قوانین سیستم های نیروی معادل

اصل سیستم های نیروی معادل، راه برآزنده ای برای تعریف مجدد نیروها و گشتاورهای موثر بر یک جسم است. این اصل نه تنها به تجسم حرکت translatory کمک می کند؛ بلکه حرکات چرخشی، tip و تورک را نیز توصیف می کند. یک سیستم نیروی معادل، سیستمی از نیروها و گشتاورها است که می تواند با یک سری از نیروها و یا گشتاورهای متفاوت دیگر جایگزین شود و هم چنان همان رفتار translation یا چرخشی اولیه ی خود را نشان دهد. برای فهم کاربردهای بالینی این اصل، بیاید یک سیستم نیروی وارده بر مولر را جابه جا کنیم.

کاربرد سیستم ها نیروی معادل:

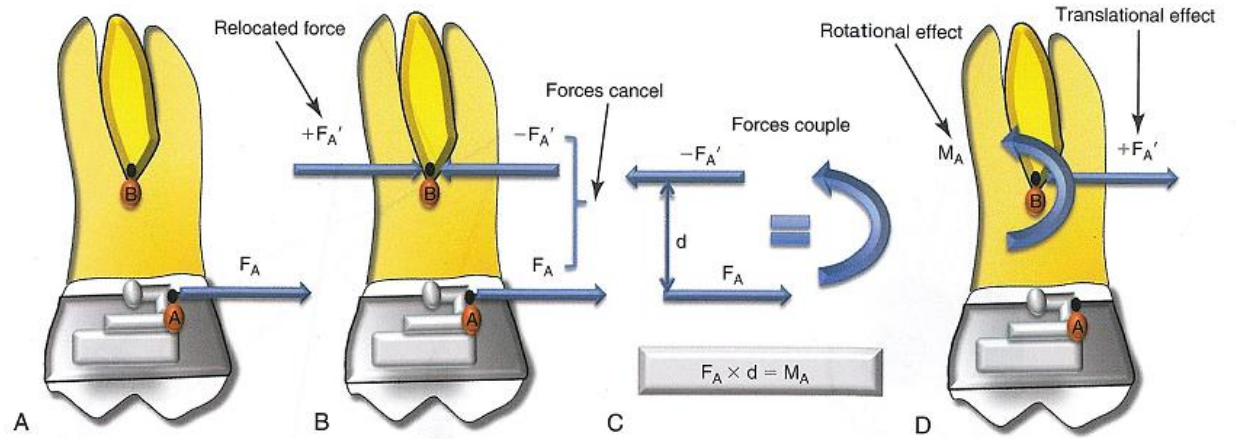
جابه جا کردن سیستم نیرو به محل متفاوت

تصویر ۱۲-۴ نیروی وارده بر یک دندان را در نقطه ی A (F_A) نشان می دهد. حالا فرض کنید که شما می خواهید اثرات این سیستم نیرو را در محل متفاوتی، مثلاً نقطه B که در این مثال C_{RES} مولر هست، بررسی کنید (بخاطر بسپارید که C_{RES} مولر به طور دلخواه انتخاب شده و نقطه B می تواند هر نقطه دیگری روی مولر باشد). برای تعیین اثر transational ، دو نیروی مساوی با جهات مخالف (F_A´+ و F_A´-) را در نقطه B رسم نمایید. این کار به آسانی انجام می شود، چون از آنجایی که دو نیرو مساوی و با جهات مخالف یکدیگر هستند، برآیند آنها صفر بوده F_A´+ + (-F_A´) = 0، و سیستم را به هیچ نحوی متاثر نمی سازند. از برابری این دو نیرو با نیروی F_A که در نقطه A وارد می شود اطمینان حاصل نمایید. اکنون، نیروی اولیه F_A با اعمال قانون جمع برداری، با نیروی منفی F_A´- خنثی می شود. با در نظر گرفتن این مطلب، اکنون می بینید که تنها نیرویی که بر روی مولر باقی مانده F_A´ است که در نقطه B وارد شده است. تبریک می گوییم! شما نیرو را جابه جا کرده اید.

حالا که نیرو را جابه جا کرده اید، دو نیروی دیگر روی مولر را بررسی کنید: F_A در نقطه ی A و F_A´- در نقطه ی B. این دو نیرو موازی یکدیگر بوده، در جهات مخالف وارد می شوند و در فاصله (d) از هم قرار دارند. این مدل در واقع تعریف اولیه ی یک گشتاور (کوپل) است که قبلاً توضیح داده شده است. به خاطر بسپارید که گشتاورها و کوپل ها باعث چرخش جسم می گردند؛ در نتیجه زمانی که می خواهید یک نیرو را جابه جا کنید، باید این اثر چرخشی را نیز اعمال نمایید. بعلاوه، نیروی کوپل یک بردار آزاد است؛ بنابرین، صرف نظر از محل اعمالش روی یک جسم، همان رفتار چرخشی یکسان را نشان می دهد. در نتیجه، در صورت حفظ اندازه و جهت بردار گشتاور، می توانید گشتاور یک کوپل را به طور آزادانه به نقطه ی B ببرید. میزان این گشتاور را می توان با ضرب F_A یا F_A´- در d محاسبه نمود ($M_A = F_A \times d$). نقطه اعمال گشتاور یا کوپل در زمان ایجاد سیستم نیروی معادل، اهمیتی ندارد. اگر می خواهید گشتاوری را حرکت دهید، آنرا حرکت دهید.

