma təsirləri daxildir (Şəkil 12). Müqavimət mərkəzi tək bir diş üçün, yaxud bir-birinə bərkidilmiş diş qrupu üçün də müəyyən edilə bilər (bu halda onlar bir böyük kütlə kimi davranır).

Müqavimət mərkəzinin əhəmiyyəti: Dişlərə qüvvələr tətbiq edildikdə, onların üçölçülü təsirlərini və diş bu qüvvə sisteminə məruz qaldıqda baş verəcək hərəkətlərini qiymətləndirmək vacibdir.

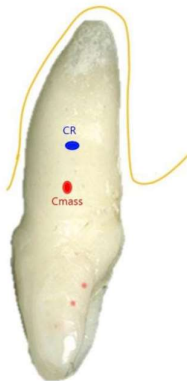
5.1 Müqavimət mərkəzinin parodontal dəstəyə əsaslanan dəyişkənliyi



Şəkil 12: Üfüqi sümük itkisi baş verdikdə müqavimət mərkəzi apikala doğru hərəkət edir.

Parodontal dəstəyi azalmış xəstədə alveolyar sümüyün zirvəsi daha apikaldadır. Dişin müqavimət mərkəzi əhəmiyyətli dərəcədə apikala doğru hərəkət edir və breket ilə müqavimət mərkəzi arasındakı məsafə təxminən iki dəfə artır (Şəkil 12). Əgər eyni qüvvə bu iki dişin breketinə tətbiq olunarsa, fərqli ortodontik hərəkət baş verəcək. Sağ tərəfdəki diş, qüvvə xəttinin müqavimət mərkəzinə olan məsafəsinin artmasına görə daha çox rotasiyaya meyilli olacaq.

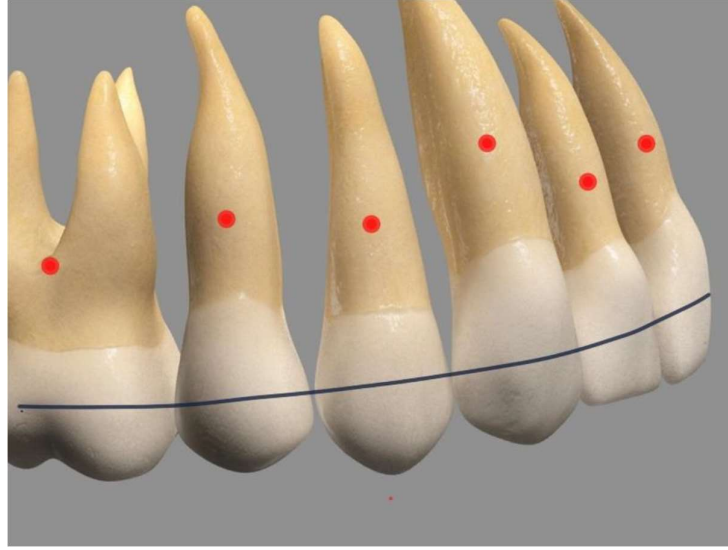
5.1.1 Tək bir diş üçün müqavimət mərkəzi:



Kütlə mərkəzi həmişə müqavimət mərkəzindən daha oklüzal yerləşir, çünki parodontal bağ və dentoalveolyar sümüyün “müqaviməti” mövcuddur. Bu müqaviməti hər diş və hər xəstə üçün ölçmək mümkün olmadığı üçün, müqavimət mərkəzi nəzəri bir anlayışdır, lakin optimallaşdırılmış qüvvə sistemlərini yaratmaq üçün orta dəyər kimi istifadə edilə bilər.

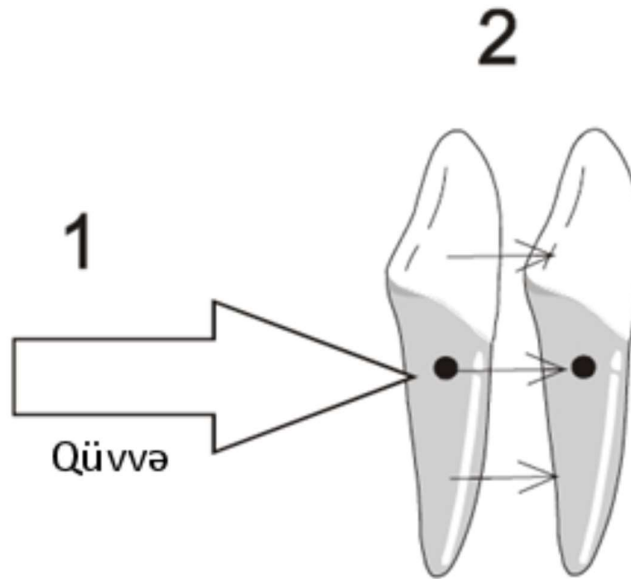
Şəkil 13: Tək köklü dişin müqavimət mərkəzi (CR) və kütlə mərkəzi (Cmass)

Parodontal dəstək sabit olduqda, müxtəlif dişlərin müqavimət mərkəzləri fərqli səviyyələrdə yerləşəcək. Yuxarı köpək dişlərini müqavimət mərkəzi daha yüksək, premolyarlar və yan kəsicilərin müqavimət mərkəzi isə daha aşağı olacaq.



*Şəkil 14: Fərqli müqavimət mərkəzi mövqeləri
(əgər parodontal dəstəyi bərabər və normal hesab etsək)*

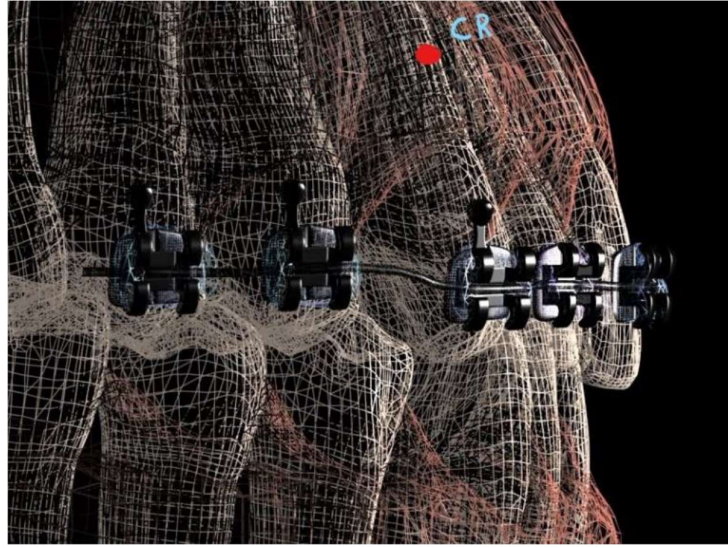
Beləliklə, aydındır ki, müqavimət mərkəzi müxtəlif kök uzunluğu və anatomiya malik dişlər arasında fərqlidir; məsələn, kəsici dişlər ilə molarlar, və ya premolarlar ilə kaninlər arasında. Onun mövqeyi həmçinin alveolyar sümük hündürlüyünə görə dəyişir, yəni uşaqlarda və parodontal xəstəliyi olan böyüklərdə fərqli olacaq (yaşlılarda sümük itkisi olduqda müqavimət mərkəzi daha apikala doğru hərəkət edir) (Şəkil 14).



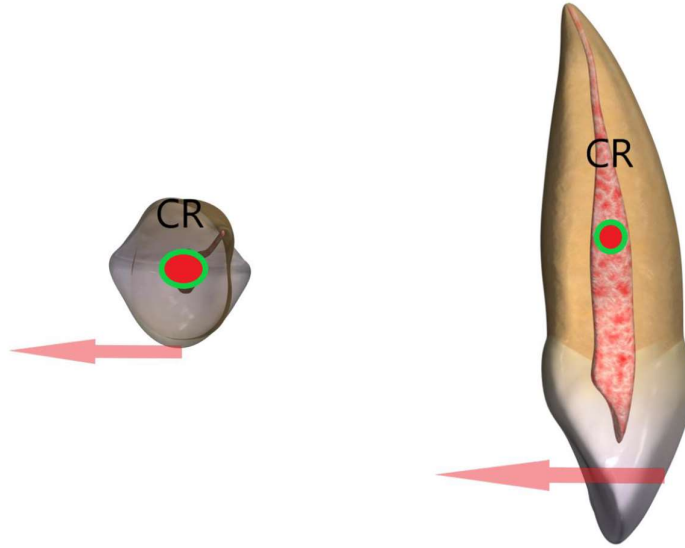
Şəkil 15: Müqavimət mərkəzinə təsir edən qüvvələr yalnız gövdəli hərəkət yaradır.

5.1.2. Diş qrupunun müqavimət mərkəzi:

Dişlər breketlər və məftillərlə birləşdirildikdə, yeni bir müqavimət mərkəzi yaranır və bu diş qrupu artıq tək bir obyekt hesab olunur.



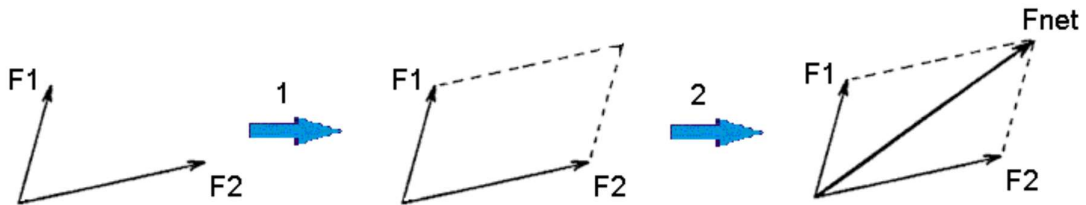
Şəkil 16: Diş qrupunun müqavimət mərkəzi



Şəkil 17: Breketə qüvvə tətbiq edildikdə, qüvvə xətti həmişə müqavimət mərkəzindən müəyyən məsafədə keçir.

5.1.3 Qüvvələrin kombinasiyası. Nəticə qüvvə və ya xalis qüvvə.

Ortodontiyada tez-tez üçölçülü məkanda qüvvələrin birləşməsindən istifadə olunur və xalis qüvvəni (və ya nəticə qüvvəsi) hesablamaq faydalıdır. Vektorların cəmini hesablamaq üçün paralelogram qaydasından istifadə edilir.

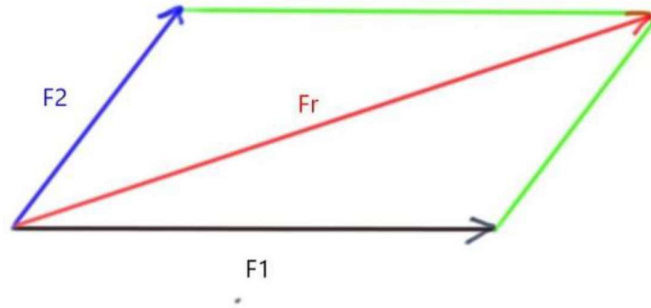


Şəkil 18. Paraleloqram qaydası

Qüvvənin (F_{net}) saf qüvvə olduğunu yadda saxlamaq vacibdir; o, qüvvələrin (F_1 və F_2) vektor cəminə bərabərdir. Paralelogram qaydası saf qüvvəni tapmağa imkan verir: F_1 və F_2 vektordur və həm qiymətə (böyüklüyə), həm də istiqamətə malikdir. F_1 və F_2 bir-birinə bucaq altında olduqda, onlar paralelogramın qonşu tərəfləri kimi çəkilir. Paralelogramdan keçən diaqonal isə nəticə qüvvəni – F_{net} ifadə edir (Şəkil 18).

