Orthodontic Biomechanics

الميكانيك الحيوي التقويمي

TRANSLATED AND SET BY: **RADWAN A.HAFFAF**, BDS

SUPERVISED BY: **A.K.HASAN**, DDS, DDO, MS, PHD

DEPARTMENT OF ORTHODONTICS AND DENTOFACIAL ORTHOPAEDICS

TISHREEN UNIVERSITY , SYRIAN ARAB REPUBLIC

مقدمة:

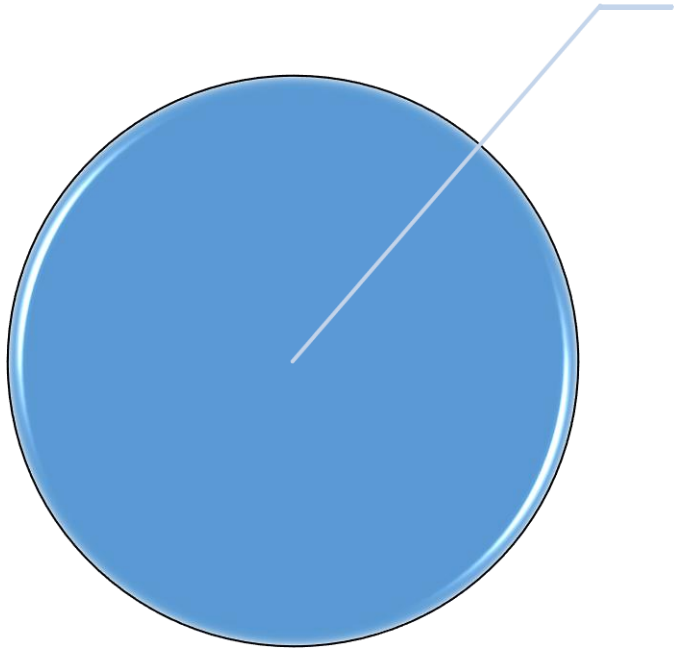
- تتطلب عملية تحريك الأسنان في المعالجات التقويمية تطبيق قوى واستجابة من النسج حول السنية لهذه القوى. تخضع هذه القوى للمبادئ الفيزيائية مثل قوانين نيوتن وهوك. وسوف نستعرض في البداية التعاريف الأساسية والمفاهيم والمبادئ الفيزيائية القابلة للتطبيق مع الحركة السنية والذي سيشكل أرضية المحاضرات الأخرى.

قوانين نيوتن:

إن جميع قوانين نيوتن (١٦٤٢-١٧٢٧) والتي تعالج العلاقة بين القوى المؤثرة على الأجسام وبين حركة تلك الأجسام هي كلها قابلة للتطبيق في تقويم الأسنان السريري.

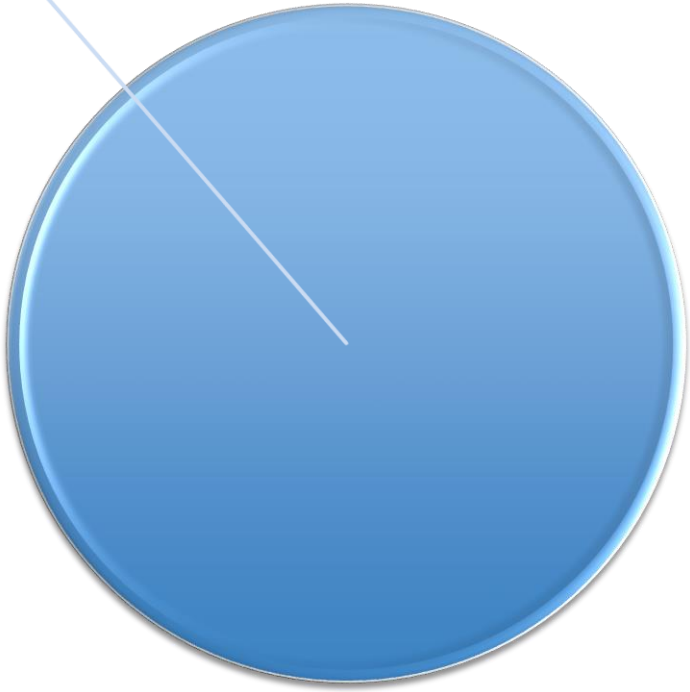
قانون العطالة:

يعالج قانون العطالة التوازن الساكن للأجسام. إن كل جسم كان في حالة من السكون أو حركة متناسقة ضمن خط مستقيم سيكمل في حالته نفسها إن لم يجبر على التغيير بفعل القوى المطبقة عليه.



قانون التسارع:

ينص قانون التسارع على أن التغير في الحركة متناسب مع القوى المحركة المطبقة. يكون التسارع ضمن نفس اتجاه الخط المستقيم الذي تطبق فيه القوة ويحسب على أنه نسبة القوة إلى الكتلة. (a= F/m, where a= acceleration ,F= force, and m = mass).

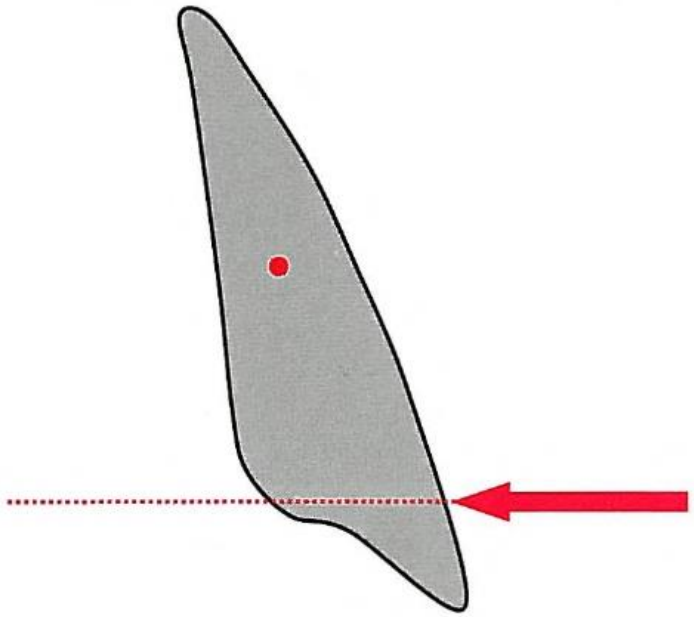


قانون الفعل ورد الفعل:

إن رد فعل جسمين كل منهما نحو الآخر هو دائماً متساوٍ وفي اتجاه متعاكس.

على هذا فإن لكل فعل يوجد دائماً رد فعل مساوٍ ومعاكس بالاتجاه.

الأشعة:



عندما يتم الوصل بين نقطتين من الفراغ يتم إنشاء خط فعل بين هتين النقطتين a line of action (خط قوة). وعندما يكون هناك حركة من إحدى النقطتين نحو الأخرى يتم تحديد الاتجاه.
مقدار هذه القوة يسمى شعاع، ويتم التعبير عنه بطول السهم وإن مكان تطبيقها يتم التعبير عنه بشكل نقطي. على سبيل المثال في الشكل يكون خط فعل شعاع القوة المطبقة على السطح الشفوي لتاج الثنية من قبل سلك القوس الشفوي لجهاز متحرك يكون أفقي.
الاتجاه خلفي (بما معناه من الأمام للخلف) وإن الكمية تحدد بطول السهم.

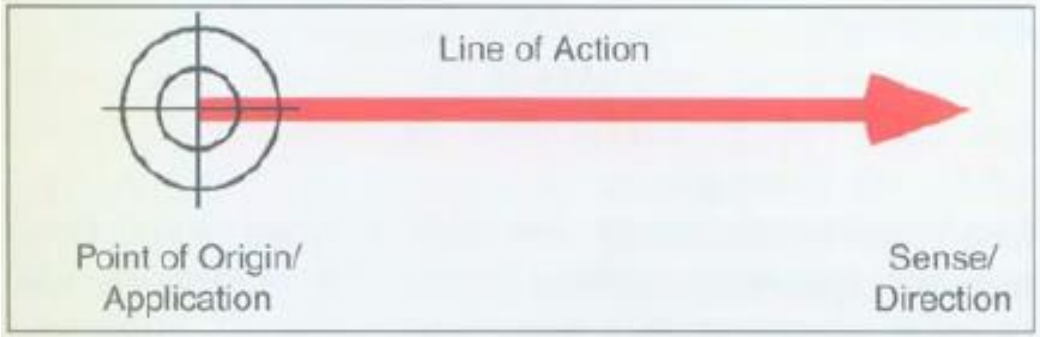


Fig. 1-4 Force vectors are characterized by magnitude, line of action, point of origin, and sense.

جمع الأشعة

- يتم تحديد الأشعة ضمن نظام إحداثيات. وإن استخدام محورين للإحداثيات يعتبر كافٍ بالنسبة للأشعة التي يكون ضمن نفس المستوي.
- في الشكل التالي إن الشعاع الناتج من شعاعي القوتين x ,y والذين هما على نفس خط الفعل وبنفس الاتجاه يساوي المجموع الجبري لهذين الشعاعين (x+y). بينما ناتج جمع شعاعين ضمن نفس خط الفعل وباتجاهين متعاكسين يمكم حسابه على أنه [x+(-y)].
- ناتج جمع شعاعين لديهما نقطة بداية مشتركة هو قطر متوازي المستطيلات الذي يكون هذين الشعاعين قطراه. يمكن أيضاً أن يتم الجمع بالوصل بين نقطة البداية وبين ذروة شعاع جديد منشأه نهاية الشعاع x وموازٍ للشعاع y.

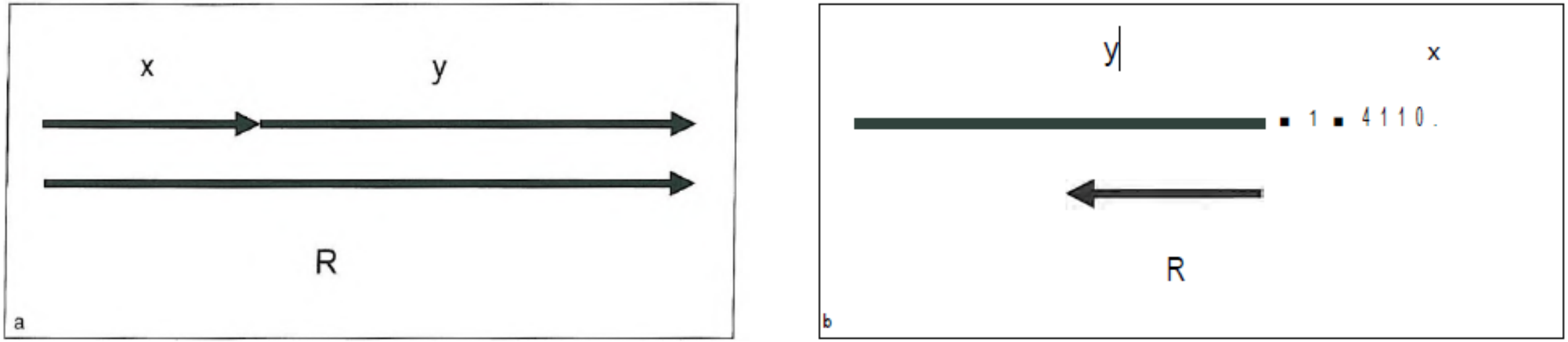


Fig 1.2 The resultant (R) of forces (x and y) on the same line of action and direction is $R = x + y$ *(a)* and the same line of action but in different directions is $R = x + (-y)$ *(b)*.

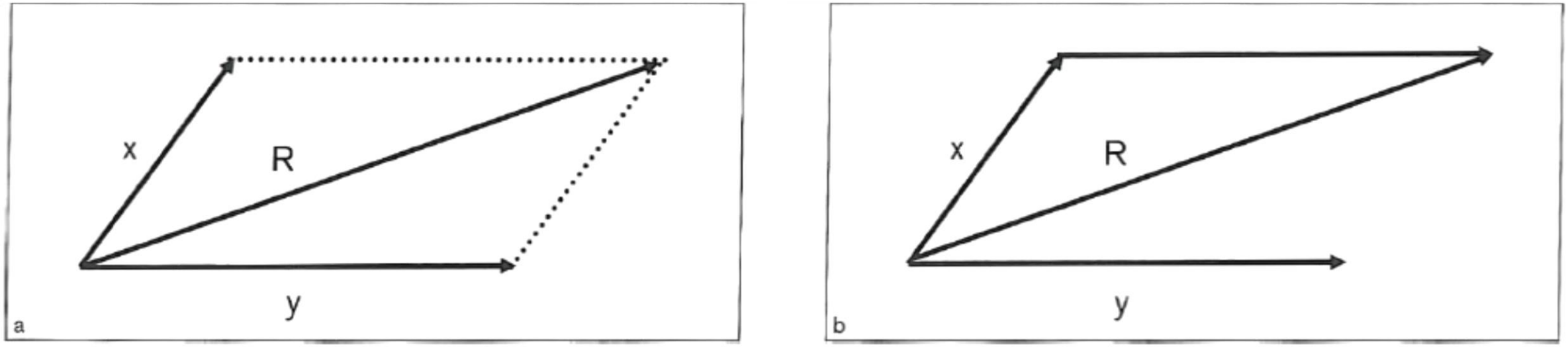


Fig 13 *(a)* The resultant (R) of the x and y vectors that have the same point of origin is the diagonal of the parallelogram with these vectors used as the sides. *(b)* R can also be obtained by drawing a vector parallel to vector y and extending from the tip of vector x, then drawing a line joining its tip to the origin of vector x.

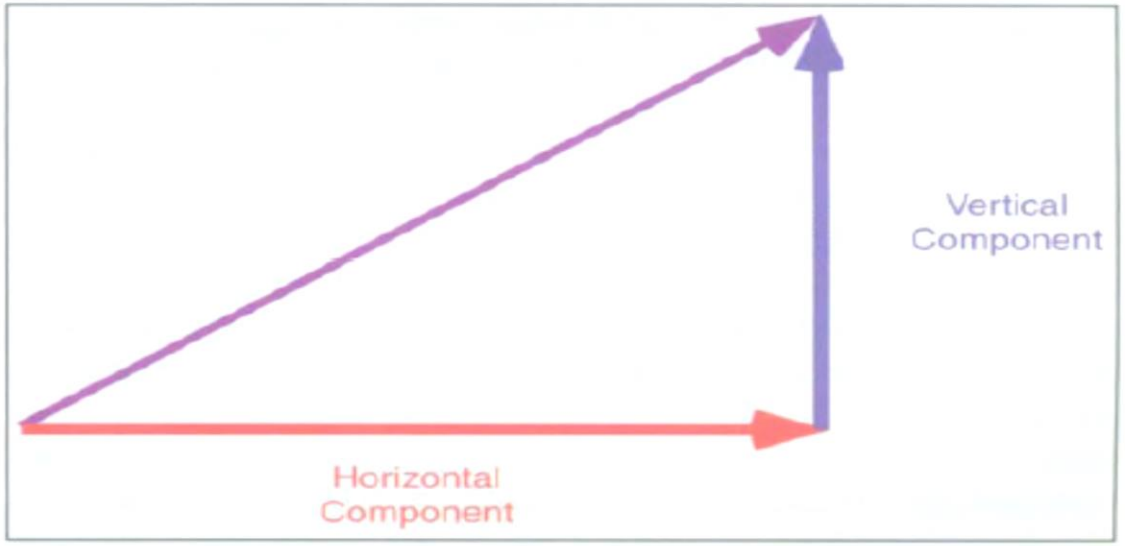


Fig. 1-6 Vector components. A vector can be analyzed by its components along reference axes.

جمع أشعة متعددة

- يتم ذلك بنفس طريقة حساب ناتج جمع شعاعين اثنين وعلى ذلك فإن الشعاع الثالث يتم إضافته إلى ناتج جمع الشعاعين الأول والثاني وهكذا.

