



# کنترل سیستم‌های عصبی-عضلانی

حفظ وضعیت بدن  
*Posture*

<http://maleki.semnan.ac.ir>

Semnan University, Biomedical Engineering Department, Dr. A. Maleki

Spring 2024

# فهرست

← مقدمه ✓

✓ کنترل وضعیت (posture control)

- کنترل وضعیت ایستادن
- استراتژی‌های حسی برای کنترل وضعیت
- استراتژی‌های حرکتی برای کنترل وضعیت

**posture** و یا بالانس به طور کلی توانایی حفظ بدن در تعادل است. این توانایی صرفاً حفظ پایداری نیست بلکه توانایی پیش بینی و حرکت در راهی است که به ما کمک کند تا از ناپایداری جلوگیری کنیم.

**Posture** در تمام کارهای روزمره ما دیده می‌شود. مثل خوابیدن، نشستن، ایستادن، راه رفتن، دویدن و...



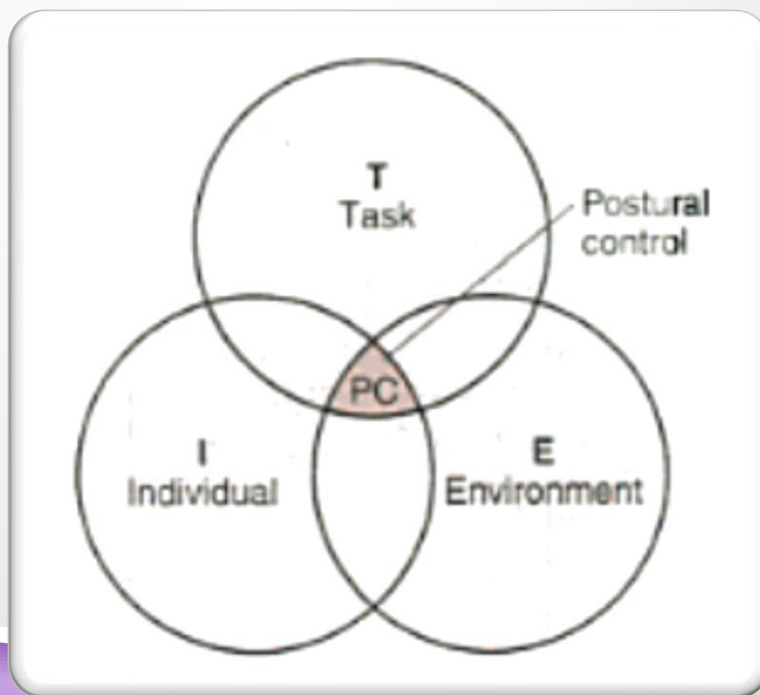
✓ مقدمه

✓ ← کنترل وضعیت (posture control)

- کنترل وضعیت ایستادن
- استراتژی‌های حسی برای کنترل وضعیت
- استراتژی‌های حرکتی برای کنترل وضعیت

۵ کنترل وضعیت (posture control) حاصل تعامل فرد با کار و محیط است.

همچنین توانایی کنترل وضعیت بدن در فضا از تعامل پیچیده‌ای از عضله اسکلتی و سیستم عصبی پدیدار می‌شود که سیستم **کنترل وضعیت** نامیده می‌شود.



# POSTURAL CONTROL

برای درک کنترل posture در یک فرد، باید اول وظیفه کنترل posture را درک کنیم.

کنترل posture شامل کنترل وضعیت بدن در فضا برای دو هدف زیر

۱. ثبات **postural stability**

۲. جهت **Postural orientation**

# Postural orientation

- توانایی حفظ ارتباط مناسب بین بخش‌های بدن
- ارتباط مناسب بین بدن و محیط
- نیاز به حفظ یک جهت عمودی برای خنثی کردن نیروی مرکز ثقل (برای اکثر کارها)

# Postural stability

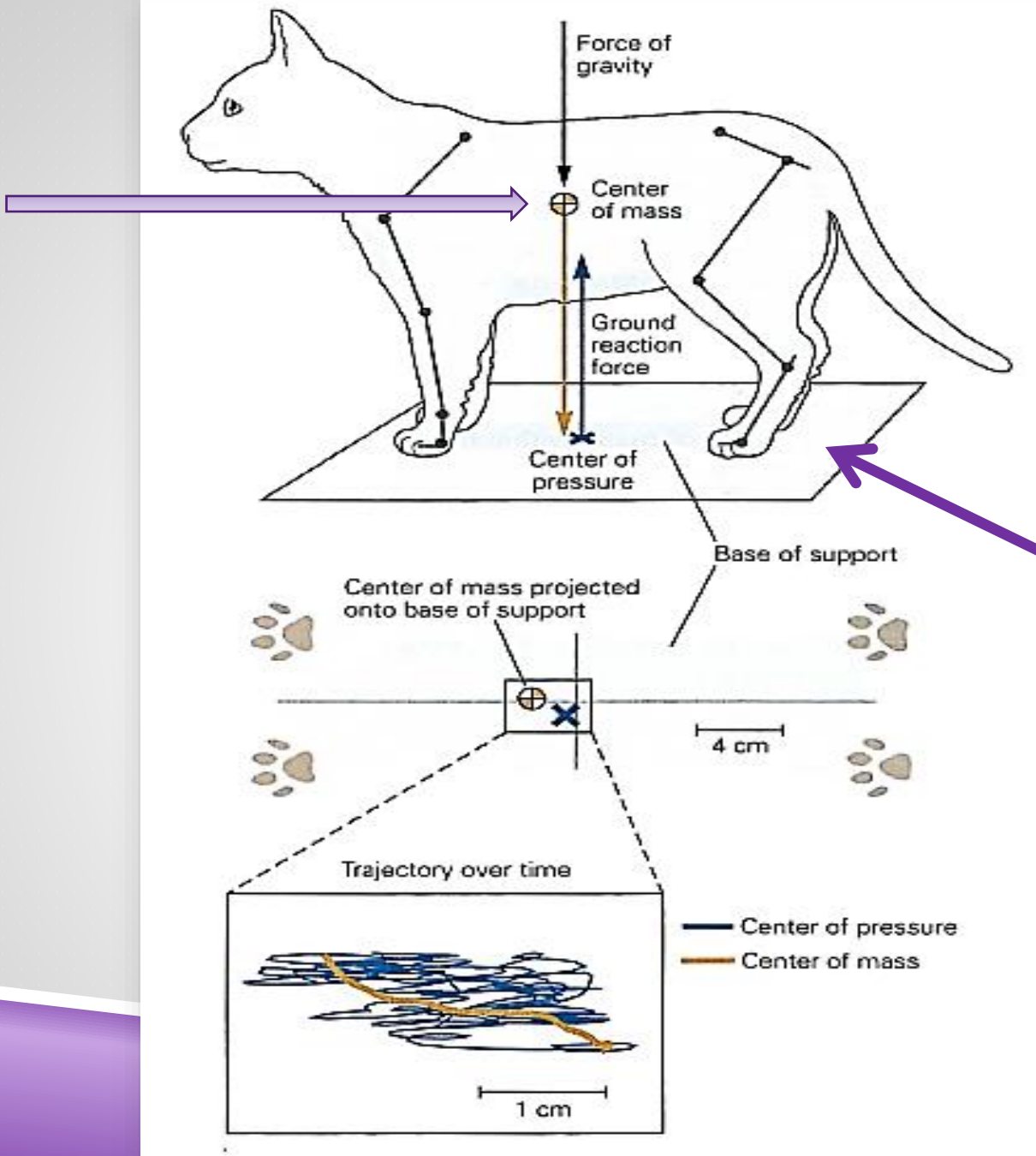
ثبات posture که بالانس نیز نامیده می‌شود، توانایی **حفظ تعادل** در بدن است. که این تعادل توسط حفظ مرکز جرم (**COM**) در تماس با سطح تکیه‌گاه (**BOS**) حاصل می‌شود.

