

### تکنیک‌های تقویتی اصلی

هرکدام از اصولی که در بخش قبلی به آنها پرداخته شد، باید در تکنیک‌های اختصاصی PNF به کار برده شوند. این تکنیک‌ها در تمرین درمانی با هدف تقویت یا تسهیل یک گروه عضلانی آگونیست خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند. انتخاب تکنیک به مشکل موجود در بیمار بستگی دارد. تکنیک‌های زیر با هدف بهبود قدرت و استقامت عضلانی و همچنین بازیابی کنترل نوروماسکولار مورد استفاده قرار می‌گیرند.

▣ **تکنیک Rhythmic initiation:** این تکنیک شامل حرکت پاسیو، سپس اکتیو کمکی و پس از آن اکتیو در مقابل مقاومت در طول الگوی آگونیست می‌باشد. حرکت، آهسته است و در تمام طول دامنه حرکتی موجود انجام می‌شود و از کشش سریع ممانعت به عمل می‌آید. این تکنیک برای بیمارانی که قادر به شروع حرکت نمی‌باشند و یا افرادی که دارای دامنه حرکتی محدود به دلیل تون زیاد می‌باشند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این تکنیک برای آموزش بیمار جهت انجام یک الگوی حرکتی نیز استفاده می‌شود.

▣ **تکنیک Repeated contraction:** این تکنیک هنگامی مورد استفاده قرار می‌گیرد که بیمار در یک نقطه خاص و یا در تمام طول دامنه دچار ضعف است. تکنیک Repeated contraction از طریق تکرار ضعیف‌ترین بخش دامنه، جهت اصلاح ایملانسی استفاده می‌شود که در طول دامنه مشاهده شده است. بیمار تا زمانی که خستگی در اجزای ضعیف‌تر حرکت مشهود باشد، حرکت را بصورت ایزوتونیک در مقابل مقاومت حداکثری تکرار می‌کند. هنگامی که خستگی اجزای ضعیف مشاهده شد، اعمال یک کشش در آن نقطه از دامنه باید باعث تسهیل عضلات ضعیف‌تر گشته و منجر به حرکت نرم‌تر و با هماهنگی بیشتر گردد. در اینجا نیز، کشش سریع در برخی آسیب‌های عضلانی - اسکلتی و ارتوپدی با منع کاربرد همراه است. میزان مقاومت اعمال شده توسط تراپیست باید جهت تطابق با قدرت گروه عضلانی تغییر یابد. از بیمار خواسته می‌شود که عمل "فشار دادن" را با استفاده از انقباض کانسنتریک و اکسنتریک عضلات آگونیست در طول دامنه حرکتی، انجام دهد.

▣ **تکنیک Slow reversal:** این تکنیک شامل انقباض ایزوتونیک عضله آگونیست و بلافاصله پس از آن انقباض ایزوتونیک عضله آنتاگونیست می‌باشد. انقباض اولیه گروه عضلات آگونیست باعث تسهیل انقباض عضلات آنتاگونیست می‌شود. تکنیک Slow reversal را می‌توان با هدف افزایش دامنه حرکتی اکتیو عضلات آگونیست و زمان بندی Reciprocal طبیعی بین عضلات آنتاگونیست و آگونیست استفاده نمود. از بیمار خواسته می‌شود که عمل "فشار دادن" را در مقابل مقاومت حداکثری با استفاده از عضلات آنتاگونیست و سپس عمل "کشیدن" را با استفاده از عضلات آگونیست انجام دهد.

□ تکنیک **Slow-reversal-hold**: این تکنیک شامل انقباض ایزومتریک عضله آگونست و بلافاصله پس از آن انقباض ایزومتریک می‌باشد و در پایان هر حرکت اکتیو، فرمان "نگه داشتن" به بیمار داده می‌شود. جهت الگو با استفاده از همان توالی انقباضی و بدون ریلکسیشن پیش از جابجایی به الگوی آنتاگونیستی، برعکس می‌شود. تکنیک **Slow-reversal-hold** را می‌توان جهت افزایش قدرت در یک نقطه خاص از دامنه حرکتی استفاده نمود.