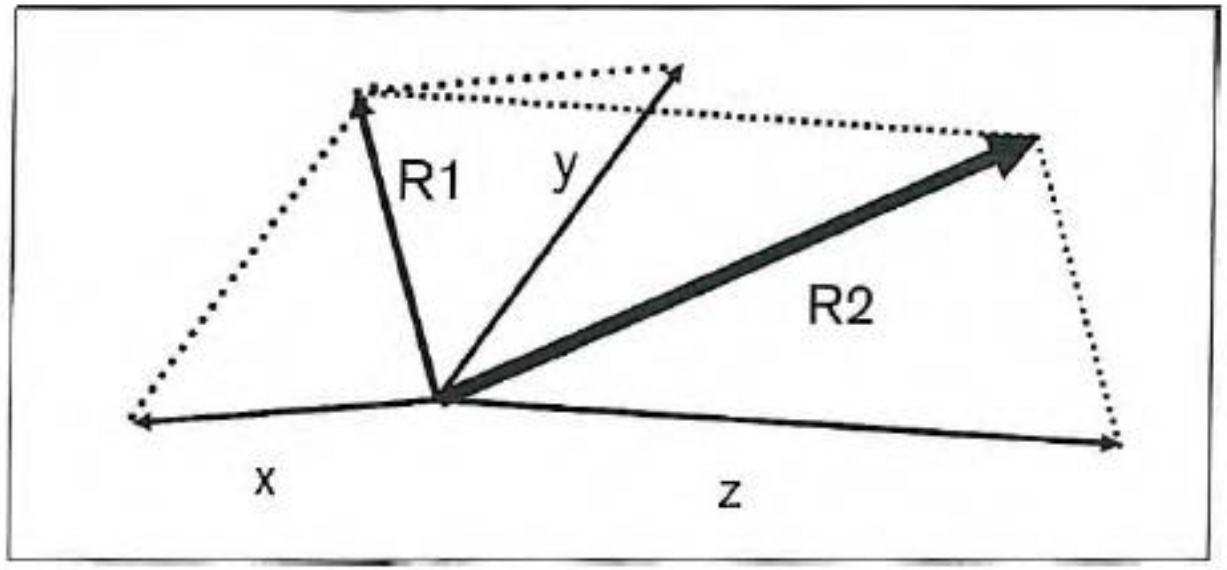


Fig 14 To find the sum of multiple vectors having the same point of origin, first draw the resultant (R1) of vectors x and y, thus defining the resultant (R2) of the z and R1 vectors (ie, $x + y = R1$; $z + R1 = R2$).

طرح شعاعين

- لتحديد الفرق بين شعاعين يتم رسم شعاع جديد y– باتجاه معاكس وذلك من ذروة الشعاع x وموازٍ للشعاع y ومن ثم يتم الوصل بين نقطة بداية الشعاع x ونهاية الشعاع y– . وعلى هذا فإن الشعاع الناتج هو من نقطة بداية الشعاع x وحتى ذروة الشعاع y–.

فصل شعاع إلى مكوناته

- من أجل فصل الشعاع الناتج إلى مكوناته يتم رسم خطين متوازيين من نقطة بداية ذلك الشعاع باتجاه مكوناته التي نبحث عنها. وعبر رسم خطوط متوازية من نهاية الشعاع نحو تلك الخطوط يتم تحقيق متوازي المستطيلات. إن ناتج جمع المكونات المحققة بفعل هذه الطريقة مساوي تماماً للشعاع الناتج.

- إن فصل شعاع ناتج إلى مكوناته يتم بشكل عام (بمرحلة أولى) ضمن المحورين المرجعيين x و y من أجل سهولة العرض والحسابات المثلثية (شكل ١-٦). لكن في الحقيقة فإنه من أجل الحسابات المعقدة فإن الأشعة يمكن أن تفصل إلى اتجاهات غير معدودة. على ما سبق فإن المحور x بشكل عام يقبل على أنه المحور الأفقي والمحور y يقبل على أنه المحور العمودي. لذا فإن المكون x للشعاع الناتج يعرف على أنه المكون الأفقي والمكون y يعرف على أنه المكون العمودي.

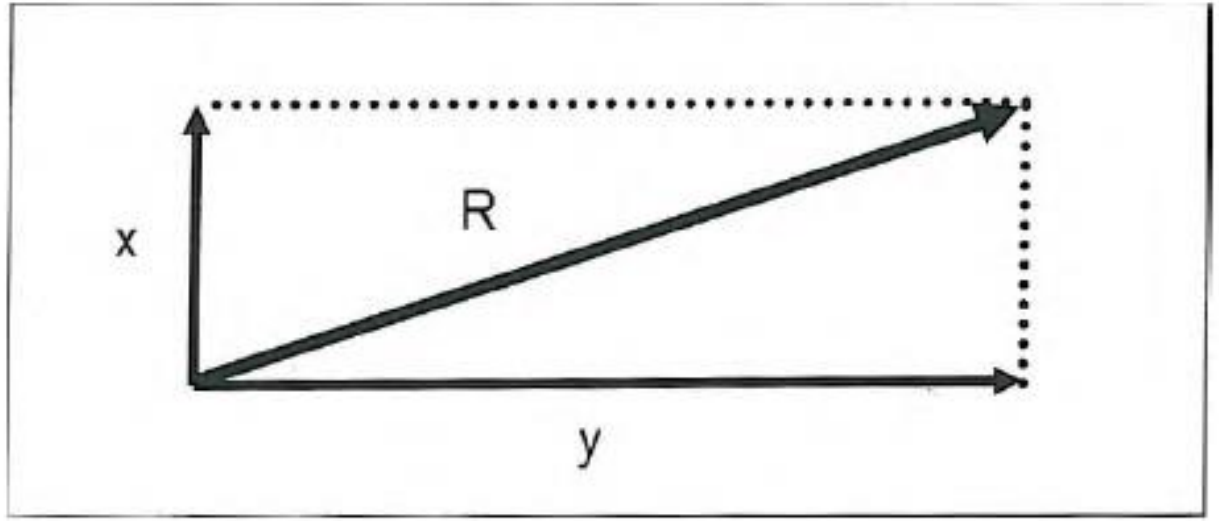
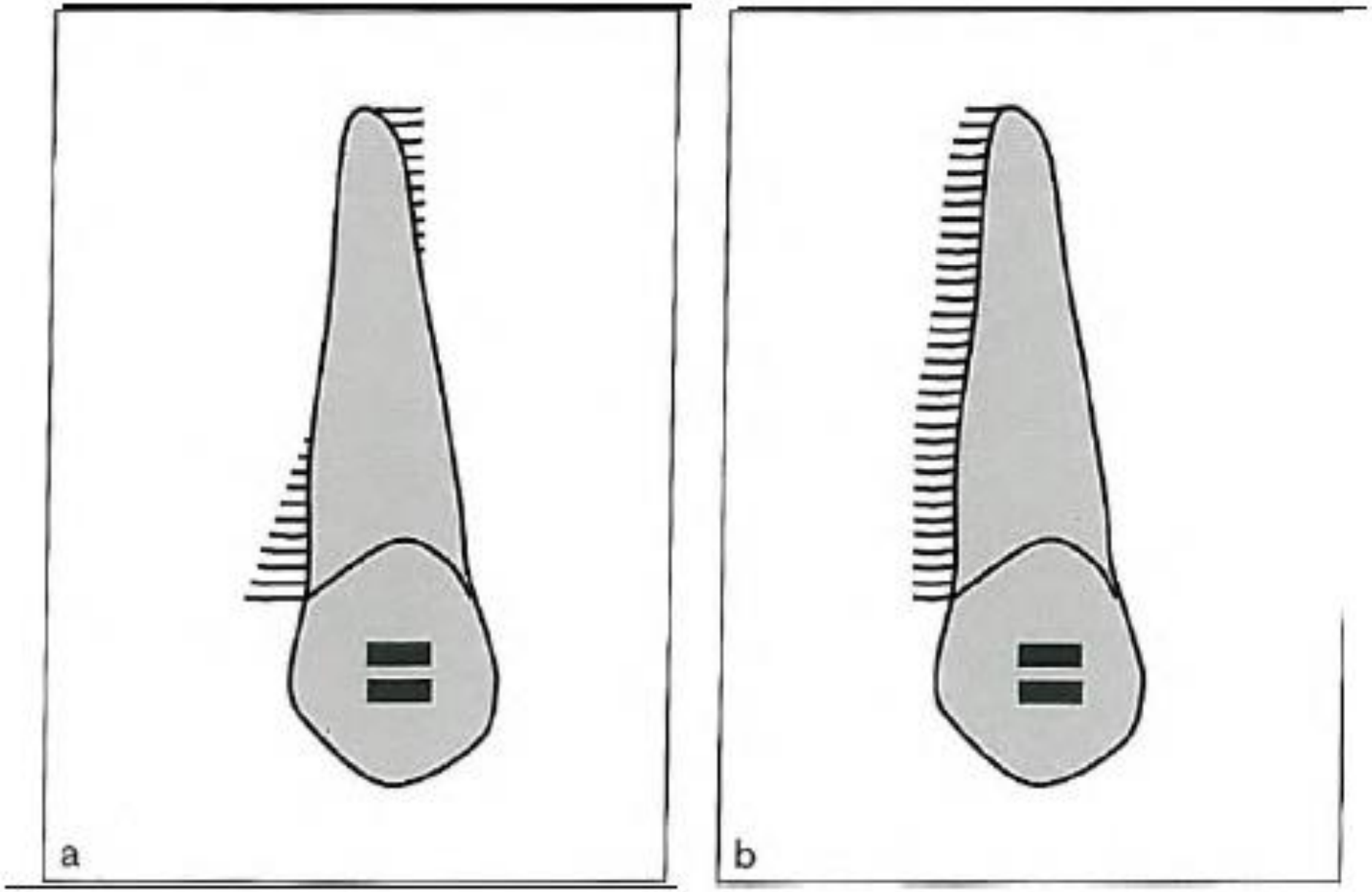


Fig 1.6 The separation of a resultant vector into components on an *x*- and y-axis coordinate system.

القوة

- القوة هي التأثير الذي يجعل جسم موجود في الفراغ يغير مكانه أو شكله. في التقويم تقاس القوة بالغرام أو الأونصة أو النيوتن. القوة هي شعاع لديه خط فعل ، اتجاه ، مقدار، ونقطة تطبيق. عند تطبيق القوى التقويمية فإن البعض العوامل مثل التوزع والمدة أيضاً مهمة. خلال إمالة سن تتركز القوة على الناتئ السنخي في جهة وعند الذروة في الجهة الأخرى. خلال الحركة الانتقالية تتوزع القوة بشكل متساوٍ على سطوح الجذر والعظم.


a
b

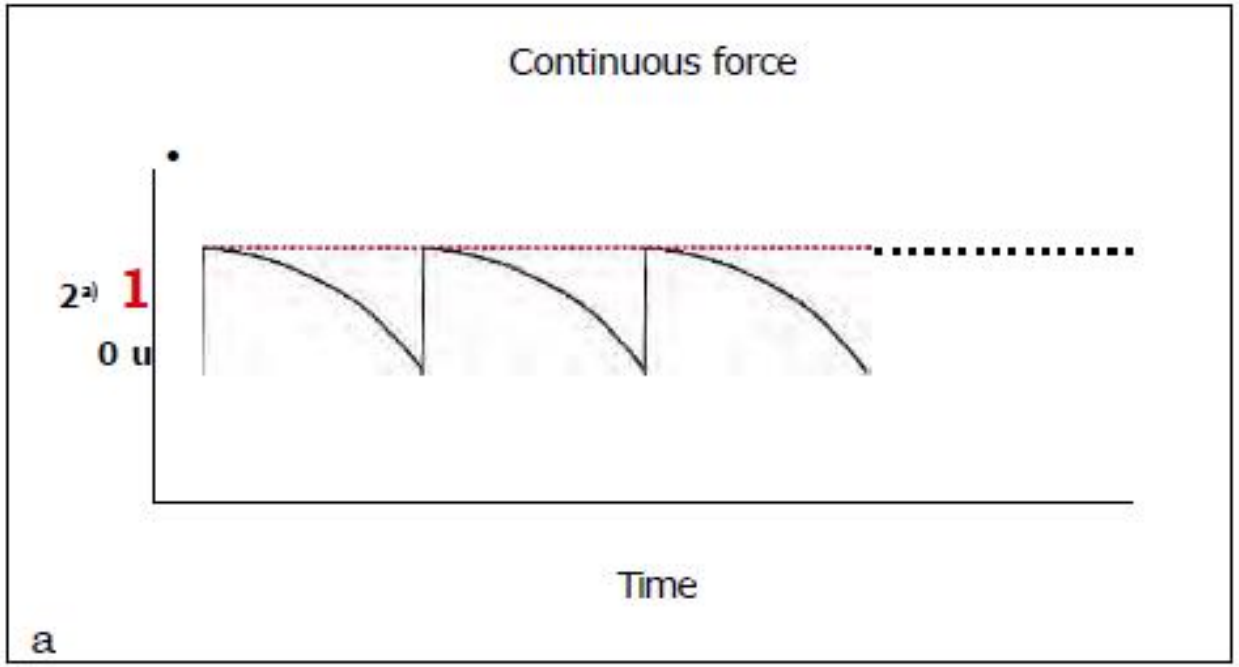
القوى بحسب مدتها

ثبات القوة

- سريرياً القوة المثالية هي ذلك المقدار من القوة التي تنتج أسرع حركة سنية من دون الإضرار بالنسج حول السنية أو إزعاج المريض. من أجل تحقيق استجابة حيوية مثالية في النسج حول السنية فإن القوة المستمرة الخفيفة تعتبر ذات أهمية.

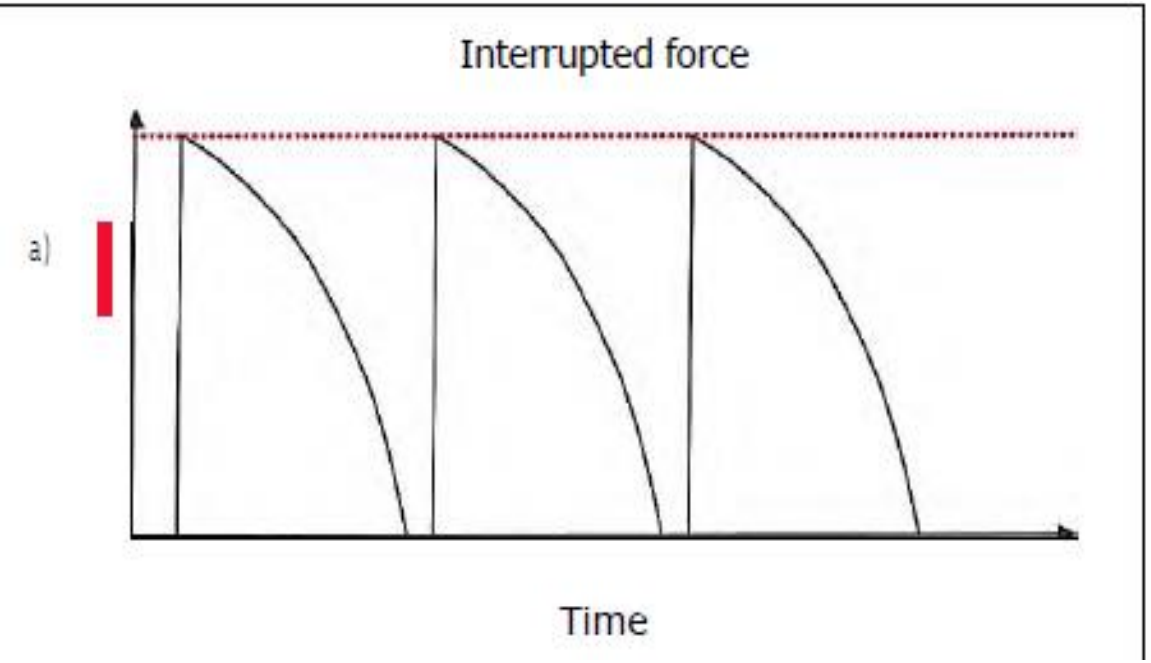
القوى المستمرة

- يمكن تحقيق قوة مستمرة عبر استخدام أسلاك لديها معدل حمولة \ انعطاف منخفض ومدى عمل مرتفع. في طور التسوية –حيث يكون هناك تفاوت معتبر في المستوى بين الأسنان – يكون من المفيد استخدام تلك الأسلاك للتحكم بالدعم والمحافظة على فواصل أطول بين الجلسات. تتضاءل القوة المستمرة ببطء لكنها أبداً لا تصل إلى القيمة صفر خلال فترتي تنشيط اثنتين (سريرياً هذه الفترة عادةً تكون شهر واحد) لذا ينتج لدينا حركة سنية ثابتة ومضبوطة. على سبيل المثال القوى المطبقة بواسطة نابض open coil من النيكل تيتانيوم هي قوة مستمرة.



القوى المتقطعة

- القوى المتقطعة تتناقص إلى القيمة صفر بفترة قصيرة بعد أن يتم تطبيقها. إن كانت القوة البدئية صغيرة نسبياً سيتحرك السن بمقدار صغير بفعل الامتصاص المباشر ومن ثم سيبقى في ذلك المكان حتى يعاد تنشيط الجهاز. بعد تطبيق القوى المتقطعة تمر النسج المحيطة بعملية ترميم حتى يحدث التنشيط الثاني. أفضل مثال عن العناصر الفعالة التي تطبق قوى متقطعة هو موسعة التوسيع السريع rapid expansion screw .



القوى المتناوبة

- خلال تطبيق القوى المتناوبة تتناقص القوى إلى القيمة صفر عندما يزيل المريض الجهاز. وعندما يضعه من جديد ضمن الفم فإنها تكمل من المستوى السابق متناقصة ببطء. يتم تطبيق القوى المتناوبة عبر الأجهزة خارج الفموية.

