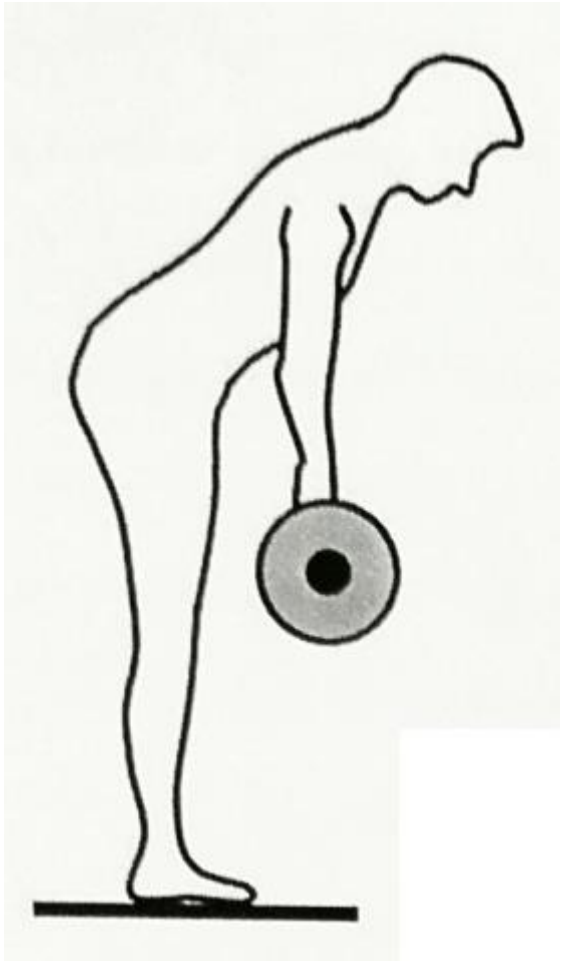
Biomechanical Modeling

M. Irannejad

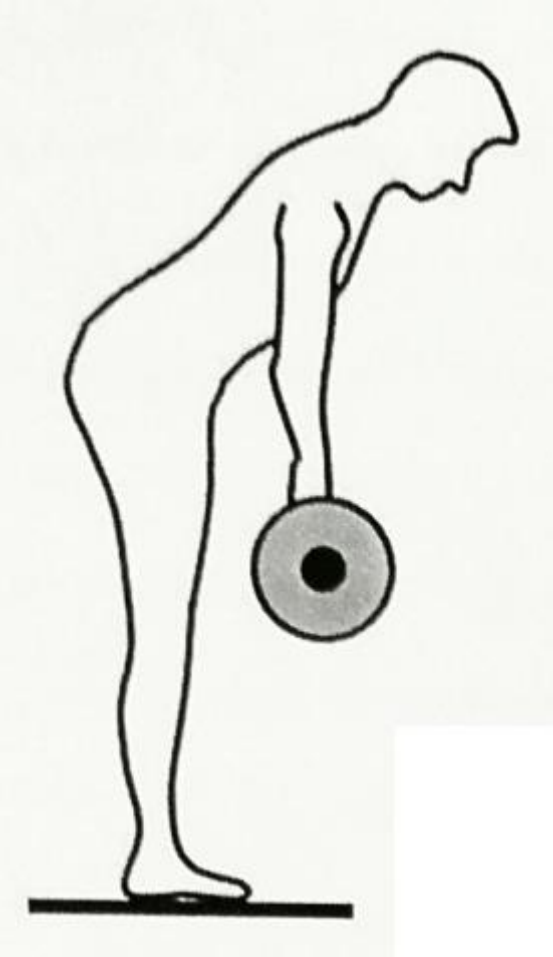
مثال 1

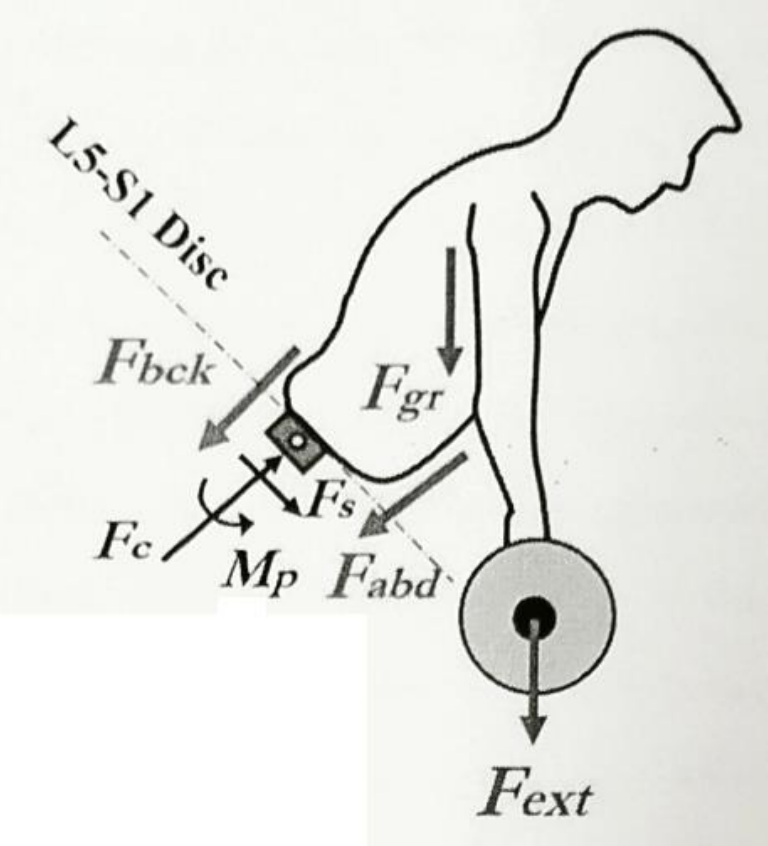
- محاسبه نیروها و گشتاورهای مفصلی در ستون مهره‌ها