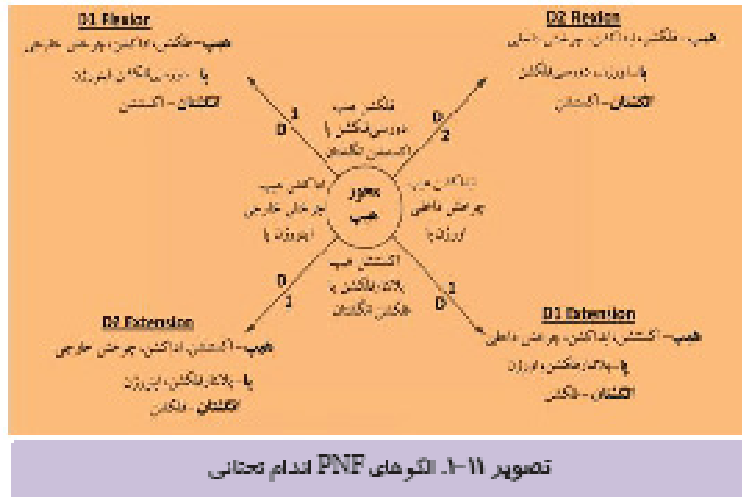
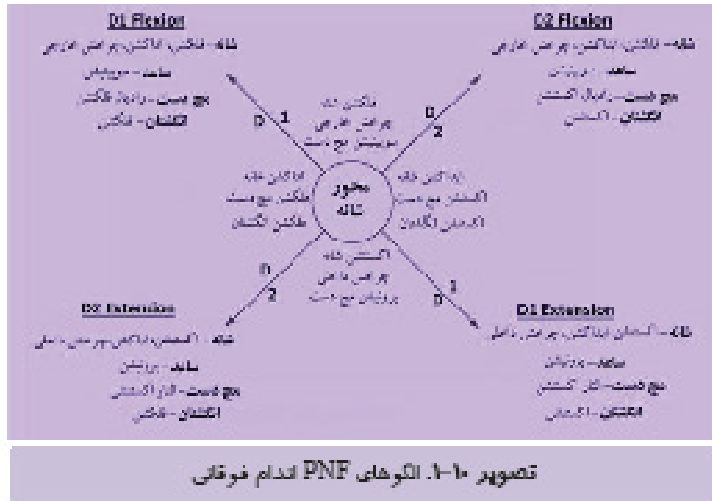
□ تکنیک **Rhythmic stabilization**: در این تکنیک از یک انقباض ایزومتریک در عضله آگونست و پس از آن انقباض ایزومتریک عضله آنتاگونیست استفاده می‌شود، تا از این طریق انقباض همزمان (Co-contraction) و ثبات دو گروه عضلانی مخالف حاصل گردد. دستوری که توسط تراپیست داده می‌شود، "نگه داشتن" می‌باشد و حرکت در هر جهت با مقاومت مواجه خواهد شد. در "نگه داشتن"، باید بر روی انقباض همزمان هر دو گروه عضلات آگونست و آنتاگونیست تأکید شود.

### الگوهای PNF

الگوهای PNF شامل حرکات بزرگی هستند که با فعالیت گروه‌های عضلانی خاص، انجام می‌شوند. تکنیک‌هایی که پیش‌تر اشاره شدند را می‌توان در هر کدام از الگوهای PNF به کار برد. تکنیک‌های PNF شامل الگوهای تمرینی چرخشی و محوری می‌باشد که در واقع مشابه بسیاری از حرکات ورزشی و فعالیت‌های معمول روزمره می‌باشند. الگوهای تمرینی دارای سه جز حرکتی می‌باشند: فلکشن - اکستنشن، اداکشن - اداکشن، چرخش داخلی - خارجی. حرکت بدن انسان به ندرت به صورت خطی انجام می‌شود، چرا که تمامی عضلات بدن دارای ماهیت اسپیرال بوده و در جهت‌های مورب قرار می‌گیرند.

الگوهای PNF شامل حرکات مورب و چرخشی مجزا در اندام فوقانی، اندام تحتانی، بخش فوقانی تنه، بخش تحتانی تنه و گردن می‌باشند. الگوی تمرینی در حالتی آغاز می‌شود که گروه‌های عضلانی در وضعیت طویل یا کشیده شده قرار دارند. سپس گروه عضلانی منقبض شده که باعث حرکت بخشی از بدن در طول دامنه حرکتی در جهت وضعیت کوتاه شده، خواهد شد.

اندام‌های فوقانی و تحتانی دارای الگوهای مورب مجزایی می‌باشند که تحت عنوان D1 و D2 نامیده می‌شوند. این الگوها خود به **D1 Flexion**، **D1 Extension**، **D2 Flexion** و **D2 Extension** تقسیم می‌شوند. **تصاویر ۱-۱۰ و ۱-۱۱** الگوهای PNF را به ترتیب برای اندام‌های فوقانی و تحتانی نمایش می‌دهند.



الگوها بر اساس محور پروگزیمال در شانه یا هیپ (برای مثال مفصل گلتوهومرال یا مفصل فمورال استابولار) نامگذاری می‌شوند. تصاویر ۱۰-۱۲ تا ۱۰-۱۹ وضعیت‌های شروع و پایانی را برای هر یک از الگوهای PNF اندام فوقانی را نشان می‌دهد.