مركز المقاومة

- النقطة التي عبرها يتقاطع خط فعل شعاع القوة الناتج مع المحور الطولي للسن ناتجاً عن ذلك حركة انتقالية للسن تعرف على أنها مركز المقاومة. نظرياً مركز مقاومة السن يتوضع على جذره وقد تم تقصي هذا الموضع بشكل واسع. أظهرت الدراسات أن مركز المقاومة للأسنان مفردة الجذور هو على المحور الطولي للجذر وتقريباً على بعد ٢٤% -٣٥% من المسافة من الناتئ السنخي.

يتم الخلط

- أحياناً بين مركز المقاومة وبين مركز الكتلة. مركز الكتلة هو نقطة متوازنة لجسم حر في الفراغ تحت تأثير الجاذبية. على أية حال فإن السن هو جسم مقيد ضمن نسج حول سنية وعظمية محاطة بقوى عضلية. لذا فإن مركز المقاومة يجب أن يعتبر على أنه نقطة متوازنة للأجسام المقيدة.

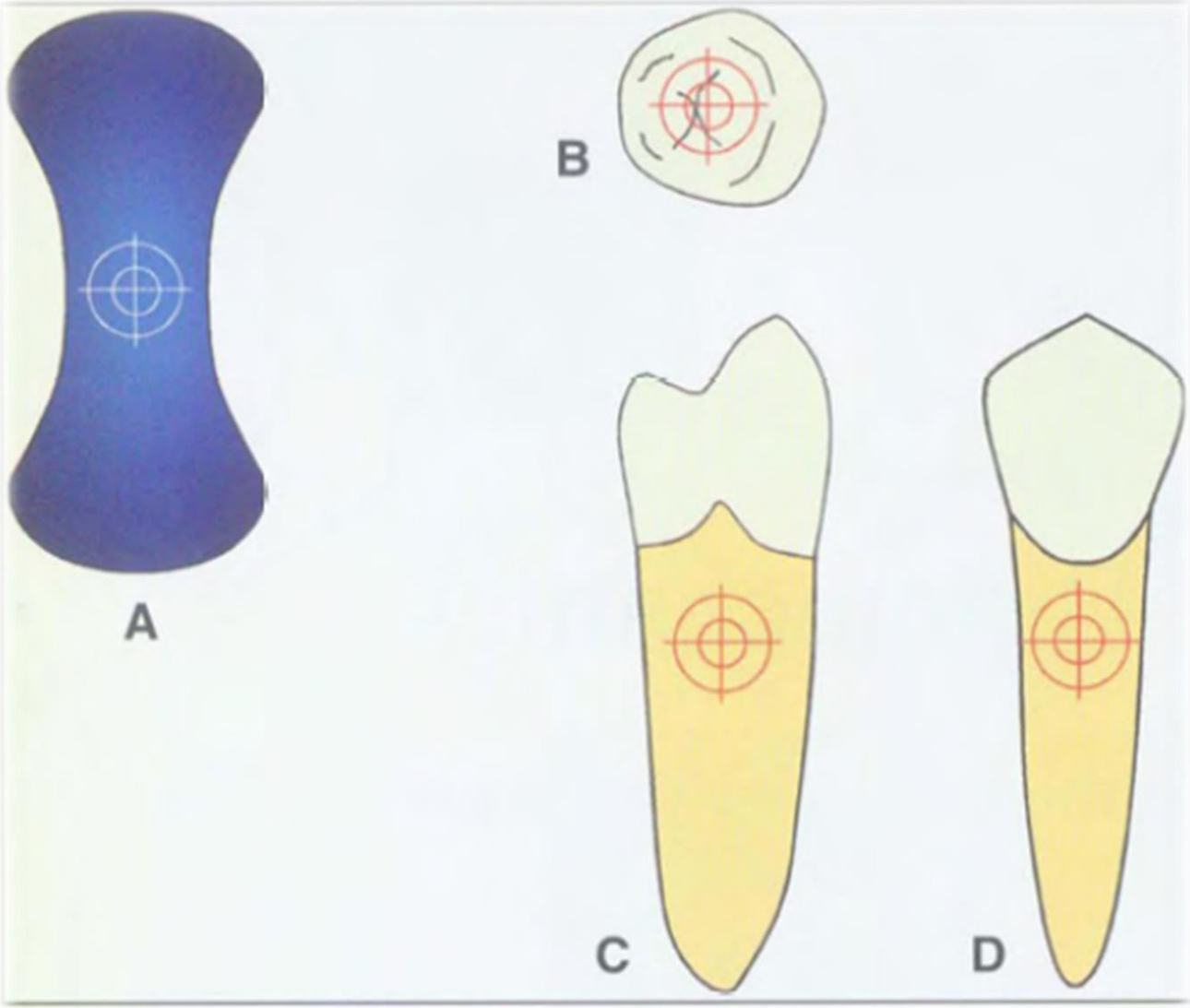
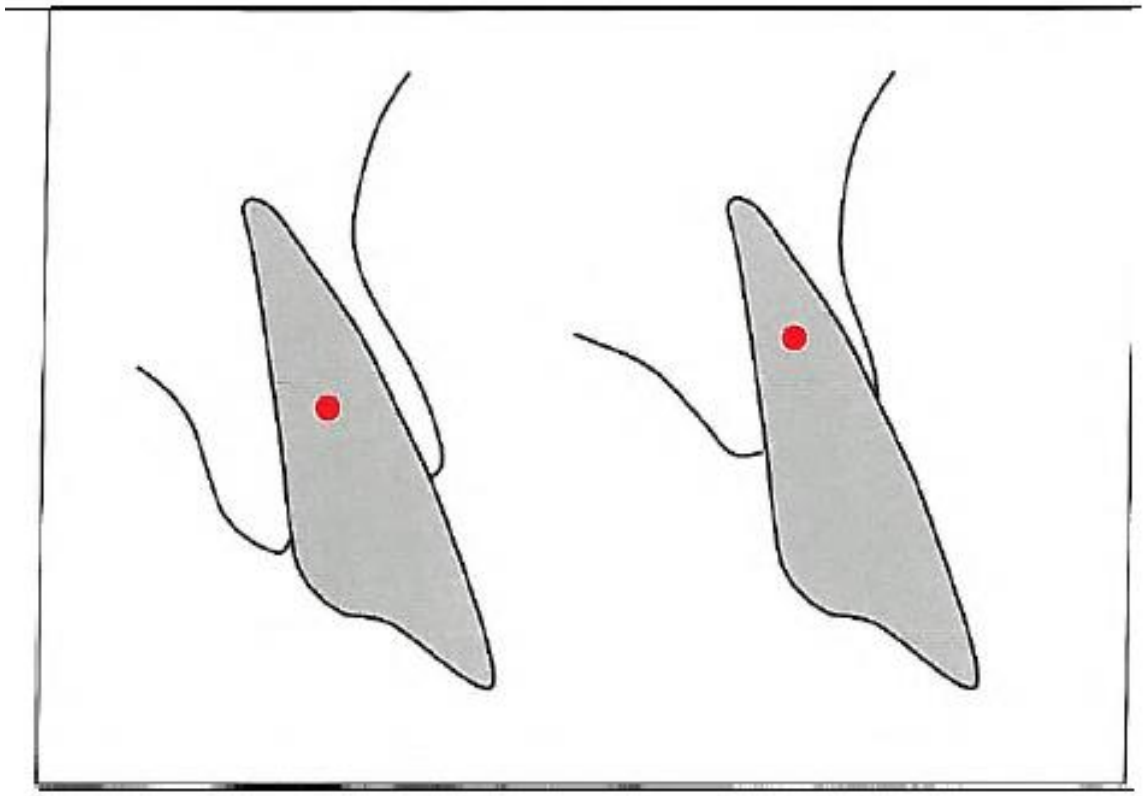


Fig. 1-1 Center of resistance. **A** Center of mass of a free body. **B** Frontal, **C** occlusal, and **D** mesial views of the center of resistance of a single tooth.

- مركز المقاومة هو خاص لكل سن على حدة. موضع هذه النقطة يعتمد على عدد الجذور، مستوى الناتئ العظمي السنخي وعلى طول وشكل الجذور. على هذا فإن مركز المقاومة أحياناً يتغير بفعل امتصاص الجذور أو فقد الدعم السنخي الناتج عن الأمراض حول السنية لاحظ الشكل. على سبيل المثال في حال فقد الدعم السنخي تتحرك هذه النقطة ذروياً.



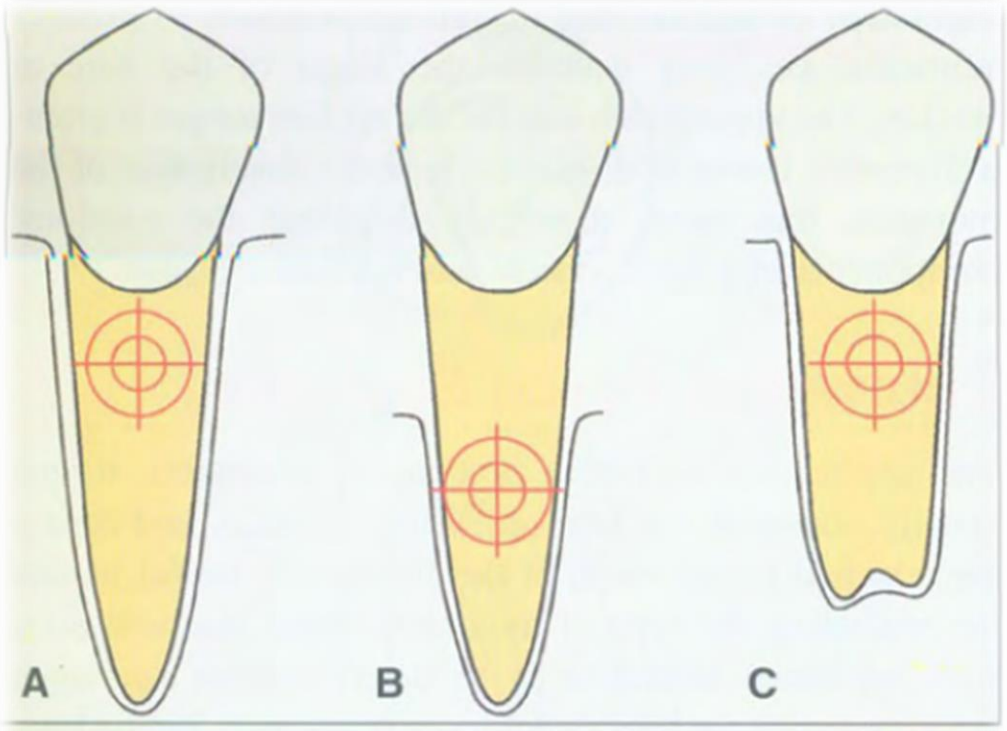


Fig. 1-3 Location of the center of resistance depends on the alveolar bone height and root length. **A** Location of the center of resistance with alveolar bone loss and **B** with a shortened root.

- مراكز مقاومة العظام الوجهية مثل الفك العلوي وأيضاً القوس السنية بالكامل يمكن تقديرها. الدراسات أبلغت ان مركز مقاومة الفك العلوي يتوضع إلى الأسفل من الحجاج بشكل قليل، وبالنسبة لحركات الغرز للأسنان الأمامية العلوية فإنه وحشي جذور الرباعيات

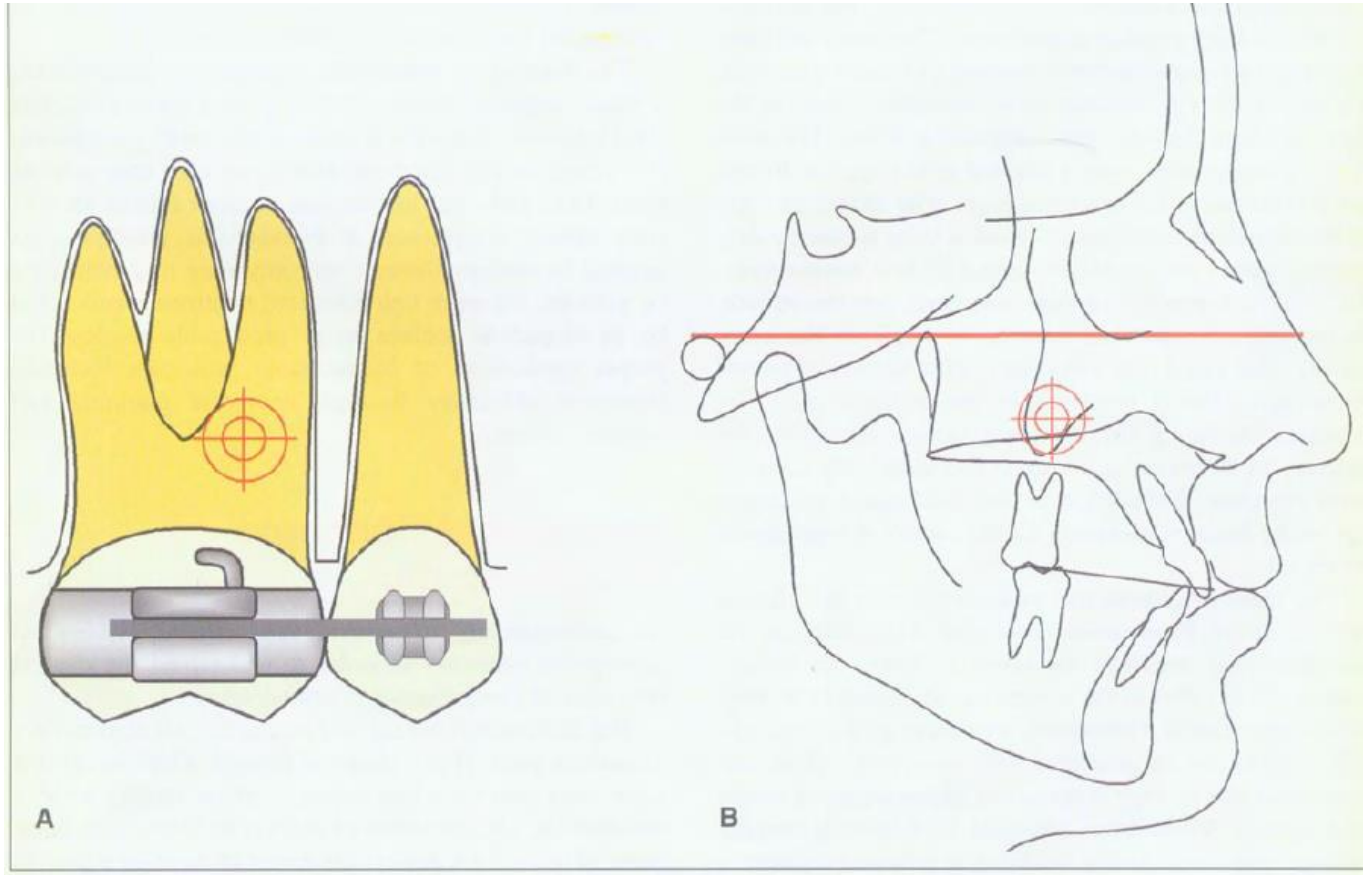


Fig. 1-2 Center of resistance for **A** a two-tooth segment and **B** a maxilla.

مركز الدوران

- مركز الدوران هو النقطة التي يدور حولها السن. موضع هذه النقطة يعتمد على منظومة القوى المطبقة على السن والذي هو معدل العزم إلى القوة the moment –to- force ratio (M\F).
- عندما يتم تطبيق زوج من القوة (مزدوجة) على السن تتطابق هذه النقطة مع مركز المقاومة (بما معناه أن السن يدور حول مركز مقاومته). في الحركة الانتقالية تصبح هذه النقطة غير محددة infinite . سيشرح هذا الموضع بالتفصيل لاحقاً عند الحديث عن نسبة العزم إلى القوة.

العزم

- العزم M هو نزعة القوة لإنتاج دوران أو إمالة في السن rotation or tipping. يتم تحديده عبر ناتج ضرب كمية القوة F بالمسافة العمودية D من مركز المقاومة حتى خط فعل تلك القوة. M=F x d. في الممارسة التقويمية يتم عادة حسابه بواحدة غرام – ملم . القوى التي تمر عبر مركز المقاومة لا تنتج عزم لأن المسافة عندها تكون صفراً. على هذا فإن السن لا يدور بل ينتقل. ولأن العزم يعتمد على مقدار القوة وعلى المسافة العمودية من مركز المقاومة فإنه من الممكن أن نحقق نفس تأثير العزم عبر مضاعفة المسافة وإنقاص كمية القوة إلى النصف والعكس بالعكس.

وحتى في حال لم تكن القوة كبيرة لكن المسافة من مركز المقاومة حتى خط الفعل معتبرة فإن النسج حول السنية يمكن أن تتضرر بشكل سلبي نتيجة للعزم الكبير.

