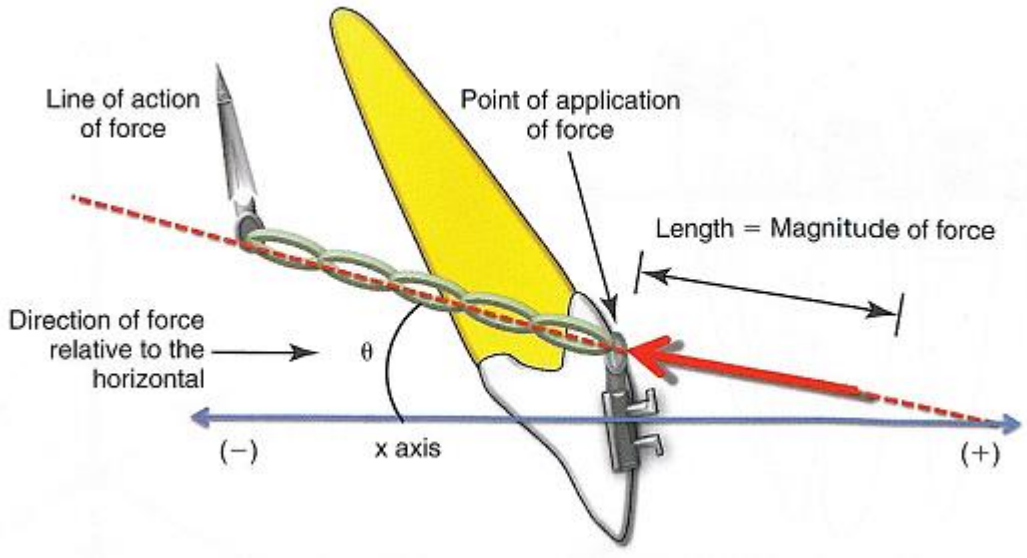
نیرو

نقش نیرو در زندگی روزمره، آشنا است. در واقع تلاش برای تعریف مفهومی به وضوح نیرو غیر ضروری و زائد به نظر می رسد. نیرو به زبان ساده میزان pull یا push اعمال شده بر روی یک شیئ است. با این وجود از نقطه نظر ما، چنین تعریف ساده انگارانه ای کافی نیست. مطالعه مکانیک های حرکت دندانی نیازمند یک تعریف دقیق از نیرواست. پس نیرو چیست؟ نیرو چیزی است که باعث ایجاد و یا تمایل به ایجاد یک تغییر در حرکت یا شکل یک جسم یا شیئ می گردد. به بیان دیگر، نیرو باعث افزایش یا کاهش شتاب یک جسم می شود. واحد نیرو نیوتون (N) است اما در ارتودنسی تقریباً همیشه با گرم (g) اندازه گرفته می شود.

$$1\ N = 101.9\ g\ (\approx 102\ g)$$

نیرو دارای چهار خصوصیت منحصر به فرد است که در تصویر ۳-۴ به صورت یک نیرو زاویه دار به دندان ثنایای سانترال نشان داده شده است:

- بزرگی: "میزان" نیروی اعمال شده است (مثلاً 1 N، 2 N ، 5 N).
- جهت: مسیری که نیرو اعمال می گردد یا جهت گیری نیرو نسبت به جسم (مثلاً، forward، upward، backward).
- نقطه اعمال نیرو: محلی که نیرو بر جسم و یا سیستم دریافت کننده آن اعمال می شود (مثلاً در مرکز، در پایین، در بالا).
- امتداد نیرو (line of action): خط مستقیمی است که در همان پلان و در ادامه جهت نیرو از نقطه اعمال نیرو کشیده می شود.

