«بسم الله الرحمن الرحیم»

یادگیری و کنترل حرکتی

دکتر نیک‌روان
عضو هیئت علمی دانشگاه سمنان

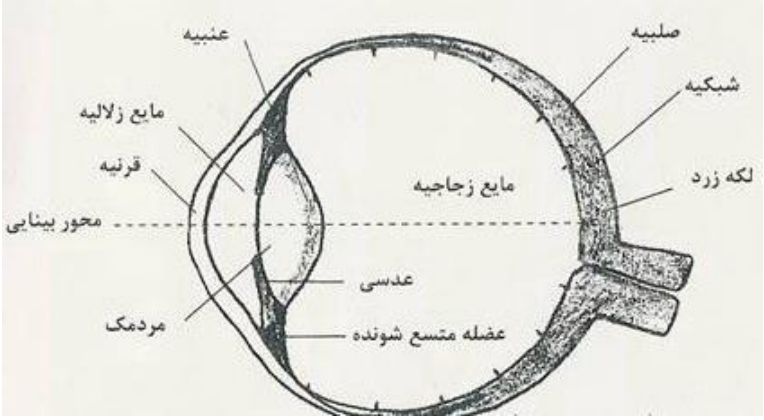
فصل چهارم:

بینایی و حس حرکتی

بینایی

دستگاه بینایی و حس عمقی از مهمترین منابع فراهم کننده اطلاعات حسی در جهت کنترل حرکات می‌باشند.

چشم‌ها به عنوان گیرنده‌هایی حسی، به امواج نور با طول و فرکانس‌های مختلف حساس هستند.



شکل کره چشم و مسیر رسیدن نور به شبکیه

بینایی به عنوان گیرنده‌ای عمقی

جیمز گیبسون:

تغییر در آرایه‌های بینایی موقعیت خاص جسم در فضا را مشخص می‌کند.

تفسیر الگوهای ایجاد شده در حرکات؟!!

1. شما در ارتباط با جسم بدون حرکت هستید؟
2. در حال حرکت به سمت جسم و یا جسم به سمت شما؟
3. چشم در حرکت به سمت مرکز جسم؟
4. جسم در سمت راست؟
5. جسم در سمت چپ شما؟

از دیدگاه گیبسون **بینایی** صرفا به عنوان یک گیرنده بیرونی که به صورت **منفعل** اطلاعات محیطی را فراهم می کند، **نیست**؛ **بلکه بینایی** حس عمقی موثری در مورد حرکاتمان است که در بسیاری ازموقعیت‌ها برای فراهم کردن اطلاعات **به حرکت وابسته** است به این ترتیب بینایی و حرکت با یکدیگر ارتباطی متقابل دارند.

جداسازی دوگانه

تحقیقات در رابطه با بینایی به عنوان یک گیرنده خارجی از وجود **دو سیستم مجزای بینایی** حمایت می‌کنند. این پیشنهاد دو مقوله‌ای حتی با نام‌های متفاوتی نیز مطرح شده است که **دید ادراکی در مقابل دید حرکتی**، **دید واضح در مقابل دید ضمنی** و **بینایی آشکار در مقابل بینایی پنهان** قرار می‌گیرند.

1. بریجمن، کریک و اسپرلینگ(1981)

- نقطه نورانی (هدف) و پس زمینه‌ای که هر یک از آنها می‌توانستند به صورت مستقل حرکت داشته باشند.
  - سوگیری و خطا به دلیل بینایی کانونی یا پیرامونی
  - آگاهی هوشیار (بینایی کانونی) دچار تفسیر اشتباه می‌شود اما سیتم بینایی ناهوشیار یا بینایی پیرامونی اطلاعاتی دریافت می‌کند که با حرکت پس زمینه منحرف نمی‌شود.

2. جداسازی در بیماران آسیب دیده مغزی

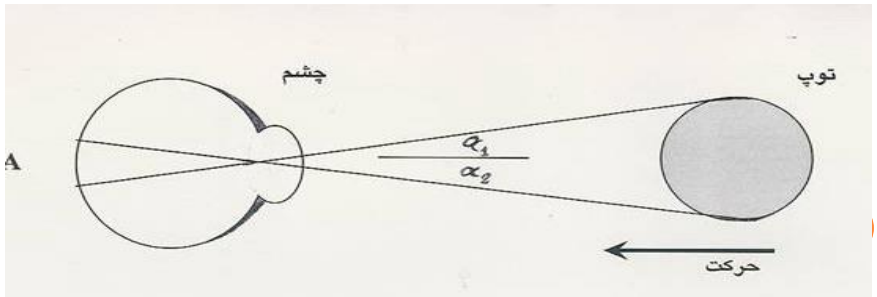
- شواهدی از عملکرد مجزای دو سیستم بینایی در بیمارانی که آسیب‌های خاصی در بخش درونداد سیستم بینایی مغز دارند، پیدا شده است. بیمارانی قادر به شناسایی اشیاء می‌باشند اما نمی‌توانند از اطلاعات بینایی بصورت دقیق برای هدایت دست‌ها به سمت شی استفاده کنند. در مقابل افراد دیگری در شناسایی اشیاء ناتوان اما قادر به استفاده از اطلاعات بینایی اشیاء برای اعمال گرفتن هستند.