مثال 1

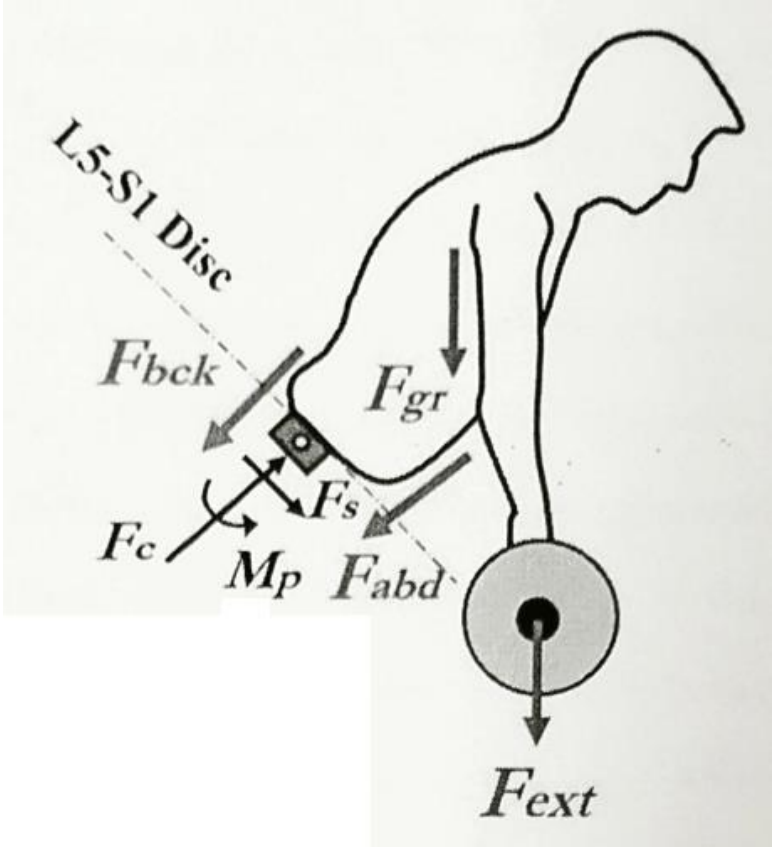
- محاسبه نیروها و گشتاورهای مفصلی در ستون مهره‌ها





مثال 1

- محاسبه نیروها و گشتاورهای مفصلی در ستون مهره‌ها

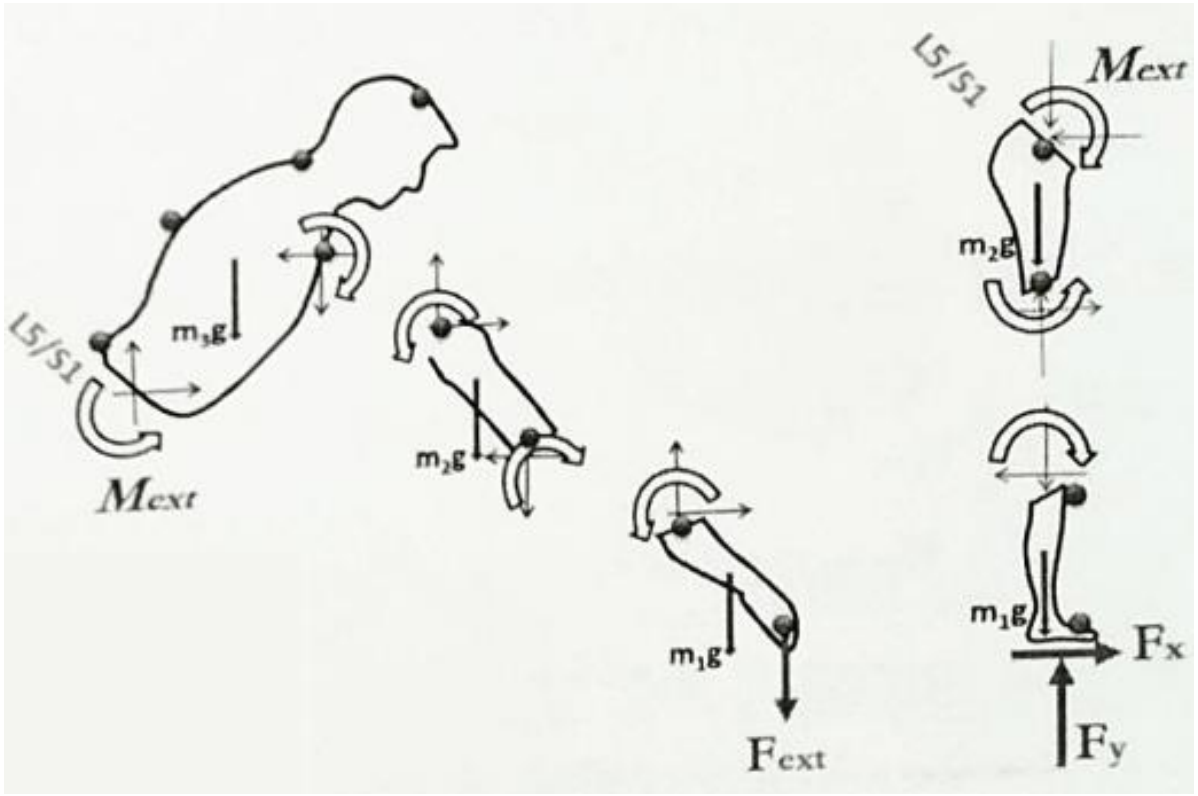


$$r_{gr} \times F_{gr} + r_{ext} \times F_{ext} + \sum r_{abd} \times F_{abd} - \sum r_{bck} \times F_{bck} - M_p = 0$$