تصویر ۱۳-۱. الگوی حرکتی D1 Flexion اندام فوقانی: وضعیت پایانی



تصویر ۱۳-۱. الگوی حرکتی D1 Flexion اندام فوقانی: وضعیت شروع



تصویر ۱۵-۱. الگوی حرکتی D1 Extension اندام فوقانی: وضعیت پایانی



تصویر ۱۴-۱. الگوی حرکتی D1 Extension اندام فوقانی: وضعیت شروع



تصویر ۱۷-۱. الگوی حرکتی D2 Flexion اندام فوقانی: وضعیت پایانی



تصویر ۱۶-۱. الگوی حرکتی D2 Flexion اندام فوقانی: وضعیت شروع



تصویر ۱۹-۱. الگوی حرکتی D2 Extension اندام فوقانی: وضعیت پایانی



تصویر ۱۸-۱. الگوی حرکتی D2 Extension اندام فوقانی: وضعیت شروع

**تصاویر ۲۰-۱ تا ۲۷-۱** وضعیت‌های شروع و پایانی را برای هر یک از الگوهای PNF اندام تحتانی نشان می‌دهد.



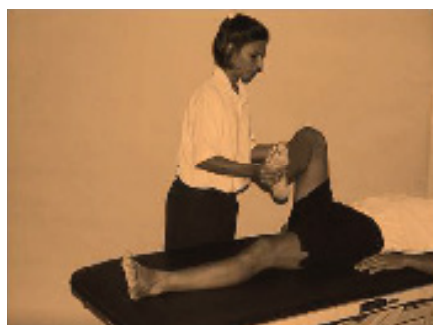
تصویر ۲۱-۱. الگوی حرکتی D1 Flexion اندام تحتانی: وضعیت پایانی



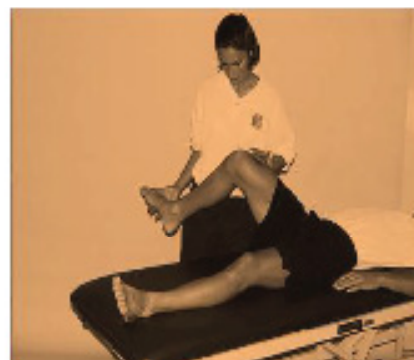
تصویر ۲۰-۱. الگوی حرکتی D1 Flexion اندام تحتانی: وضعیت شروع



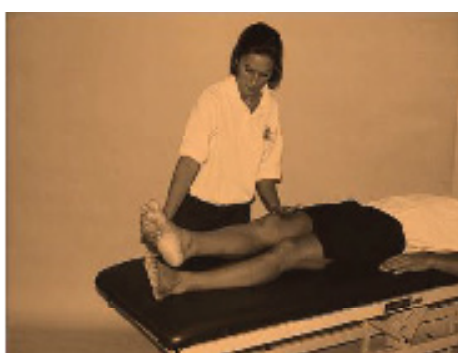
تصویر ۱-۲۳. الگوی حرکتی D1 Extension اندام تحتانی: وضعیت پهلانی



تصویر ۱-۲۲. الگوی حرکتی D1 Extension اندام تحتانی: وضعیت شروع



تصویر ۱-۲۵. الگوی حرکتی D2 Flexion اندام تحتانی: وضعیت پهلانی



تصویر ۱-۲۴. الگوی حرکتی D2 Flexion اندام تحتانی: وضعیت شروع



تصویر ۱-۲۷. الگوی حرکتی D2 Extension اندام تحتانی: وضعیت پهلانی

در **جدول ۱-۱** حرکات چرخشی بخش فوقانی تنه در جهت اکستنشن (Chopping) نیز نامیده می‌شود) و در جهت فلکشن (Lifting) نیز نامیده می‌شود) تشریح شده‌اند. **تصاویر ۱-۲۸** و **۱-۲۹** وضعیت‌های شروع و پایانی الگوی Chopping اندام فوقانی در جهت فلکشن به راست را نشان می‌دهند. همچنین **تصاویر ۱-۳۰** و **۱-۳۱** وضعیت‌های شروع و پایانی برای الگوی Lifting اندام فوقانی در جهت اکستنشن به راست را نشان می‌دهند.