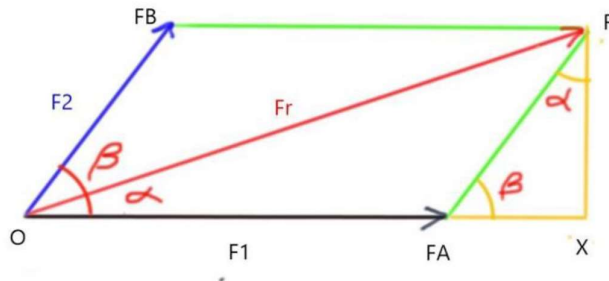
İki vektorun cəminin hesablanması haqqında ətraflı məlumat üçün bu keçidə baxın: 

<https://www.mathstopia.net/vectors/parallelogram-law-vector-addition>



Şəkil 19: İki vektorun cəminin hesablanması

Nəticə qüvvənin (Fr) böyüklüyünü hesablamaq üçün $Fr = F_1 + F_2$ düsturundan istifadə edirik. F_1 qüvvəsinin təsir xəttini uzadaraq OXR düzbucaqlı üçbucağını qurmaq və α ilə β bucaqlarını əlavə etmək lazımdır.



Şəkil 20: Paralelogramın uzadılması.

Nəticə qüvvə Fr -in böyüklüyünün hesablanması:

$$Fr^2 = OX^2 + RX^2$$

$$OX = OFA + FAX \text{ or}$$

$$Fr^2 = (OFa + FaX)^2 + Rx^2$$

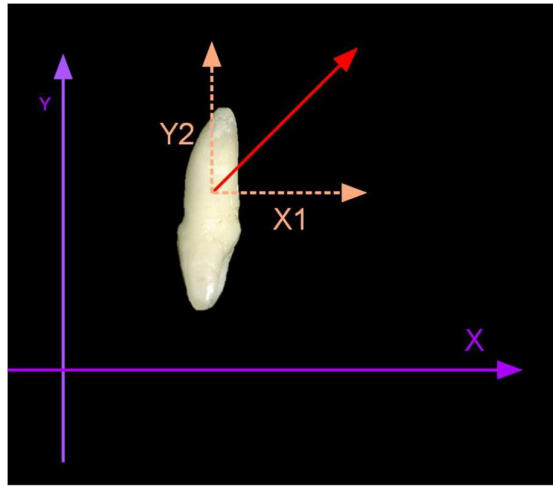
Tam açıldıqda, aşağıdakıları əldə edirik:

Biz bilirik ki, $\cos \beta = \beta$ bucağına bitişik tərəf / hipotenüza

$$FaX/F_2 \text{ or } FaX = F_2 \cos \beta \text{ və } \sin \beta = Rx/F_2 \text{ or } RX = F_2 \sin \beta$$

$$Fr^2 = F_2^2 \sin^2 \beta +$$

Dəyərlər əvəz edildikdən sonra nəticə: $F_r = \sqrt{F_1^2 + 2F_1F_2\cos\beta + F_2^2}$



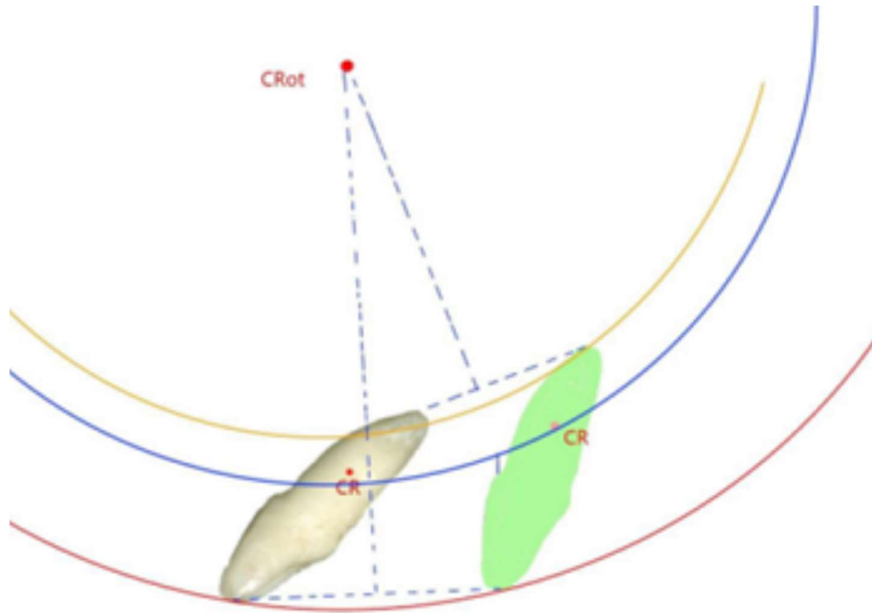
Şəkil 21: Qüvvələr 90 dərəcə bucaq altında olduqda nəticə (xalis) qüvvə.

Əgər qüvvələr 90 dərəcə bucaq altında yerləşdirilsə, tənlik sadələşir və aşağıdakı formaya keçir: $F_r = \sqrt{X_1^2 + F_2^2}$

6. ROTASIYA MƏRKƏZİ

Rotasiya Mərkəzi — obyektin ətrafında fırlandığı nöqtədir. Bu, müqavimət mərkəzinin yerləşməsindən və obyektə tətbiq olunan qüvvədən asılı olaraq dəyişir. Saf fırlanma (pure rotation) — rotasiya mərkəzi müqavimət mərkəzində olduqda baş verir. Saf gövdəli hərəkət (pure translation) — rotasiya mərkəzi müqavimət mərkəzindən sonsuz məsafədə olduqda baş verir.

Rotasiya hərəkəti baş verən dişin rotasiya mərkəzini tapmaq üçün (Şəkil 22), dişdə (və ya obyekt üzərində) istənilən iki nöqtəni seçin və hər nöqtənin əvvəlki və sonrakı mövqelərini birləşdirən xətt çəkərək birləşdirin. Perpendikulyar xətlərin kəsişdiyi nöqtə rotasiya mərkəzidir.

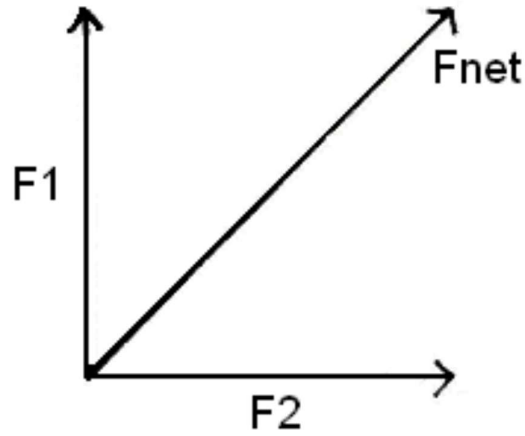


Şəkil 22: Rotasiya mərkəzinin yerləşməsini təyin etmə üsulu

6.1.1 Sərbəst cisim diaqramları

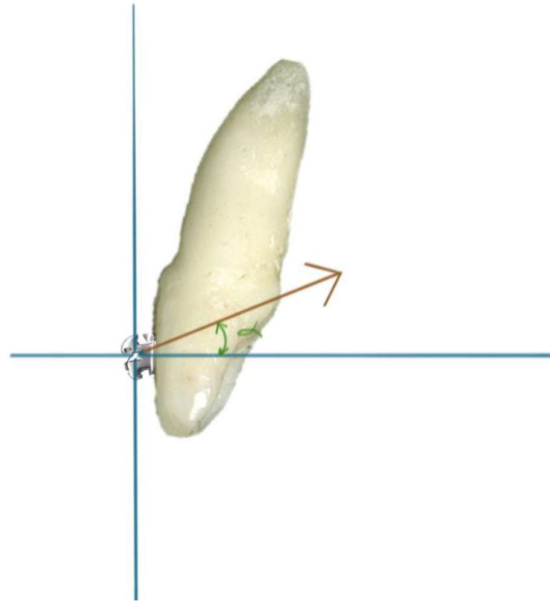
Sərbəst cism diaqramları cismin üzərinə eyni anda təsir edən müxtəlif qüvvələrin effektini (saf qüvvəni) proqnozlaşdırmağa və ya qüvvəni onun tərkib hissələrinə ayırmağa kömək edir.

Sərbəst cisim diaqramına nümunə: F_1 , F_2 və F_{net} (paralelogram qaydasını xatırlayın) (Şəkil 23).



Şəkil 23: Sərbəst cisim diaqramı

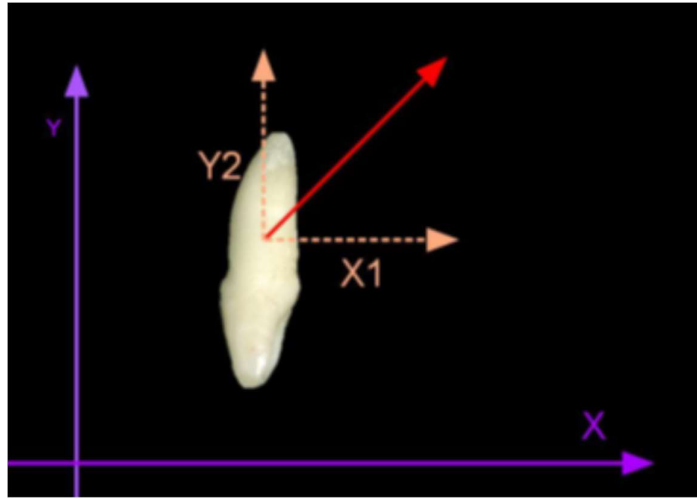
Sərbəst cisim diaqramının klinik istifadəsinə nümunə — intruziya qövsü və elastiklərdən istifadə zamanı.



Şəkil 24: Yuxarı kəsici dişi intruziya və retraksiya etmək üçün sadə qüvvə

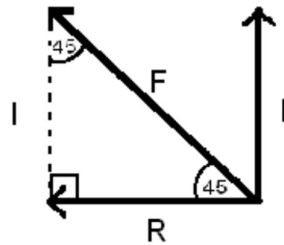
F qüvvəsi tətbiq olunur. Onun intrüziv və retrüziv tərkib hissələri mövcuddur.

Əgər tətbiq olunan qüvvənin böyüklüyünü və bucağını bilsək, sadə trigonometriya vasitəsilə intrüziv və retrüziv qüvvələrin böyüklüyünü hesablamaq mümkündür (Şəkil 24–25).



Şəkil 25: Sərbəst cisim diaqramı və üz maskasından tətbiq olunan qüvvələr.