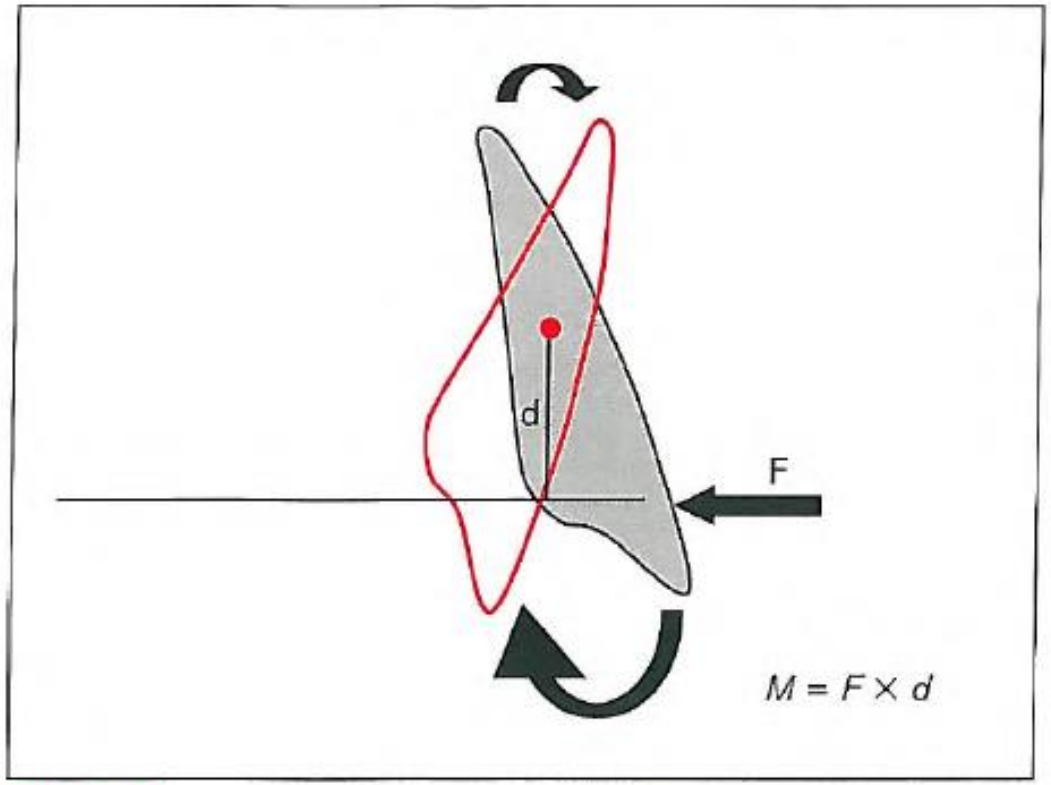


Fig 1-11 The line of action of any force (F) not passing through the center of resistance creates a moment (M), which is a rotational or tipping effect on the tooth. According to the formula $M = F \times d$, a moment is proportional to the magnitude of force and the distance (d) perpendicular from its line of action to the center of resistance.

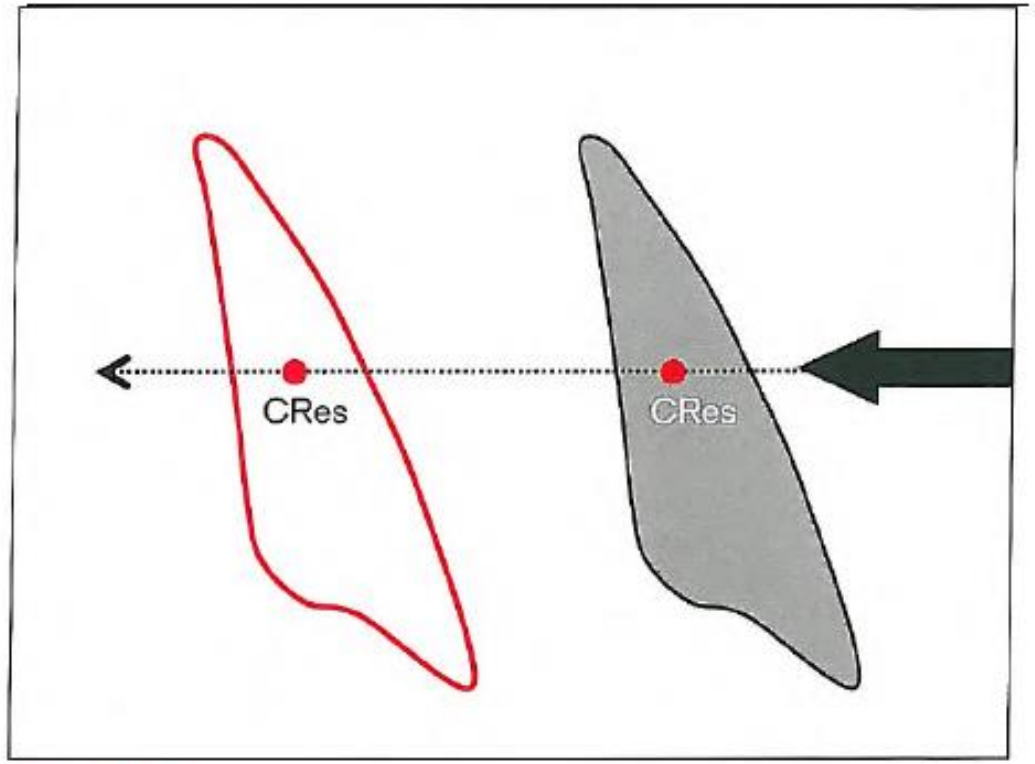


Fig 1-12 A force having a line of action passing through the center of resistance (CRes) causes translation of the tooth. During this movement, the center of resistance moves along the line of action of the force.

المزدوجة

- المزدوجة هي منظومة مكونة من قوتين متساويتين بالمقدار تعملان باتجاهين مختلفين. كل نقطة من الجسم الخاضع لمزدوجة يكون تحت تأثير دوراني بنفس الاتجاه وبنفس المقدار.

- لا يهم أين تطبق المزدوجة، الجسم سيدور حول مركز مقاومته. أي أن مركز المقاومة ومركز الدوران ينطبقان شكل ١-١٣. على سبيل المثال إمالة الجذر torque (مزدوجة نظام ثالث) (third-order couple) المطبقة على حاصرة ثنية تسبب إمالة السن حول مركز مقاومته. ستشرح هذه الظاهرة بالتفصيل عند الحديث عن منظومات القوة المتكافئة لاحقاً. يمكن أن ينجز حساب عزم مزدوجة عبر ضرب مقدار إحدى القوتين بالمسافة العمودية بين خطي الفعل.

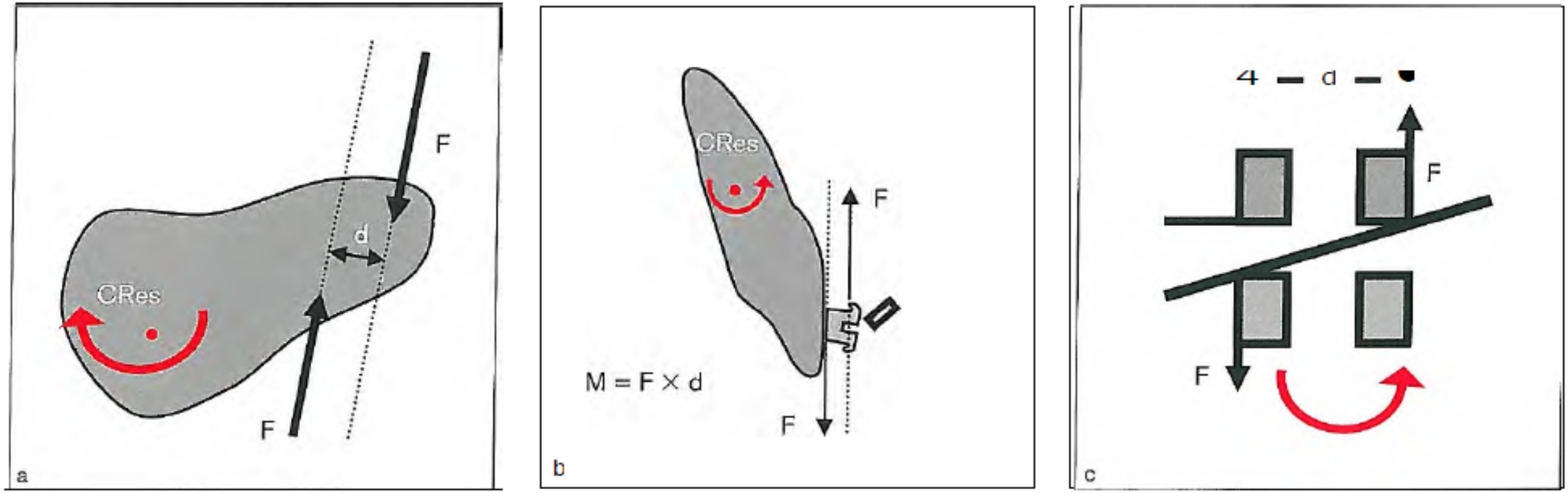


Fig 1-13 A couple causes an object to rotate around its center of resistance regardless of the point of application, thereby superimposing the center of resistance (CRes) and the center of rotation *(a)*. Two examples of fixed appliances in which the couple is applied are torque in the third order *(b)* and antitip in the second order *(c)*. In calculating the moment (M) of a couple, it is sufficient to multiply the magnitude of one of the forces (F) by the perpendicular distance (d) between the lines of action of these forces.

قابلية نقل القوة على خط فعلها

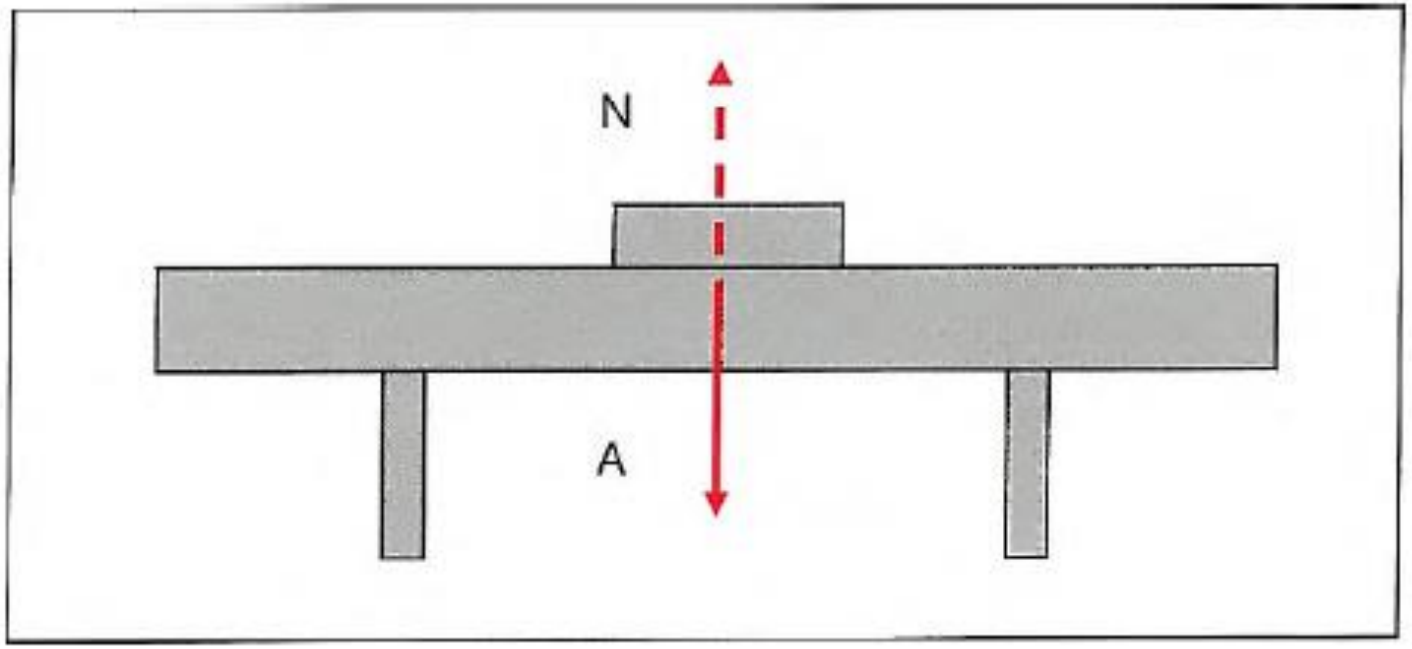
- يمكن نقل القوة عبر خط فعلها من دون أي تغير في طبيعتها الفيزيائية. وشريطة أن يكون خط الفعل نفسه فإن أي قوة تعمل على سن ما يمكن أن تبقى مؤثرة بشكل مساوٍ إن تم تطبيقها عبر الدفع وحشياً بواسطة open coil أو السحب وحشياً بواسطة سلسلة مطاطية. مبدأ نقل القوة ينص أن التأثير الخارجي لقوة تعمل على سن ما لا يتأثر بأي مكان تطبق فيه القوة على طول خط فعلها.

التوازن الساكن وتحليل الأجسام الحرة

- قواعد التوازن الساكن تطبق بشكل مشابه على كل جسم أو منظومة ميكانيكية وعلى كل جزء من ذلك الجسم أو المنظومة الميكانيكية. على هذا فإنه لجعل الأمر يسيراً من حيث فهم القوى المطبقة على منظومة ميكانيكية فإنه من الكافي أن نحلل فقط جزء من المنظومة على أنها جسم حر. على سبيل المثال لتحديد كل القوى المطبقة على القوس السنية فإنه من الكافي أن نحلل العلاقة بين سنين اثنين بدلاً من تحليل كل الأسنان الأربعة عشر. بالطبع القوى المطبقة في منظومة هذين السنين يجب أن تكون ضمن توازن. بالمختصر فإن تحليل الأجسام الحرة هو دراسة الجزء المعزول من المنظومة أو من الجسم في حالة من التوازن الساكن ممكنةً إيانا أن نحصل على فكرة حول المنظومة ككل.

يتعامل علم توازن القوى مع حالة الجسم في توازنه تحت تأثير القوى. القانون الأساسي لعلم السكونيات هو قانون نيوتن الأول والذي ينص على أنه إن كان الجسم في حالة من السكون أو من الحركة الثابتة في اتجاه محدد فإن محصلة القوى العاملة على هذا الجسم هي صفر. بكلمات أخرى التوازن الساكن يعني أنه في أي نقطة من الجسم يجب أن تكون المحصلة الجبرية لكل القوى المؤثرة على الجسم مساويةً للصفر (IFx = 0; IFy =0; IFz= 0). ولكي يكون الجسم متوازناً أثناء الدوران rotation فإن المجموع الجبري لكل العزوم المؤثرة عليه يجب أن تكون أيضاً صفر (ZMx = 0; ZMy =0; ZMz=0) . مجموع العزوم العاملة على جسم حول أي نقطة منه في التوازن الساكن هو صفر. في التقويم فإن فهم هذا القانون مهم جداً لكونه أساسي لكل تطبيق سريري.

- الكتاب في الشكل هو في حالة سكون. العامل الذي يمكن الكتاب أن يبقى مكانه هو الحقيقة القائلة أن القوة A–وزن الكتاب- هي مساوية ومعاكسة للقوة N– الطاولة- التي تعمل ضدها. ولأن المنظومة متوازنة سكونياً يكون هناك توازن بين القوى العاملة عليها. لكي يبقى أي جسم في حالة توازن ساكن فإن الشرط الأساسي هو ألا يكون هناك أي حركة في المنظومة.



الحركة السنية

الإمالة

الإمالة المنضبطة وغير المنضبطة

- في الممارسة، الإمالة هي النمط الأسهل من الحركة السنية. عند تطبيق قوة مفردة على حاصرة بواسطة سلك دائري يميل السن حول مركز دورانه، المتوضع في منتصف الجذر، قرب مركز مقاومته. تسبب هذه القوة المفردة تحريك التاج والذروة باتجاهين متعاكسين. هذه الحركة الناتجة عن عزم القوة m1 تسمى الإمالة غير المنضبطة (شكل ١-١٦أ) وهي بالعادة غير مرغوبة سريرياً. في هذه الحركة يمكن لنسبة العزم\ القوة أن تتفاوت من حوالي ١\١٠ إلى ١\٥ (راجع فقرة نسبة العزم\قوة لاحقاً).