$$F_{gr} + F_{ext} + \sum F_{abd} + \sum F_{bck} + F_s + F_c = 0$$

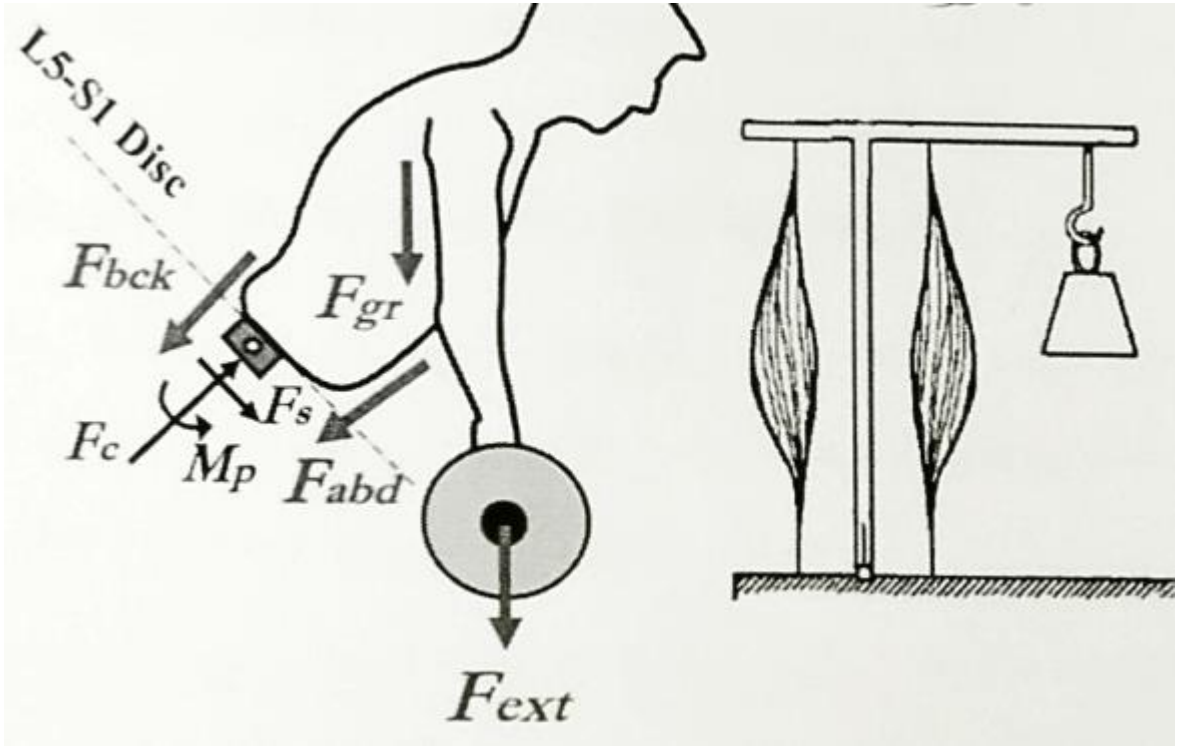
مثال 1

- محاسبه نیروها و گشتاورهای مفصلی در ستون مهره‌ها



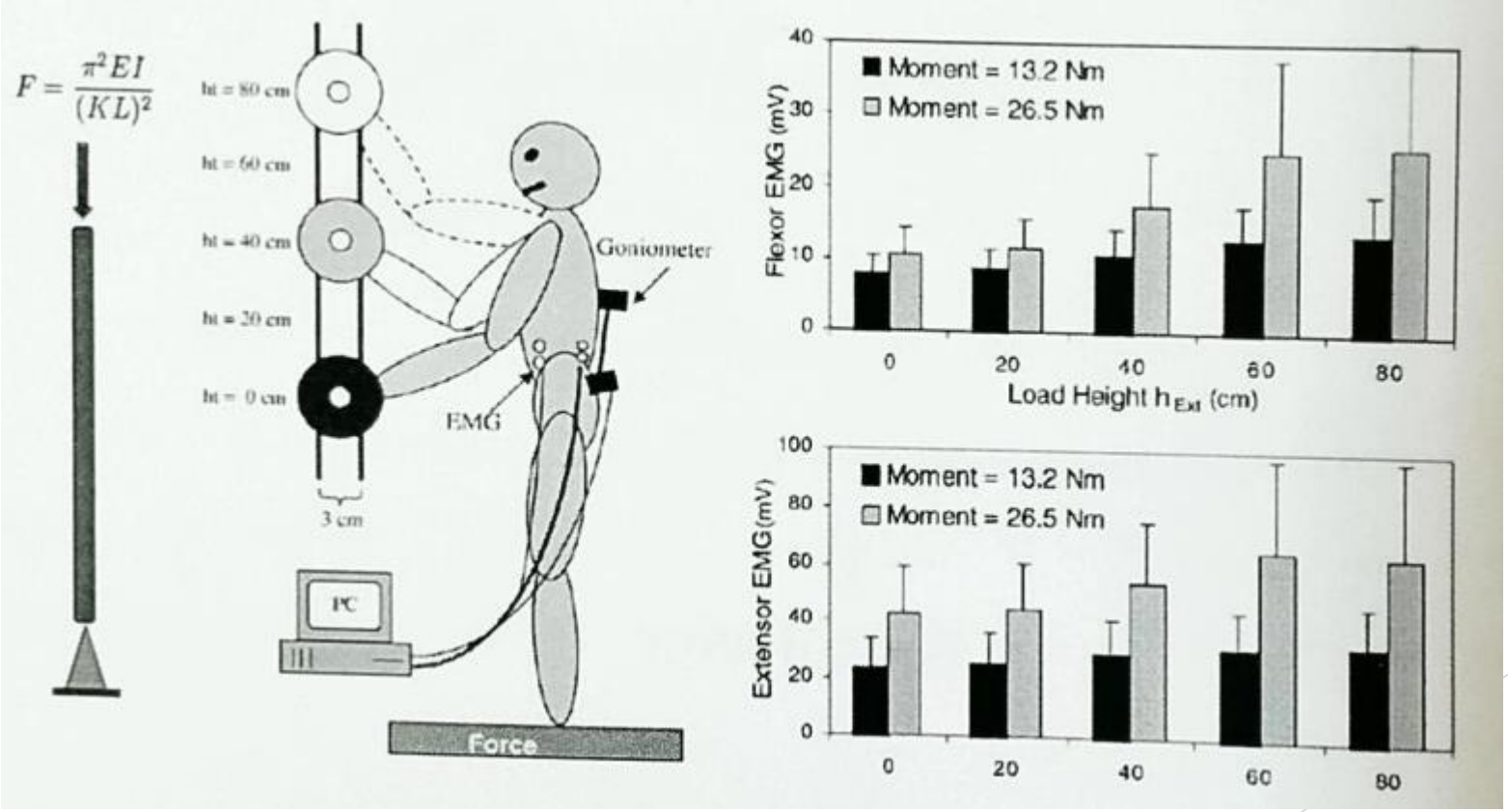
نقش عضلات آگونیست و آنتاگونیست

- محاسبه نیروها و گشتاورهای مفصلی در ستون مهره‌ها

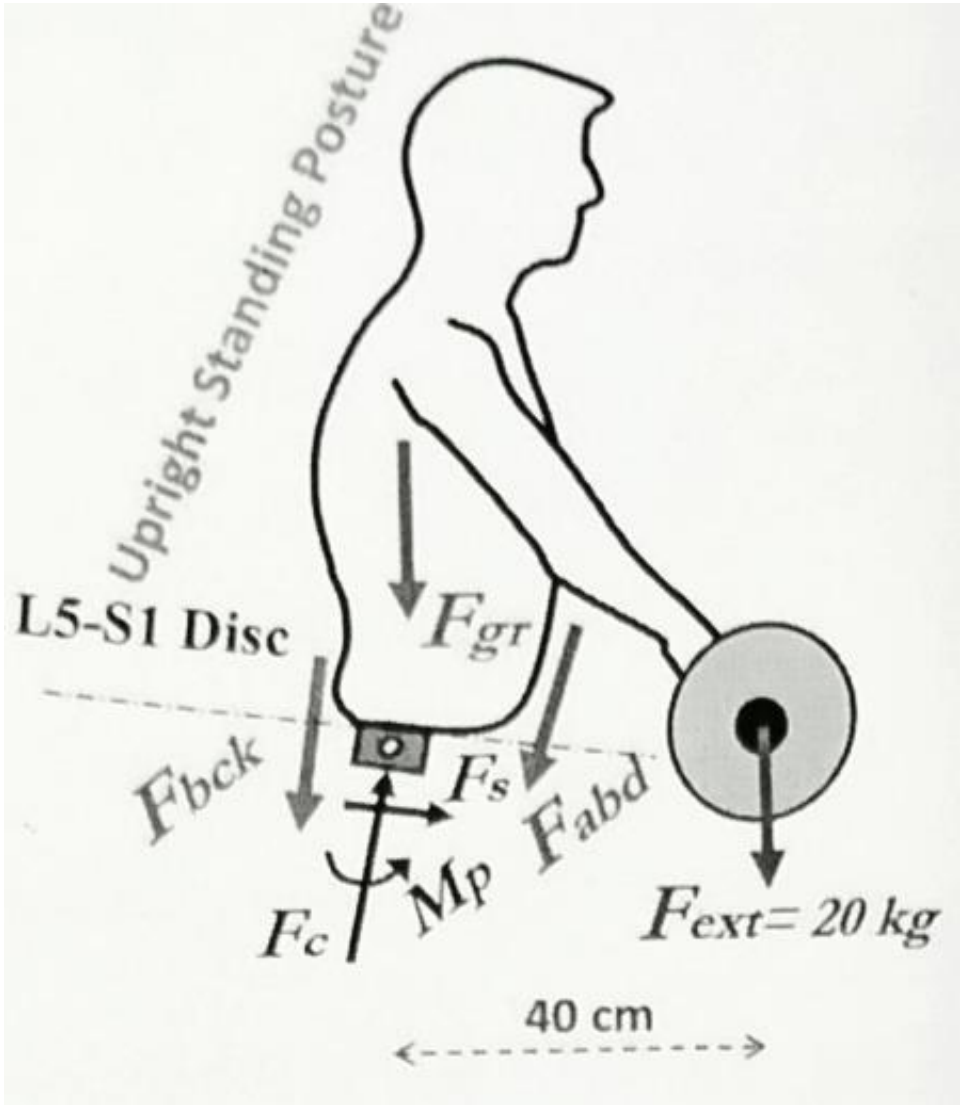


نقش عضلات آگونیست و آنتاگونیست