بینایی کانونی سیستمی است که بصورت هوشیارانه برای درک پدیده ها استفاده می‌شود، در حالی که بینایی پیرامونی برای کنترل حرکات استفاده می‌شود و به جرات می‌توان گفت سیستم پیرامونی با فراهم کردن اطلاعاتی از موقعیت اشیاء محیط بصورتی ناهوشیار در کنترل حرکتی مشارکت می‌نماید.

اطلاعات بینایی و زمان برخورد

دربسیاری از مهارت‌های ورزشی، از جمله بازی‌های توپی و اعمال سد کردن نیز می‌توان اهمیت درک اطلاعات بینایی را مشاهده کرد. احتمالا مهمترین و فراوان‌ترین منابع اطلاعاتی مطالعه شده بینایی، در رابطه با پیش‌بینی زمان رسیدن شی است که اطلاعات «**زمان برخورد**» یا T_C نامیده می‌شود.

$$T_C = K\frac{A}{A^\circ}$$



به طور کلی نقش **tau** در کنترل حرکتی با اثرگذاری بر موارد زیر بـرای مشخص کردن زمان برخورد خواهد بود:

- راه اندازی عمل
- تعیین ویژگی‌های حرکتی خاص در عمل لازم

زمان لازم برای پردازش اطلاعات بینایی

- برآورد اولیه از زمان لازم برای پردازش اطلاعات بینایی تقریبا یک قرن پیش توسط وودورث (1899) انجام گرفت. از نظر او حرکات هدف‌گیری شامل فرایندی دو مرحله‌ای است:

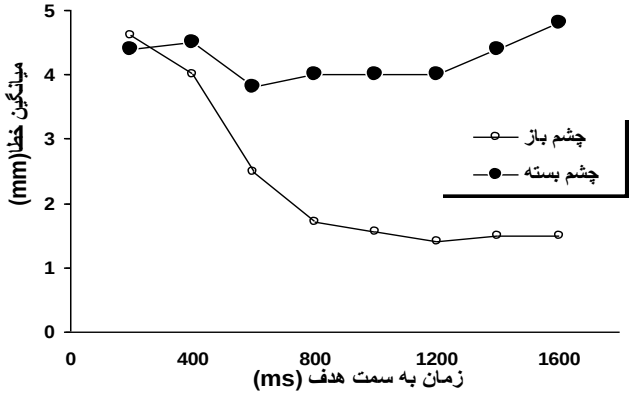
1. مرحله تکانه اولیه که مرحله حرکت برنامه‌ریزی شده یا پرتابی نیز نامیده می‌شود
2. مرحله کنترل متداول

1. حرکت به سوی اهداف ثابت

از دیدگاه وودورث مرحله دوم و اصلاح حرکات هدف‌گیری باید وجود داشته باشد، اما در واقع این مرحله در صورتی وجود خواهد داشت که زمان کافی برای پردازش بازخورد بینایی و استفاده از آن وجود داشته باشد.

- تحقیق وودورث (1899) :
  - آزمودنی‌ها باید مدادی را بر روی نوار کاغذی حرکت دهند
  - هر حرکت به عنوان هدف حرکت بعدی و معیار سنجش خطا
  - میزان سرعت حرکت نوار 20 تا 200 چرخش در دقیقه
  - زمان استفاده از بازخورد بینایی نصف کل مدت زمان حرکت
  - آزمودنی‌ها تکلیف را با چشمان بسته و باز اجرا کردند.

خطاهای زمانبندی در حرکات به سمت هدف با چشم باز و بسته



به نظر می‌رسد بازخورد بینایی زمانی می‌تواند برای تصحیح حرکت بکار گرفته شود که حرکت بیشتر از ۲۱۵ تا ۲۵۰ میلی‌ثانیه طول بکشد، از این رو در حرکات ۲۱۵ میلی‌ثانیه و یا کمتر از آن اجرا با چشم بسته و باز تفاوتی ندارد.