بخش بدن	حرکت در جهت فلکشن (Chopping)		حرکت در جهت اکستنشن (Lifting)	
	وضعیت شروع	وضعیت پایانی	وضعیت شروع	وضعیت پایانی
اندام فوقانی سمت راست	فلکشن، اداکشن، چرخش داخلی	اکستنشن، اداکشن، چرخش خارجی	فلکشن، اداکشن، چرخش خارجی	اکستنشن، اداکشن، چرخش داخلی
اندام فوقانی سمت چپ	فلکشن، اداکشن، چرخش خارجی	اکستنشن، اداکشن، چرخش داخلی	فلکشن، اداکشن، چرخش داخلی	اکستنشن، اداکشن، چرخش خارجی
تنه	چرخش و اکستنشن به چپ	چرخش و فلکشن به راست	چرخش و اکستنشن به راست	چرخش و فلکشن به چپ
سر	چرخش و اکستنشن به چپ	چرخش و فلکشن به راست	چرخش و اکستنشن به راست	چرخش و فلکشن به چپ
محل دست تریپست	دست چپ بر روی سطح قدامی خارجی پیشانی و دست راست بر روی سطح دورسال دست راست	دست راست بر روی سطح دورسال دست راست. دست چپ بر روی سطح خلفی خارجی سر	دست راست بر روی سطح دورسال دست راست. دست چپ بر روی سطح خلفی خارجی سر	دست راست بر روی سطح دورسال دست راست. دست چپ بر روی سطح خلفی خارجی سر
دستور شفاهی	به پایین بکش		به بالا فشار بده	



تصویر ۱-۲۹. الگوی حرکتی بخش فوقانی تنه در جهت فلکشن با Chopping. وضعیت پایانی



تصویر ۱-۲۸. الگوی حرکتی بخش فوقانی تنه در جهت فلکشن با Chopping. وضعیت شروع



تصویر ۳۱-۱. الگوی حرکتی بخش فوقانی تنه در جهت اکستنشن با Lifting وضعیت پایانی



تصویر ۳۰-۱. الگوی حرکتی بخش فوقانی تنه در جهت اکستنشن با Lifting وضعیت شروع

در جدول ۱-۲ حرکات چرخشی اندام‌های تحتانی در جهت وضعیت‌های فلکشن و اکستنشن، توضیح داده شده‌اند. تصاویر ۱-۳۲ و ۱-۳۳ نیز این الگوهای حرکتی را در جهت فلکشن به سمت چپ نشان می‌دهند. همچنین، دو تصویر ۱-۳۴ و ۱-۳۵ الگوی حرکتی را در جهت اکستنشن به سمت چپ نشان می‌دهند.

جدول ۱-۲: الگوهای حرکتی بخش تحتانی ۳۳				
بخش بدن	حرکت در جهت فلکشن		حرکت در جهت اکستنشن	
	وضعیت پایانی	وضعیت شروع	وضعیت پایانی	وضعیت شروع
عقب راست	اکستنشن، اداکشن، چرخش خارجی	فلکشن، اداکشن، چرخش داخلی	فلکشن، اداکشن، چرخش داخلی	اکستنشن، اداکشن، چرخش خارجی
عقب چپ	اکستنشن، اداکشن، چرخش داخلی	فلکشن، اداکشن، چرخش خارجی	فلکشن، اداکشن، چرخش خارجی	اکستنشن، اداکشن، چرخش داخلی
مچ پا	پلانترافلکشن	دورسی‌فلکشن	دورسی‌فلکشن	پلانترافلکشن
انگشتان	فلکشن	اکستنشن	اکستنشن	فلکشن
محل دست تریپست	دست راست بر روی سطح دورسال پا، دست چپ بر روی سطح قدامی خارجی زانوی چپ	دست راست بر روی سطح دورسال پا، دست چپ بر روی سطح قدامی خارجی زانوی چپ	دست راست بر روی سطح پلانتر پا، دست چپ بر روی سطح خلفی خارجی زانوی راست	دست راست بر روی سطح پلانتر پا، دست چپ بر روی سطح خلفی خارجی زانوی راست
دستور شفاهی	به سمت بالا و داخل بکشی	به سمت بالا و داخل بکشی	به سمت پایین و بیرون فشار بده	به سمت پایین و بیرون فشار بده





تصویر ۱-۳۳. الگوی حرکتی بخش تحتانی تنه در جهت فلکشن به سمت چپ. وضعیت پایانی



تصویر ۱-۳۲. الگوی حرکتی بخش تحتانی تنه در جهت فلکشن به سمت چپ. وضعیت شروع



تصویر ۱-۳۵. الگوی حرکتی بخش تحتانی تنه در جهت اکستنشن به سمت چپ. وضعیت پایانی



تصویر ۱-۳۴. الگوی حرکتی بخش تحتانی تنه در جهت اکستنشن به سمت چپ. وضعیت شروع

الگوهای گردن شامل فلکشن و چرخش به یک سمت (تصاویر ۱-۳۶ و ۱-۳۷) همراه با اکستنشن و چرخش به سمت مقابل (تصاویر ۱-۳۸ و ۱-۳۹) می‌باشند. بیمار باید جهت حرکت را با چشم‌های خود دنبال نماید.