Əgər $F_{net} = 500$ q olduğunu bilsək, I (intruziv qüvvə) və R (retruziv qüvvə) dəyərlərini düzbucaqlı üçbucaq qaydası ilə hesablamaq mümkündür (Şəkil 26).



$$\sin 45 = \frac{I}{F}$$

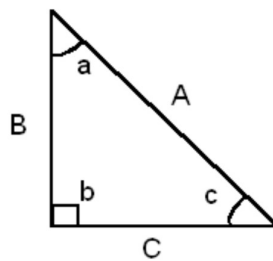
$$\cos 45 = \frac{R}{F}$$

$$\begin{aligned} I &= F \sin 45 \\ &= 500 \sin 45 \\ &= 353 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= F \cos 45 \\ &= 500 \cos 45 \\ &= 353 \text{ g} \end{aligned}$$

Şəkil 26: Düzbucaqlı üçbucaq qaydasından istifadə etməklə intruziv və retruziv qüvvələrin tapılması.

Beləliklə, F_{net} istiqamətindəki 500 q qüvvə, eyni zamanda obyektə tətbiq olunan I istiqamətində 353 q və R istiqamətində 353 q qüvvələrə ekvivalentdir.



$$\sin a = \frac{\text{opposite}}{\text{hypoteneuse}} = \frac{B}{A}$$

$$\cos a = \frac{\text{adjacent}}{\text{hypoteneuse}} = \frac{C}{A}$$

$$\tan a = \frac{\text{opposite}}{\text{adjacent}} = \frac{B}{C}$$

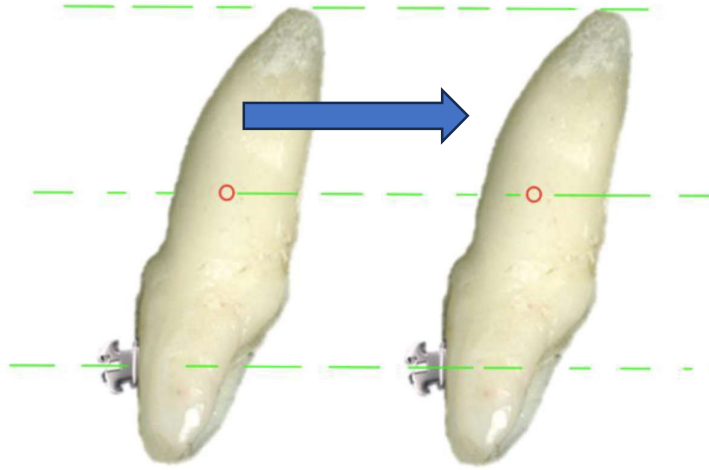
Şəkil 27: Triqonometrik hesablamalar.

7. DİŞ HƏRƏKƏTLƏRİ

Dışlar məkanın üç ölçüsündə hərəkət edir. Müalicə planlaşdırılarkən arzuolunan və arzuolunmaz diş hərəkətlərini nəzərə almaq üçün mümkün hərəkət növlərini bilmək vacibdir.

7.1 Gövdəli hərəkət

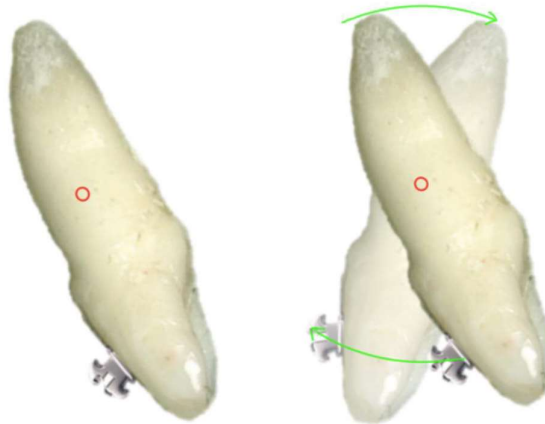
Gövdəli hərəkət zamanı gövdənin bütün nöqtələri eyni istiqamətdə və eyni miqdarda hərəkət edir (Şəkil 28). Fırlanma baş vermədiyi üçün rotasiya mərkəzi dişdən sonsuz uzaqda yerləşir.



Şəkil 28: Mərkəzi kəsicinin gövdəli hərəkəti

7.2 Rotasiya (xalis)

Saf rotasiya o zaman baş verir ki, gövdə müqavimət mərkəzi (Cres) ətrafında fırlanır, (yəni rotasiya mərkəzi müqavimət mərkəzində yerləşir) (Şəkil 29).

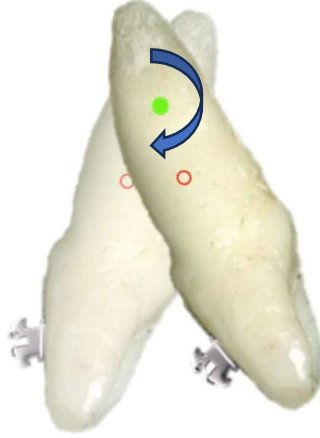


Şəkil 29: Xalis rotasiya

7.3 Əyilmə (tipping)

Əyilmə (tipping) zamanı, nəticə qüvvənin tətbiq olunduğu yerdən asılıdır.

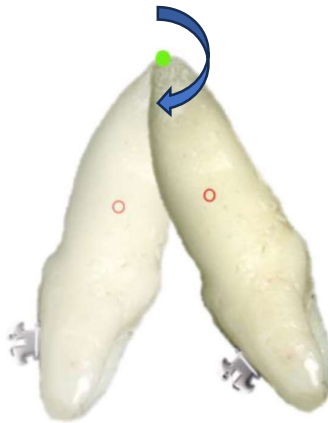
7.3.1 İdarə olunmayan əyilmə (Uncontrolled Tipping): Qüvvə tacı üzərinə tətbiq olunduqda, tac bir istiqamətə, kök isə digər istiqamətə hərəkət edir. Bu halda rotasiya mərkəzi müqavimət mərkəzinə yaxın və ya ondan apikalda yerləşir, beləliklə diş *Cres* ətrafında əyilir (Şəkil 30).



Şəkil 30: Nəzarətsiz əyilmə

7.3.2 İdarə olunan əyilmə (Controlled Tipping)

Rotasiya mərkəzi dişin apeksində yerləşir. Bu zaman həm moment, həm də qüvvə tətbiq olunur və diş *Crot* ətrafında əyilir (Şəkil 31).

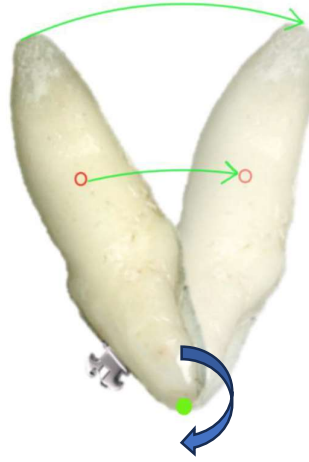


Şəkil 31: Nəzarətli əyilmə

A) Məsələn, üst ön dişlərin protruziyası ilə xarakterizə olunan Sinif 2 alt sinif 1 oklüziya pozulmasının korreksiyasında idarə olunmayan əyilmədən istifadə, labial sümüküstünün perforasiyasına səbəb ola bilər.

7.3.3 Kök hərəkəti

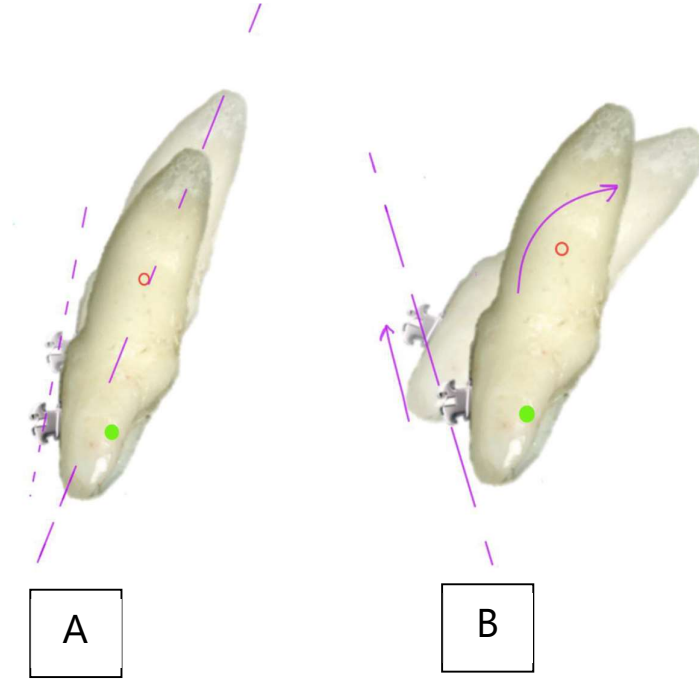
Kök hərəkəti fırlanma mərkəzi kəsici kənarında və ya onun yaxınlığında olduqda baş verir və fırlanma bu nöqtə ətrafında həyata keçirilir (Şəkil 32). Nəticədə tac kökdən daha az hərəkət edir. Kök hərəkətləri daha uzun vaxt tələb edir, çünki hərəkətin baş verməsi üçün sümük resorbsiyası tələb olunur.



Şəkil 32: Kök hərəkəti

7.3.4 Intruziya/Ekstruziya

Intruziya və ekstruziya dişin uzun oxu boyunca hərəkəti əhatə edir (Şəkil 33, Şəkil 34). Xatırladaq ki gövdəli hərəkət (translasiya) zamanı (Şəkil 28), fırlanma mərkəzi sonsuzluqda yerləşir (çünki fırlanma baş vermir). Başqa sözlə, diş sonsuz məsafədə yerləşən bir nöqtə ətrafında fırlanır, ona görə də biz heç bir fırlanmanı görmürük, yalnız gövdəli və ya intruziya/ekstruziya hərəkətini müşahidə edirik.

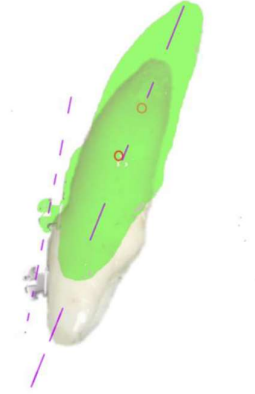


Şəkil 33: A. Ekstruziya olunmuş kəsici dişin intruziyası B. Nisbi intruziya

Intruziya: Şəkil 33A-da (göstərilən nümunədə intruziyanın arzuolunmaz təsirlər nəzərə alınmayıb: bir diş intruziyaya olduqda, əgər ankoraj təmin edilməsə, qonşu dişlər ekstruziya olur). Ankoraj haqqında müzakirəyə baxın). Nisbi intruziya isə protruziya və intruziyanın birgə təsiri nəticəsində yaranır (şəkil 33B).

Ekstruziya: (göstərilən nümunədə (Şəkil 34) ekstruziyanın arzuolunmaz təsirləri nəzərə alınmamışdır:

bir diş ekstruziya edilərkən, əgər ankoraj təmin edilməsə, qonşu dişlər az miqdarda intruziyaya məruz qalır. Ankoraj haqqında müzakirəyə baxın.)