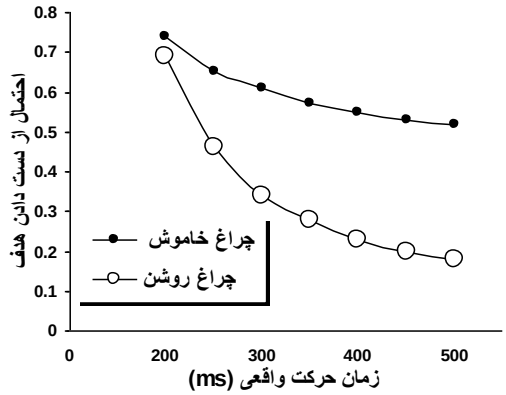
ماهیت این تکلیف که آزمودنی‌ها را مجبور می‌کند حرکت مداد را با حرکت قبلی آن تطبیق دهند، نقش بینایی را با ابهام بیشتری همراه کرده است.

❑ کیل و پوزنر (1968):

تکلیف آزمودنی‌ها حرکت سوزن به سمت هدفی در 15 سانتیمتری

زمان حرکت مشخص (زمان‌های 150، 250، 350، 450 میلی‌ثانیه)

بصورت تصادفی در هنگام شروع بعضی حرکات، چراغ اتاق خاموش می‌شد.



آزمایش نشان می‌دهد که بینایی فقط زمانی می‌تواند برای کشف و تصحیح خطا بکار گرفته شود که زمان لازم و کافی (در این تحقیق ۱۹۰ تا ۲۶۰ میلی‌ثانیه) در اختیار داشته باشیم. از این رو در زمان‌های پائین تر از آن اجرا در حضور یا عدم حضور نور تفاوتی نخواهد داشت.

به نظر می‌رسد عدم اطمینان از اینکه بازخورد بینایی در کوشش‌ها وجود دارد یا خیر، نقش مهمی در آزمایش کیل و پوزنر داشته باشد.

❑ عدم اطمینان از بازخورد بینایی:

الیوت والارد (1985):

الیوت و الارد آزمایشی شبیه تحقیق کیل و پوزنر انجام دادند با این تفاوت که در بعضی از کوشش‌ها آزمودنی‌ها قبل از حرکت از در دسترس بودن یا نبودن بینایی اطلاع داشتند.

نتایج نشان داد که در دسترس بودن بینایی فقط زمانی دقت در هدف‌گذاری را بهبود بخشید که کوشش‌ها بصورت مسدود انجام می‌شدند؛ زمانی که کوشش‌ها بصورت تصادفی انجام می‌شدند، هیچ تفاوتی بین موقعیت‌های اجرا در حضور یا عدم حضور بینایی ایجاد نشد.

یافته‌ها پیشنهاد می‌کنند زمانی که حضور بینایی قابل انتظار است، اطلاعات می‌توانند در زمانی کوتاه‌تر از حداقل پیشنهاد شده توسط وودورث (۱۸۹۹) وکیل و پوزنر (۱۹۶۳)، شاید در زمان‌های کوتاه‌تر از ms ۱۰۰ پردازش و استفاده شوند.

در اعمال سریع اطمینان از حضور بینایی یا عدم اطمینان از آن تفاوت زیادی در دقت حرکت بوجود نمی‌آورد. دلیل آن این است که بیشتر قسمت‌های این نوع حرکات بدون اعمال بازخورد انجام می‌شود. در واقع زمان کوتاه فرصتی برای اعمال بازخورد نمی‌دهد و حرکت بصورت کامل در تکانه اولیه برنامه‌ریزی می‌شود.

نقش بینایی در مهارت‌های هدف‌گیری با دست

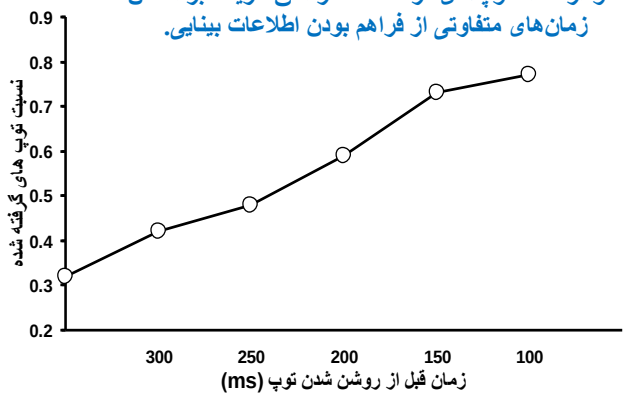
مرحله اول- مرحله آماده‌سازی حرکت
مرحله دوم- مرحله مسیر اولیه
مرحله سوم- مرحله پایانی