- اثبات نقش عضلات آنتاگونیست در ایداری ستون فقرات



مثال 2

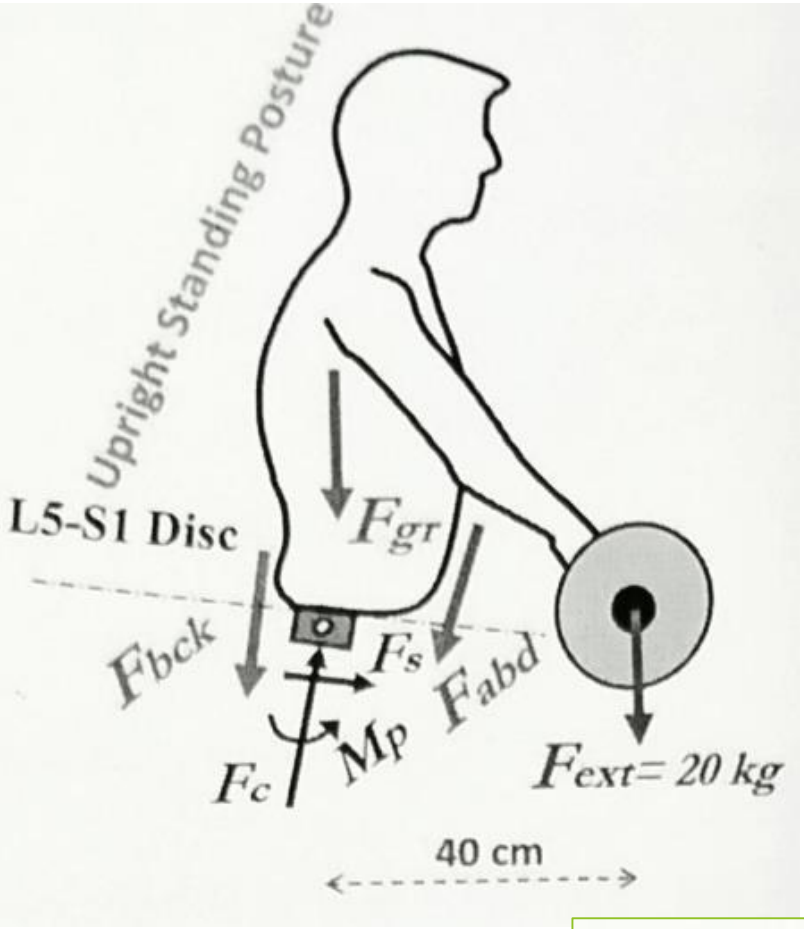


- فرد در حالت ایستاده بار خارجی 20 کیلوگرم را در فاصله 40 سانتیمتری از بدن نگه می دارد.

- با استفاده از معادلات تعادل، نیروهای فشاری و برشی موجود در دیسک L5-S1 را محاسبه نمایید.

مثال 2

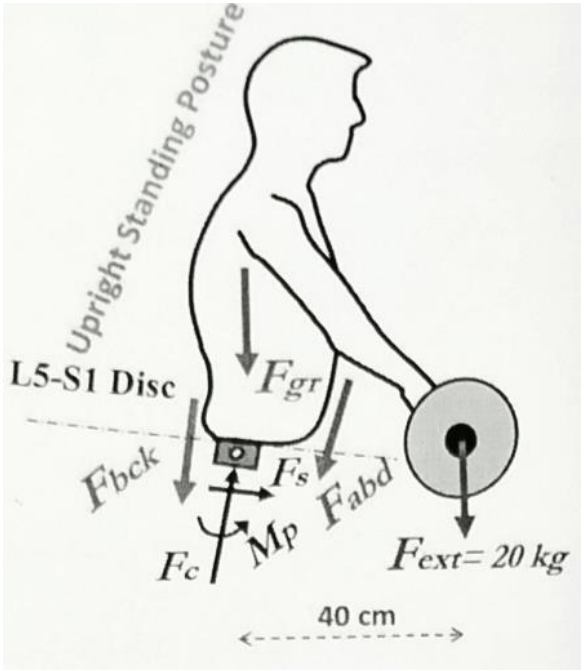
- محاسبه نیروها و گشتاورهای مفصلی در ستون مهره‌ها



$$r_{gr} \times F_{gr} + r_{ext} \times F_{ext} + \sum r_{abd} \times F_{abd} + \sum r_{bck} \times F_{bck} - M_p = 0$$

$$F_{gr} + F_{ext} + \sum F_{abd} + \sum F_{bck} + F_s + F_c = 0$$

مثال 2



- محاسبه نیروها و گشتاورهای مفصلی در ستون مهره‌ها

$$r_{gr} \times F_{gr} + r_{ext} \times F_{ext} + \sum r_{abd} \times F_{abd} + \sum r_{bck} \times F_{bck} - M_p = 0$$