Şəkil 34: İntruziyalı dişin ekstruziyası

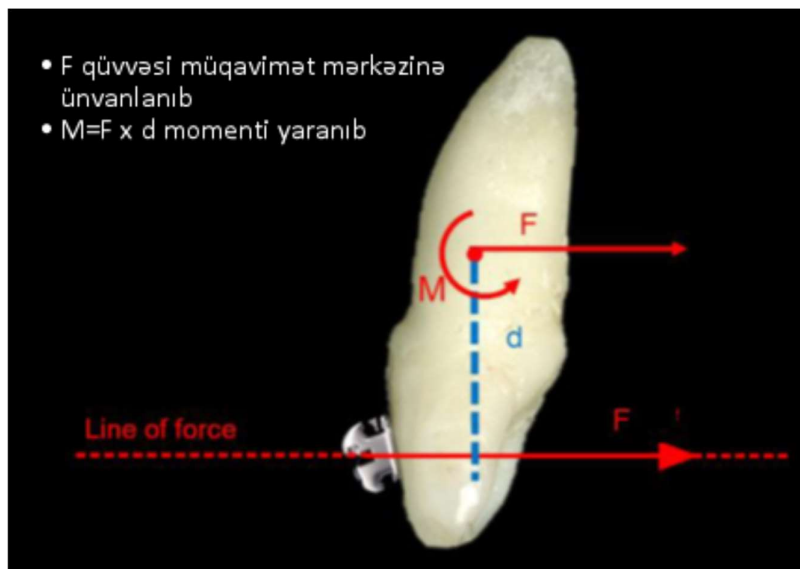
8. QÜVVƏ SİSTEMLƏRİ

Arzu olunan diş hərəkətlərini yaratmağı yolların anlamaq üçün qüvvə sistemlərini nəzərə almaq lazımdır. Qüvvə sistemləri moment və qüvvədən ibarətdir, və bu iki parametrin nisbəti yaradılan hərəkətin növünü müəyyən edir. Bu bölmə moment, qüvvə cütü, moment-qüvvə nisbəti və qüvvələr və sistemlər dəyişdirildikdə baş verən diş hərəkətləri mövzularını əhatə edəcək.

8.1 Moment

Moment, cismə təsir edən qüvvənin fırlanmaya səbəb olma meylidir. Qüvvənin momentini hesablamaq üçün qüvvənin böyüklüyünü və momentin meydana gəldiyi müqavimət mərkəzindən olan perpendikulyar məsafəsinə vurmaq lazımdır (Şəkil 35).

$$M = F \times d$$

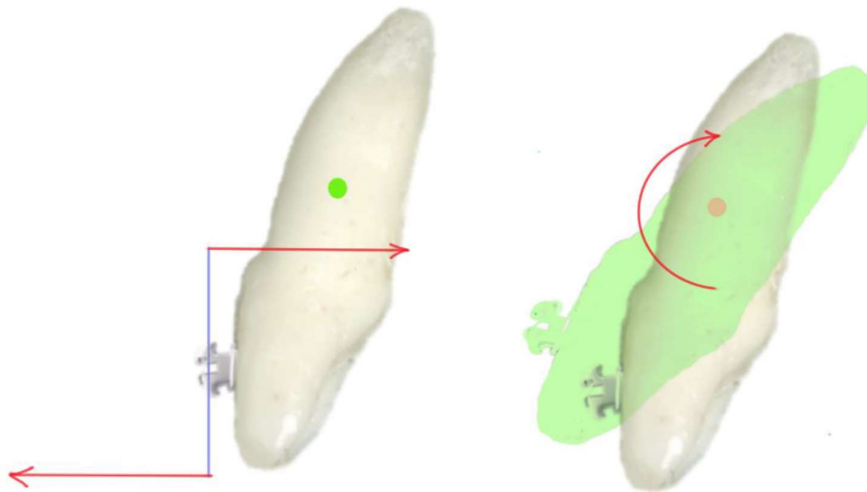


Şəkil 35: Müqavimət mərkəzindən müəyyən məsafədə tətbiq olunan qüvvə ilə yaranan moment

8.2 Qüvvə cütüyü

Cütlük – xalis momentdir və iki qüvvə (F_1 , F_2 bərabər və eyni istiqamətli) perpendikulyar məsafə ilə ayrılıqda yaranır. Qüvvə cütünün momentini hesablamaq üçün qüvvələri ayrı-ayrılıqda nəzərə almaq lazımdır.

Qüvvə cütüyünə aid aşağıdakı nümunəyə baxın (Şəkil 36): F_1 və F_2 gövdəli hərəkət yaratmır, çünki onlar bərabər və əks istiqamətlidir və buna görə də bir-birini kompensasiya edirlər. Qüvvələrin momentləri isə kompensasiya olunmur, çünki onlar eyni istiqamətdə fırlanma yaradır (F_1 və F_2 qüvvələri tətbiq edildikdə müqavimət mərkəzi ətrafında baş verən fırlanmanı təsəvvür edin). Sistemdəki ümumi momenti tapmaq üçün momentləri toplayın; bu, qüvvə cütüyüdür (force couple). Qüvvə cütüyü, qüvvələrin cisim (və ya diş) üzərində harada tətbiq edilməsindən asılı deyil.



Şəkil 36: Qüvvə cütüyü: nümunə 1

Qüvvə cütüyü (force couple) cismin hansı nahiyyəsinə tətbiq edilməsindən asılı olmadığı üçün, göstərilən haldakı eyni nəticə F_1 və F_2 qüvvələrini yeni bir mövqeyə yerləşdirməklə də əldə oluna bilər (bu nümunədə yeni yerləşmə bioloji və kliniki baxımdan daha əsaslıdır).

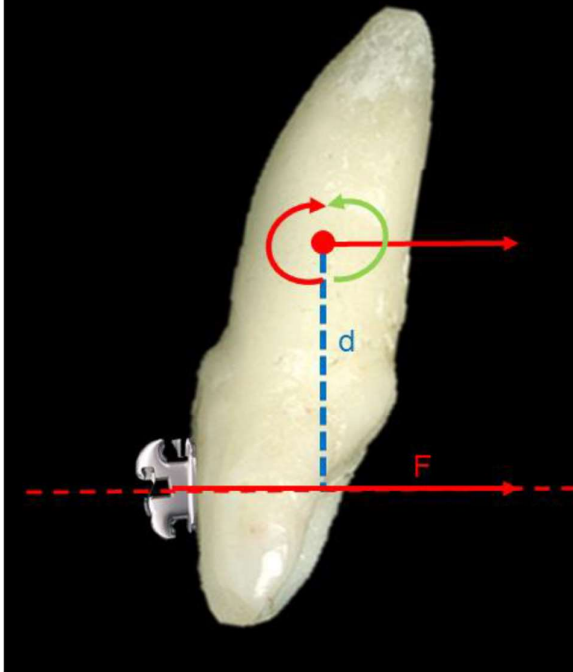
Yekunda, qüvvə cütüyünün dişin hansı nahiyyəsində təsir etməsi əhəmiyyət kəsb etmir – bu sistemdə yaranan xalis moment bir qüvvənin, qüvvələr arasındakı məsafə ilə hasilinə bərabər olacaqdır.

8.3 Momentin qüvvəyə nisbəti

Momentin qüvvəyə nisbəti (M/Q nisbəti) gövdəli hərəkət (düzxətli) və rotasiya (fırlanma) hərəkətlərinin qarşılıqlı əlaqəsini xarakterizə edir. Bu nisbət, tətbiq olunan qüvvənin amplitudasının onun təsir xəttindən müqavimət mərkəzinə qədər olan perpendikulyar məsafə ilə hasilinə əsaslanır (Şəkil 37).

Aşağıdakı nümunələrdə bir dişin idarə olunan əyilməsi (controlled tipping) göstərilmişdir. Bu tip hərəkət gövdəli hərəkət və rotasiyanın eyni zamanda baş verməsi ilə səciyyələnir və bu da qüvvə və momentin birgə tətbiqi nəticəsində yaranır (Şəkil 38 və 39).

Momentin qüvvəyə nisbəti



Adətən qüvvənin tətbiq nöqtəsindən müqavimət mərkəzinə məsafə kəsici dişlər üçün təxminən 10 mm olduğu üçün moment bərabərdir:

$$Mf=10 \times F$$

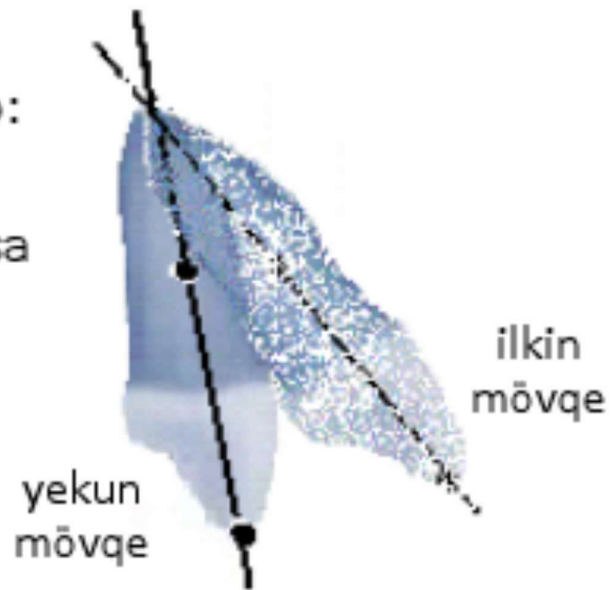
Ya momentin qüvvəyə nisbəti bərabərdir:

$$M:F=10$$

Əgər breketə 100qr tətbiq olunarsa, sadə qüvvənin yaratdığı momenti ləğv edib, gövdəli hərəkətə nail olmaq üçün, 1000 qr/mm əks moment tələb olunur.

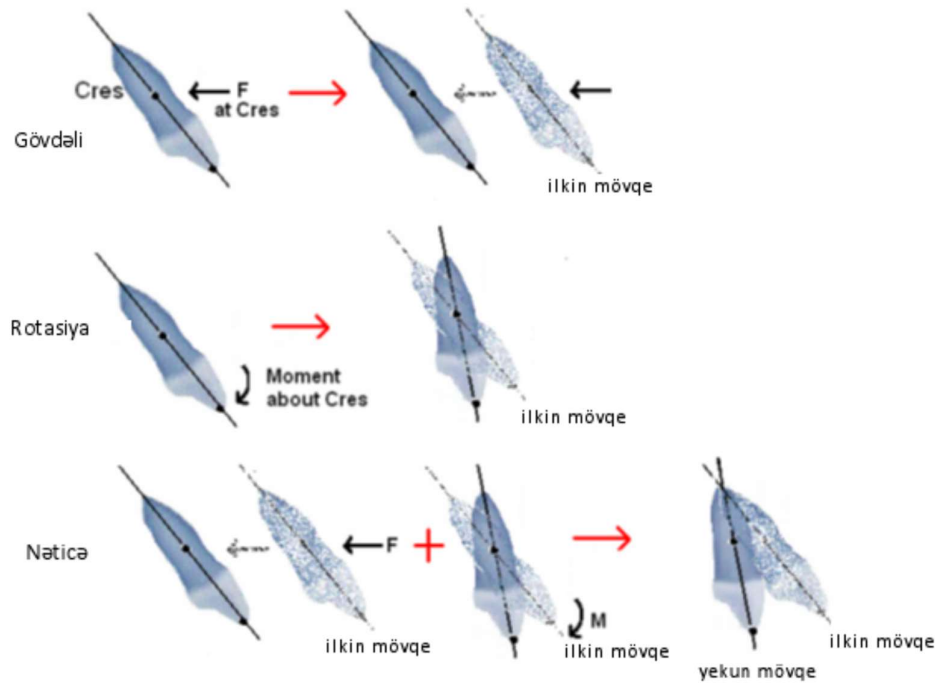
Şəkil 37: Gövdəli hərəkət üçün momentin qüvvəyə nisbəti