تصویر ۳۷-۱. فلکشن و چرخش گردن به سمت چپ. وضعیت پایانی



تصویر ۳۶-۱. فلکشن و چرخش گردن به سمت چپ. وضعیت شروع



تصویر ۳۹-۱. اکستنشن و چرخش گردن به سمت راست. وضعیت پایانی



تصویر ۳۸-۱. اکستنشن و چرخش گردن به سمت راست. وضعیت شروع

### تکنیک‌های کششی

تکنیک‌های زیر جهت افزایش دامنه حرکتی، ریلکسیشن و مهار کردن به کار برده می‌شوند.

■ **تکنیک Contract-relax:** این تکنیک نوعی تکنیک کششی است که بخشی از بدن را به صورت پاسیو در جهت الگوی آگونیست حرکت می‌دهد. به بیمار آموزش داده می‌شود که عمل فشار دادن را با انقباض عضله آنتاگونیست (عضله‌ای که تحت کشش قرار خواهد گرفت) بصورت ایزوتونیک در برابر مقاومت وارده توسط تراپیست، انجام دهد. سپس بیمار عمل ریلکسیشن عضله آنتاگونیست را انجام می‌دهد و در عین حال تراپیست حرکت را بصورت پاسیو تا نقطه‌ای که مجدداً محدودیت احساس شود، ادامه می‌دهد. تکنیک Contract-relax هنگامی سودمند است که دامنه حرکتی به دلیل سفتی عضلات دچار محدودیت شده باشد.

### اهرم نوع دوم

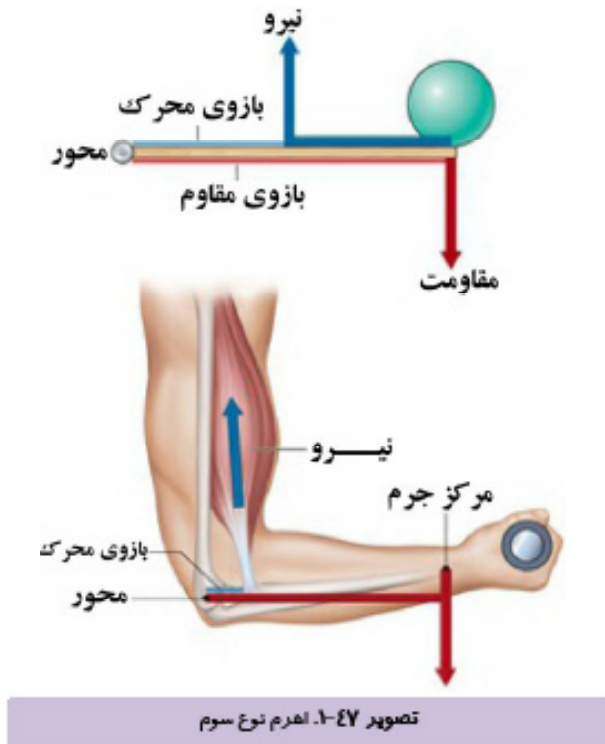
در اهرم نوع دوم، نقطه مقاومت در بین تکیه‌گاه و نیرو قرار می‌گیرد. این نوع اهرم همواره دارای بازوی محرک بلندتری نسبت به بازوی مقاوم می‌باشد. این اهرم در تولید نیرو به شکل کارا و موثری عمل می‌کند، زیرا میزان نیروی مورد نیاز برای حرکت دادن مقاومت همواره کمتر از نیروی مقاوم است. اهرم نوع دوم یک نیروی بسیار بزرگی را برای یک مقاومت کوچک تولید می‌کند که علت آن طول بیشتر بازوی اهرمی این نوع اهرم می‌باشد ولی میزان حرکت آن محدود است. متأسفانه تعداد زیادی اهرم نوع دوم در بدن انسان وجود ندارد. یک مثال رایج از این نوع اهرم، چرخ دستی می‌باشد. در بدن انسان مجموعه گاستروکنمیوس - سولئوس (همان‌طور که در **تصویر ۴۶-۱** مشاهده می‌شود) مثالی از اهرم نوع دوم به حساب می‌آید؛ چرا که تاندون، نیرو را بر روی کالکانئوس اعمال می‌کند و مرکز جرم بدن در بین استخوان کالکانئوس و مفاصل متاتارسوفالانژیال (محور حرکت) قرار گرفته است.