$$F_{gr} + F_{ext} + \sum F_{abd} + \sum F_{bck} + F_s + F_c = 0$$

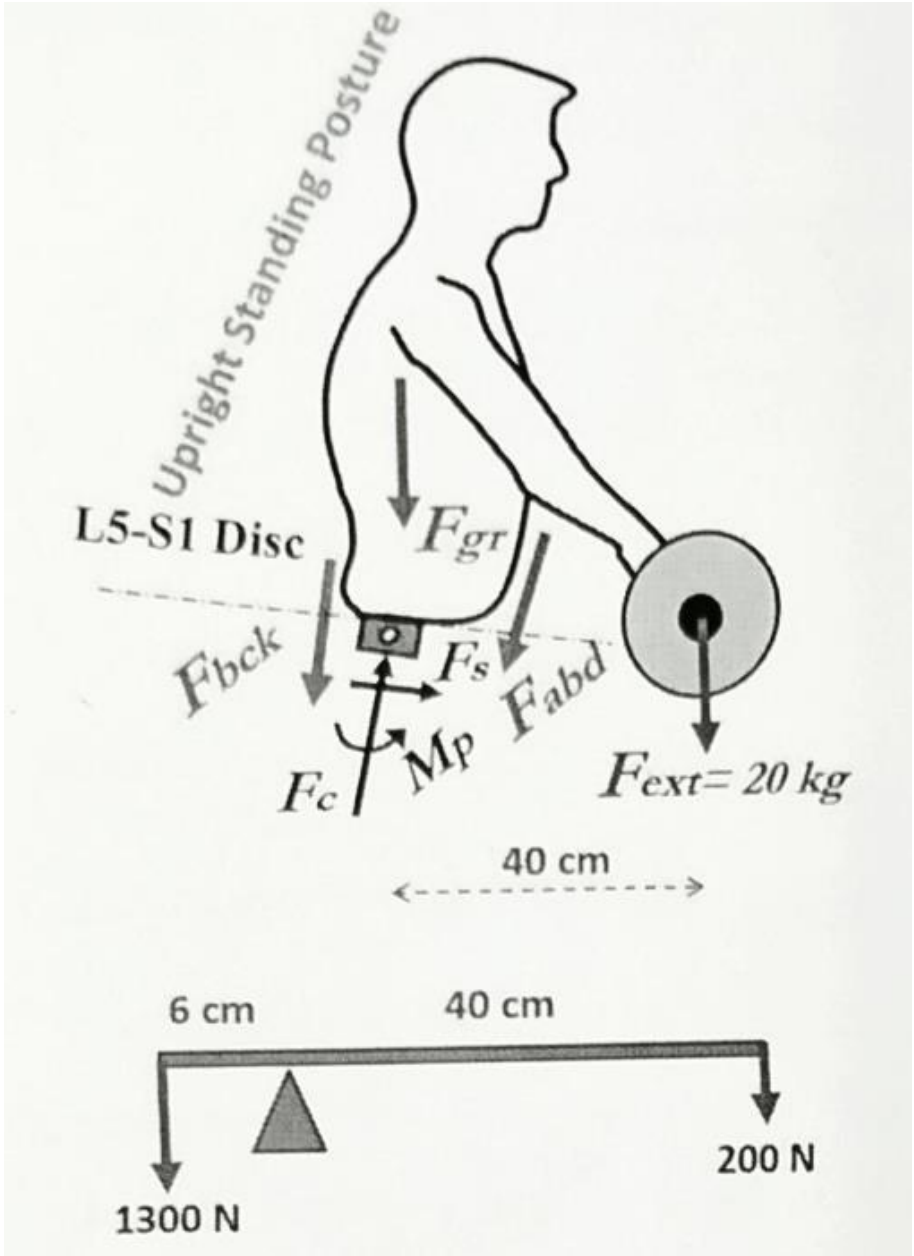
$$r_{gr} \cong 0, \quad F_{abd} \cong 0, \quad M_P \cong 0$$