به طور خلاصه، برای جابه جا کردن یک سیستم نیرو، تنها باید نیروی اولیه را به محل جدید ببرید و گشتاور جدید (که ناشی از نیرو و فاصله بین دو نقطه است) را با حفظ جهت و علامت خود به آن اضافه نمایید.

دو قانون ساده وجود دارند که اجازه ی محاسبه ی سیستم های نیروی معادل را می دهند. دو سیستم نیرو زمانی معادلند که (۱) جمع نیروها در هر سه پلان فضایی (x، y و z) برابربوده و (۲) جمع گشتاورها در حول هر نقطه ای، یکسان باشند.



تصویر ۱۲-۴ ایجاد سیستم های نیروهای معادل. اثر خالص نیروی نشان داده شده در تصویر **A** و **D** یکسان است. **B** و **C** نشان می دهند که چگونه می توان **A** را به **B** تبدیل نمود.

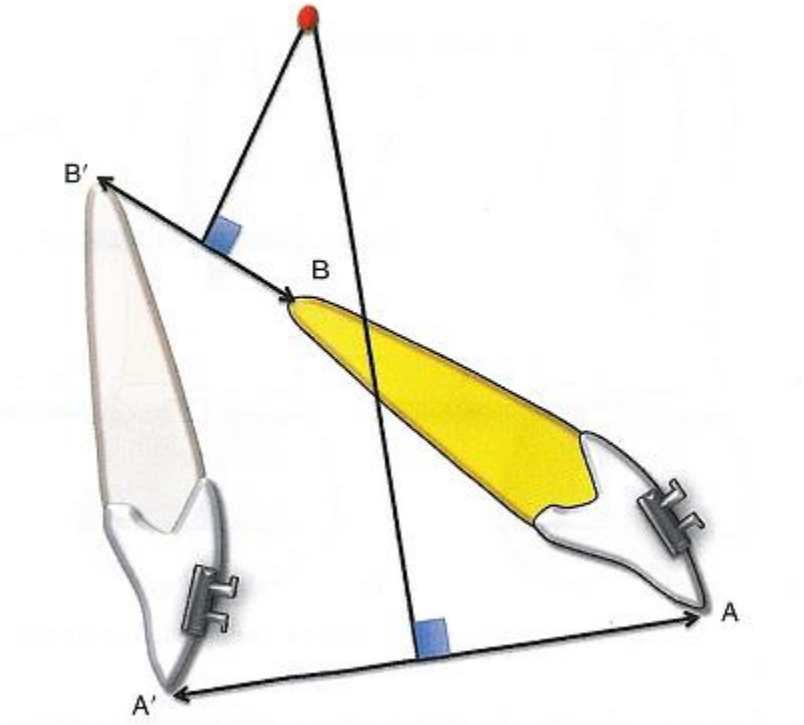
مرکز چرخش

مرکز چرخش نقطه ی ثابتی است، که یک جسم دو بعدی از موقعیت اولیه تا نهایی خود، حول آن می چرخد. (دقت کنید که یک جسم دو بعدی همواره حول یک نقطه می چرخد، درحالیکه یک جسم سه بعدی حول یک محور می چرخد؛ بنابرین، جسم دوبعدی دارای مرکز چرخش و جسم سه بعدی دارای محور چرخش است.) به بیان دیگر، در حین چرخش، تنها نقطه ای که حرکت نمی کند، مرکز چرخش نام دارد (C_{ROT}) (تصویر ۱۳-۴). مابقی پلان، حول این نقطه ثابت می چرخد. با وجود اینکه یک مرکز چرخش منفرد را می توان از هر موقعیت آغازین و انتهایی روی دندان به دست آورد، به این معنی نیست که آن نقطه ی منفرد حقیقتاً در کل حرکت به عنوان مرکز چرخش عمل کرده است. دندان می تواند با طی یک مسیر نامنظم به محل نهایی خود رسیده باشد، به طوریکه اول در یک جهت و سپس در جهت دیگرtip شده باشد. نیروهای اعمال شده به دندان، با حرکت آن، مداوماً دچار تغییرات جزئی می گردند؛ بنابرین یک مرکز چرخش متغیر، بیشتر یک قانون است تا اینکه یک استثناء باشد. در تعیین رابطه ی بین سیستم نیرو و مرکز چرخش حرکت ناشی از آن، تنها چیزی که میتواند به طور واقعی تعیین شود، مرکز "آنی" چرخش است.[۵]

تصویر ۱۳-۴ مرکز چرخش (نقطه ی قرمز) یک دندان. توجه کنید که مرکز چرخش تنها نقطه ای است که ثابت باقی مانده است.

تعیین مرکز چرخش

میتوان همان گونه که در تصویر ۱۴-۴ نشان داده شده است، C_{ROT} را به آسانی محاسبه نمود. هر دو نقطه دلخواه را روی دندان در نظر بگیرید و محل قبل و بعد هر یک از آنها را با یک خط به هم وصل کنید. محل تقاطع عمود منصف های این خطوط، مرکز چرخش است.[۶]



تصویر ۱۴-۴ نقاط A و ´A نوک کاسپ را قبل و بعد از حرکت نشان می دهند. یک خط متصل کننده ی این نقاط کشیده شده است. یک خط عمود نیز از نقطه ی میانی این خطوط ترسیم شده است. می توان خط عمود مشابه دیگری را نیز به همین ترتیب ترسیم نمود. محل تقاطع این دو عمود منصف، مرکز چرخش (*نقطه ی قرمز*) را نشان می دهد.