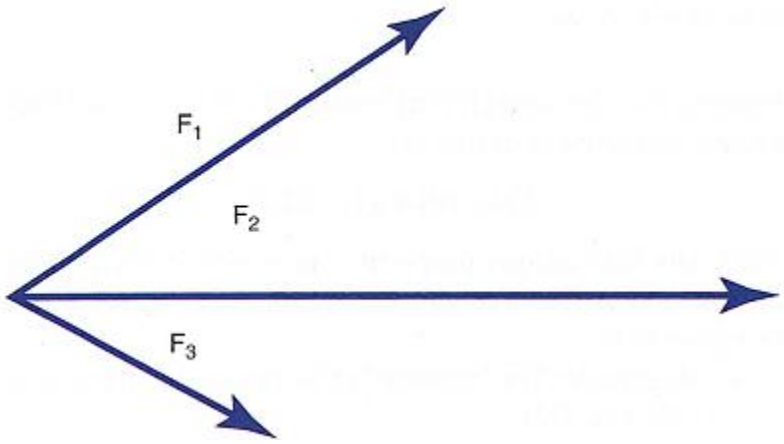


تصویر ۳-۴ چهار ویژگی یک نیروی خارجی اعمال شده به دندان توسط یک chain الاستیک نشان داده شده است که نیروی رترکشن (دیستاله کننده) را از مینی ایمپلنت بر روی ثنایای ماگزیلا وارد می کند.

نمودارها و بردارهای نیرو

از دید ریاضی، خصوصیات فیزیکی (از جمله فاصله ، وزن، دما و نیرو) یا به صورت اسکالر یا به صورت برداری بررسی می شوند. اسکالرها (شامل دما و وزن)، فاقد جهت بوده و کاملاً تنها با بزرگی خود توصیف می شوند. در حالیکه برداری ها هم دارای بزرگی، وهم دارای جهت هستند. نیرو نیز می تواند توسط بردار نشان داده شود.

برای ایجاد حرکت قابل پیش بینی دندان، نیرو باید به میزان بهینه، در جهت مطلوب و نقطه صحیح به دندان اعمال شود. تغییر هریک از چهار خصوصیت فوق کیفیت جابه جایی دندان را تحت تاثیر قرار می دهد. یک نیرو با یک فلش روی کاغذ نمایش داده می شود. می توان هر یک از چهار ویژگی نیرو را روی فلش نشان داد؛ مثلاً طول فلش در نسبت با بزرگی نیرو (برای مثال 1-cm = 1 N یا 2-cm = 2 N) کشیده می شود (تصویر۴-۴). فلش در جهت اعمال نیرو کشیده شده و دم آن (tail) در نقطه اعمال نیرو قرار دارد. Line of action نیرو را می توان به طور ذهنی در دو طرف فلش (انتهای سر و دم) امتداد داد اما طول فلش واقعی باید در نسبت تعیین شده کشیده شود. تصویر ۳-۴ یک نیروی یک نیوتونی را نشان می دهد که با زاویه ۳۰ درجه به دندان ثنایای سانترال اعمال شده است.



تصویر ۴-۴ طول بردار نیرو نشان دهنده ی بزرگی آن است. مثال: $F_1 = 2$ N، $F_2 = 3$ N، $F_3 = 1$ N .

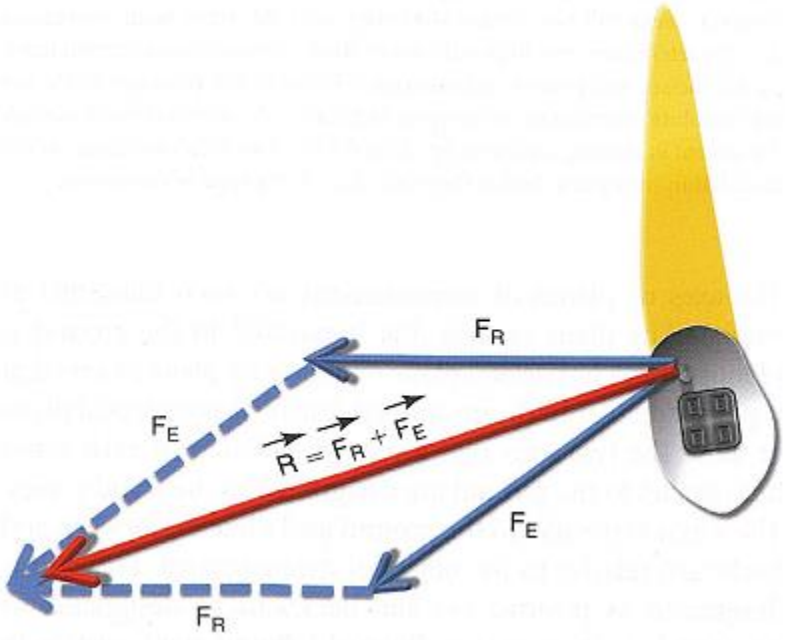
اصل transmissibility یا انتقال پذیری

اصل انتقال پذیری در مکانیک بردارها و خصوصاً در فهم تعادل و سیستم های نیروهای معادل (همان گونه که جلوتر خواهیم دید) از اهمیت بالایی برخوردار است. این اصل بیان می کند که چنان چه line of action نیروی وارده بر یک جسم rigid، یکسان باقی بماند، صرفه نظر از نقطه اعمال نیرو، پاسخ یکسانی در جسم مشاهده می گردد.