2. سد کردن یا دریافت اهداف متحرک

وایتینگ، گیل و استیفنسون (1970):

آزمودنی‌ها می‌بایست برگشت توپ از روی ترامبولین را در اتاقی کاملا تاریک دریافت می‌کردند.
آزمودنی‌ها باید با استفاده از لامپ کوچکی که داخل توپ در زمان‌های 100، 150، 200، 250 و 300 میلی‌ثانیه پس از برخورد با ترامبولین روشن می‌شد، توپ را دریافت می‌کردند.

نمودار تعداد توپ‌های گرفته شده در اتاق تاریک بر اساس زمان‌های متفاوتی از فراهم بودن اطلاعات بینایی.



اگرچه اجرا در بهترین شرایط هم مانند اجرا در حضور کامل نور نخواهد بود ولی با توجه به نمودار آزمایش هرچه تاخیر در روشن شدن لامپ کمتر شد، آزمودنی‌ها اجرای بهتری را نشان دادند.

❑تفسیر شواهد زمان پردازش اطلاعات بینایی

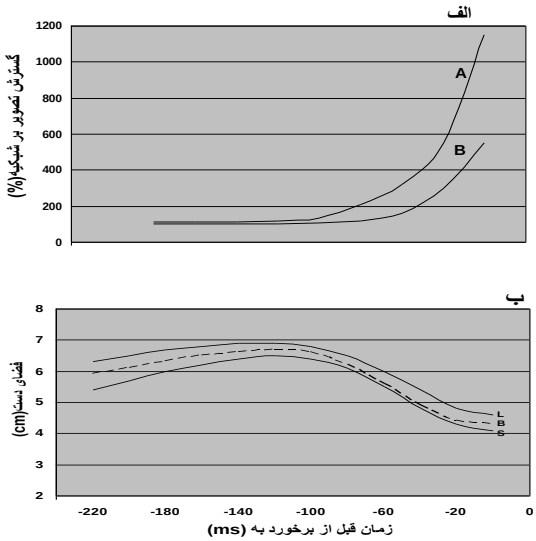
- شرایط آزمایشی گوناگون راهبردهای بینایی مختلفی را برای فراهم کردن اطلاعات بینایی موجب می‌شوند که منجر به زمان‌های مختلفی در تخمین زمان پردازش شده است.
- فرضیه دوسیستم بینایی طرح شده بوسیله تراورسن (1968) می‌تواند دلیل دیگری برای برآوردهای متفاوت زمان پردازش باشد.
- ممکن است آزمایش‌ها برای تخمین زمان پردازش در شرایط ثابتی انجام شده‌اند، به نحوی که در آن آزمودنی متفاوت با شرایط طبیعی و مسابقه مجبور به استفاده از سیستم نازلتر بینایی کانونی شده است.
- ممکن است در کنترل حرکتی توسط بینایی نوعی تعامل بین دو سیستم بینایی وجود داشته باشد که شرایط آزمایشی مختلف موجب تغییر در این تعامل شده است.

بینایی و اعمال پیش‌بینی در دریافت اهداف متحرک

در تمام موقعیت‌های دریافت یا سد کردن اهداف متحرک به شکلی که قبلا نیز توضیح داده شد و شامل سه مرحله تشخیص موقعیت، شکل دادن به دست و چنگ زدن بود، بینایی نقش مهمی در اجرای صحیح مهارت بازی می کرد
ادامه بحث درباره دو جنبه متفاوت پیش بینی زمانی دریافت شی (TC) و پیش بینی فضایی یا مکان صحیح دریافت شی می باشد