**COM** (Center of mass) ← نقطه‌ای در مرکز جرم بدن

**BOS** (the base of support) ← به ناحیه‌ای از بدن گفته می‌شود

که در تماس با سطح تکیه‌گاه است





ملزومات کنترل posture با محیط و کار تغییر می کند.

Postural control requirements vary with the task and environment

توانایی کنترل وضعیت بدن در فضا برای انجام هر کاری اساسی است. تمام کارهایی که در طول روز انجام می‌دهیم احتیاج به کنترل posture دارد.

هر کاری یک مولفه جهت و یک مولفه ثبات دارد و ملزومات جهت‌گیری و ثبات با محیط و کار تغییر می‌کند.

به عنوان مثال برای مسدود کردن موفق گل در فوتبال یا گرفتن توپ در بیس بال احتیاج به این دارد که بازیکن جهت مناسب را با توجه به توپ حفظ کند گاهی با افتادن روی زمین برای جلوگیری از گل یا گرفتن توپ



در حالی که کنترل posture یک الزام مشترک برای همه کارهاست ملزومات stability و orientation با هر کار و وظیفه‌ای تغییر می‌کند.

نشستن روی نیمکت و مطالعه کردن



ملزومات posture



نگه داشتن سر و نگاه کردن با دقت و ثابت روی مطلب



COG projected  
within BOS

۱۳ بازوها و دست‌ها جهت مناسب را برای نگه داشتن کتاب در موقعیت مناسب در ارتباط با سر و چشم‌ها حفظ می‌کنند. الزامات ثبات در این عمل ساده هستند.

از آنجایی که در این حالت ارتباط بدن با پشت و نشیمنگاه نیمکت تکیه گاه نسبتاً بزرگی را فراهم می‌کند الزامات ابتدایی کنترل posture کنترل جرم سر با توجه به جرم تنه است.



COG projected  
within BOS

## عمل ایستادن و خواندن کتاب تقریبا الزامات

**orientation** مشابهی در ارتباط با سر، چشمها، بازوها و کتاب دارد ولی الزامات **stability** به طور قابل ملاحظه‌ای دقیق‌تر است.

زیرا که در این حالت نسبتا تکیه‌گاه کوچک‌تری وجود دارد که توسط دوپا تعریف می‌شود.



COG projected  
within BOS

اختلاف ثبات در این عمل، ایستادن و خواندن کتاب، زمانی که فرد در اتوبوس در حالت حرکت ایستاده باشد، مشکل تر می شود.

زیرا که COM باید نسبت به محل

تکیه گاه که در راه غیرقابل پیش بینی

حرکت می کند، کنترل شود.

در این حالت تقاضاهای حرکت از

لحظه ای به لحظه ای دیگر تغییر می کند.



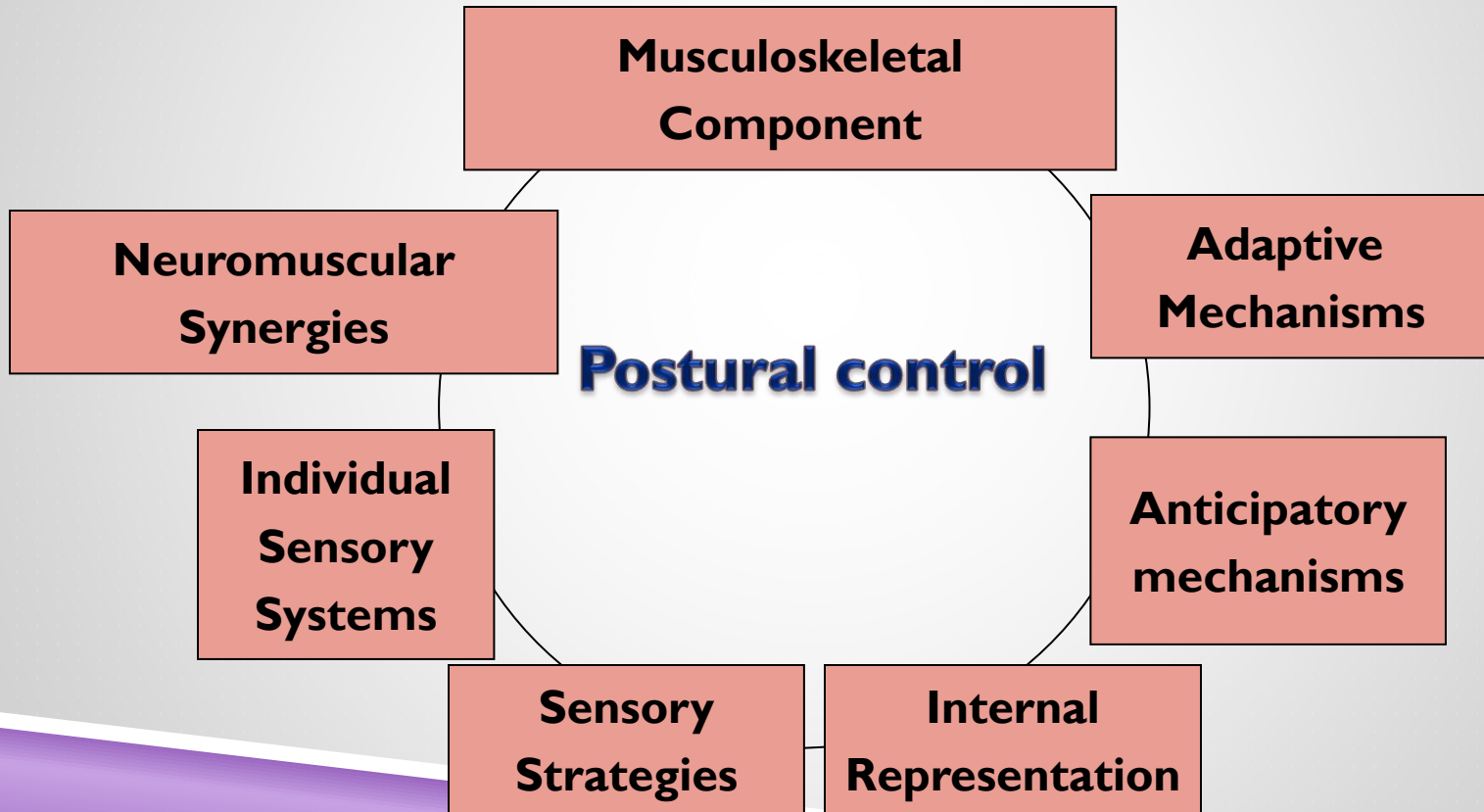
۱۶ در کارهایی مثل راه رفتن که بدن در حرکت است، ثبات یک بخش ضروری تحرک است. عمل کنترل ثبات در طول راه رفتن به هنگام ایستادن متفاوت است. در راه رفتن COM بدون تکیه‌گاه و پشتیبانی پاها می‌ماند و بنابراین بدن در یک حالت عدم تعادل مداوم قرار دارد.