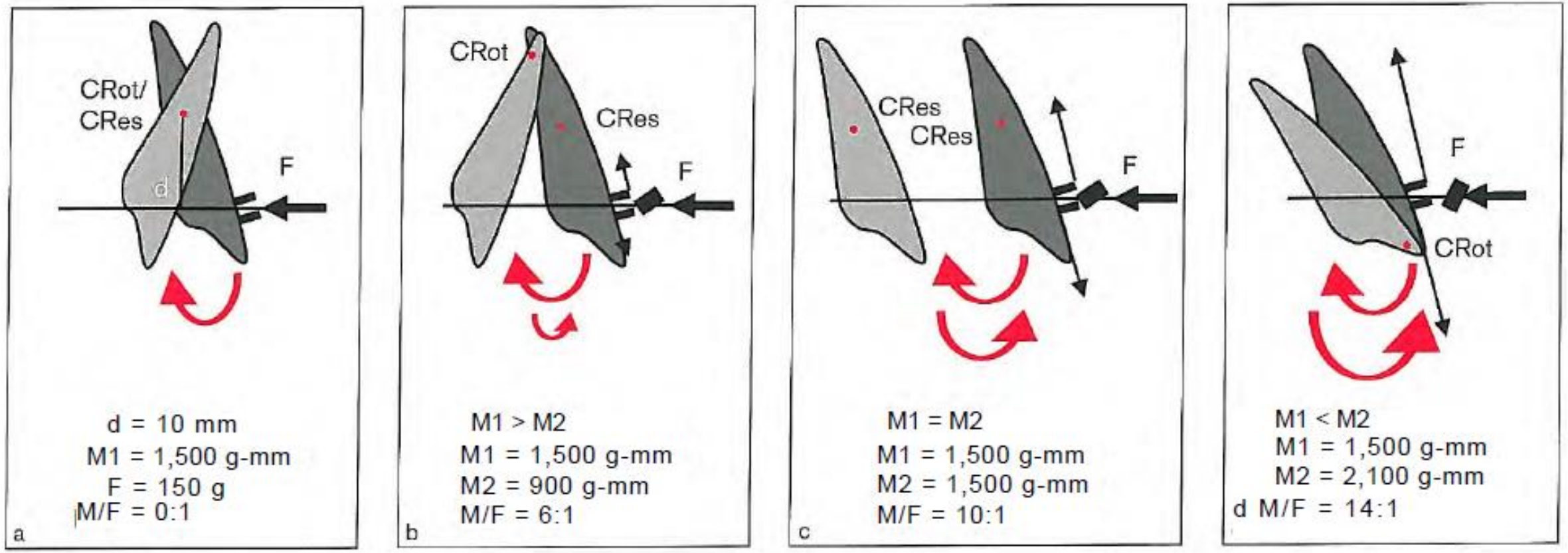


Fig 1-16 A change in the M/F ratio applied to the tooth will cause its center of rotation to change its position. In the uncontrolled tipping movement (M/F ratio = 0:1), the center of rotation (CRot) is located very close to the center of resistance (CRes) *(a)*, whereas in controlled tipping (M/F ratio = 6:1), it is located near the apex *(b)*. In *translation* (M/F ratio = 10:1), the center of rotation is infinite (ie, there is no rotation) (c). In root movement (M/F ratio = 14:1), this point is located near the crown *(d)*. d, distance; F, force.

- إن تم إضافة عزم خفيف بعكس عقارب الساعة (m2;torque) إلى هذه المنظومة بواسطة سلك مستطيل بينما تستمر القوة الوحشية المفردة بالتطبيق ، فإن السن يميل إلى الوحشي ضمن ما يسمى الإمالة المنضبطة. والتي هي سريرياً مرغوبة. في هذه الحركة يتحرك محور الدوران ذروياً ويميل السن حول دائرة بقطر أكبر. في الإمالة المضبوطة نسبة العزم\قوة هي تقريباً ١\٦ إلى ١\٩ شكل ١-١٦ ب.

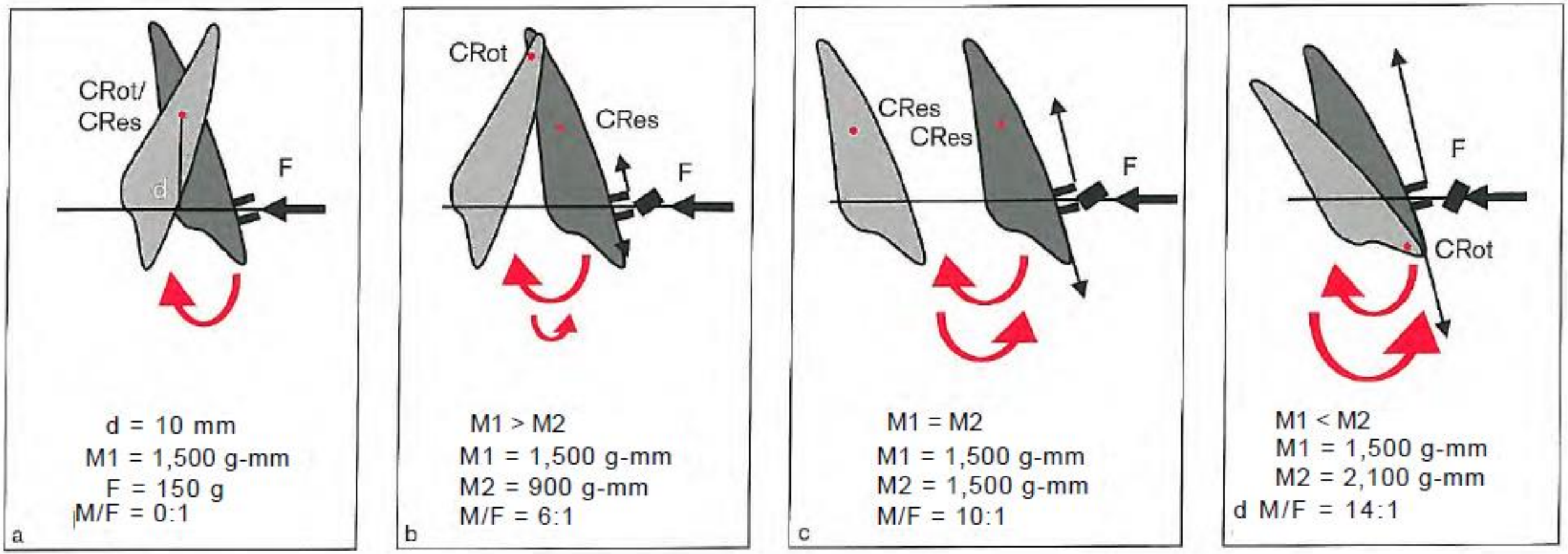


Fig 1-16 A change in the M/F ratio applied to the tooth will cause its center of rotation to change its position. In the uncontrolled tipping movement (M/F ratio = 0:1), the center of rotation (CRot) is located very close to the center of resistance (CRes) *(a)*, whereas in controlled tipping (M/F ratio = 6:1), it is located near the apex *(b)*. In *translation* (M/F ratio = 10:1), the center of rotation is infinite (ie, there is no rotation) (c). In root movement (M/F ratio = 14:1), this point is located near the crown *(d)*. d, distance; F, force.

- عندما نزيد العزم المعاكس لدوران عقارب الساعة (m2;torque) ليساوي عزم القوة الأولى (m1) فإن هذين العزمين يعادلان بعضهما ولا يكون هناك دوران في المنظومة. في هذه الحالة لا يعود مركز الدوران موجوداً (غير محدد infinite) ويقوم السن بحركة انتقالية أو الحركة الجسمية (شكل ١-١٦ ج). في الانتقال نسبة العزم\قوة تقريباً ١\١٠ إلى ١\١٢. سريرياً الانتقال هو حركة مرغوبة لكنه من الصعب تحقيقها والمحافظة عليها. إن زاد العزم المعاكس لدوران عقارب الساعة (m2;torque) أيضاً أكثر لتصبح نسبة العزم\قوة تقريباً ١\١٤ فإن العزم هذا يصبح أكبر من m1 ويقوم السن بحركة جذرية root movement. في الحركة الجذرية يتوضع مركز الدوران في التاج شكل ١-١٦ د.

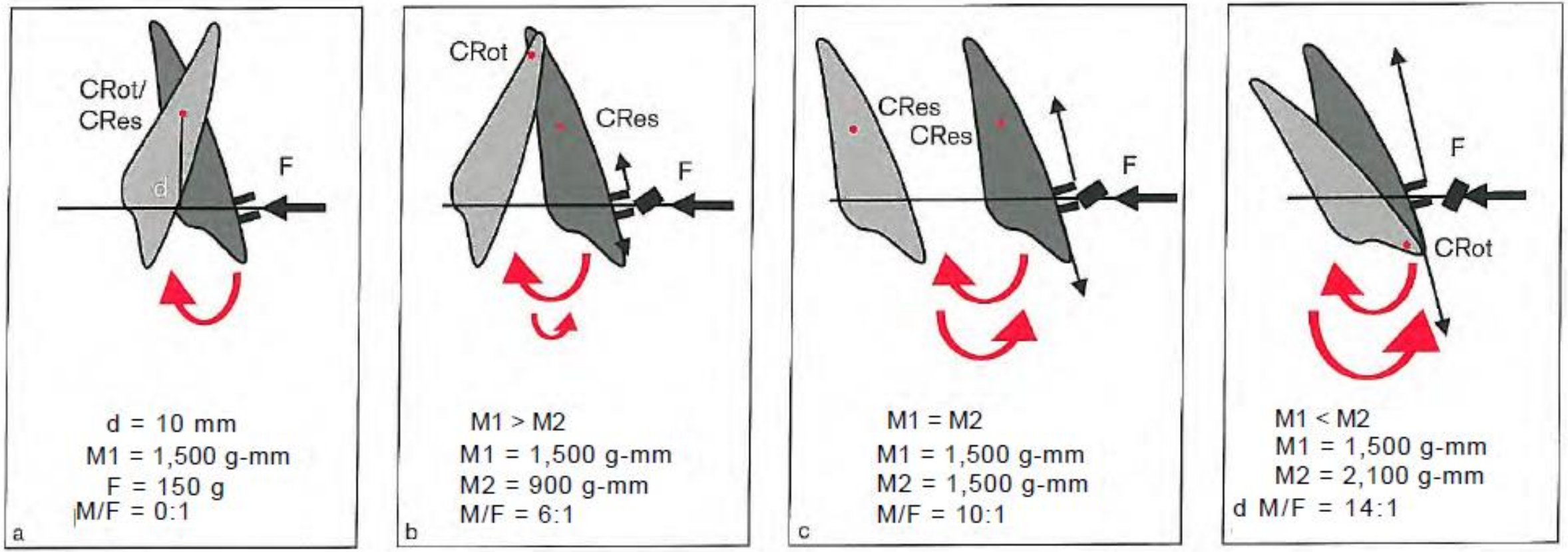


Fig 1-16 A change in the M/F ratio applied to the tooth will cause its center of rotation to change its position. In the uncontrolled tipping movement (M/F ratio = 0:1), the center of rotation (CRot) is located very close to the center of resistance (CRes) *(a)*, whereas in controlled tipping (M/F ratio = 6:1), it is located near the apex *(b)*. In *translation* (M/F ratio = 10:1), the center of rotation is infinite (ie, there is no rotation) (c). In root movement (M/F ratio = 14:1), this point is located near the crown *(d)*. d, distance; F, force.

الانتقال (الحركة الجسمية)

- نظرياً، انتقال جسم هو تحرك أي خط مستقيم من ذلك الجسم دون تغير الزاوية بالنسبة لخط مرجعي ثابت (الشكل ١-١٢) . خلال الانتقال تتحرك كامل نقاط ذلك الجسم بنفس المقدار ولذلك هي تملك نفس السرعة.

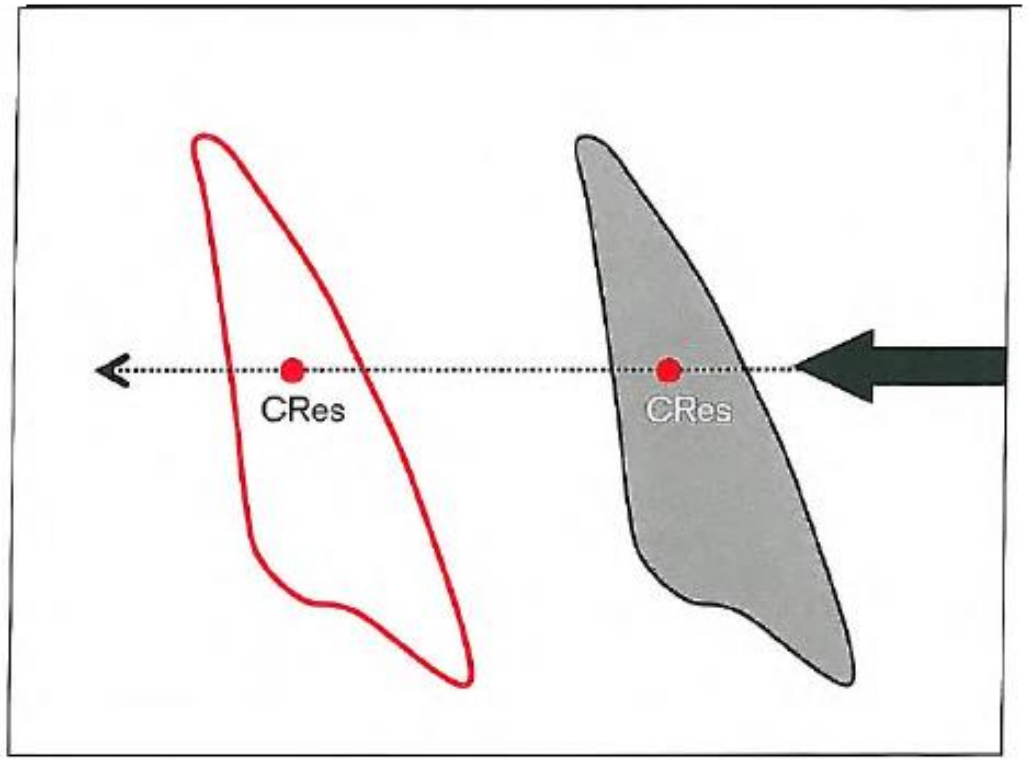
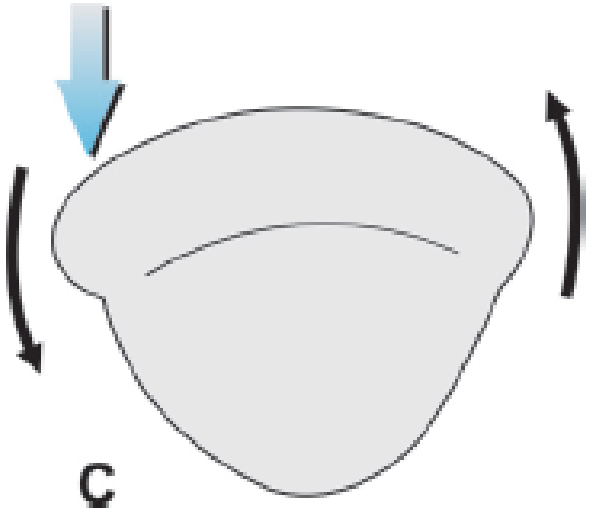
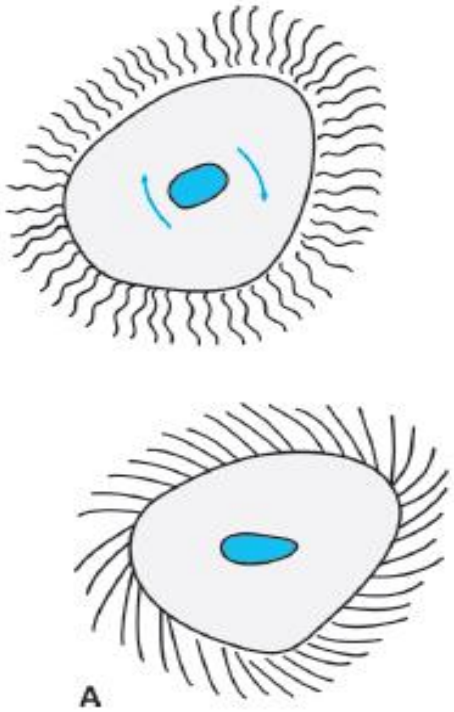


Fig 1-12 A force having a line of action passing through the center of resistance (CRes) causes translation of the tooth. During this movement, the center of resistance moves along the line of action of the force.

الدوران rotation

- دوران جسم هو تحرك أي خط مستقيم من ذلك الجسم عبر تغير في الزاوية مع خط مرجعي ثابت. إن دار الجسم حول مركز مقاومته فهذا يسمى الدوران الصرف pure rotation.