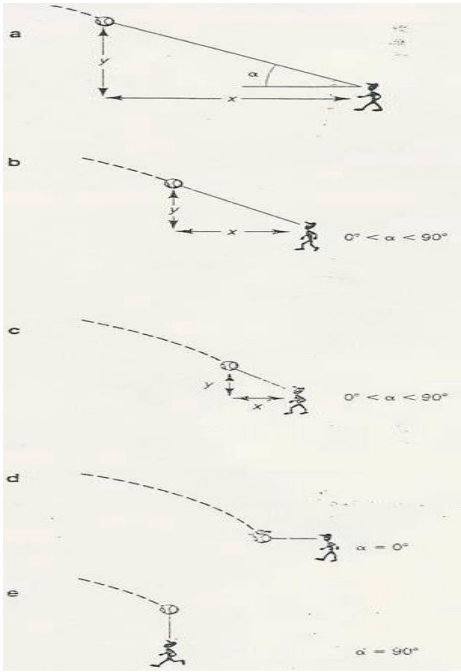
اطلاعات زمانی:
ساولسبرگ، هایتینگ و بتسما (1991)
دست آزمودنی‌ها بر روی میزی بصورت ثابت قرار گرفته بود به شکلی که توپ آویزان شده هنگام تاب درست به کف دست آنها برخورد می‌کرد و تنها تکلیف آزمودنی‌ها عمل چنگ زدن به توپ و گرفتن آن در زمانبندی مناسب بود.
توپ استفاده شده برای دریافت کردن در اندازه‌هایی با قطر 5/5 و 7/5 سانتیمتر بود. در مواردی از تاب‌ها، توپ‌های 7/5 سانتیمتری بوسیله بادکنکی پوشانده شده بودند که در طول پرواز از 7/5 سانتیمتر به 5/5 تغییر می‌کردند (مدت پرواز 1/7 ثانیه بود).

هماهنگی زمانی فضای دست با اندازه توپ. الف) میزان گسترش تصویر بر روی شبکیه در طول پرواز توپ (A: اندازه توپ ثابت، B:توپ کوچکتر شده) و ب) تغییرات فضای دست قبل از برخورد (L:توپ بزرگ، B: توپ کوچکتر شده و S: توپ کوچک).



اطلاعات فضایی:
مک‌لود و داینس (1996 و 1993)

مک لود و داینس عنوان کردند که بازیکنان برای قرار گرفتن در موقعیت صحیح دریافت از اطلاعات حاصل از ارزیابی زاویه دید (α: زاویه بین بازیکن و توپ) استفاده می‌کنند.

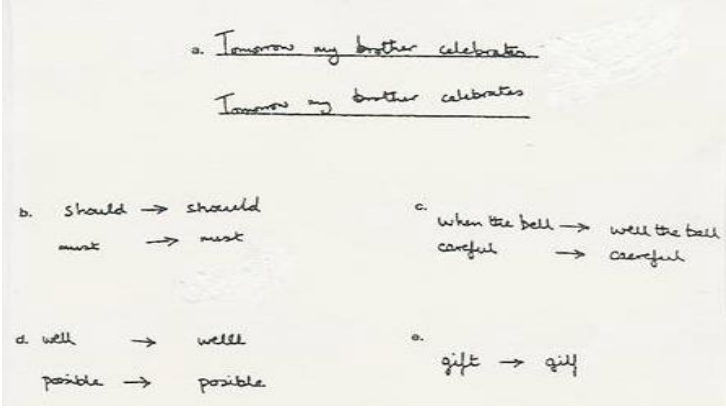


نحوه ارزیابی و استفاده بازیکن توپ‌گیر از زاویه دید برای حرکت به سمت جلو یا عقب در گرفتن توپ(برگرفته شده از مک‌لود و داینس 1996).

بینایی و گرفتن

عمل گرفتن که قدیمی‌ترین مدل آن را جنیرود پیش‌نهاد کرده است، شامل دسترسی و چنگ زدن است. مرحله دسترسی شامل زمان‌بندی باز کردن پنجه و انگشت است که عمدتا منتج از یک برنامه حرکتی است. چنگ زدن شامل کنترل شی و برداشتن آن است. بینایی در این فعالیت‌ها نقشی اساسی دارد
متغیرهای تکلیف و موقعیت بر نقش بینایی در کنترل گرفتن، اثر می گذارند

بینایی و نوشتن



نمونه دست‌خطهایی از آزمایش اسمایت و سیلورس که اشتباهات مربوط به نوشتن بدون استفاده از بینایی (خط پایینی در (a) و سمت راست فلش‌ها در بقیه موارد) را در مقایسه با نوشتن با استفاده از بینایی نشان می‌دهد. (a) اشتباهاتی مانند انحراف از خط افقی را نشان می‌دهد، (b) اشتباهاتی مانند حذف کردن یا اضافه کردن خطوط را نشان می دهد، (c) اضافه یا حذف کردن حروف را نشان می‌دهد، (d) اضافه یا حذف کردن حروف مکرر و مشابه و (d) جابجایی و معکوس شدن حروف را نشان می‌دهد.