COG projected



۱۸ کنترل posture برای ثبات و جهت‌گیری احتیاج به تعامل پیچیده‌ای بین عضله اسکلتی و سیستم‌های عصبی دارد همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است.



# MUSCUSKELETAL COMPONENTS

۱۹

❖ اجزای عضله اسکلتی شامل:

❖ محدوده حرکتی مفصل

❖ انعطاف پذیری ستون فقرات

❖ ویژگی‌های عضله

❖ ارتباطات بیومکانیکی بین بخش‌های بدن می‌شود.

# NEURO MUSCULAR SYNERGIES

➤ اجزای عصبی ضروری برای کنترل posture شامل:

➤ فرایندهای حرکتی ← سازماندهی عضلات سراسر بدن با استراتژی‌های عصبی-عضلانی

➤ فرایندهای حسی ادراکی ← شامل سیستم بینایی، دهلیزی و somatosensory

➤ سطح‌های فرایندی بالاتر ضروری ← نگاشت احساس به عمل و اطمینان از جنبه‌های پیش

بینی و تطبیقی از کنترل posture

# ADAPTIVE POSTURAL CONTROL

اصلاح سیستم حسی

در جواب تغییر عمل و تقاضاهای محیط

اصلاح سیستم‌های حرکتی

# ANTICIPATORY ASPECTS



آماده کردن سیستم‌های حسی و حرکتی برای تقاضاهای posture که براساس تجربیات و یادگیری‌های قبلی است

باقی پارامترهایی که روی کنترل posture تاثیر می‌گذارد شامل فرایندهایی مثل توجه، دقت، انگیزه و قصد انجام کار است.

✓ مقدمه

✓ کنترل وضعیت (posture control)

○ ← کنترل وضعیت ایستادن

○ استراتژی‌های حسی برای کنترل وضعیت

○ استراتژی‌های حرکتی برای کنترل وضعیت

# STANCE POSTURAL CONTROL

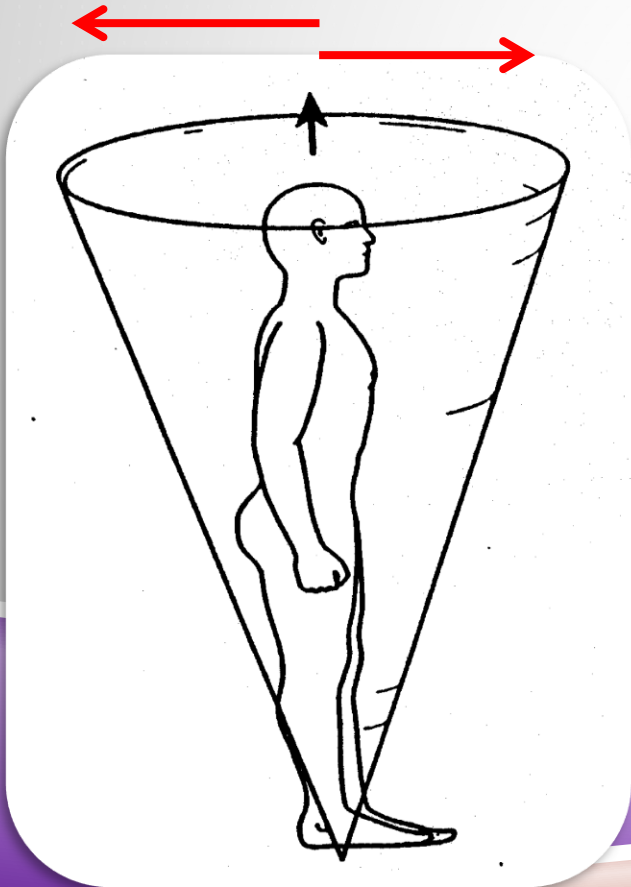
۲۴

کنترل **posture** ایستادن ملزومات ثبات دقیقی دارد، باید **com** با محدودیت هایی که برای پایداری وجود دارد، حفظ شود که توسط طول پا و فاصله ی بین آن ها تعریف می شود.

کنترل **posture** ایستادن معمولا در ارتباط با حفظ جهت عمودی است اما این یک نیاز ثابت نیست.

# Stability limits

مرزهایی از فضا که در آن بدن میتواند موقعیت خود را بدون تغییر محل تکیه‌گاه حفظ کند. این محدودیت‌ها همیشه ثابت نیستند بلکه مطابق با کار، محیط و خود شخص ممکن است تغییر کنند.





# Stability limits

محدودیت‌های پایداری هنگام ایستادن بستگی به **محدوده BOS**، **قد و وزن** **شخص** دارد.

محدودیت‌های پایداری **به موقعیت و سرعت COM** نیز بستگی دارد مثلاً اگر فرد **به لبه BOS** نزدیک باشد و سرعت **COM** زیاد باشد، حفظ پایداری نسبت به حالتی که فرد با سرعتی برابر در مرکز **BOS** قرار داشته باشد، سخت‌تر است.

در طی چند دهه گذشته **استراتژی های حرکتی و حسی** که اساس کنترل posture هستند مورد مطالعه قرار گرفتند.

**منظور از استراتژی های حرکتی و حسی چیست؟**

استراتژی یک طرح برای عمل است.

استراتژی های حسی، اطلاعات سیستم های دیداری، حس تنی و دهلیزی را برای کنترل posture سازماندهی می کند.

استراتژی های حرکتی posture سازماندهی حرکت های مناسب برای کنترل موقعیت بدن در فضا می باشد.

✓ مقدمه

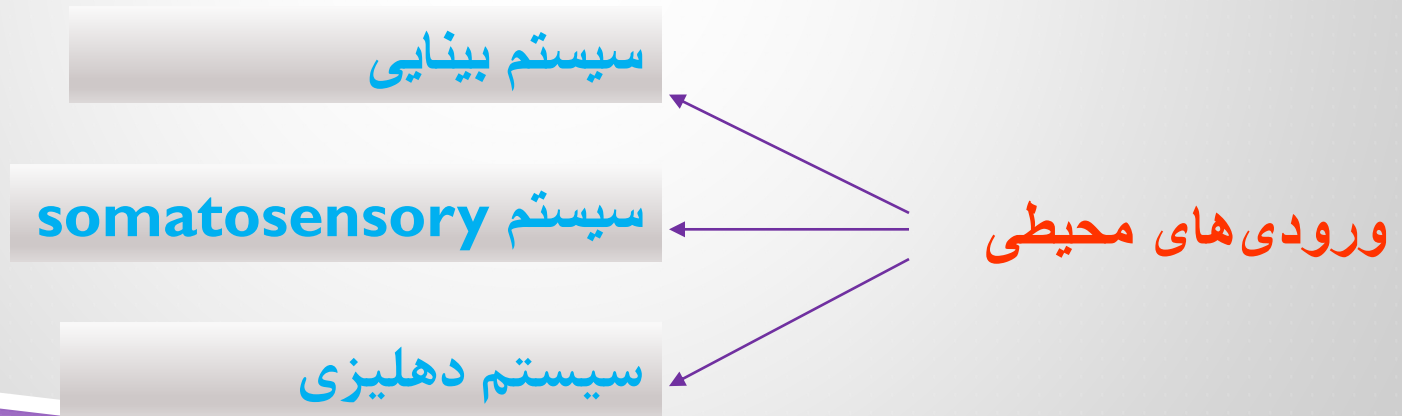
✓ کنترل وضعیت (posture control)