تصویر ۴۶-۱. اهرم نوع دوم

### اهرم نوع سوم

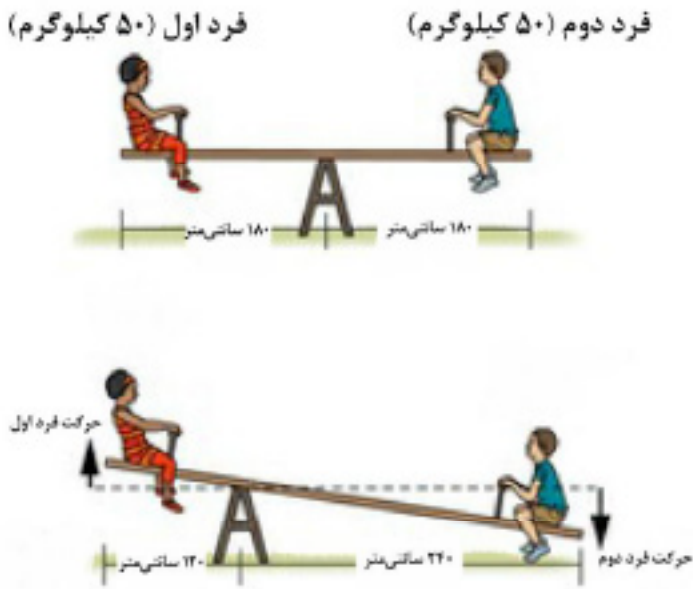
در اهرم نوع سوم، نیرو در بین تکیه‌گاه و مقاومت قرار می‌گیرد. این نوع اهرم کارایی مطلوبی برای تولید نیرو ندارد، چرا که بازوی محرک همواره کوتاه‌تر از بازوی مقاوم است؛ بنابراین نیروی بیشتری برای به حرکت درآوردن مقاومت نیاز است. با این حال، یکی از مزیت‌های مهم اهرم نوع سوم این است که دامنه حرکتی بیشتری در این نوع اهرم (در مقایسه با اهرم نوع دوم) تولید می‌شود. یکی دیگر از مزیت‌های این نوع اهرم این است که به دلیل دامنه حرکتی بیشتر آن، یک حرکت سرعتی ایجاد می‌شود. بسیاری از اهرم‌های موجود در بدن انسان از نوع سوم می‌باشند. مفصل آرنج از این نوع اهرم می‌باشد (تصویر ۴۷-۱). در مفصل آرنج، تاندون بایسپس بر روی ساعد (بین مفصل آرنج و مرکز جرم ساعد) اتصال می‌یابد.



### اثرات اهرم‌ها

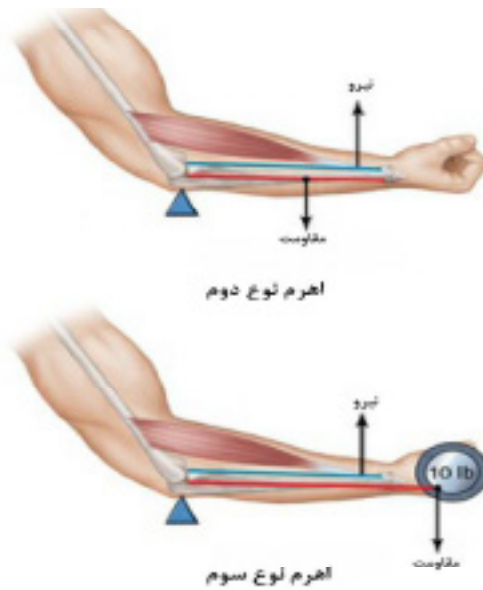
این نوع اهرم‌ها واکنش‌های مکانیکی بدن را تعیین می‌کنند. آن‌ها می‌توانند عوامل مهمی را در حرکت بدن انسان کاهش یا افزایش دهند: (۱) نیروهای تولیدی، (۲) سرعت حرکت یک بخش از بدن، و (۳) دامنه

حرکتی یک مفصل. در صورتی که یک یا چندین مورد از این عوامل افزایش یابند، سایر عوامل دچار کاهش می‌شوند. به طور عکس، اگر یکی یا بیشتر از آنها کاهش یابد، سایر عوامل افزایش خواهند یافت. **تصویر ۱-۴۸** دو فرد را نشان می‌دهد که با وزن برابر در دو طرف الاکلنگ قرار گرفته‌اند. با این حال، اگر فرد اول حدود ۱۲۰ سانتی‌متر از تکیه‌گاه فاصله داشته باشد و این فاصله برای فرد دوم حدود ۲۴۰ سانتی‌متر باشد، فرد دوم می‌تواند با نصف تلاش فرد اول، خروجی بیشتری را ایجاد نماید. فرد اول به صورت آهسته‌تری و با فاصله کمتری از فرد دوم به سمت بالا و پایین حرکت می‌کند.