$$40\ cm \times 20\ kg + 6\ cm \times F_{bck} = 0$$

$$F_{bck} = 1300\ N$$

مثال 2

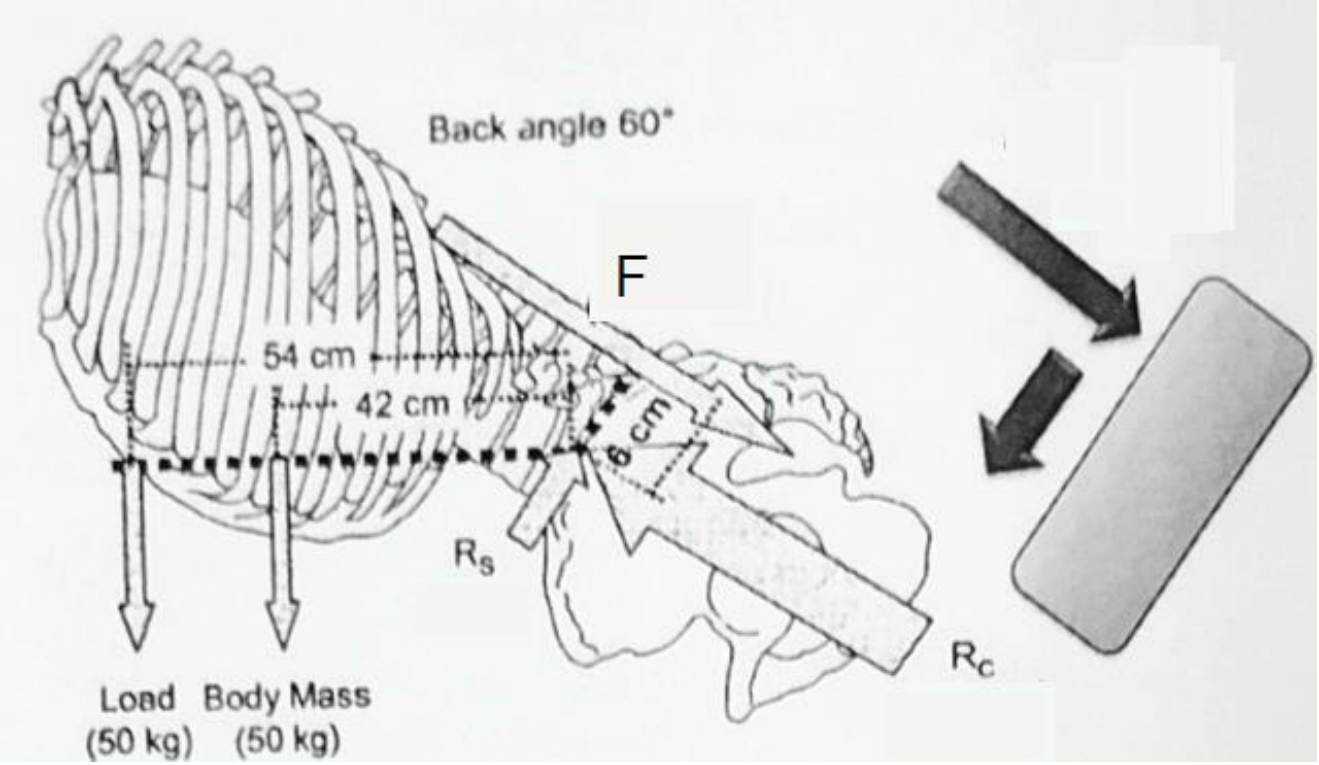
- محاسبه نیروها و گشتاورهای مفصلی در ستون مهره‌ها



$$F_c = F_{gr} + F_{ext} + F_{bck}$$

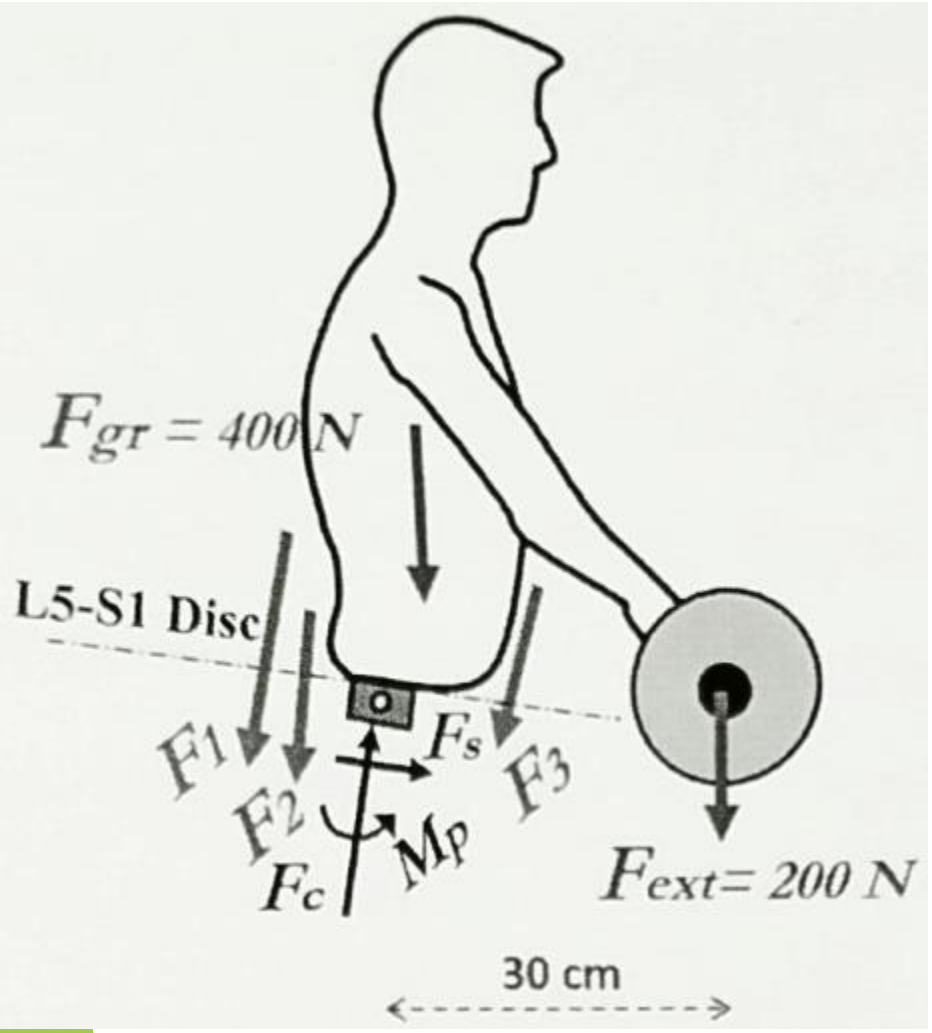
تمرین

- نیروهای فشاری و برشی وارد بر ستون مهره های کمری را محاسبه نمایید.