İdarə olunan əyilmə:
əgər biz göstərilən
hərəkəti arzulayıırıqsa



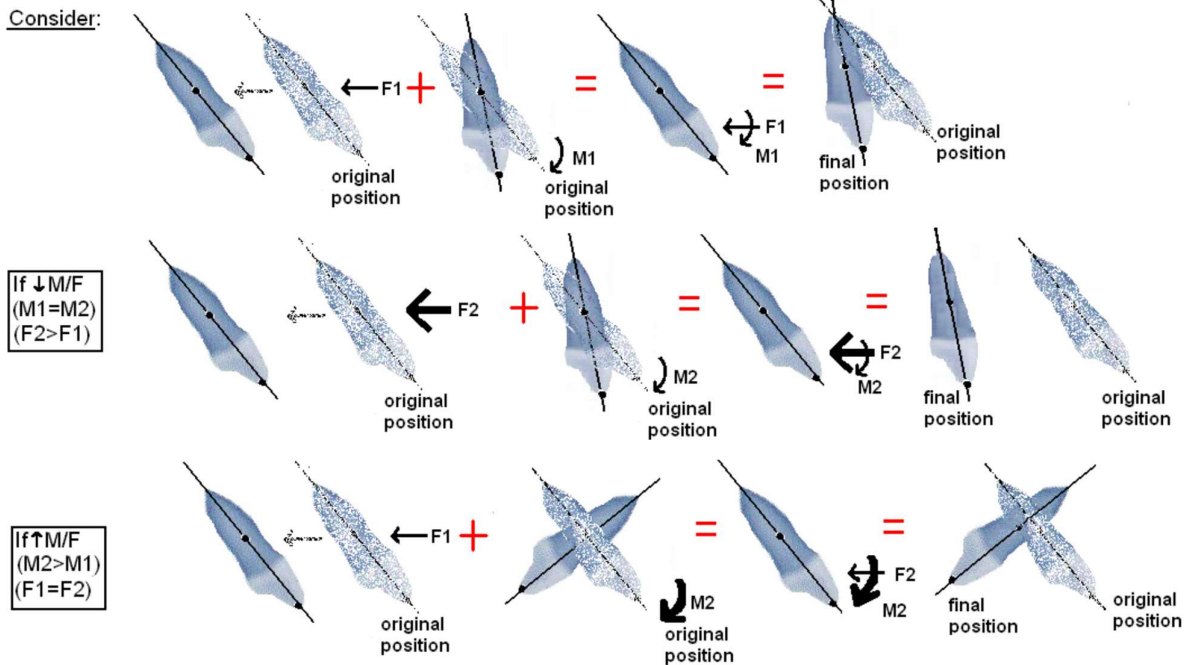
Şəkil 38: Arzu olunan hərəkət

Hərəkətləri gövdəli və rotasiya komponentlərə parçalanması.



Şəkil 39: İdarə olunan əyilmə üçün gövdəli və rotasiya hərəkətlərinin kombinasiyası

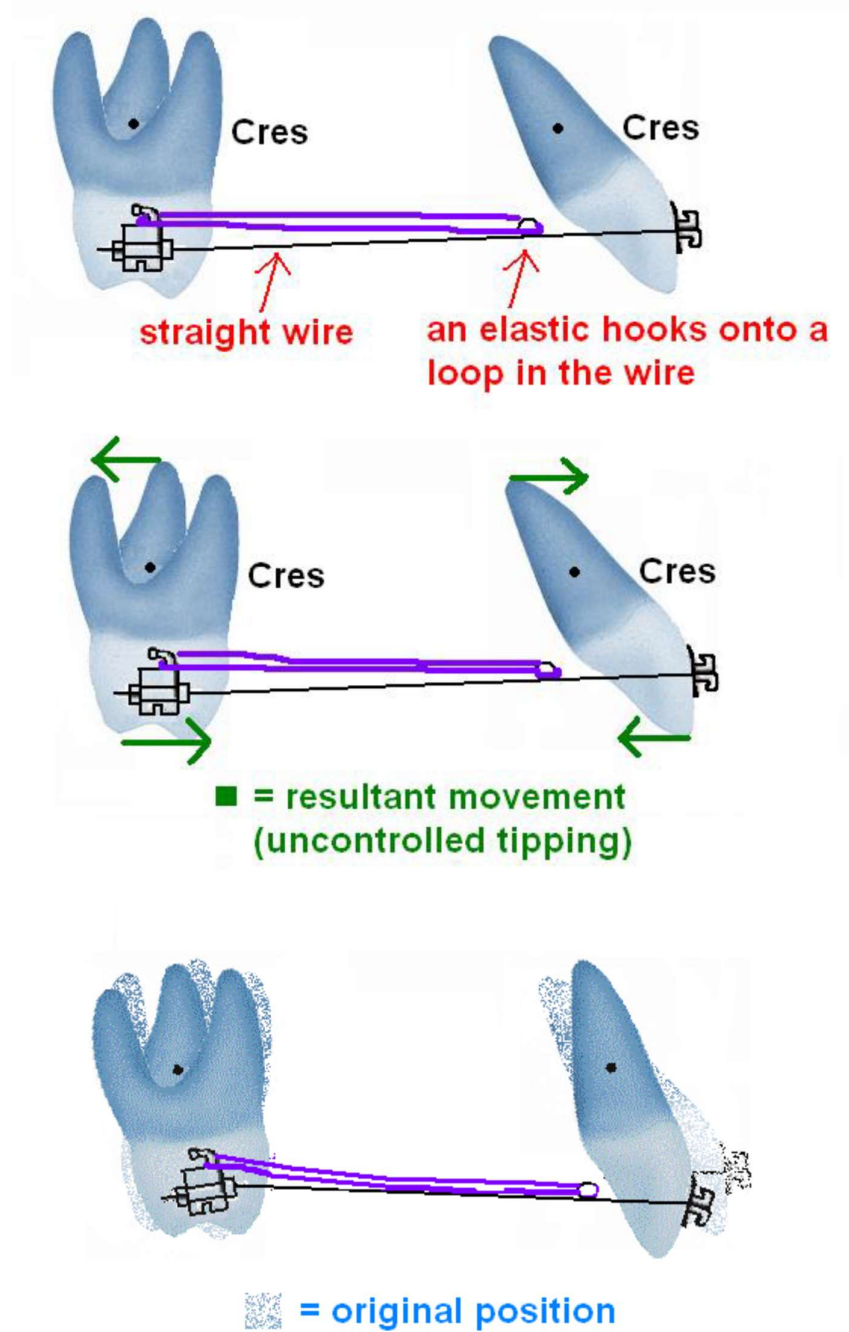
M/F nisbətini dəyişməklə müxtəlif fırlanma mərkəzləri əldə etmək olar. Şəkil 40 M/F nisbətinin idarə olunan əyilməyə təsirini göstərir. Əgər M/F nisbəti azaldılarsa (M sabit qalır və ya azalır, F artır), o zaman daha çox gövdəli hərəkət baş verir, çünki rotasiya mərkəzi dişin apikası istiqamətinə hərəkət edir (başqa sözlə, müqavimət mərkəzindən sonsuzluğa doğru uzaqlaşır). Əgər M/F nisbəti moment artırılaraq və ya qüvvə azaldılaraq artırılarsa, fırlanma daha çox olacaq, çünki rotasiya mərkəzi müqavimət mərkəzinə doğru hərəkət edəcək (başqa sözlə, əvvəlki mövqeyindən daha kəsici kənarı istiqamətə hərəkət edir).



Şəkil 40: Momentin qüvvəyə nisbətinin (M/F) dəyişməsinin təsirləri

8.4 Qüvvələr və sistemlər dəyişəndə baş verən hərəkətlər

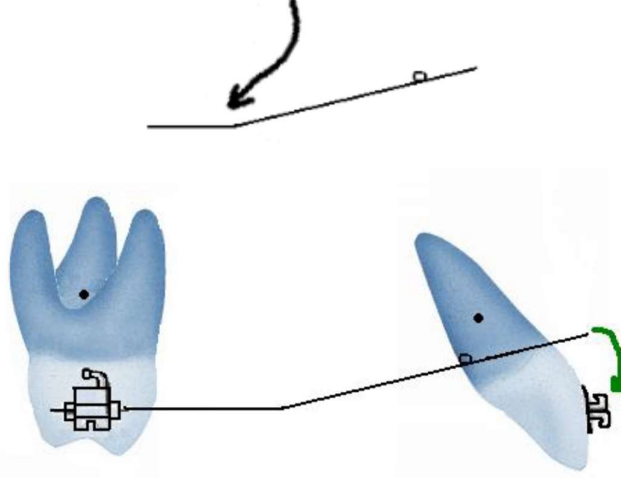
Ekvivalent qüvvə sistemləri bölməsindən öyrəndiyimiz bilikləri real həyatda, məsələn, kəsicilərin retraksiyası nümunəsində tətbiq edə bilərik. Azı dişin dayaq kimi istifadə edərkən, sadəcə kəsici və molar arasında düz məfril yerləşdirib məftildə kiçik ilgək üzərində elastik vasitəsi ilə retraksiya etmək mümkün deyil, çünki bu vəziyyət hər iki dişin idarə olunmayan əyilməsinə səbəb olacaq (rotasiya mərkəzi müqavimət mərkəzində yerləşəcək). (Şəkil 41)



Şəkil 41: Kəsicinin məftil üzərində olan ilgəyə ilişdirilmiş elastik vasitəsi ilə retraksiyası. Nəticə idarə olunmayan əyilmədir.

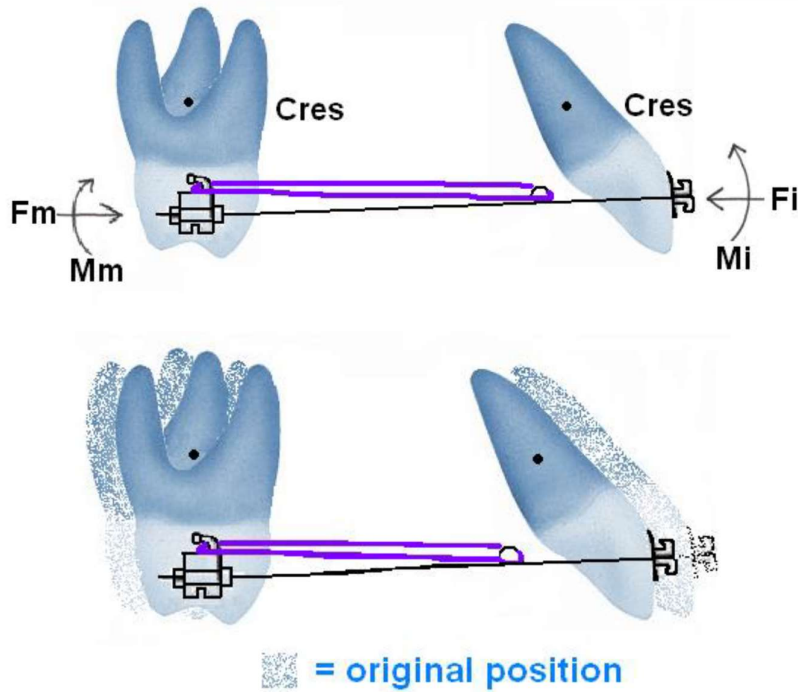
Hərəkəti nəzarət altına almaq üçün qüvvənin yaratdığı momentə qarşı diş tacında bir moment əlavə etmək lazımdır ki, mümkün qədər saf gövdəli hərəkət əldə olunsun (yenidən ekvivalent qüvvə sistemlərini xatırlayın). Diş tacında moment yaratmaq üçün məftilin müəyyən sahəsində biz məftildə büküm edə bilərik ki, məftil yerləşdirildikdə dişin nəzarətli əyilməsi (tipping) meyli yaransın. Aşağıdakı nümunə bu konsepti göstərir (Şəkil 42).