**تصویر ۱-۴۸. تغییر در طول بازوی اهرمی باعث تغییر در نیروی تولیدی از طریق مقاومت با یک عضله می‌شود.**

در برخی موارد، هنگامی که یک مقاومت خارجی (مانند یک وزنه در دست) اضافه می‌شود، نوع اهرم تغییر می‌کند. برای مثال، عضله براکیورادیالیس به دلیل اتصالات آن بر روی ساعد، هنگامی که باعث حرکت فلکشن آرنج می‌شود، به عنوان اهرم نوع دوم عمل می‌کند. با این وجود، در صورتی که یک وزنه سنگین در دست نگه داشته شود (**تصویر ۱-۴۹**)، مرکز جرم آن بخش از بدن (نقطه مقاومت) در جهت دیستال جابجا می‌شود و باعث می‌شود که این عضله به یک اهرم نوع سوم تغییر یابد.



تصویر ۴۹-۱. تغییر اهرم از نوع دوم به سوم در انقباض عضله براکیورادیالیس برای فلکشن مفصل آرنج

### اهرم‌ها و نیرو

**حرکت خطی (Linear motion)** عبارت است از حرکت در یک خط صاف (مستقیم)، در حالی که **حرکت زاویه‌ای (Angular motion)** نوعی حرکت چرخشی است که در یک دامنه مشخص رخ می‌دهد. کلیه مفاصل موجود در بدن حرکات زاویه‌ای تولید می‌کنند، ولی کل مجموعه بدن در فضا اغلب به صورت حرکات خطی صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر، حرکات چرخشی در مفاصل هیپ، زانو و مچ پا باعث به جلو رفتن خطی بدن در طی حرکتی تحت عنوان راه رفتن می‌شود. بطور مشابه، فردی که در یک ویلچر نشسته است، بصورت خطی رو به جلو حرکت می‌کند که دلیل آن به حرکات چرخشی چرخ‌ها بازمی‌گردد.

### گشتاور

هنگامی که یک نیرو باعث حرکت چرخشی می‌شود، آن نیرو تحت عنوان **گشتاور (Torque)** نامیده می‌شود. گشتاور محصول نیرو و طول بازوی محرک است. به همین دلیل، گشتاور با واحدهایی نظیر نیوتن - متر (N-m)، فوت - پوند (ft-lb) یا اینچ - پوند (in-lb) نشان داده می‌شود. هنگامی که گشتاور

تولید می‌شود، بازوی محرک تحت عنوان بازوی گشتاوری نامیده می‌شود؛ با این حال، تراپیست‌ها از این اصطلاحات بجای یکدیگر استفاده می‌کنند.

افزایش طول بازوی گشتاور باعث افزایش گشتاور تولیدی توسط یک نیرو خواهد شد ( $T=F \times L$ ). برای مثال، در صورتی که هنگام انجام تمرین SLR توسط بیمار، یک مقاومت منوال را به ران او اعمال کنید، گشتاور شما کمتر (یا باید نیروی بیشتری برای همان میزان مقاومت در برابر بیمار تولید کنید) از حالتی است که مقاومت را در سطح مچ پا اعمال نمایید. در حالتی که دست شما در سطح مچ پا قرار گرفته است، تلاش شما برای تولید همان میزان گشتاور کمتر خواهد بود چرا که بازوی گشتاوری شما طویل‌تر خواهد بود (از هیپ تا مچ پای بیمار در مقایسه با هیپ تا زانوی بیمار). بطور عکس، در صورتی که بیمار در انجام تمرین SLR در مقابل جاذبه مشکل داشته باشد، خم کردن زانو با هدف کوتاه کردن طول بازوی مقاوم پا ممکن است به انجام تمرین (بدون کمک به بیمار) منجر شود.

گشتاور همچنین می‌تواند با تغییر نیرو دچار تغییر گردد. قرار دادن یک وزنه ۵ کیلوگرمی بر روی مچ پا باعث تولید دو برابر گشتاور نسبت به یک وزنه ۲/۵ کیلوگرمی در طول تمرین اکستنشن زانو می‌شود. گشتاور عضله نیز با حرکت مفصل در دامنه حرکتی خود دچار تغییر می‌شود. چنین موردی به این علت رخ می‌دهد که تغییر خط و زاویه کشش عضله باعث تغییر طول بازوی گشتاوری عضله می‌شود.