بینایی و تعادل

لی و آرنسون (۱۹۷۴) بینایی را به عنوان سومین منبع اطلاعات بازخوردی تعادل مورد توجه قرار دادند. آنها از آزمودنی‌ها خواستند تا در اتاقی که با دیوارهای متحرک محدود شده بود بایستند. محققین با حرکت دادن مستقل دیوارهای اتاق تعادل آزمودنی‌ها را بررسی کردند.

بینایی و جابجایی

هنگامی که هدف فرد متحرک جلوگیری یا اجتناب از برخورد با یک شیء است، بینایی نقش بسیار مهمی در جابجایی بازی می کند.

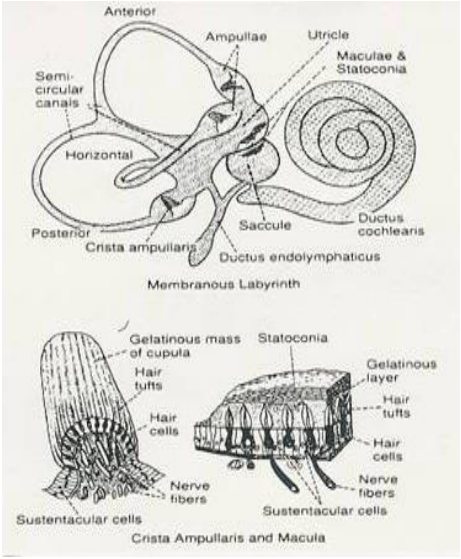
در این تغییرات عامل tau یک تغییر فاصله از روی مانع به نقطه ای دیگر را با استفاده از زمان برخورد در پاسخ به مانع یا شی ظاهر شده مشخص می کرد، که فرد برای فرود به منطقه صحیح باید پای خود را از T1 به T2 تغییر مکان می داد و به این ترتیب طول گام مورد نیاز برای رسیدن از هدف اول به هدف دوم تنظیم می‌شد که این تنظیم به وسیله حرکت عمودی پای پرواز بر خلاف زمین عملی می شد.

حس حرکت

دستگاه بینایی و حس عمقی از مهمترین منابع فراهمی اطلاعات حسی در جهت کنترل حرکات است.

گیرنده‌های حس حرکت یا حس عمقی که اهمیتی اساسی در کنترل حلقه بسته نیز دارند، عبارتند از:

1- دستگاه دهلیزی گوش
2- گیرنده‌های عضلات (دوک‌های عضلانی و اندام‌های وتری گلژی)
3- گیرنده‌های مفصلی
4- گیرنده‌های پوستی



دستگاه دهلیزی گوش:

ساختمان گوش شامل دو قسمت گوش خارجی و گوش داخلی است.

گوش داخلی با توجه به وظیفه و عملکرد آن به دو بخش مربوط به صدا و مرتبط با تعادل تقسیم می‌شود، عضوی که حس تعادل را شناسایی می‌کند دستگاه دهلیزی نامیده می‌شود.

حلزون اندامک اصلی حس شنوایی است و تقریبا کاری با تعادل ندارد، اما مجاری نیم‌دایره، اوتریکول و ساکول، بخش‌های لاینفک مکانیسم تعادل هستند.

گیرنده‌های عضلات

دوک عضلانی:

ساختار دوک از کپسولی پر از مایع، فیبرهای عضلانی درون دوکی، اعصاب حسی یا آوران اولیه و ثانویه (Ia و Ib) و اعصاب حرکتی یا وابران گاما تشکیل شده است.

زمانی فعال است که عضله کشیده شده است.

تارهای عصبی آوران اولیه یا آوران نوع Ia اطلاعات مربوط به طول منطقهٔ توازن (اطلاعات موقعیت) و سرعت تغییر در طول این منطقه (اطلاعات سرعت) را گزارش می‌کنند.

دستگاه گلژی

به صورت کپسولی از گیرنده‌های حسی–حرکتی هستند که در مسیر عبور دستهٔ کوچکی از تارهای تاندونی عضله قرار دارند.

گیرنده‌های تاندونی به جهت موقعیت قرارگیری خوبی که دارند (یعنی محل ارتباط عضله و تاندون، زنجیرهٔ بین عنصر انقباضی یا ایجاد نیرو و انتقال نیرو) اطلاعاتی سودمند دربارهٔ تنش عضله فراهم می‌کنند.

بیشتر زمانی فعال هستند که عضله در حال انقباض است و برای عضله نقش محافظتی و بازداری از انقباض را بازی می‌کنند.

گیرنده‌های مفصلی

سلول‌هایی در کپسول مفصلی هستند که حرکت مفاصل و استخوان‌ها در جهات مختلف، موجب کشیدگی و در نتیجه تحریک آنها شده و موقعیت مفصل با توجه به اطلاعات ارسال شده توسط این گیرنده‌ها مشخص می‌شود.