اثر دو نیرو (یا بیشتر) بر یک سیستم: جمع برداری

اغلب بیشتر از یک نیرو بر دندانها وارد می گردد. اثر خالص نیرو یا اثر تجمعی نیروهای وارده بر یک سیستم یا مجموعه ای از دندانها را می توان با ترکیب تمام بردارهای نیرو به دست آورد. پروسه ترکیب تمام نیروها تحت یک قانون هندسی به نام جمع برداری یا ترکیب برداری صورت می پذیرد. ما با حفظ جهت و بزرگی بردارها آنها را به ترتیب از سر تا دم قرار می دهیم و برادر برآیند را از دم اولین بردار تا سر آخرین بردار می کشیم. می توان جمع برداری را به طور گرافیک از کشیدن نمودارهای هم اندازه و یا به روش مثلثات نیز انجام داد.

تصویر ۵-۴ نشان می دهد که چگونه دو نیرو به صورت دو ضلع یک متوازی الاضلاع کشیده می شوند، و سپس متوازی الاضلاع با کشیدن دو ضلع مقابل تکمیل می شود. برآیند نیروها، یا R، قطری است که از گوشه متوازی الاضلاع (که از دمهای بردارهای نیرو تشکیل شده) کشیده می شود.



تصویر ۵-۴ قانون جمع برداری به روش parallelogram. می توان F_R را یک نیروی رتزکتیو بر روی دندان ثنایا و F_E را به صورت نیرویی از یک الاستیک کلاس II در نظر گرفت. اثر خالص دو نیرو با بردار برآیند R نشان داده شده است.

اثرات جهت نیرو: تجزیه برداری

اغلب شرایطی ایجاد می گردد که باید حرکت یک سیستم یا نیروی منفرد وارد بر یک سیستم را به اجزای سازنده اش تفکیک نمود. در چنین مواردی یک بردار منفرد به دو جزء تقسیم می گردد: یک مولفه افقی و یک مولفه ی عمودی. جهات این مولفه ها در ارتباط با برخی از reference frame ها هم چون پلان اکلوزال و پلان افقی فرانکفورت تعیین می شود. مولفه های افقی و عمودی معمولاً بر یکدیگر عمودند. این پروسه برعکس روند جمع برداری است، به آن تجزیه برداری می گویند و روش مورد استفاده جهت تعیین دو مولفه برداری است که بردار برآیند را تشکیل می دهند.

برای مثال یک مینی ایمپلنت در تصویر ۶-۴ نشان داده شده است. A برای رترکشن دندانهای قدامی مورد استفاده قرار گرفته است. برای تعیین بزرگی نیروی وارده در هر یک از جهات موازی و عمود بر پلان اکلوزال، می توان این نیرو را به اجزای خود در این جهات تقسیم نمود. تجزیه برداری شامل سه گام است (تصویر ۶-۴ ، B و C را ببینید): (۱) بردار اولیه را به طول مناسب بکشید، (۲) خطوط نماینده ی جهات مطلوب دو مولفه ی عمود بر هم را از دم بردار رسم کنید؛ (۳) خطوط موازی با دو خط ترسیم شده در مرحله قبل را به نحوی بکشید که یک مربع مستطیل شکل بگیرد. این خطوط موازی دارای همان بزرگی و جهت خطوط متقابل خود در سمت مقابل مربع مستطیل هستند. دانستن این نکته که قواعد ساده مثلثات نیز قادر به تعیین بزرگی این مولفه ها هستند، از اهمیت برخوردار است. سینوس و کسینوس خصوصاً در یافتن مولفه های افقی و عمودی بردار نیرو بسیار مفید هستند. در این مورد، اگر برای مثال مولفه ی افقی بزرگی نیرو (F_H) زاویه ی (θ) را با نیرو (F) بسازد، می توان به صورت زیر، مولفه ها را با استفاده از سینوس و کسینوس به دست آورد:

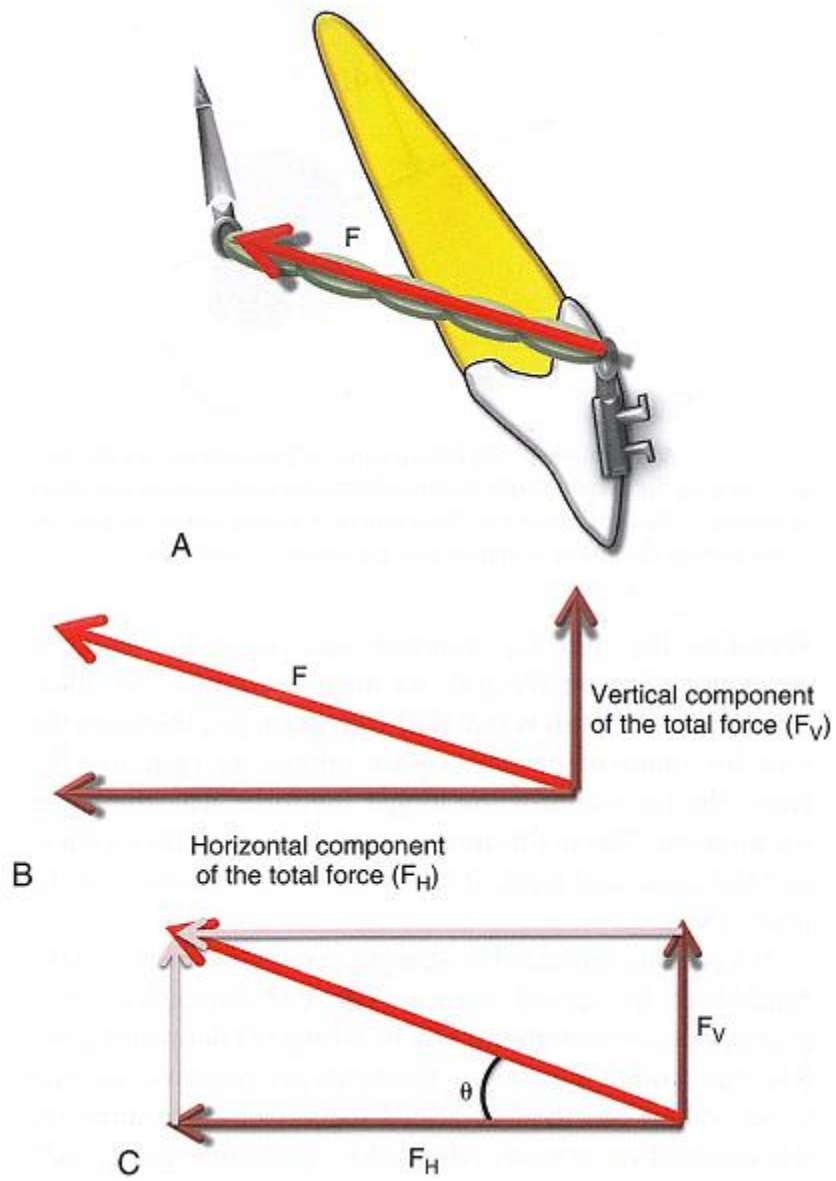
مولفه ی افقی:

F_H: $F_H/F = \cos\theta$; $F_H = F\cos\theta$

مولفه ی عمودی:

F_V: $F_V/F = \sin\theta$; $F_V = F\sin\theta$

با کمی تمرین، می توان با حذف مرحله ی نسبت گذاری، به آسانی مستقیماً مولفه ها را به دست آورد. سینوس و کسینوس θ کسرهایی برای محاسبه ی دو سمت زاویه قائمه مثلث قائم الزاویه ای هستند که اندازه ی وتر آن مشخص است. دو ضلع همواره کمتر از وتر هستند و سینوس و کسینوس هم همواره کمتر از یک هستند. برای محاسبه ضلع مقابل زاویه، به راحتی وتر را در سینوس زاویه ضرب کنید. برای محاسبه ی سمت مجاور زاویه وتر را در کسینوس زاویه ضرب نمایید.



تصویر ۶-۴ مراحل تجزیه ی برداری. F.= نیرو