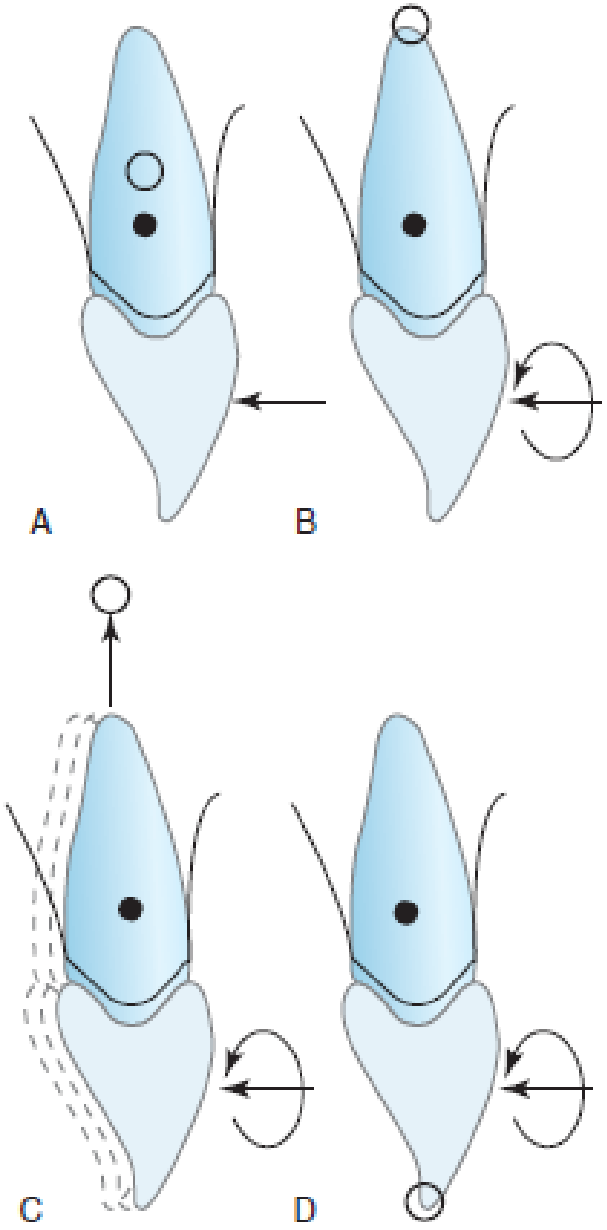


FIGURE 11-5 A single force acting on the crown of a tooth produces a center of rotation (*open circle*) slightly below the center of resistance. **A,** If increasingly larger couples are added to the force in the direction shown in **B** to **D**, the center of rotation will be found at the apex **(B)**, the infinity **(C)**, or the incisal edge **(D)**.

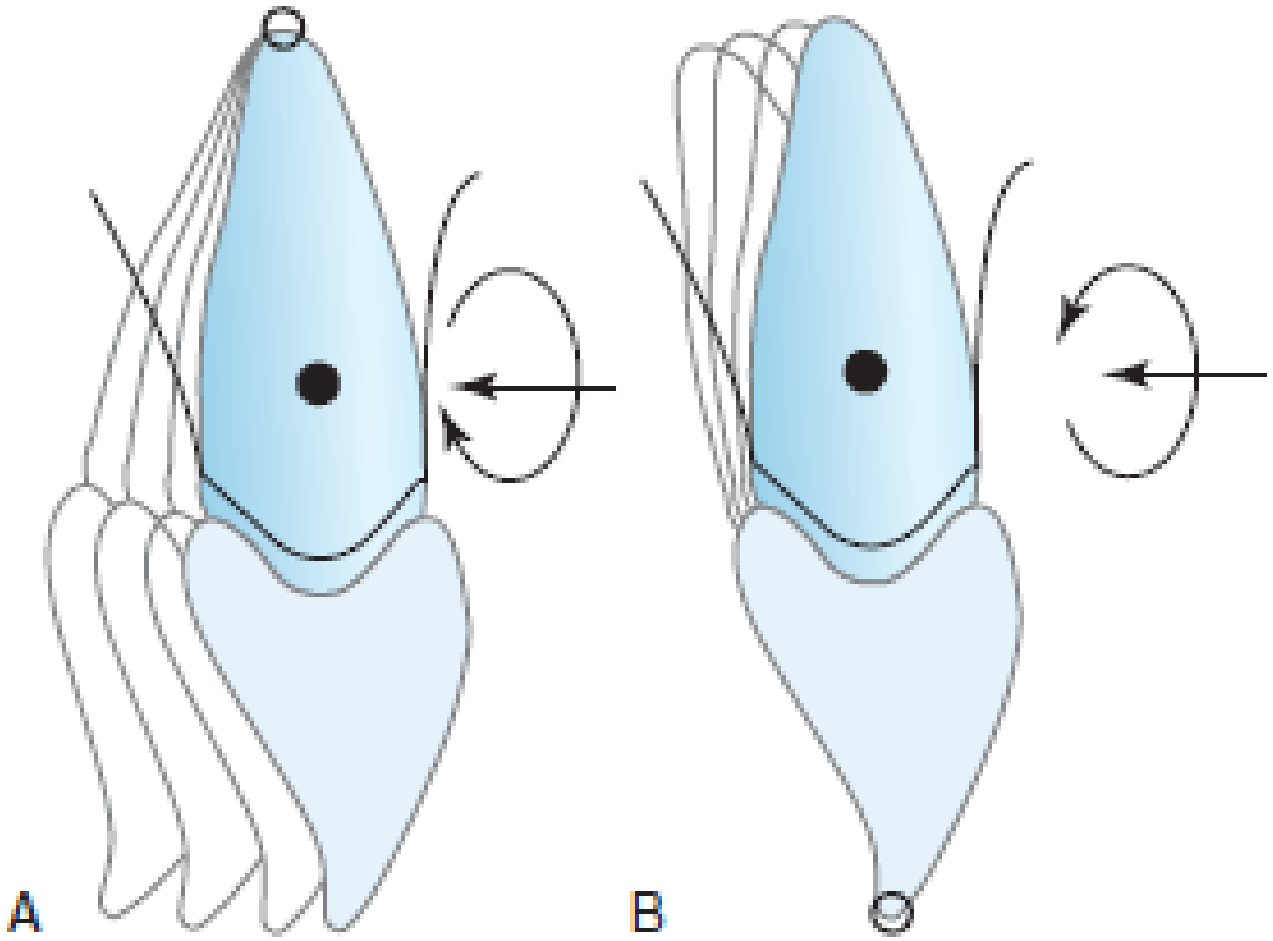


FIGURE 11-4 A couple and a force acting through the center of resistance. **A,** A negative couple produces lingual tipping of the incisor crown. **B,** A positive couple produces incisor lingual root movement.

منظومات القوة المتكافئة

كما قلنا سابقاً فإنه من الممكن أن نزيح القوة عبر خط فعلها من دون تغيير طبيعتها الفيزيائية. على أية حال فإنه من المستحيل أن نزيحها بشكل موازي لخط فعلها لأنه عبر تغيير موضع خط فعل القوة فإن المسافة حتى مركز المقاومة ستتغير أيضاً. على هذا فإن نمط الحركة السنية سيتغير (انظر الشكل ١-١١ و ١-١٢).

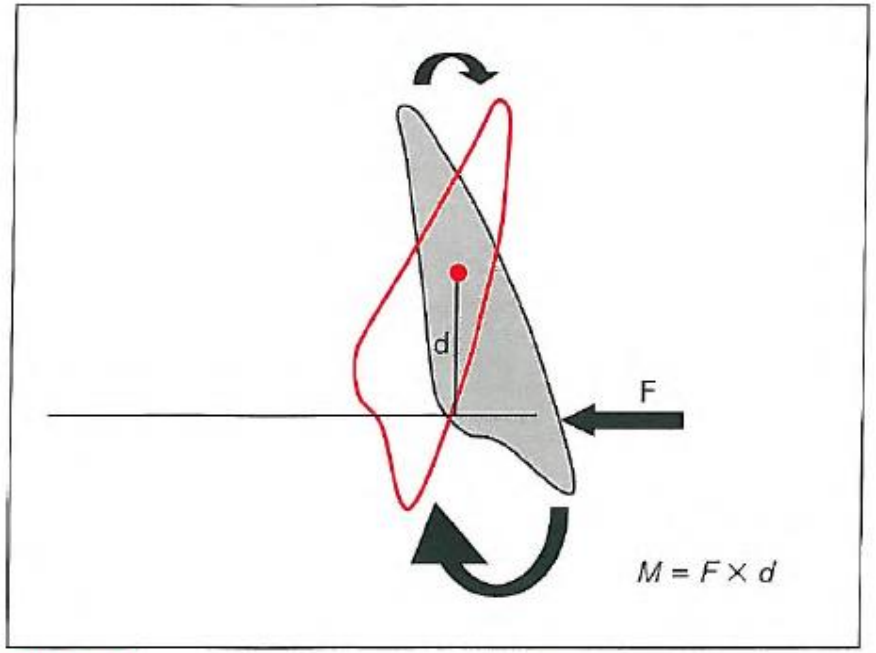


Fig 1-11 The line of action of any force (F) not passing through the center of resistance creates a moment (M), which is a rotational or tipping effect on the tooth. According to the formula $M = F \times d$, a moment is proportional to the magnitude of force and the distance (d) perpendicular from its line of action to the center of resistance.

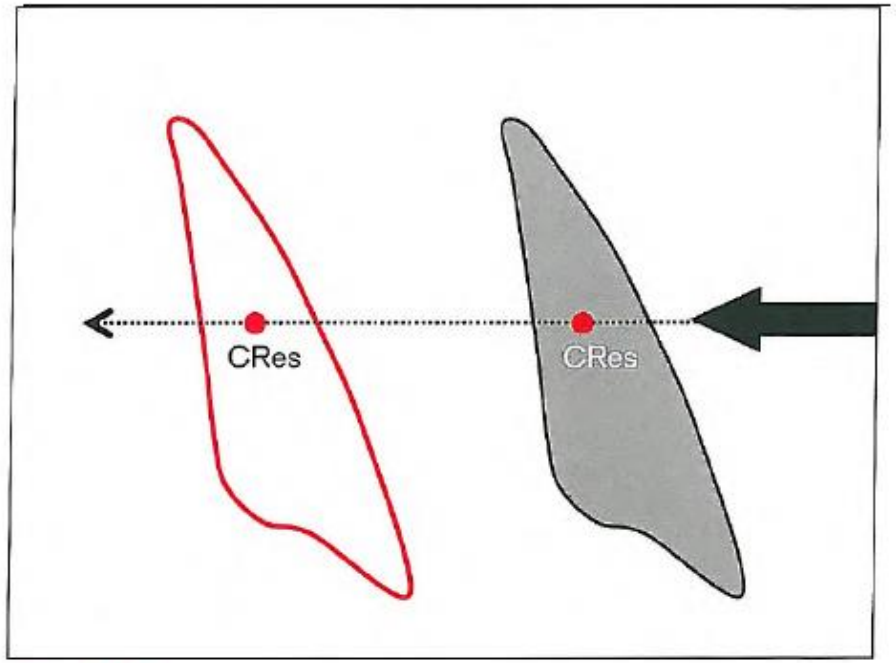


Fig 1-12 A force having a line of action passing through the center of resistance (CRes) causes translation of the tooth. During this movement, the center of resistance moves along the line of action of the force.

- مبدأ منظومة القوة المتكافئة الموضح في الشكل ١-١٧ ينص على أن نفس نمط الحركة الانتقالية المحقق عبر قوة F تمر من مركز المقاومة يمكن تحقيقه عبر قوة مطبقة على حاصرة في التاج. القوى التي تمر عبر مركز المقاومة تسبب الانتقال. سريرياً ليس دائماً من الممكن تطبيق قوى عبر مركز المقاومة للسن (المنظومة ١) بسبب المعوقات التشريحية والميكانيكية الحيوية. لذا فإن هذه القوة يجب استبدالها بمنظومة أخرى (منظومة ٢) والتي تطبق على التاج.

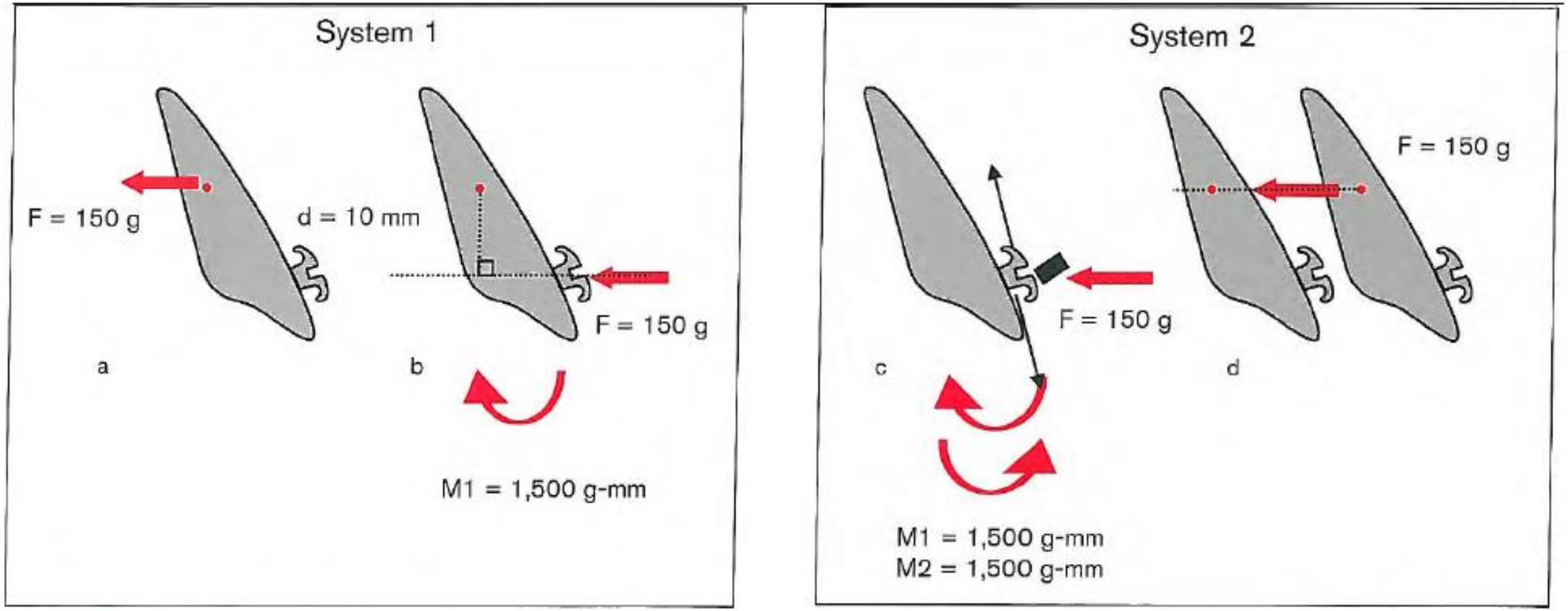


Fig 1-17 *(a)* Because translating an incisor by applying a force that passes directly through the center of resistance is not practical, this movement can be achieved by setting up an equivalent force system on the crown that gives the same result. *(b)* When a force (F) of 150 g is applied to the crown, a clockwise moment (M1) of 1,500 g-mm occurs. (c) If this moment is balanced with an equal and opposite moment (M2), only a net force of 150 g remains in the system. *(d)* Even though it is applied to the crown, this force causes translation as if it were being applied to the center of resistance. d, distance.

- القوى المطبقة على التاج عادةً لا تمر من مركز المقاومة. هي تسبب دوران (أو إمالة) السن بسبب العزم الموافق لدوران الساعة (m1). لتحقيق الانتقال يجب موازنة هذا العزم بعزم معاكس ومساوي (m2) (بما معناه Ml= M2 =1,500 g-mm) في المثال يمكن تحقيق العزم m2بإمالة جذرية حنكية palatal root torque تطبق على حاصرة القاطعة (شكل ١-١٧ ج) . كنتيجة لذلك ، يعادل العزمان كل منهما الآخر. وتبقى القوة المفردة ١٥٠ g في المنظومة والتي تسبب انتقال السن.