فراهم کردن اطلاعاتی در رابطه با تعادل از دیگر عملکردهای گیرنده‌های مفصلی است.

فراهم کردن اطلاعاتی در رابطه با تعادل از دیگر عملکردهای گیرنده‌های مفصلی است.

گیرنده‌های پوستی

اطلاعاتی مربوط به برخورد با اجسام، تعادل و غیره را برای کنترل حرکتی فراهم می‌آورند.

کنترل بازتابی حلقهٔ بسته

- بسیاری از تعدیل‌های بازتابی در مهارت‌های حرکتی بسیار کوتاه‌تر از آن است که بتوان آنها را به عنوان یک پاسخ ارادی در نظر گرفت.

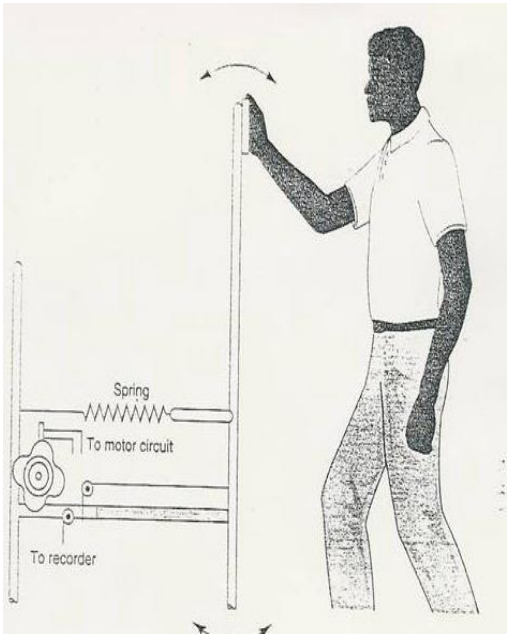
1. دوهرست (1967)

- دوهرست از آزمودنی خواست تا وزنه‌ای سبک را در دست خود نگه دارد به گونه‌ای که آرنج او زاویهٔ 90 درجه داشته باشد.
- فعالیتهای EMG ماهیچهٔ بازو بوسیله دستگاه الکترومیوگرافی ثبت می‌شدند.
- محقق بصورت غیرمنتظره وزنه‌ای را به دست اضافه کرد که موجب پایین آمدن بازو و افزایش زاویهٔ آرنج شد، بعد از مدتی، فعالیت EMG در عضله باعث افزایش نیرو و بازگرداندن دست به زاویهٔ صحیح شد.

فعالیتهای عضلات به قدری سریع هستند که نمی‌توان آنها را با فرایند کنترل حلقهٔ بسته توجیه کرد و گمان می‌رود تصحیح اعمال شده ناشی از تعدیل‌های بازتابی سطوح پایینی سیستم عصبی مرکزی باشد.

2. هنری(1953)

- آزمودنی‌ها در این تحقیق می‌بایست نیروی وارده به یک دستگیره را تنظیم می‌کردند.
- فرد به حالت ایستاده و چشم بسته، به دستگیره‌ای نیرو وارد می‌کرد که به مکانیسمی برای تغییر محل دستگیره متصل بود. سیستم طوری عمل می‌کرد که اگر فرد نیرو وارد می‌کرد، دستگیره بصورت تصادفی جلو و عقب می‌رفت. اما وجود فنری بین این سیستم و دستگیره (محل وارد کردن نیرو از دو طرف) می‌توانست موجب تعدیل نیروی وارده از دو طرف شود.