### خط کشش

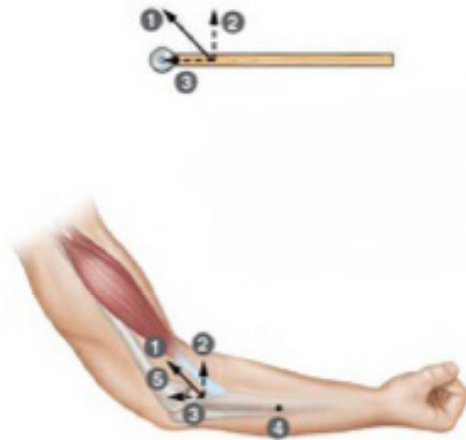
خط کشش یک عضله در واقع محور طولی آن محسوب می‌شود. زاویه کشش عبارت است از زاویه‌ای که بین محور طولی استخوان (بازوی اهرمی) و خط کشش عضله شکل می‌گیرد. هر دو مورد زاویه کشش و بازوی گشتاوری عضله با حرکت مفصل در دامنه حرکتی خود دستخوش تغییر می‌شوند. همانطور که در **تصویر ۱-۵۰** نشان داده شده است، بیشترین میزان گشتاور زمانی حاصل می‌شود که زاویه کشش عضله ۹۰ درجه باشد و بازوی گشتاوری در بیشترین طول خود قرار بگیرد. در چنین وضعیتی، تمام نیروی عضله صرف تولید حرکت چرخشی (بصورت خالص) می‌شود. در شرایطی که زاویه کشش عضله از ۹۰ درجه بیشتر یا کمتر شود، بخشی از نیرو که مرتبط با حرکت چرخشی است (نیروی چرخشی) کاهش می‌یابد و از سوی دیگر بخشی که مرتبط با حرکات چرخشی نیست (نیروی غیرچرخشی) با افزایش مواجه خواهد شد؛ بنابراین از توانایی تولید حرکات چرخشی (یا همان گشتاور) کاسته می‌شود.



**تصویر ۱-۱۰:** زاویه کشش با تغییر دامنه حرکتی دستخوش تغییر می‌شود. بیشترین میزان نیروی چرخشی در شرایطی رخ می‌دهد که زاویه کشش عضله ۹۰ درجه باشد.

اینکه چه میزان از نیروی عضله صرف نیروهای چرخشی (بُردار) و غیرچرخشی (بُردار) می‌شود، به زاویه کشش و طول بازوی گشتاوری در آن زاویه بستگی دارد. نیروی غیرچرخشی عضله تمایل به انجام دو کار دارد: (۱) ایجاد ثبات در مفصل از طریق ایجاد کامپرنشن در آن، یا (۲) بی‌ثبات کردن مفصل با اعمال نیروهای دیستراکتیو (جدا کننده). این موضوع به زاویه کشش بستگی دارد. به هر میزان که زاویه کشش بیش از ۹۰ درجه باشد، بخش بیشتر نیروی عضله صرف ایجاد ثبات یا بی‌ثباتی مفصل خواهد شد و بخش کمتری از این نیرو باعث تولید حرکت چرخشی می‌گردد. برای مثال، عضله بایسپس براکی (تصویر ۱-۵۱) دارای یک نیروی غیرچرخشی است که باعث کشیده شدن النا به طرف آرنج شده و در نتیجه ثبات مفصل آرنج را به همراه خواهد داشت. این عضله دارای یک نیروی چرخشی نیز می‌باشد که باعث حرکت ساعد در دامنه حرکتی خود می‌شود.





تصویر ۵۱-۱. اجزای چرخشی و غیرچرخشی در یک نیرو:

- (۱) خط کشش عضله
- (۲) جز چرخشی عضله
- (۳) جز غیرچرخشی عضله
- (۴) مرکز جرم
- (۵) زاویه کشش عضله

## فراموش نکنید که ....



در تمرین درمانی، مکانیک هر مفصل و زاویه کشش عضلات اطراف آن باید مورد توجه قرار داده شود. برای نمونه؛ در یک شانه که به تازگی دچار دررفتگی شده است، این مفصل نباید در حالتی قرار داده شود که فعالیت عضلات اطراف باعث بی‌ثباتی آن گردد. به همین دلیل، دریافت بدون تأخیر برنامه توانبخشی برای چنین شرایطی باعث جلوگیری از وضعیت‌های بالای سر یا چرخش خارجی کامل شانه می‌شود، چرا که در چنین وضعیت‌هایی نیروهای غیرچرخشی بی‌ثباتی قابل توجهی را از طریق اعمال نیروهای دیستراکتیو به همراه خواهند داشت.