Moment yaratmaq, və eyni zamanda qüvvə tətbiq etmək üçün məftilə büküm (bend) etmək lazımdır.



Şəkil 42: Məftilə edilən büküm ilə momentin, eləcə də məftilə edilən ilmə ilə qüvvənin yaradılması

Məftilin kəsici dişin breket pazına yerləşməsi üçün məftil yüngül təziq ilə yerinə basılmalıdır. Məftil elastik ilə yerində olduqda, nəzərdə tutulan iki dişə aşağıdakı qüvvələri tətbiq edir (F_m , M_m – molarda təsir edən qüvvə və moment; F_i , M_i – kəsici dişdə təsir edən qüvvə və moment).

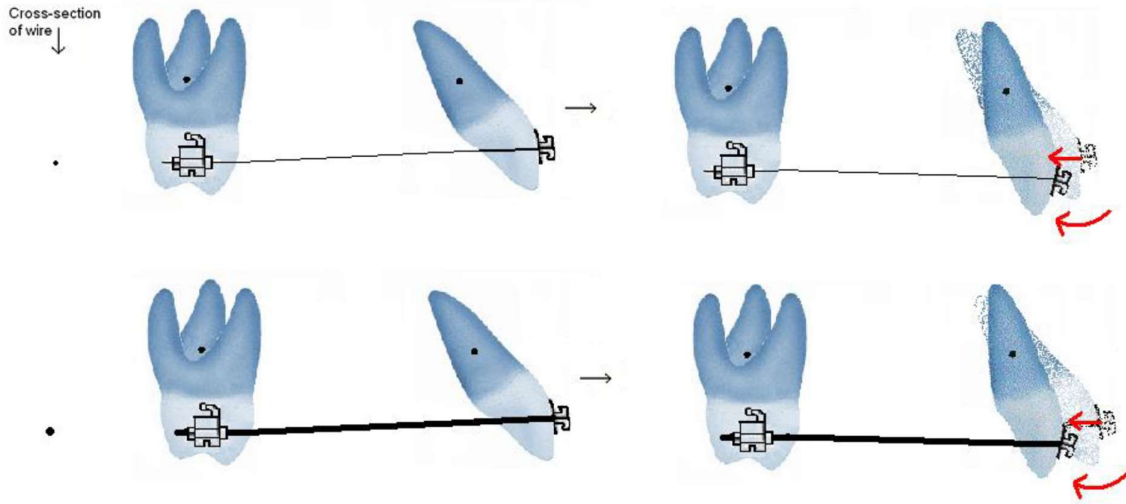


Şəkil 43: Məftildə edilən büküm və ilgək nəticəsində yaranan hərəkət – kəsici dişin retraksiyası (əyilmə idarə olunur və minimuma endirilir).

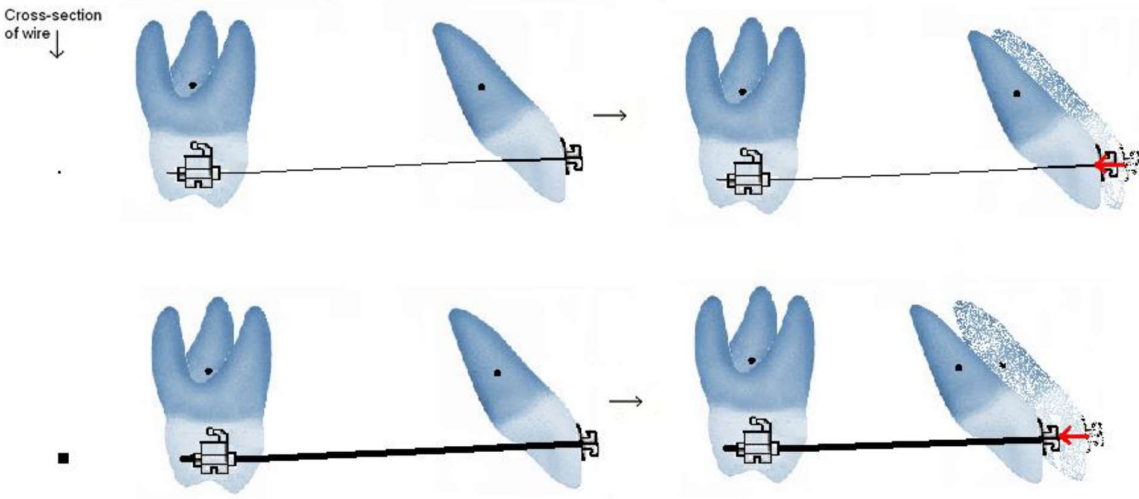
Bu nümunə göstərir ki, M/Q (moment/qüvvə) nisbətini tənzimləməklə istənilən gövdəli hərəkət effektini əldə etmək mümkündür (Şəkil 43). Bu M/Q nisbəti məqsədə uyğun olaraq tənzimləyə bilər (bəzən az miqdarda əyilmə arzu oluna bilər). M/Q nisbəti uyğun şəkildə tənzimlədikdə və hərəkətlər idarə olunduqda, məqsədə çatmaq mümkün olacaq.

M/Q (moment/qüvvə) nisbətinə yalnız elastikin və məftildəki bükümün yerləşdirilməsi təsir etmir. Elastikin növü sistemə tətbiq olunan qüvvənin böyüklüyünə təsir edir. Bundan əlavə, məftilin növü (dairəvi və ya düzbucaq) və diametri də M/Q nisbətinə təsir göstərir.

Əgər düzbucaq məftil yerinə dairəvi məftil istifadə olunarsa, idarə olunmayan əyilmə baş verəcək, çünki diş məftil ətrafında fırlana bilər (breketin pazı düzbucaq, məftil isə dairəvidir) (Şəkil 44). Digər tərəfdən, əgər düzbucaq məftil istifadə olunarsa, məftil breket pazını dolduracaq (düzbucaq düzbucağa) (Şəkil 45). Nəticədə, diş geri çəkildikdə yaranan moment idarə olunmayan əyilməyə səbəb olarsa, onu qarşılayan bir moment meydana gəlir. Bundan əlavə, məftilin ölçüsü də nəticəyə təsir edir. Kiçik məftil daha çox əyilir, buna görə də dişlərin gövdəli hərəkətləri ən yaxşı şəkildə daha qalın məftillərlə həyata keçirilir, çünki onlar daha az əyilir və formasını saxlayaraq hərəkəti düzgün istiqamətləndirir.



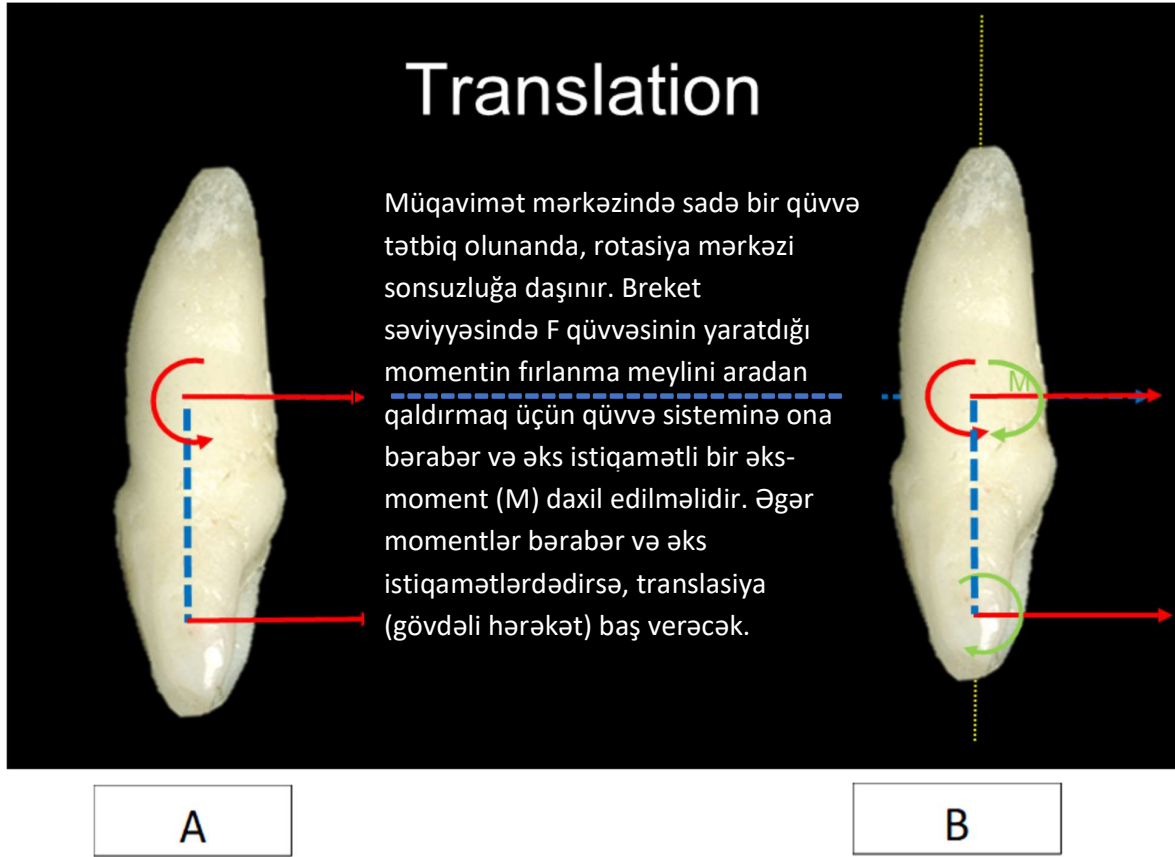
Şəkil 44: İki fərqli diametrli dairəvi məftillə sürüşdürmə mexanikası (kəsici diş retraksiyasında)



Şəkil 45: İki fərqli diametrli düzbucaq məftillə sürüşdürmə mexanikası (kəsici diş retraksiyasında)

8.5 Ekvivalent qüvvə sistemləri

Yuxarıda təsvir olunan qüvvə sistemləri ilə bağlı problem odur ki, bu qüvvələr çox vaxt müqavimət mərkəzində yerləşir. Breketin müqavimət mərkəzinə yerləşdirilməsi mümkün deyil, çünki o kök səthindədir. Bu problemin həlli üçün ekvivalent qüvvə sistemlərini nəzərə almaq lazımdır. Ekvivalent qüvvə sistemləri — iki qüvvə sisteminin hər üç ölçüdə (x, y, z) bərabər, momentləri eyni və obyektə (və ya dişə) eyni təsir göstərən sistemlərdir. Ortodontiyada ekvivalent qüvvə sistemləri, qüvvə sistemi müqavimət mərkəzində və ya tac səviyyəsində (breket/borucuk) yerləşdirilsə belə, eyni təsiri yaradır.