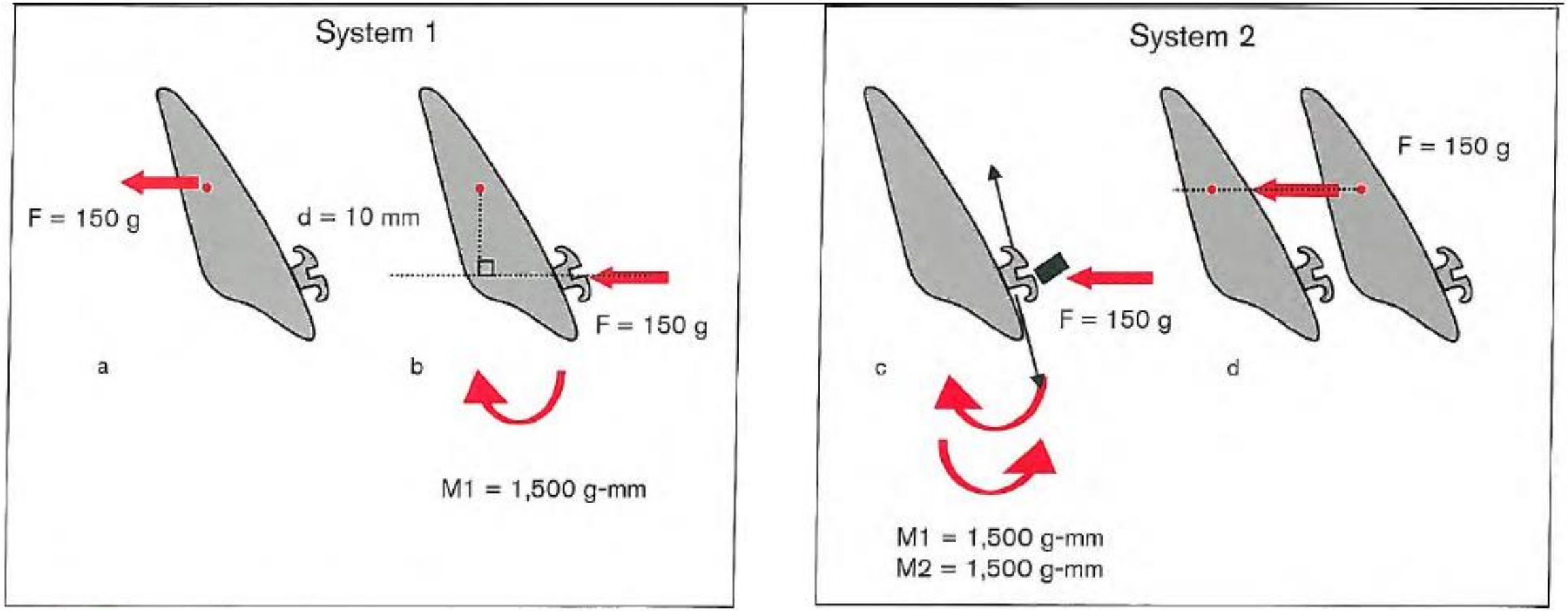


Fig 1-17 *(a)* Because translating an incisor by applying a force that passes directly through the center of resistance is not practical, this movement can be achieved by setting up an equivalent force system on the crown that gives the same result. *(b)* When a force (F) of 150 g is applied to the crown, a clockwise moment (M1) of 1,500 g-mm occurs. (c) If this moment is balanced with an equal and opposite moment (M2), only a net force of 150 g remains in the system. *(d)* Even though it is applied to the crown, this force causes translation as if it were being applied to the center of resistance. d, distance.

ArtPics On Facebook
© Clintneusham

نسبة العزم إلى القوة

إن استيعاب مفهوم
نسبة العزم\القوة هو
أساسي للممارس
السريري للتحكم
بالحركات السنية

- سريرياً، نسبة العزم \ القوة تحدد نمط الحركة أو موضع مركز الدوران. واستناداً للصيغة M/F= F x d/F فإن النسبة هذه ستساوي المسافة d . وبينما تزداد المسافة بين مركز المقاومة وبين خط فعل القوة فإن نسبة العزم\القوة تزداد.

إن أخذنا المثال الموضح في الشكل ١-١٦ أ لدينا قوة وحشية مقدارها ١٥٠ غ مطبقة على حاصرة قاطعة. لأن القوة لا تمر عبر مركز المقاومة (المسافة d =١٠مم) ولا يوجد عزم معاكس m2 مطبق على الحاصرة، فإن نسبة العزم \ القوة في هذه المنظومة هي ١\١٠ (لا يوجد عزم مزدوجة). يميل السن وحشياً حول مركز الدوران المتوضع في الجذر قرب مركز المقاومة. هذه هي حركة إمالة غير منضبطة والتي يميل فيها التاج وحشياً والذروة أنسياً وهي الحركة السنية الأسهل تطبيقاً من وجهة نظر سريرية

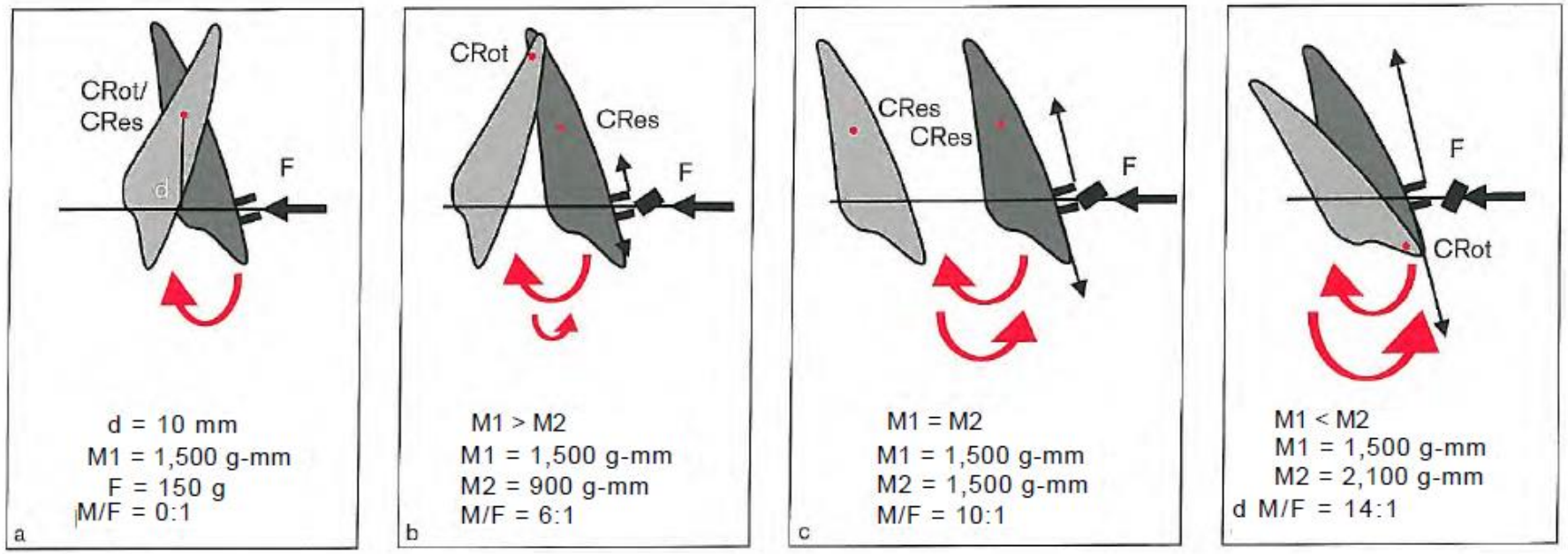


Fig 1-16 A change in the M/F ratio applied to the tooth will cause its center of rotation to change its position. In the uncontrolled tipping movement (M/F ratio = 0:1), the center of rotation (CRot) is located very close to the center of resistance (CRes) *(a)*, whereas in controlled tipping (M/F ratio = 6:1), it is located near the apex *(b)*. In *translation* (M/F ratio = 10:1), the center of rotation is infinite (ie, there is no rotation) (c). In root movement (M/F ratio = 14:1), this point is located near the crown *(d)*. d, distance; F, force.

في الأجهزة المتحركة تسبب النوابض أو الموسعات حركة إمالة غير منضبطة لأنه يوجد فقط قوة مفردة تطبق على السن ولا يوجد أي إضافة على السن من أجل عزم معاكس. وبشكل مشابه نلاحظ حركة سنية مشابهة في تقنية begg والتي تحرك بها الأسنان باستخدام أسلاك مستديرة.

- إن طبقنا عزم معاكس لدوران الساعة مقداره ٩٠٠ غ-مم على الحاصرة بإمالة جذرية حنكية palatal root torque تصبح نسبة العزم\القوة ١\٦ (انظر الشكل ١-١٦ ب) . في هذه الحالة يتحرك مركز الدوران ذروياً ، لذا يتحرك السن كالنواس pendulum حول ذروته (أو نقطة قريبة منها). هذا مثال عن الإمالة المنضبطة.

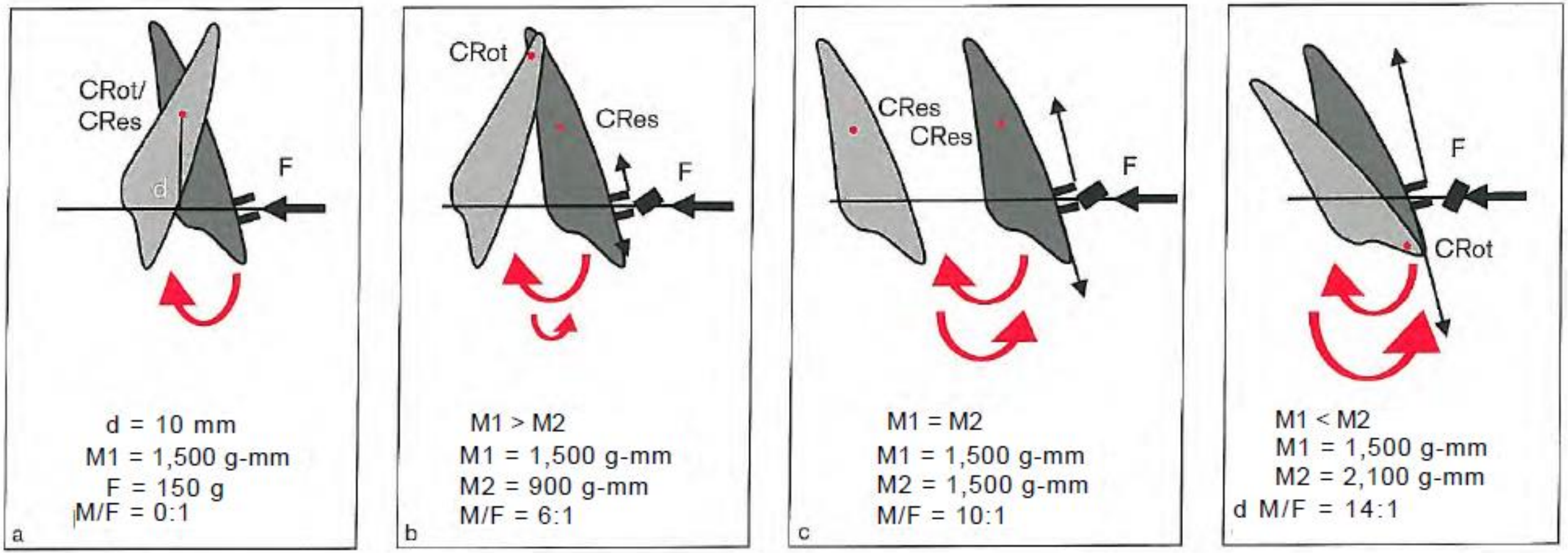


Fig 1-16 A change in the M/F ratio applied to the tooth will cause its center of rotation to change its position. In the uncontrolled tipping movement (M/F ratio = 0:1), the center of rotation (CRot) is located very close to the center of resistance (CRes) *(a)*, whereas in controlled tipping (M/F ratio = 6:1), it is located near the apex *(b)*. In *translation* (M/F ratio = 10:1), the center of rotation is infinite (ie, there is no rotation) (c). In root movement (M/F ratio = 14:1), this point is located near the crown *(d)*. d, distance; F, force.

- إن زاد العزم m2 ليصبح ١٥٠٠ غ-مم عندها تصبح نسبة العزم\القوة ١\١٠ . يوازن العزمان كل منهما الآخر وتبقى فقط القوة المفردة ١٥٠ غ في المنظومة مسببةً انتقال السن. في هذه الحالة يكون مركز دوران السن غير محدد infinite انظر الشكل ١-١٦ ج .إن زاد مقدار العزم m2 أيضاً أكثر ليصبح ٢١٠٠ غ-مم تصبح نسبة العزم\القوة ١\١٤. في هذه الحالة يتحرك مركز دوران السن إلى التاج. وهذه هي حركة جذرية root movement انظر الشكل ١-١٦ د.

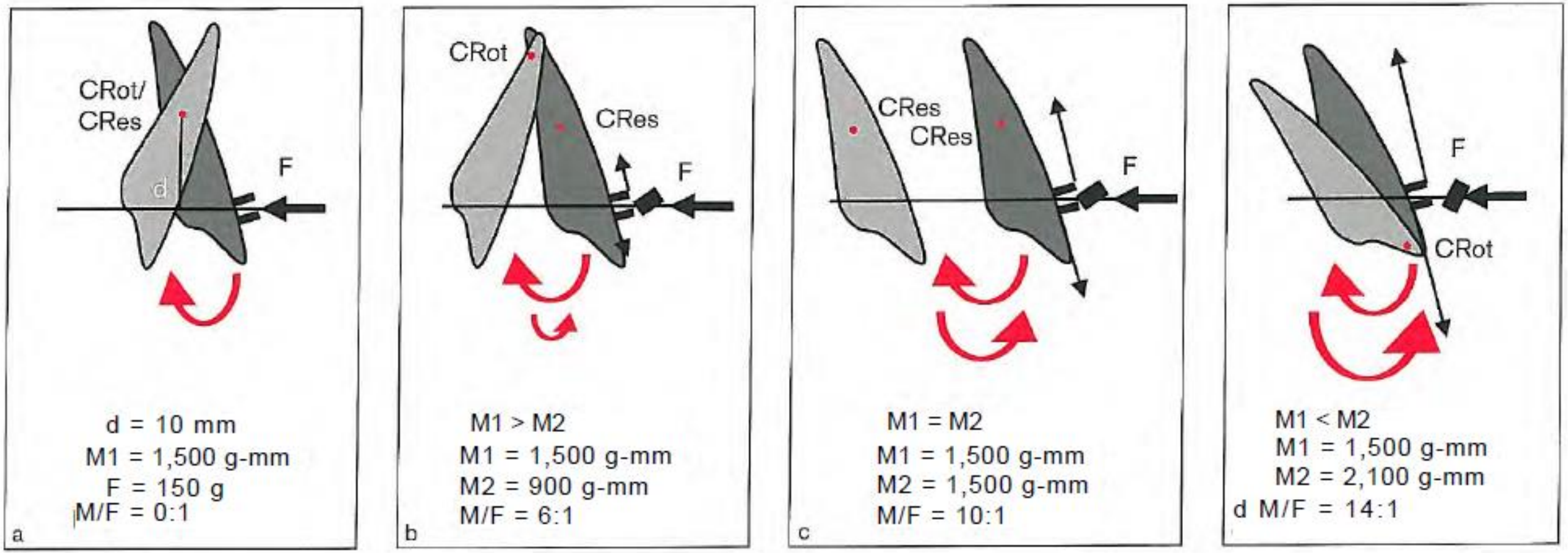


Fig 1-16 A change in the M/F ratio applied to the tooth will cause its center of rotation to change its position. In the uncontrolled tipping movement (M/F ratio = 0:1), the center of rotation (CRot) is located very close to the center of resistance (CRes) *(a)*, whereas in controlled tipping (M/F ratio = 6:1), it is located near the apex *(b)*. In *translation* (M/F ratio = 10:1), the center of rotation is infinite (ie, there is no rotation) (c). In root movement (M/F ratio = 14:1), this point is located near the crown *(d)*. d, distance; F, force.

- كل ما ذكر سابقاً هو أيضاً صالح في المستوي المعترض the transverse plane. إن كان هناك ناب يتحرك وحشياً بواسطة قوس مجزأ يعمل على الحاصرة في نقطة بعيدة من مركز المقاومة سيدور لسانياً وحشياً. يمكن أن يتم ضبط هذا الدوران بواسطة طية معاكسة للدوران antirotation bend . في هذا المستوي تكون نسبة العزم \ القوة أيضاً مساوية للمسافة بين مركز المقاومة وخط فعل القوة (الشكل ١-١٨).

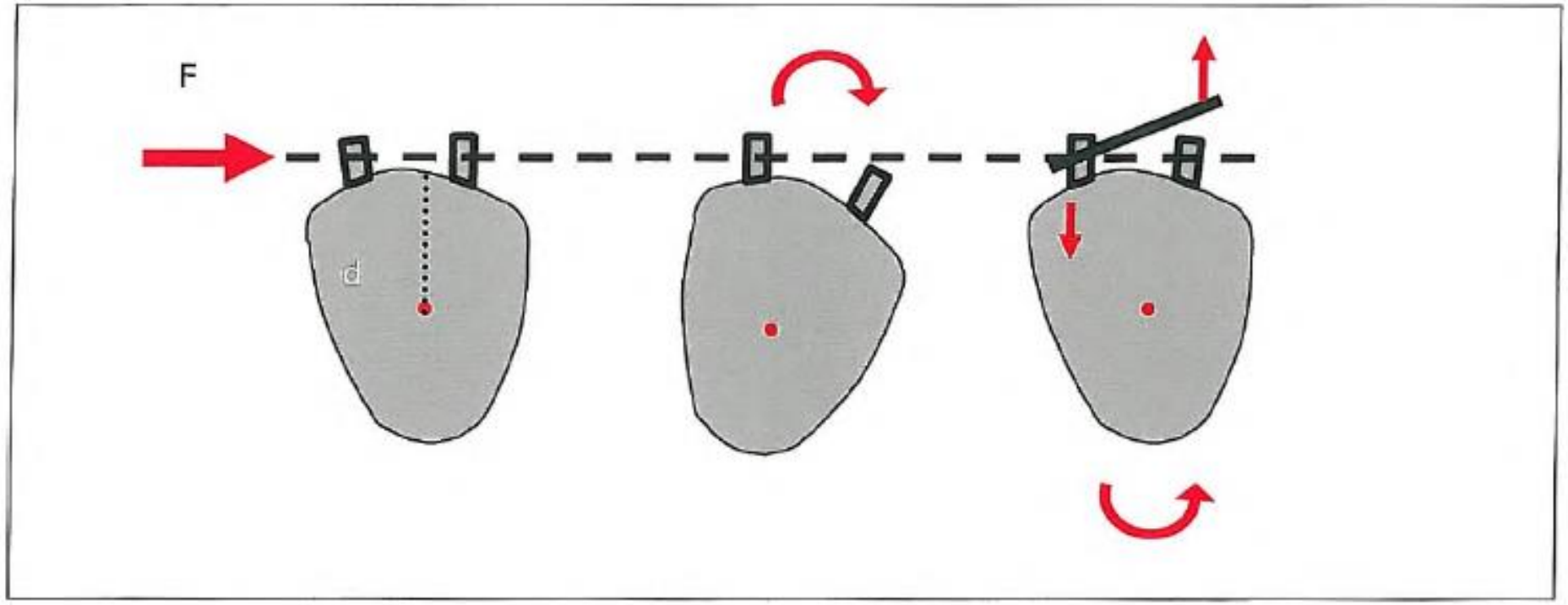


Fig 1.18 The type of tooth movement in the sagittal direction in Fig 1-17 is also valid in the transverse direction. The only difference is that a couple (antirotation) is applied in the first order. d, distance; F, force.