○ کنترل وضعیت ایستادن

○ استراتژی‌های حسی برای کنترل وضعیت ←

○ استراتژی‌های حرکتی برای کنترل وضعیت

برای کنترل **Posture** موثر دانستن این مطلب که **چه زمان و چطور** باید نیروها برای کنترل موقعیت بدن در فضا اعمال شوند ضروری است، **CNS** باید **تصویر دقیقی** از محل بدن در فضا و این که آیا در موقعیت ثابت قرار دارد و یا در حرکت است داشته باشد.



# اطلاعات دیداری (visual inputs)

ورودی‌های دیداری اطلاعات مربوط به موقعیت و حرکت سر را نسبت به اشیاء دوروبر گزارش می‌کند.

ورودی‌های دیداری منبع اطلاعاتی مهمی برای کنترل posture هستند. بینایی نقش مهمی در **پیش‌بینی** تنظیمات posture دارد. مثلاً اینکه در هنگام راه رفتن روی یک مانع پایمان را کجا قرار دهیم.

ولی آیا اطلاعات دیداری ضروری مطلق هستند؟

خیر از آنجایی که وقتی چشمان را می‌بندیم و یا زمانی که در یک محل تاریک قرار داریم تعادل خود را از دست نمی‌دهیم.

# ورودی های SOMATO SENSORY

این ورودی‌ها اطلاعات مربوط به موقعیت و حرکت بدن را با توجه به سطح تکیه‌گاه گزارش می‌کند.

به علاوه اطلاعات مربوط به ارتباط بخش‌های بدن را گزارش می‌کند.  
گیرنده‌های **somatosensory** شامل **دوک عضلانی، تاندون گلژی،**  
**گیرنده‌های پوستی و غیره** می‌شوند.

# ورودی‌های دهلیزی (VESTIBULAR INPUTS)

اطلاعات مربوط به موقعیت و حرکت سر را با توجه به جاذبه زمین در اختیار CNS قرار می‌دهد.

← **Semicircular canals (SCCS)** سرعت زاویه ای سر

حساس به حرکات سریع سر

۲ نوع گیرنده دارند:

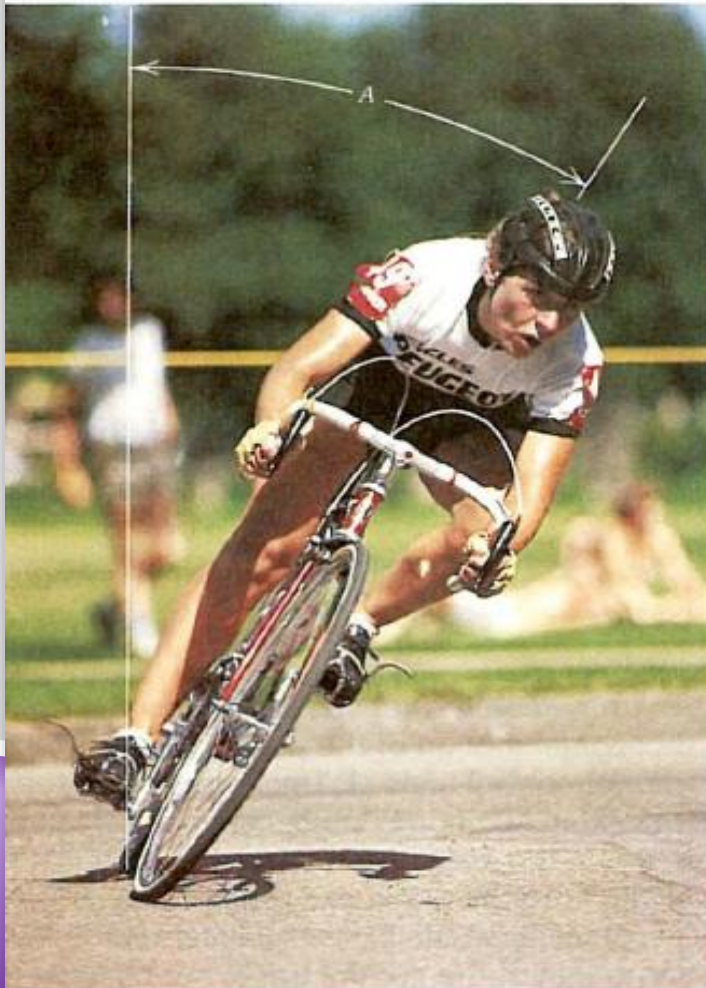
← **Otoliths signal** سرعت و موقعیت خطی سر

برای حرکات‌های آرام سر

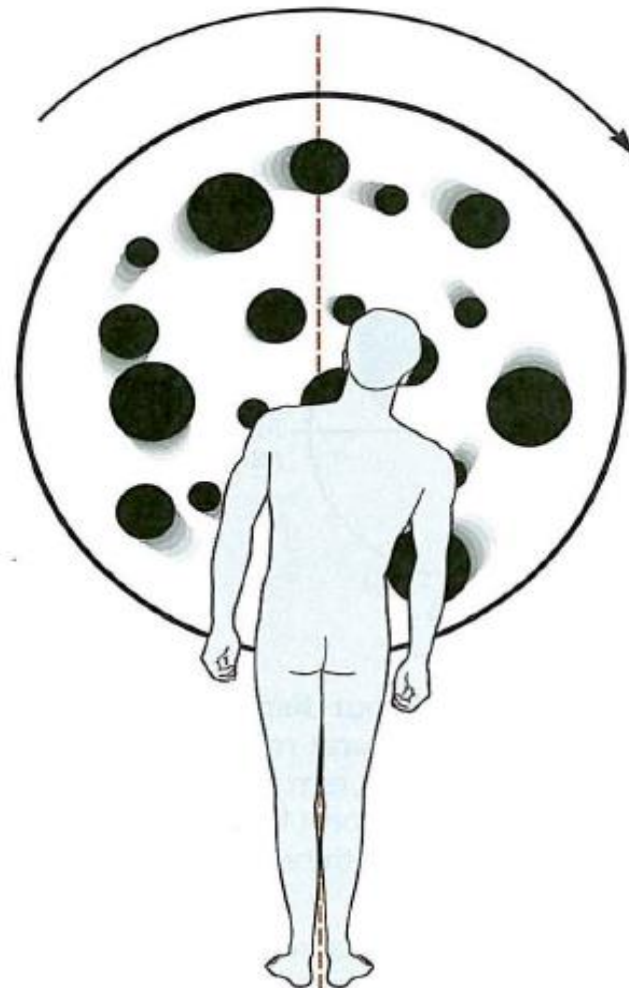


اطلاعات سیستم دهلیزی برای تعادل روی سطوح ناپایدار و در طول حرکات سر بسیار مهم هستند.