Şəkil 46: Ekvivalent qüvvə sistemləri nümunəsi

A-dakı (müqavimət mərkəzində tətbiq olunan) qüvvə sistemi ilə B-də (qüvvə diş tacına tətbiq edilən) eyni təsiri — yəni translasiya (gövdəli hərəkət) — hansı növ qüvvə sistemi yaradacaq? Yuxarıda müzakirə olunan anlayışlardan və momentin qüvvəyə nisbətlərindən istifadə edərək bu problemi həll edə bilərik.

Ⓐ

$$F1 = -300g$$
$$\Sigma M = 0$$

Ⓑ

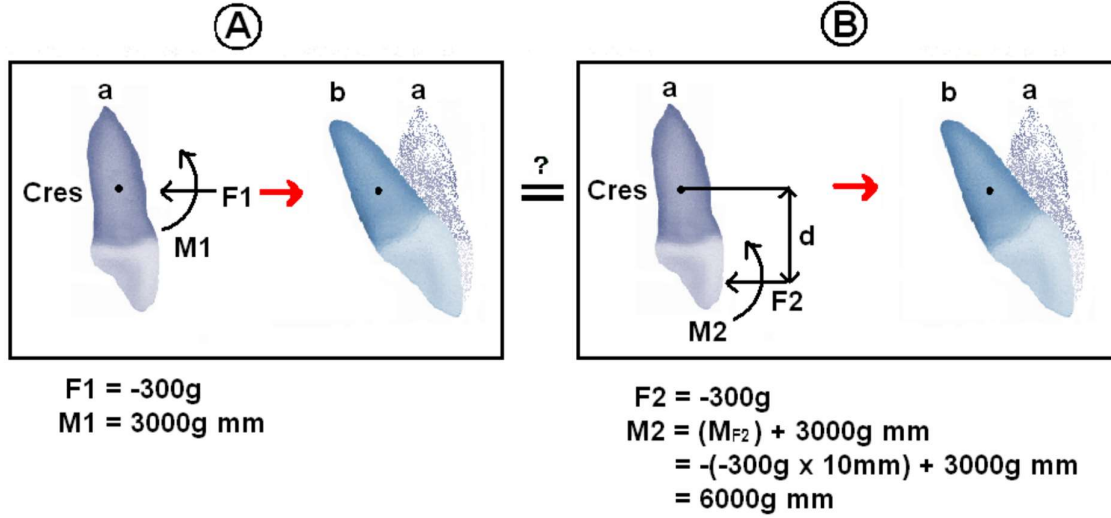
$$F2 = -300g$$
$$d = 10mm$$

$$M = F2 \times d = -3000g \text{ mm}$$

(this is the moment produced by the force F2 on the crown of the tooth)

Yalnız F2 diş üzərində bir moment yaratdığı üçün idarə olunmayan əyilmə (uncontrolled tipping) baş verər və diş müqavimət mərkəzi ətrafında fırlanardı (Crot = Cres). Buna görə də, A sistemində ekvivalent olan gövdəli hərəkəti B sistemində əldə etmək üçün tac səviyyəsində F2-nin yaratdığı momentin əks istiqamətində bir moment tələb olunur ki, B sistemindəki natamam moment sıfırlansın (A sistemində olduğu kimi). Beləliklə, moment $M = +3000 \text{ g mm}$.

Nümunə: Kök hərəkəti üçün tələb olunan ekvivalent qüvvə sistemini (Şəkil 47) nəzərdən keçirək.



Şəkil 47: Kök hərəkəti üçün ekvivalent qüvvə sistemlərinin müəyyənləşdirilməsində aparılan hesablamalar

Bu nümunədə A sistemində arzu olunan kök hərəkətini yaratmaq üçün müqavimət mərkəzinə qüvvə və moment təsir göstərir. B sistemində isə F2 qüvvəsinə bağlı bir moment mövcuddur (çünki F2 müqavimət mərkəzində deyil, tac səviyyəsində tətbiq olunur) və bu moment rotasiya mərkəzini nəzarətdə saxlamaq üçün kompensasiya edilməlidir. Dışda əlavə idarə olunan əyilmə (controlled tipping) yaratmaq üçün əlavə moment tətbiq edilir ki, nəticədə B sistemində A sistemi ilə ekvivalent nəticə əldə olunsun.

Hərəkətə nəzarət üçün bəzi ip ucları:

Momentin dəyişdirilməsi qüvvənin dəyişdirilməsindən daha məqsəduyğundur.

- İdarə olunan əyilmə (controlled tipping) üçün momenti azaldın (yəni M/F nisbətini azaldın).
- Gövdəli hərəkət üçün momenti elə tənzimləyin ki, ekvivalent qüvvə sistemi əldə olunsun.
- Kök hərəkəti üçün tacı sabitləyin (yəni momenti artırın).
- Sadəcə qüvvəni artırmaqla gövdəli hərəkət baş verməyəcək.

Müqavimət mərkəzindəki M/F nisbəti diş ətrafı toxumaya (PDL – periodontal bağa) təsiri müəyyənləşdirir. Gərgin olan PDL sahəsində (diş hərəkətinin əks istiqamətində) sümük əmələ gəlir, sıxılmış PDL sahəsində isə (diş hərəkəti istiqamətində) sümük sorulur.

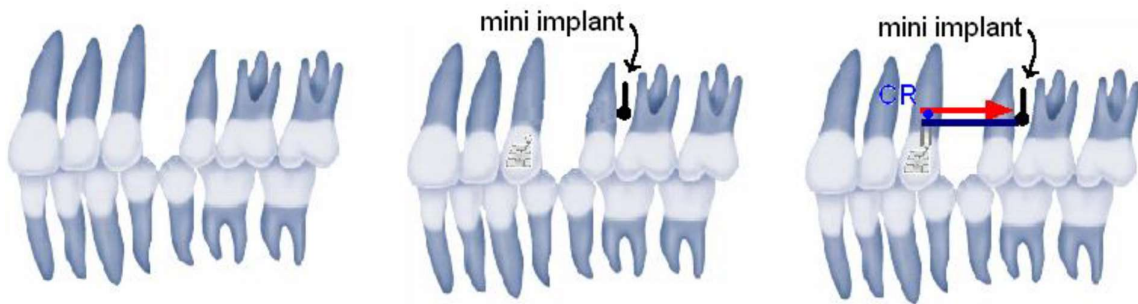
Unutmayın ki, M/F nisbətinin miqdarı kökün uzunluğundan və sümük relyefindən asılıdır (çünki breketlə müqavimət mərkəzi arasındakı məsafə dəyişə bilər). Məsələn, qısa dişlərdə translasiya hərəkəti üçün uzun dişlərlə müqayisədə daha az M/F nisbəti tələb olunur.

9. ANKORAJ

Ortodontiyada ankoraj (dayaq) çox vacib bir anlayışdır, çünki o, arzuolunmaz diş hərəkətlərinə qarşı müqaviməti təmin edir. Nyutonun üçüncü qanunu ankorajın izahında əsas rol oynayır: hər bir təsirə bərabər bir əks istiqamətli reaksiya mövcuddur. Buna görə də, dişləri hərəkət etdirmək üçün tətbiq olunan qüvvə sistemi ankoraj sistemində eyni böyüklükdə, lakin əks istiqamətli reaksiya qüvvəsi yaradır. Ankoraj diş qövsü daxilində (intra-arch), diş qövsləri arasında (inter-arch) və ya ekstraoral ola bilər və hər biri müxtəlif dərəcədə sabitlik və ya arzuolunmaz hərəkətlərə qarşı müqaviməti təmin edir. Məsələn, dişlər, palatinum, neyromuskulyar sistem, implantlar və ağızıxarici strukturlar ankoraj kimi istifadə oluna bilər.

Tələb olunan ankorajın miqdarı müalicə planından asılıdır. Məsələn, çəkilməmiş dişin yerini bağlamaq üçün əsasən üç seçim mövcuddur; yalnız ön seqmenti geri çəkmək (arxa dişlər sabit qalır); ön dişləri geri çəkmək və eyni zamanda arxa dişləri irəli hərəkət etdirmək; yalnız arxa dişləri irəli hərəkət etdirmək.

Maksimal ankoraj implantların (mikro, mini, damaq implantları) və ağızıxarici aparatların (headgear-lərin) istifadəsi ilə əldə edilə bilər. Maksimal ankoraj o zaman baş verir ki, dayaq vahidi (dayaq dişlər və ya strukturlar) hərəkət etmir, yalnız dişlər və ya diş qrupları hərəkət etdirilir. Yalnız ağızıçı aparatlarla (implantsız) bunu tam şəkildə əldə etmək çətindir, çünki həmişə dayaq vahidlərinə təsir edən dentoalveolyar reaksiya mövcuddur. Ağızıçı aparatlardan misal olaraq, yüksək səviyyədə (lakin maksimum qədər olmasa da) ankoraj təmin edən qövslər arası Herbst aparatı göstərilə bilər.



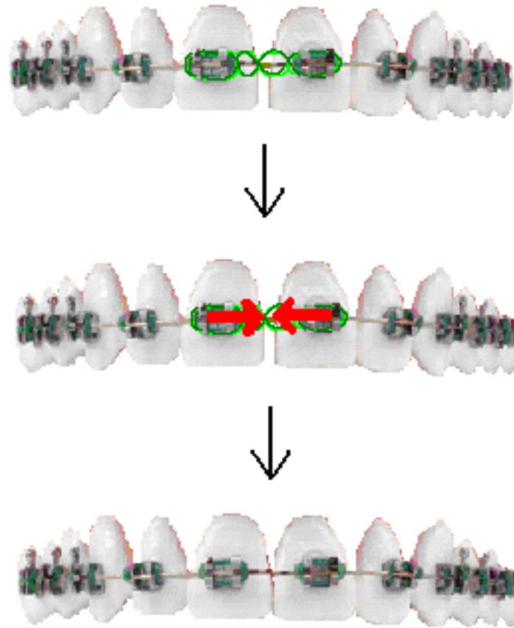
Şəkil 48: Köpək dişin (kanin) retraksiyası üçün mini-implantların istifadəsi

Mikro-implantların istifadəsi ortodontiyada getdikcə daha populyar olur. Aşağıdakı nümunədə göstərilir ki, köpək dişi mikro-implant vasitəsilə gövdəli şəkildə distal istiqamətə hərəkət etdirilə bilər (Şəkil 48). Bu halda dişin distal gövdə hərəkəti baş verir, çünki qüvvə müqavimət mərkəzinə daha yaxındır. Qeyd etmək lazımdır ki, implantlarla (xüsusilə alveolar sümüyün yanaq səthində yerləşdirilənlərdə) istənilməyən hərəkət digər müstəvidə (yanaq istiqamətə) baş verə bilər. Bu, sistemdə istifadə olunan məftilin növü ilə minimuma endirilə bilər (məftillərin müzakirəsinə baxın).

Orta növ ankoraj zamanı, dayaq vahidinin hərəkəti, amma hərəkət etdirilən dişlərdən daha az hərəkət etdiyi vəziyyətdə baş verir. Orta ankoraj növü adətən ağızıçı aparat və ya diş qrupuyla əldə edilir.