- في المستوي الثاني the second order كنتيجة للقوة الوحشية سيميل الناب وحشياً. يتم موازنة هذا العزم بطية معاكسة للميلان antitip bend (عزم معاكس لدوران الساعة). مقدار هذا العزم يعتمد على مقدار الطية وعلى عرض الحاصرة.
لاحظ أنه من أجل نفس المقدار من المزدوجة، القوى المطبقة على جناحي حاصرة ضيقة تكون أعلى مقارنة بحاصرة عريضة في المستوي الثاني . هذا بشكل رئيسي هو بسبب الفرق في المسافة بين قوى المزدوجة المتوازية. كلما كبرت المسافة كلما قلت القوة والعكس بالعكس. لأن المسافة في الحاصرة الضيقة هي أقل من تلك في الحاصرة العريضة، تكون كمية القوى أكبر. على سبيل المثال بفرض أن عرض الحاصرة d هو ٣,٤ مم، مقدار القوة المطبقة على جناحي الحاصرة يمكن أن تحسب على أنها كما في الشكل ١-١٩ أ و ب:
- M= F X d
- F x 3.4 = ١,٥٠٠
- F= 1,500/3.4 = 441 g
- إن استخدمنا حاصرة ضيقة ٢مم فإن مقدار القوة المؤثرة على الحاصرة هو ٧٥٠غ.

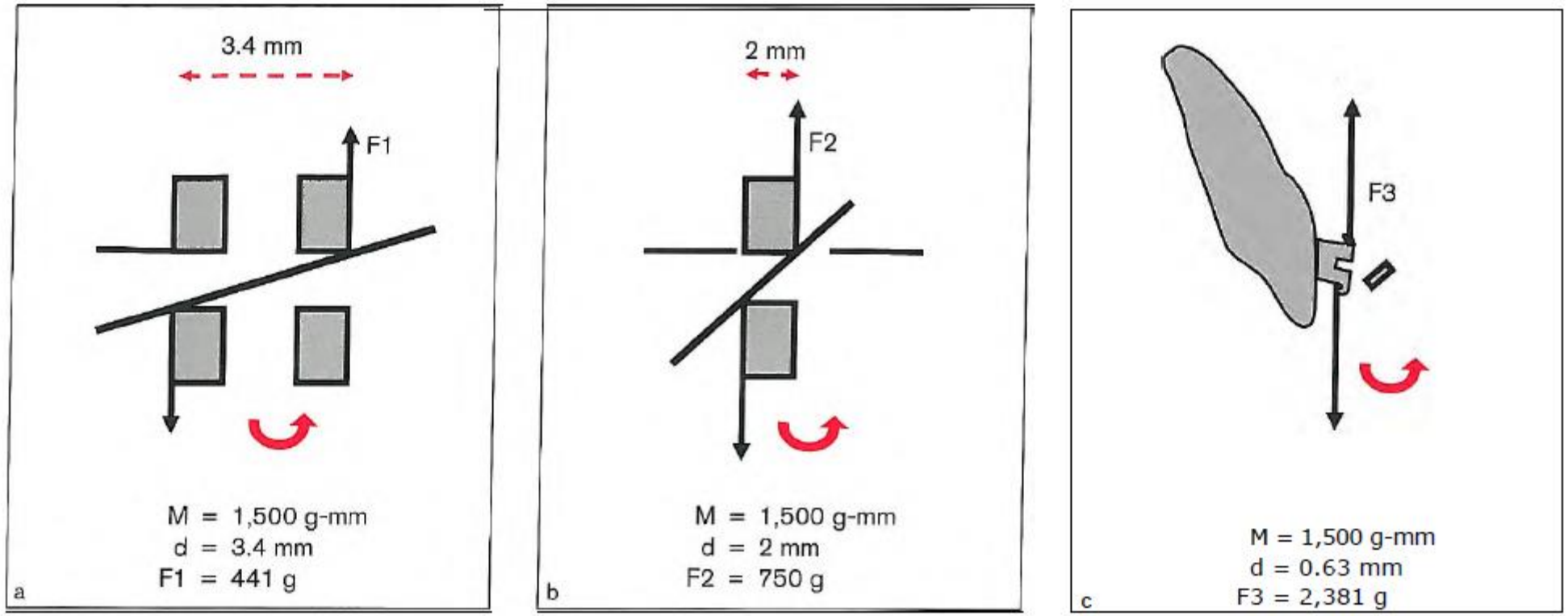


Fig 1.19 For the same moment (M), the force applied to the wings of the brackets decreases as the width increases. Because the distance (d) on the wide bracket is larger (3.4 mm) *(a)* than that of the narrow bracket (2 mm) *(b)*, the force is low. In torque (c), the magnitude of force on the bracket wings is high because the distance (0.63 mm) is very small.

- خلال تطبيق مزدوجة المستوي الثالث third-order couple (الإمالة الجذرية torque) ولأن المسافة البينية في الحاصرة interbracket distance هي قليلة جداً فإن مقدار القوة المطبقة على جناحي الحاصرة هو أكثر بكثير شكل ١-١٩ ج. هذا هو احد الأسباب الرئيسية التي تجعل أجنحة الحاصرات الخزفية تنكسر عند الإمالة الجذرية .

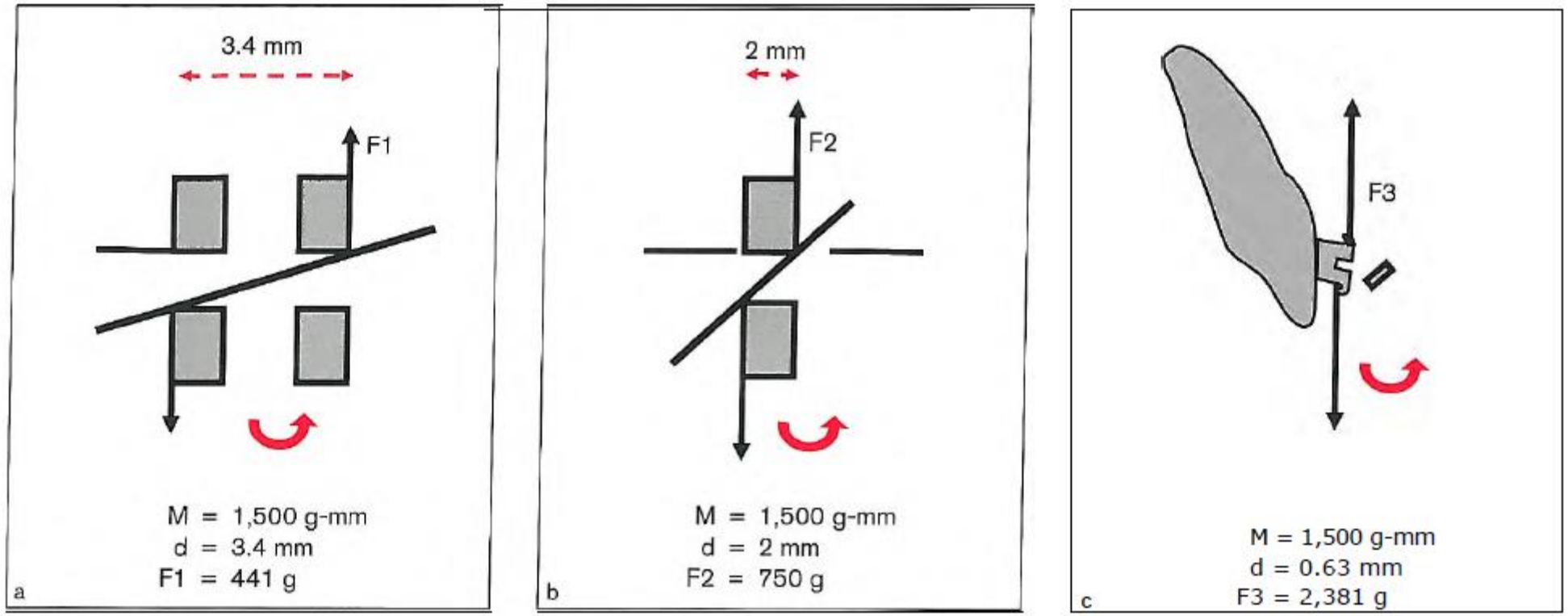


Fig 1.19 For the same moment (M), the force applied to the wings of the brackets decreases as the width increases. Because the distance (d) on the wide bracket is larger (3.4 mm) *(a)* than that of the narrow bracket (2 mm) *(b)*, the force is low. In torque (c), the magnitude of force on the bracket wings is high because the distance (0.63 mm) is very small.

نسبة عزم \ قوة في الأسنان مع فقد الدعم السنخي

- يعتمد مركز المقاومة للسن على طول وعدد وشكل الجذور ومستوى العظم السنخي الداعم.
- في امتصاص الجذور تتقاصر الجذور مسببة انزياح مركز المقاومة إطباقياً لكن مع فقد العظم السنخي الداعم يتحرك مركز المقاومة ذروياً شكل ١-٢٠.
- هذا مهم بشكل خاص عند معالجة المرضى البالغين والذين غالباً لديهم مشاكل حول سنية. لكون المسافة بين الحاصرة ومركز المقاومة ستزداد فإن نسبة العزم \ قوة أيضاً ستزداد.

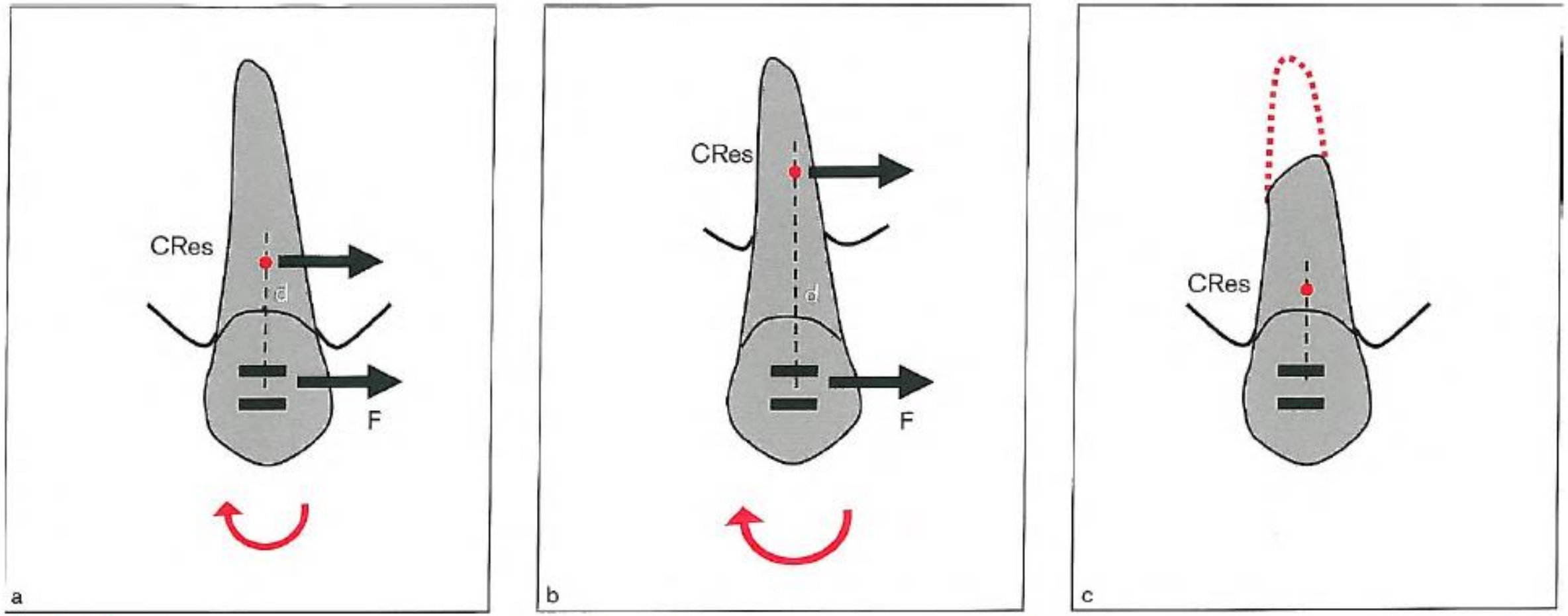


Fig 1-20 In the case of alveolar bone loss *(a)*, the center of resistance (CRes) moves apically, thus the distance (d) increases *(b)*. For translation, the M/F ratio should also be increased. Clinically, it is better to reduce the force (F) to control tooth movement. This is particularly important in adults who may have alveolar bone loss owing to periodontal disease. In the case of root resorption (c), the center of resistance moves occlusally. (Reprinted with permission from Braun et al.[15])

للمحافظة على نسبة عزم \قوة عالية لدينا خيارين:

- وضع الحاصرات باتجاه لثوي. لإن حدث ذلك فإن قاعدة الحاصرات لن تتكيف مع سطح السن وأكثر من ذلك فإنه سيكون من اصعب إدخال سلك مستقيم من أجل التسوية. يمكن صنع طية بشكل الدرجة step-up bend لكن هذا يمكن أن يؤثر على دقة الرصف.

- زيادة العزم، إنقاص القوة أو المشاركة بين الاثنين. سريرياً فإن العزم المطبق على حاصرة قابل للضبط فقط عند استخدام الاسلاك المجزأة segmented archwire. العزم المتولد عبر طية إمالة جذرية أو معاكسة للإمالة (antitip or torque bend) لا يمكن قياسه بشكل دقيق. لهذا فإنه من الصعب تعديل نسبة عزم\قوة بدقة عبر زيادة العزم. تعديل مقدار القوة بحسب نمط القوة المكتسبة يبدو أنه أكثر عملانية.

- Braun وزملاؤه أوضحوا ان نسبة عزم \ قوة تعتمد بشكل رئيسي على موضع مركز المقاومة وقد حددوا معاملات خاصة بالعزم والقوى لاستخدامها في الحالات ذوي فقد الدعم السنخي الجدول المرفق.

Loss of alveolar support for offset increase (mm)	Moment multiplying factor to compensate for offset increase	Force multiplying factor to compensate
0		
	1.06	0.94
2	1.13	0.89
3	1.19	0.84
4	1.25	0.80
5	1.32	0.76

*Reprinted with permission from Braun et al.[15]

- سريرياً يبدو أن تحديد موضع مركز المقاومة والقيمة الدقيقة لنسبة عزم\قوة التي ستطبق والمحافظة عليها مستقرة خلال الحركة هو صعب إلى حد بعيد. أوضح tanne وزملاؤه أنه بسبب تغير صغير جداً في نسبة عزم \قوة وبسبب العلاقة الأسية بين هذه النسبة وبين مركز الدوران فإن مركز الدوران سيتغير بشكل شديد. "مقدار القوة" هو المفتاح في التحكم بنسبة عزم\قوة (بما معناه حركة السن). إن حدثت إمالة غير مرغوبة كنتيجة لعروة منشطة بشكل زائد فإن على أحدنا أن يبقي السلك يعمل حتى تتحقق لدينا حركة جذرية.

الخلاصة

- المفاهيم مثل العزوم والمزدوجات ومركز المقاومة ومركز الدوران ونسبة العزم\قوة هي أساسية من اجل فهم كيفية التحكم بالحركة السنية. الفهم الأساسي للمبادئ الفيزيائية في تقويم الأسنان تسمح للممارس بتصميم الأجهزة ووضع خطة المعالجة التي تحقق النتائج المثالية.

Be Fine ....