مدلهای بیومکانیکی بر پایه بهینه سازی

فردی در حالت ایستاده وزنه $200\ N$ را در فاصله $30\ cm$ از $L5\text{-}S1$ نگه داشته است. با در نظر گرفتن یک مدل بیومکانیکی با دو عضله کمری با بازوی گشتاور $6\ cm$ و $4\ cm$ و یک عضله معادل شکمی با بازوی گشتاور $12\ cm$، معادلات تعادل نیروها و ممان‌ها به صورت زیر خواهند بود (به دلیل وجود عضلات چپ و راست نیروی عضلات در ۲ ضرب شده است):



مدلهای بیومکانیکی بر پایه بهینه سازی

فردی در حالت ایستاده وزنه $200\ N$ را در فاصله $30\ cm$ از $L5\text{-}S1$ نگه داشته است. با در نظر گرفتن یک مدل بیومکانیکی با دو عضله کمری با بازوی گشتاور $6\ cm$ و $4\ cm$ و یک عضله معادل شکمی با بازوی گشتاور $12\ cm$، معادلات تعادل نیروها و ممان‌ها به صورت زیر خواهند بود (به دلیل وجود عضلات چپ و راست نیروی عضلات در ۲ ضرب شده است):

$$r_{gr} * F_{gr} + r_{ext} * F_{ext} + \sum r_{abd} * F_{abd} + \sum r_{bck} * F_{bck} - M_P = 0$$

$$2.5\ cm * 400\ N + 30\ cm * 200\ N - 2 * 6\ cm * F_1 - 2 * 4\ cm * F_2 + 2 * 12\ cm * F_3 = 0$$

$$0.06F_1 + 0.04F_2 - 0.12F_3 - 35\ Nm = 0$$

مدلهای بیومکانیکی بر پایه بهینه سازی

$$0.06F_1 + 0.04F_2 - 0.12F_3 - 35\ Nm = 0$$

$$Cost\ Function:\ \ minimize(2 \times F_1 + 2 \times F_2 + 2 \times F_3)$$

$$0 \le F_1, F_2, F_3 \le 0.6\ MPa \times PCSA_i(mm^2)$$

$$F_1 = 35\ Nm/(0.06\ m) = 583.33\ N$$

$$F_2 = F_3 = 0$$

مدلهای بیومکانیکی بر پایه بهینه سازی

- اگر ممان بار خارجی بجای 35 نیوتن متر، 100 نیوتن متر باشد.

$$F_{1,max} = 0.6\ MPa \times 1900\ mm^2 = 1140N,\ \ M_{1,max} = F_{1,max} \times 0.06m = 68.4\ Nm$$

$$F_{2,max} = 0.6\ MPa \times 2200\ mm^2 = 1320N,\ \ M_{2,max} = F_{2,max} \times 0.04m = 52.8\ Nm$$

$$M_{Total} = 68.4 + 52.8 = 121.2\ Nm$$

$$F_1 = F_{1,max} = 1140\ N$$

$$F_2 = 790\ N\ < F_{2,max}$$

$$F_3 = 0$$

مدلهای بیومکانیکی بر پایه بهینه سازی
الگوریتم ضرایب لاگرانژ

- تابع بهینه سازی: مینیمم کردن مجموع مربعات نیروهای عضلات

$$\text{Cost Function: CF: } \text{minimize}\left(F_1^{\,2} + F_2^{\,2} + F_3^{\,2}\right)$$

Constraint Equation: CE: $aF_1 + bF_2 - cF_3 - M = 0$

$$L = \text{CF} - \lambda \times CE$$

$$L = \left(F_1^{\,2} + F_2^{\,2} + F_3^{\,2}\right) - \lambda \times (aF_1 + bF_2 - cF_3 - M)$$

$$\frac{\partial L}{\partial F_1} = 0, \quad \frac{\partial L}{\partial F_2} = 0, \quad \frac{\partial L}{\partial F_3} = 0, \quad \frac{\partial L}{\partial \lambda} = 0$$

مدلهای بیومکانیکی بر پایه بهینه سازی

- تابع بهینه سازی: مینیمم کردن مجموع مربعات نیروهای عضلات

$$2 \times F_1 - \lambda \times a = 0 \quad \Rightarrow\!\!\!\rangle \quad F_1 = \lambda \times a/2$$

$$2 \times F_2 - \lambda \times b = 0 \quad \Rightarrow\!\!\!\rangle \quad F_2 = \lambda \times b/2$$

$$2 \times F_3 + \lambda \times c = 0 \quad \Rightarrow\!\!\!\rangle \quad F_3 = -\lambda \times c/2$$

$$aF_1 + bF_2 - cF_3 - M = 0$$

مدلهای بیومکانیکی بر پایه بهینه سازی

- تابع بهینه سازی: مینیمم کردن مجموع مربعات نیروهای عضلات

$$F_1 = M \times a/(a^2 + b^2) = 35Nm * 0.06/(0.04^2 + 0.06^2) = 403\ N$$

$$F_2 = M \times b/(a^2 + b^2) = 35Nm * 0.04/(0.04^2 + 0.06^2) = 269\ N$$

$$F_3 = 0\ N$$

تمرین

- مساله فوق را با استفاده از تابع هزینه مکعب نیروها ، به کمک روش الگوریتم ضرایب لاگرانژ حل نمایید.