Maksimal və orta ankoraj kombinasiyaları da istifadə oluna bilər. Məsələn, ikinci premoların çəkilməsi vəziyyətində birinci premoları distal istiqamətə hərəkət etdirmək istəyiriksə, birinci moları ikinci molarla bağlayaraq sabitləşdirə bilərik. Əgər bütün ön seqmenti geri çəkməyə çalışırıqsa, əlavə ankoraj tələb olunur və headgear əlavə edilə bilər. Sistem ankorajını artırmaq üçün ya birlikdə bağlanan dişlərin sayını artırmaq, ya da əlavə ağızıxarici ankoraj əlavə etmək olar, bu isə müalicənin məqsədindən asılıdır.

Ankorajın olmadığı vəziyyət qarşılıqlı hərəkətdir (reciprocal movement), məsələn, diastemanın bağlanması (Şəkil 49).



Şəkil 49: Diastemanın bağlanmasında qarşılıqlı hərəkət (reciprocal movement)

9.1 Tədbirlər

9.1.1 Köpək dişin retraksiyası

Premoların çəkilməsindən sonra yaranan boşluğu bağlamaq üçün əvvəlcə köpək dişi geri çəkilə bilər, sonra isə ön dişlər, və ya alternativ olaraq, altı ön diş eyni anda geri çəkilə bilər (en masse retraction). Retraksiyanın biotexnikasını nümayiş etdirmək üçün bu nümunədə köpək dişin geri çəkilməsi istifadə olunacaq. Diş, istiqamətləndirici məftil qövs boyunca distal hərəkətverici qüvvəyə məruz qalır. Qüvvə müqavimət mərkəzinin oklüzal səthindən tətbiq olunduğu üçün dişdə əyilmə (tipping) hərəkəti baş verir. Bu əyilmə hərəkəti breket və məftil qövs tərəfindən yaradılan qüvvə cütünü (force couple) ilə kompensasiya olunur və nəticədə dişin uzun oxunun bucağı demək olar ki, dəyişmir. Bu əks qüvvə cütünü əlbəttə ki, məftil qövs ölçüsünə və kəsik formasına bağlıdır. Qüvvə cütünün yaranması üçün məftil breket pazu tam doldurulmalıdır. Bu hərəkətin nəticəsi olaraq, kökü qonşu dişlərin köklərinə paralel olan, geri çəkilmiş və dik vəziyyətdə duran kənar diş əldə olunur.

9.1.2 Klinik diş tacının uzadılması üçün və implant yerləşdirilməsi üçün ekstrüziya

Diş hərəkətlərinin klinik tətbiqləri ortodontiyanın bir hissəsi olmaqla yanaşı, digər ixtisas sahələrinə də aiddir. Məsələn, əgər dişin klinik tac uzunluğunu artırmaq istəyiriksə və periodontal prosedurla bunu əldə etmək mümkün deyilsə (məsələn, estetik baxımdan həssas ön bölgədə), ortodontik ekstrüziya bir seçim ola bilər.

Ortodontik ekstrüziya müalicə məqsədlərinə və istifadə olunan ortodontik aparatın mexanikasına (qüvvələrinə) görə sürətli və ya yavaş ola bilər. Məsələn, ortodontik ekstrüziya implant üçün hazırlıq sahəsi yaratmaq məqsədilə istifadə oluna bilər.

10. TÖVSIYƏ OLUNAN ƏDƏBİYYAT:

Andrews, L. F. (1979). "The straight-wire appliance." *British Journal of Orthodontics* 6(3): 125-143.

Antoszewska, J. and N. Küçükkeles (2011). *Biomechanics of Tooth-Movement: Current Look at Orthodontic Fundamental*, INTECH Open Access Publisher.

Barlow, M. and K. Kula (2008). "Factors influencing efficiency of sliding mechanics to close extraction space: a systematic review." *Orthodontics & craniofacial research* 11(2): 65-73.

Beertsen, W., C. A. McCulloch and J. Sodek (1997). "The periodontal ligament: a unique, multifunctional connective tissue." *Periodontology* 2000 13(1): 20-40.

Begg, P. R. (1954). "Stone Age man's dentition: with reference to anatomically correct occlusion, the etiology of malocclusion, and a technique for its treatment." *American Journal of Orthodontics* 40(4): 298-312.

Bridges, T., G. King and A. Mohammed (1988). "The effect of age on tooth movement and mineral density in the alveolar tissues of the rat." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 93(3): 245-250.

Brudvik, P. and P. Rygh (1993). "The initial phase of orthodontic root resorption incident to local compression of the periodontal ligament." *The European Journal of Orthodontics* 15(4): 249-263.

Burstone, C. J. (1962). "Rationale of the segmented arch." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 48(11): 805-822.

Burstone, C. J. (2011). "Application of bioengineering to clinical orthodontics." *Orthodontics-E-Book: Current Principles and Techniques*: 345.

Burstone, C. J. and H. A. Koenig (1974). "Force systems from an ideal arch." *American journal of orthodontics* 65(3): 270-289.

Burstone, C. J. and H. A. Koenig (1988). "Creative wire bending—the force system from step and V bends." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 93(1): 59-67.

Burstone, C. J. and R. J. Pryputniewicz (1980). "Holographic determination of centers of rotation produced by orthodontic forces." *American journal of orthodontics* 77(4): 396-409.

Cahill, D. R. and S. C. Marks (1980). "Tooth eruption: evidence for the central role of the dental follicle." *Journal of Oral Pathology & Medicine* 9(4): 189-200.

Cai, Y., X. Yang, B. He and J. Yao (2015). "Finite element method analysis of the periodontal ligament in mandibular canine movement with transparent tooth correction treatment." *BMC oral health* 15(1): 106.

Caputo, M., C. Di Luzio, A. Bellisario, F. Squillace and M. L. Favale (2017). "Evaluation Of The Effectiveness Of Clear Aligners Therapy In Orthodontic Tooth Movement."

Castroflorio, T., F. Garino, A. Lazzaro and C. Debernardi (2013). "Upper-incisor root control with Invisalign appliances." *J Clin Orthod* 47(6): 346-351.

Chen, G., F. Teng and T.-M. Xu (2016). "Distalization of the maxillary and mandibular dentitions with miniscrew anchorage in a patient with moderate Class I bimaxillary dentoalveolar protrusion." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 149(3): 401-410.

Choy, K., E.-K. Pae, K.-H. Kim, Y. C. Park and C. J. Burstone (2002). "Controlled space closure with a statically determinate retraction system." *The Angle Orthodontist* 72(3): 191-198.

- Cobo, J., A. Sicilia, J. Argüelles, D. Suárez and M. Vijande (1993). "Initial stress induced in periodontal tissue with diverse degrees of bone loss by an orthodontic force: tridimensional analysis by means of the finite element method." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 104(5): 448-454.
- Cope, J. (2011). "An interview with Jason Cope." *Dental Press Journal of Orthodontics* 16(2): 36-46.
- Epstein, M. B. (2002). Benefits and rationale of differential bracket slot sizes: the use of 0.018-inch and 0.022-inch slot sizes within a single bracket system.
- Fiorelli, G., B. Melsen and C. Modica (2001). "Differentiated orthodontic mechanics for dental midline correction." *Journal of clinical orthodontics: JCO* 35(4): 239.
- Garino, F., T. Castroflorio, S. Daher, S. Ravera, G. Rossini, G. Cugliari and A. Deregibus (2016). "Effectiveness of composite attachments in controlling upper-molar movement with aligners." *J Clin Orthod* 50(6): 341-347.
- Gebeck, T. R. and L. L. Merrifield (1995). "Orthodontic diagnosis and treatment analysis—concepts and values. Part I." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 107(4): 434-443.
- Gebeck, T. R. and L. L. Merrifield (1995). "Orthodontic diagnosis and treatment analysis—concepts and values: part II." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 107(5): 541-547.
- Geramy, A., K. Tanne, M. Moradi, H. Golshahi and Y. Farajzadeh Jalali (2016). "Finite element analysis of the convergence of the centers of resistance and rotation in extreme moment-to-force ratios." *Int Orthod* 14(2): 161-170.
- Geron, S., R. Romano and T. Brosh (2004). "Vertical forces in labial and lingual orthodontics applied on maxillary incisors—a theoretical approach." *The Angle Orthodontist* 74(2): 195-201.
- Giancotti, A. and A. A. Gianelly (2001). "Three-Dimensional Control in Extraction Cases Using a Bidimensional Approach." *World Journal of Orthodontics* 2(2).
- Giancotti, A., P. Mozzicato and M. Greco (2012). "En masse retraction of the anterior teeth using a modified bidimensional technique." *Journal of Clinical Orthodontics* 46(5): 267.
- Jacobs, R. and D. v. Steenberghe (1994). "Role of periodontal ligament receptors in the tactile function of teeth: a review." *Journal of periodontal research* 29(3): 153-167.
- Kim, S.-J., J.-W. Kim, T.-H. Choi and K.-J. Lee (2014). "Combined use of miniscrews and continuous arch for intrusive root movement of incisors in Class II division 2 with gummy smile." *The Angle Orthodontist* 84(5): 910-918.
- Koenig, H. A. and C. J. Burstone (1989). "Force systems from an ideal arch—large deflection considerations." *The Angle Orthodontist* 59(1): 11-16.
- Kojima, Y. and H. Fukui (2014). "A finite element simulation of initial movement, orthodontic movement, and the centre of resistance of the maxillary teeth connected with an archwire." *European Journal of Orthodontics* 36(3): 255-261.
- Krishnan, V. and Z. e. Davidovitch (2006). "Cellular, molecular, and tissue-level reactions to orthodontic force." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 129(4): 469. e461-469. e432.
- Kurol, J. and P. Owman-Moll (1998). "Hyalinization and root resorption during early orthodontic tooth movement in adolescents." *The Angle orthodontist* 68(2): 161-166.
- Kusy, R. P. and J. C. Tulloch (1986). "Analysis of moment/force ratios in the mechanics of tooth movement." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 90(2): 127-131.
- Lavigne, G., J. Kim, C. Valiquette and J. Lund (1987). "Evidence that periodontal pressoreceptors provide positive feedback to jaw closing muscles during mastication." *Journal of Neurophysiology* 58(2): 342-358.

Lekic, P. and C. McCulloch (1996). "Periodontal ligament cell populations: the central role of fibroblasts in creating a unique tissue." *The Anatomical Record* 245(2): 327-341.

Lindauer, S. J. (2001). *The basics of orthodontic mechanics*. Seminars in Orthodontics, Elsevier.

McCulloch, C. A. and S. Bordin (1991). "Role of fibroblast subpopulations in periodontal physiology and pathology." *Journal of periodontal research* 26(3): 144-154.

Mcculloch, C. A., P. Lekic and M. D. Mckee (2000). "Role of physical forces in regulating the form and function of the periodontal ligament." *Periodontology* 2000 24(1): 56-72.

Meling, T. R., J. Ødegaard and E. Ø. Meling (1997). "On mechanical properties of square and rectangular stainless steel wires tested in torsion." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 111(3): 310-320. Melsen, B. (1999). "Biological reaction of alveolar bone to orthodontic tooth movement." *The Angle orthodontist* 69(2): 151-158.