A Orienting to gravito-inertial force



B Orienting to rotating visual field



۳۵

✓ مقدمه

✓ کنترل وضعیت (posture control)

○ کنترل وضعیت ایستادن

○ استراتژی‌های حسی برای کنترل وضعیت

○ استراتژی‌های حرکتی برای کنترل وضعیت ←

کنترل posture احتیاج به تولید و هماهنگی نیروهای دارد، که بتواند موقعیت بدن را در فضا کنترل کند.

چطور سیستم عصبی ، سیستم حرکتی را سازمان دهی می کند تا از کنترل posture در طول ایستادن مطمئن شود و چطور این سازمان دهی تغییر می کند زمانی که ثبات در معرض تهدید قرار می گیرد؟

# کنترل حرکتی ایستادن

ویژگی های ایستادن آرام چیست و چه چیزی باعث می شود حالت عمودی خود را به هنگام ایستادن یا نشستن حفظ کنیم؟

ایستادن هر شخصی به همراه یک سری نوسان های کوچک خود به خودی است.

تحقیقات روی کنترل posture ایستادن در ابتدا بر آزمایش استراتژی های کنترل نوسان به جلو و عقب تمرکز می کند.

ابتدا ما نقش **muscle tone** را بر روی کنترل نوسان‌های کوچک بدن در طول ایستادن آرام بررسی می‌کنیم.

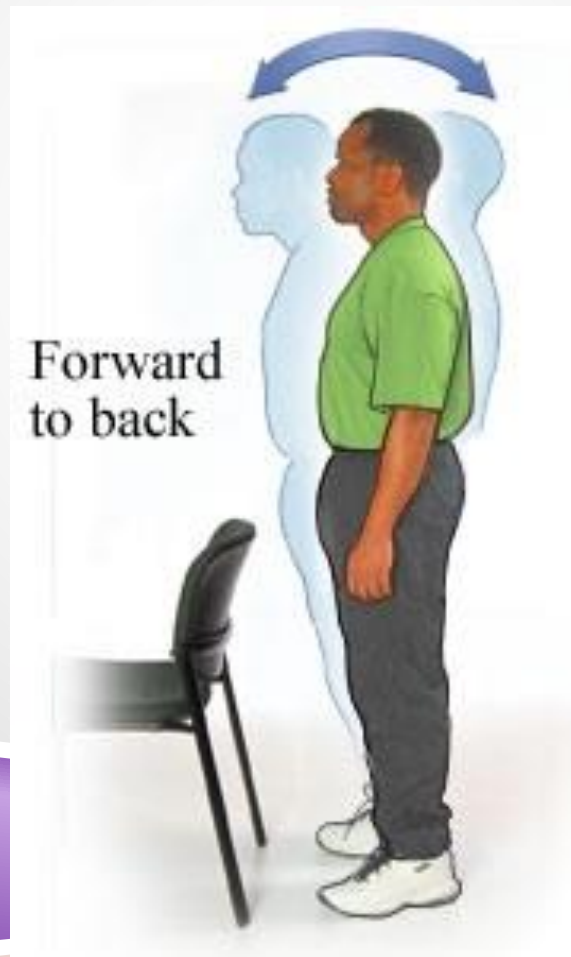
سپس به **استراتژی‌های حرکتی و سینرژی عضلانی** که به ما در کنترل ثبات کمک می‌کنند می‌پردازیم.

# Muscle tone

Muscle tone نیرویی است که با آن یک عضله می‌تواند با کشیده شدن و یا دراز شدن مخالفت کند.

سهم عصبی muscle tone در ارتباط با فعال شدن رفلکس کششی است که با کشیده شدن عضله مخالفت می‌کند رفلکس کششی در کنترل posture نقش فیدبک را بازی می‌کند.

۴۰ زمانی که فرد ایستاده است هنگام تاب خوردن به جلو و عقب، عضلات خم کننده یا باز کننده مچ پا کشیده می شوند و رفلکس کششی را فعال می کند و این باعث کوتاه شدن رفلکسی در عضله و کنترل تاب خوردن به جلو و عقب می شود.



برای کنترل **Posture** ایستادن ۲ عامل در پایداری ما شرکت می کنند.

❖ **muscle tone** که بدن را در پاسخ به جاذبه زمین از افتادن حفظ می کنند.

❖ هم ترازوی بدن می تواند تاثیر نیروی جاذبه زمین را کمینه کند.

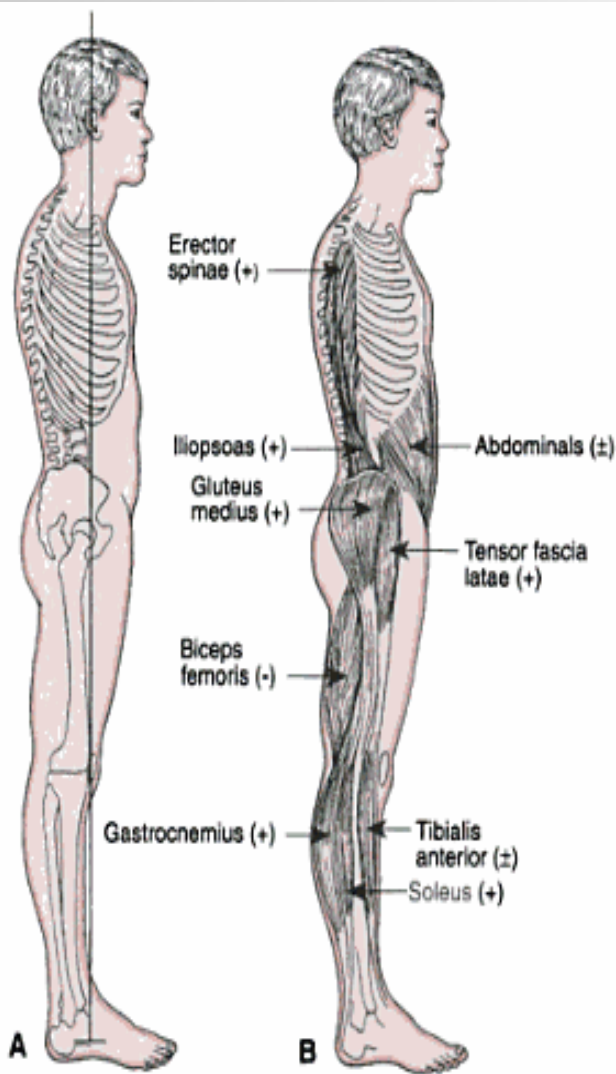


شکل زیر بهترین حالت هم‌ترازی برای حفظ وضعیت هنگام ایستادن را نشان داده است.

۴۲

شکل **A** هم‌ترازی ایده‌آل در هنگام ایستادن را نشان می‌دهد که باعث می‌شود بدن بتواند با صرف کمترین انرژی تعادل خود را حفظ کند.