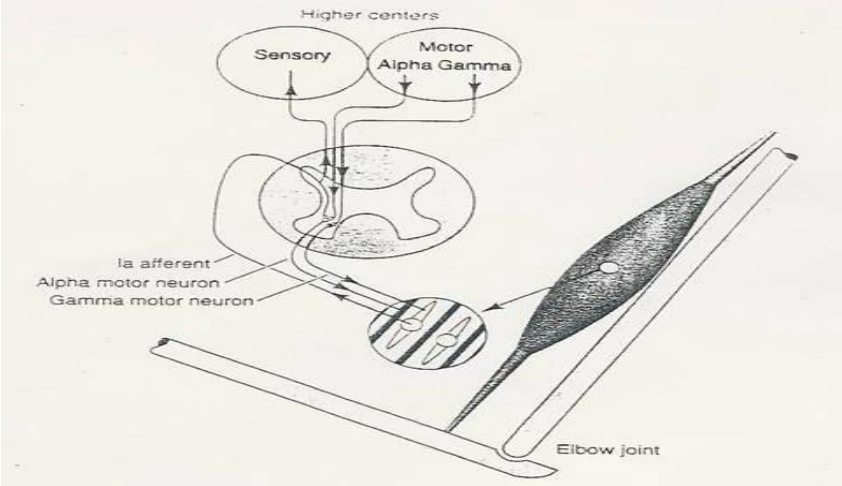


هنری آزمایش خود را به سه حالت مختلف اجرا کرد.
هنری دریافت، نیروی آستانهٔ لازم برای تنظیم تصحیح تا حد زیادی به چیزی که کنترل آن را از آزمودنی خواسته‌اند بستگی دارد و افراد حتی به محرک‌هایی بسیار پایین‌تر از مقدار آستانهٔ هوشیاری نیز واکنش نشان می‌دادند.
مکانیسم‌های دخیل در اثرات اخیر احتمالاً وابسته به عملکرد دوک‌های عضلانی و حلقهٔ گاما است.

اولین کنترل انعکاسی، حرکت تند و ناگهانی فعالیت ماهیچه‌ای (EMG) در حدود 30 تا 50 هزارم ثانیه پس از افزایش وزنه را شامل می‌شود که پاسخ M1 یا رفلکس کششی تک سیناپسی نام دارد.

فعالیت دیگر با تأخیر 50 تا 80 میلی‌ثانیه آغاز می‌شود. این پاسخ بازتابی، رفلکس حلقه بلند یا رفلکس کارکردی کششی (M2) نامیده می‌شود. در قبال تأخیر زمانی، د بسیار قوی‌تر و انعطاف پذیرتر از انعکاس تک سیناپسی است (اوارتز 1973).

شکل زیر چگونگی کنترل بازو توسط سگمنت را در یک تصویر کلی نمایش می‌دهد.



پاسخ چهارمی که بین پاسخ حلقه بلند و تأخیر داوطلبانه زمان عکس‌العمل قرار می‌گیرد، عکس‌العمل های تحریکی یا واکنش‌های ماشه‌ای نامیده می‌شود.

- واکنش‌های راه‌اندازی، به نحوی توسط مراحل پردازش اطلاعات بررسی می‌شوند. اما احتمالاً برخی پردازش‌ها در این بازتاب‌ها حذف می‌شوند؛ از این رو تأخیرها کمتر از زمان RT می‌باشد.
- اثر لیوان آب و اغتشاشات در صحبت کردن، شواهدی دال بر این موضوع هستند.

چهار نوع پاسخ به محرک‌های محیطی در حرکات و بعضی ویژگی‌های متفاوت آنها

اثر تعداد پاسخ با تعداد انتخابها	قابل تغییر با آموزش	ساختارهای درگیر	زمان حلقه (ms)	نوع بازتاب
نه	نه	دوک، حلقهٔ گاما، همان عضله	۳۰-۵۰	بازتاب تک سیناپسی (خود تولید)
نه	بله	دوک، قشر مخچه، همان عضله	۵۰-۸۰	بازتاب حلقهٔ بلند (خود تولید)
بله	بله	گیرنده‌های مختلف، مراکز عصبی بالاتر، عضلات مرتبط	۸۰-۱۲۰	بازتاب راه اندازی (خود تولید نیست)
بله	بله	گیرنده‌های مختلف، مراکز عصبی بالاتر، همه ساختارهای عضلانی	۱۲۰-۱۸۰	زمان واکنش (خود تولید نیست)

تأثیر پیش‌خوراند بر کنترل حرکت

- ✓پیش‌خوراند به فرایند ارسال پیام‌هایی قبل از شروع حرکت، به منظور معنادار کردن اصلاحات حاصل از حرکت اشاره می‌کند.
- ✓حرکات سریع چشم - مکانیسم ادراک بینایی بعد از حرکات سریع چشم
- ✓کپی وابران و کنترل اندام - کپی از اطلاعاتی که برای تولید یک حرکت به سمت عضلات می‌روند و به قسمت‌های حسی مغز نیز فرستاده می‌شود (پیش‌خوراند فرامین حرکتی).
- ✓عکس‌العمل‌های قامتی اولیه - حرکات جبرانی برای پیشگیری از بر هم خوردن تعادل. ایجاد در حدود 60 میلی‌ثانیه قبل از حرکت بدن
- ✓کشف و اصلاح خطاها - نقش دیگر پیش‌خوراند، کشف حرکات غلط ارسال شده به عضلات و اصلاح آن است.