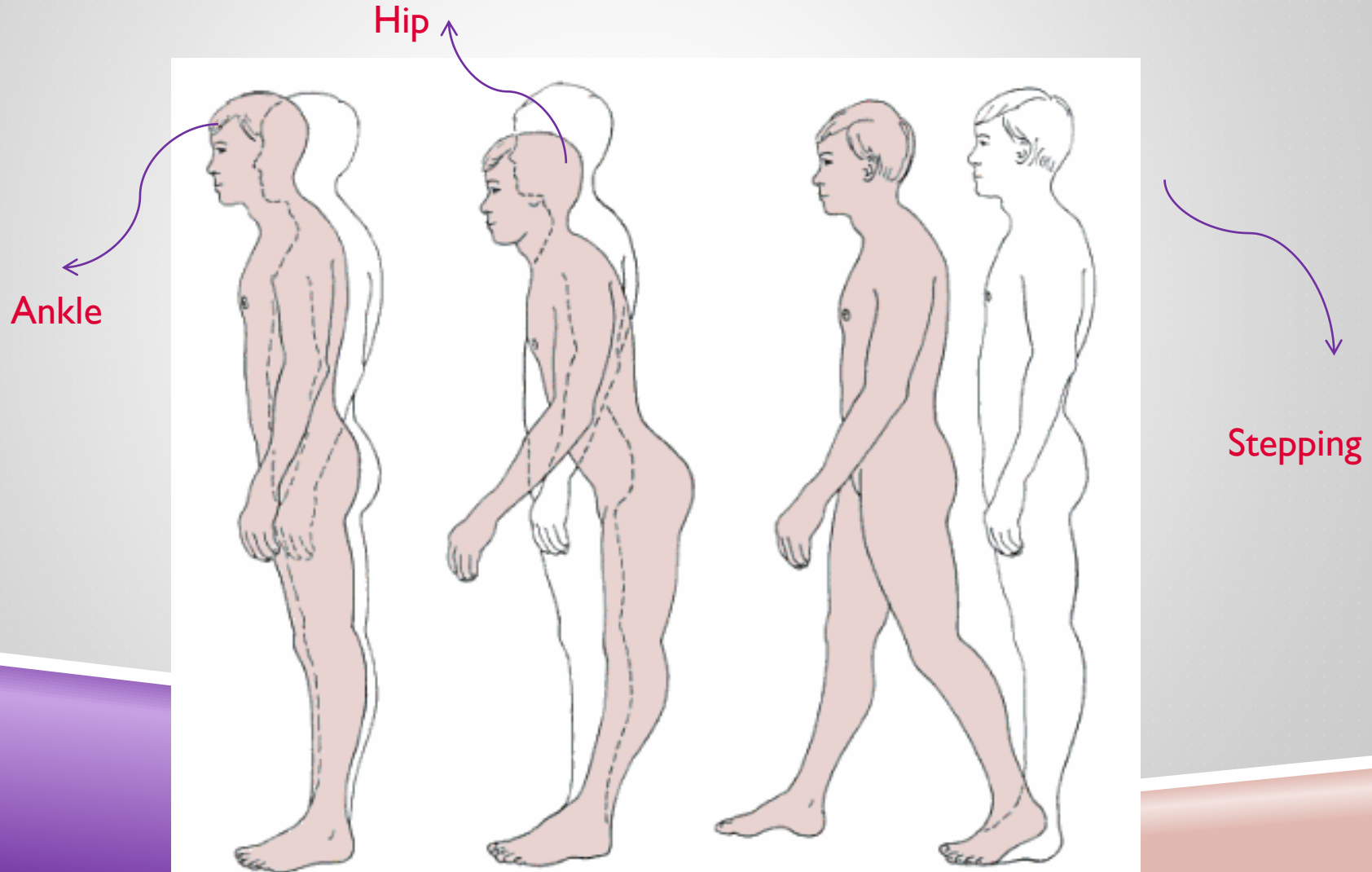
شکل **B** عضلاتی را نشان می‌دهد که هنگام کنترل وضعیت ایستاده فعال هستند.



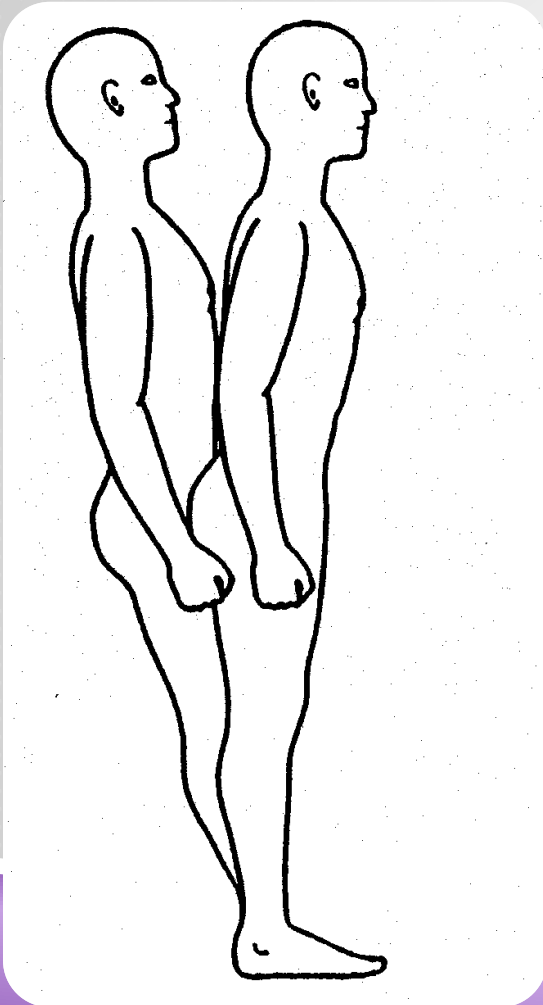
# استراتژی های حفظ بالانس هنگام بروز اغتشاش

۴۳

3 استراتژی حرکتی برای کنترل نوسان عمودی یا قائم



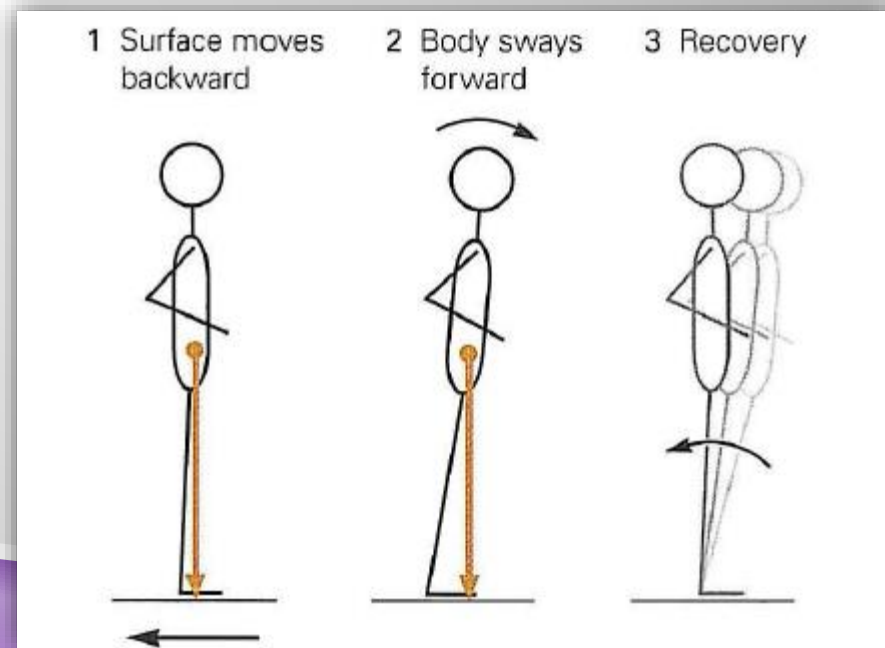
# ANKLE STRATEGY



کاربرد:

□ اختلال آرام و دامنه کم

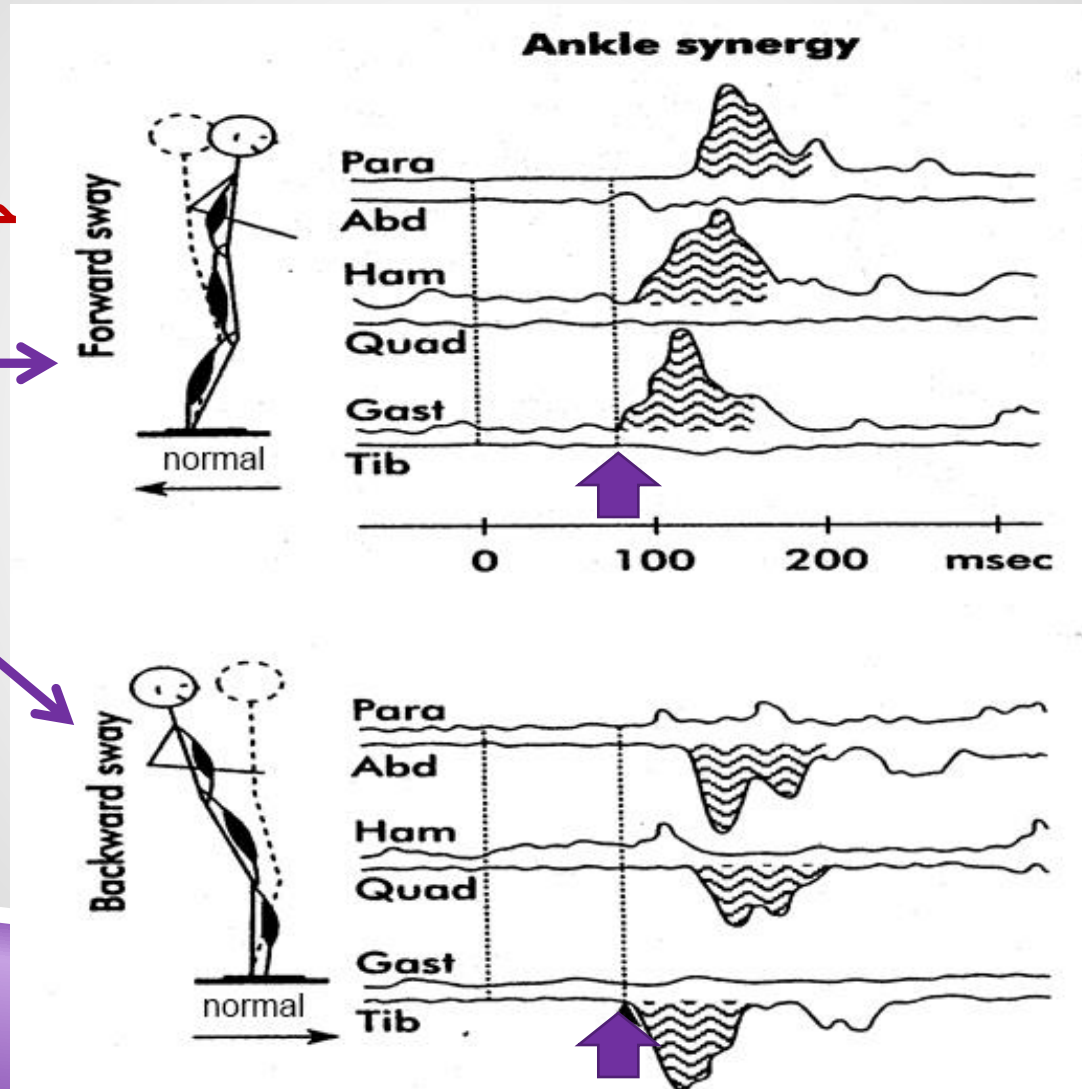
□ تکیه گاه محکم، پهن و بزرگتر از پاها



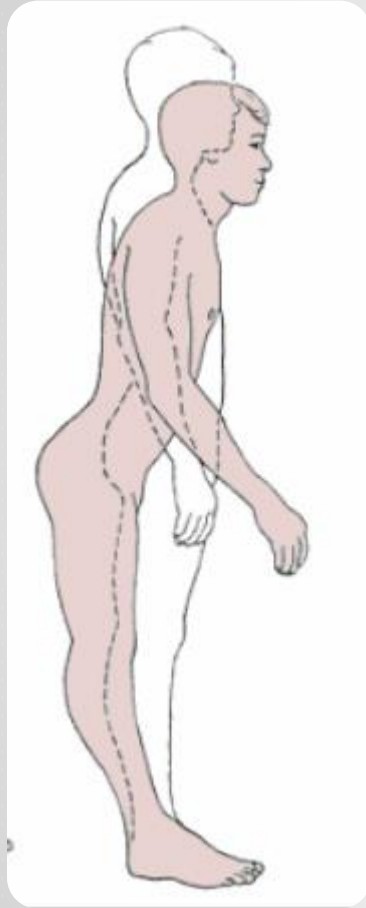
# ANKLE STRATEGY

سینرژی عضلات و  
حرکات بدن با استراتژی  
ankle برای کنترل

posture



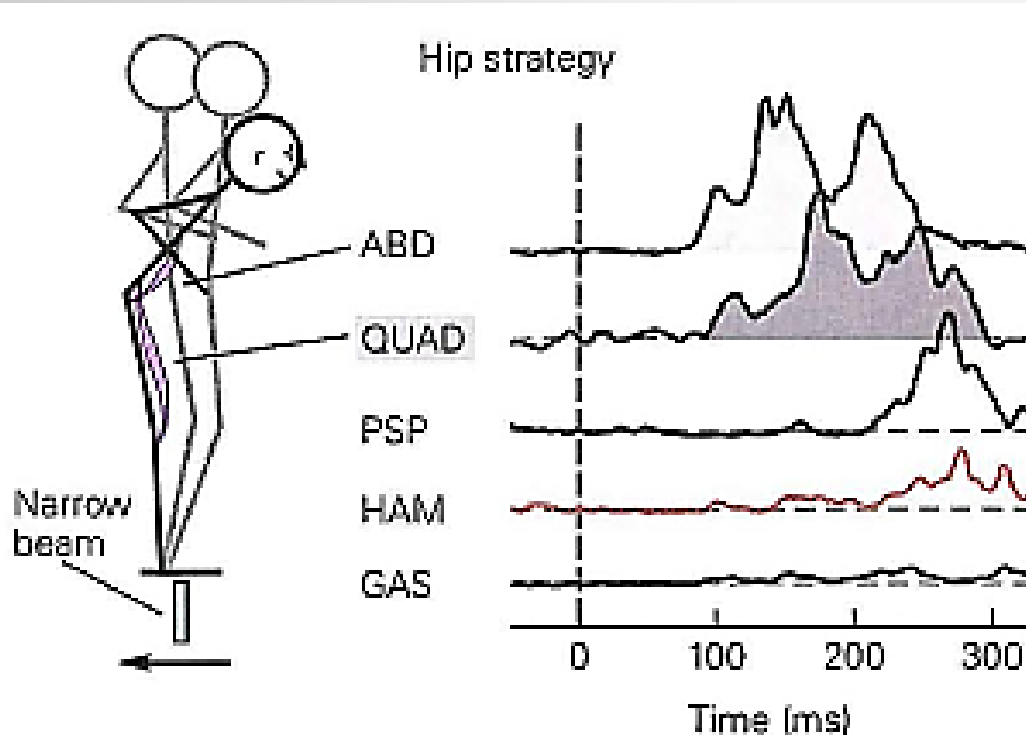
# HIP STRATEGY



کاربرد:

- اختلال بزرگ و سریع باشد
- سطح تکیه‌گاه کوچکتر از پاها باشد

# HIP STRATEGY



همانطور که در شکل نشان داده شده است، حرکت صفحه‌ی زیر پای فرد به سمت عقب باعث نوسان به جلو می‌شود.

فعالیت عضلانی هنگام نوسان به جلو، زمانی که فرد روی یک میله باریک ایستاده باشد با زمانی که فرد روی یک صفحه صاف ایستاده باشد متفاوت است.

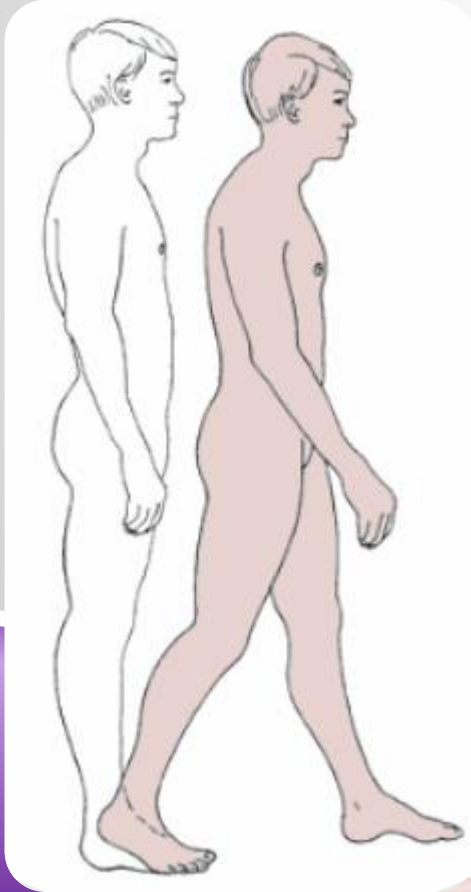
فعالیت عضلات حدود ۹۰ تا ۱۰۰ میلی‌ثانیه بعد از شروع اختلال در عضلات شکمی توسط فعالسازی quadriceps شروع می‌شود.

# STEPPING STRATEGY

وقتی که ۲ استراتژی قبل نتواند برای حفظ پایداری کمک کند،

برداشتن یک گام به ما کمک می‌کند تا **COM** به محدوده **BOS**

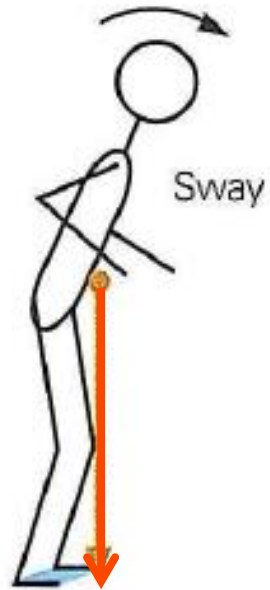
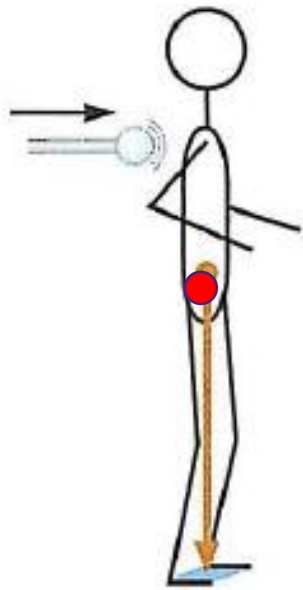
بازگردد.



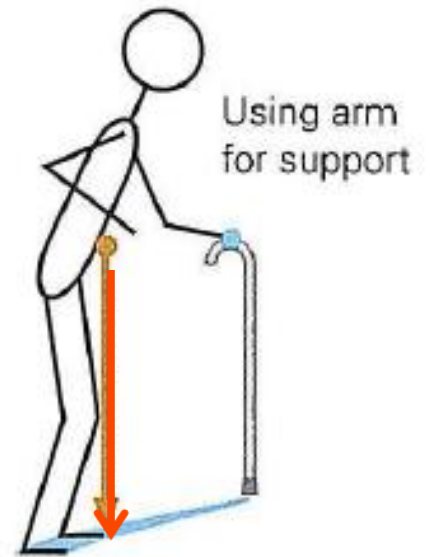
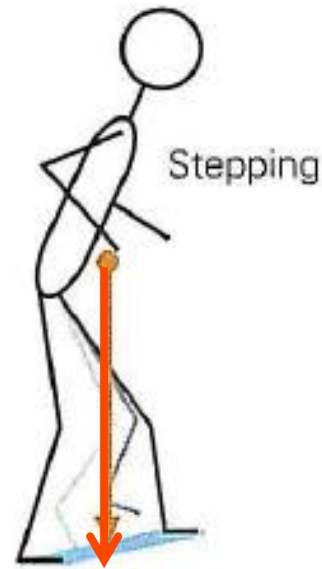
# STEPPING STRATEGY

## B Extending base of support to capture center of mass

### 1 Disturbance



### 2 Responses





✓ مقدمه

✓ کنترل posture

✓ کنترل posture ایستادن

✓ استراتژی‌های حس‌ی برای کنترل posture

✓ استراتژی‌های حرکتی برای کنترل posture

الهی!

من نه آنم که ز فیض نکست چشم پوشم،

تو نه آنی که کد ارانوازی به نگاهی؛

در اگر باز نکرده، نروم باز به جایی؛

پشت دیوار نشینم، چو کد ابر سر راهی؛

کس به غیر تو نخواهم، چه خواهی چه نخواهی؛

باز کن در، که جز این خانه مرا نیست پناهی.

# مباحث درس

✓ سازمان‌دهی و طرح‌ریزی حرکت

✓ واحد حرکتی، عملکرد ماهیچه و مدل‌های آن

✓ نخاع و ریفلکس‌های نخاعی

✓ جابجایی و مولد الگوی مرکزی (CPG)

✓ حرکتهای ارادی

✓ کنترل حرکت چشم و مدل‌های آن

✓ سیستم دهلیزی

✓ حفظ وضعیت بدن

• ← مخچه و مدل‌های آن

• عقده‌های قاعده‌ای

• تحریک الکتریکی عملکردی (FES)