

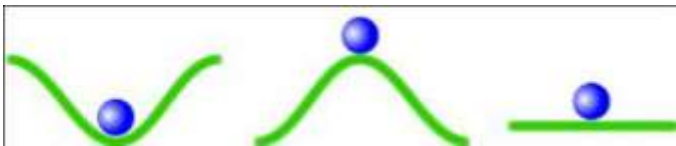
CAPACIDADES PERCEPTIVO- MOTORAS: EQUILIBRIO ESTÁTICO Y DINÁMICO

Prof. Dra. Cristina Oleari

INTRODUCCION

EQUILIBRIO DE LOS CUERPOS EN GENERAL Y DEL CUERPO HUMANO EN PARTICULAR

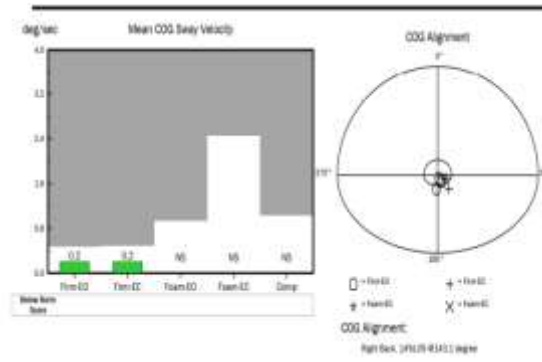
Desde el punto de vista físico o mecánico, se dice que un cuerpo se encuentra en equilibrio estático cuando la sumatoria de las fuerzas y/o los momentos de fuerza aplicados sobre el mismo, en un instante dado, es igual a cero, respecto de determinado sistema de referencias (Viladot). Se puede clasificar distintos tipos de equilibrio: equilibrio estable, inestable e indiferente. Equilibrio estable es aquel en que el cuerpo tiende a volver a la posición de equilibrio inicial, posterior a que una fuerza desestabilizadora se aplique y produzca un pequeño desplazamiento. Un cuerpo, en cambio, se encuentra en equilibrio inestable cuando al aplicarse una fuerza que lo desplaza de su posición original no puede volver a esa posición sin que otra fuerza (re-equilibradora) intervenga. Por último, el equilibrio indiferente de un cuerpo se da cuando al aplicar una fuerza que modifica la posición inicial, igual mantiene de manera constante la distancia de su centro de masas respecto de su base de sustentación.



Un sistema en equilibrio puede tener distintos grados de estabilidad. Por ejemplo, un objeto presenta estabilidad si la línea de acción de la fuerza peso (con punto de aplicación en el centro de masas de ese objeto) cae dentro de la base de sustentación o base de apoyo. Esta base de apoyo o soporte puede o no coincidir con la superficie de contacto, incluye a las superficies donde se produce el contacto y la superficie "intermedia" delimitada entre las mismas. Se puede decir que es la superficie entre y debajo de todas las partes del cuerpo en contacto con el suelo, también conocido como "polígono de apoyo" (Andisco-Muñoz). La estabilidad disminuye a medida que la línea de acción de la gravedad (fuerza peso) se aproxima al borde o periferia del polígono de apoyo; pero, aumenta la estabilidad con el descenso del centro de gravedad, con el aumento de la base de sustentación. La especie humana desarrolla sistemas complejos neuromusculares de control del equilibrio para que sea efectiva la mantención de la posición vertical del cuerpo y la mirada en la horizontal (función hegemónica y propia de la especie). Esto se realiza con continuos ajustes para que el centro de gravedad oscile constantemente sobre la base de apoyo. Actualmente, esto puede analizarse objetivamente con el uso de una plataforma de fuerzas que capta la oscilación de las presiones de los apoyos de los pies de la persona parada sobre la misma (estabilometría). Los gráficos obtenidos se denominan estatokinesiograma y permite valorar el desplazamiento antero-posterior y latero-lateral (derecha- izquierda) de la persona parada con ojos abiertos durante 10 segundos (por ejemplo) y las modificaciones (leves o grandes) que acontecen cuando se le pide que cierre los ojos (Test de Romberg).



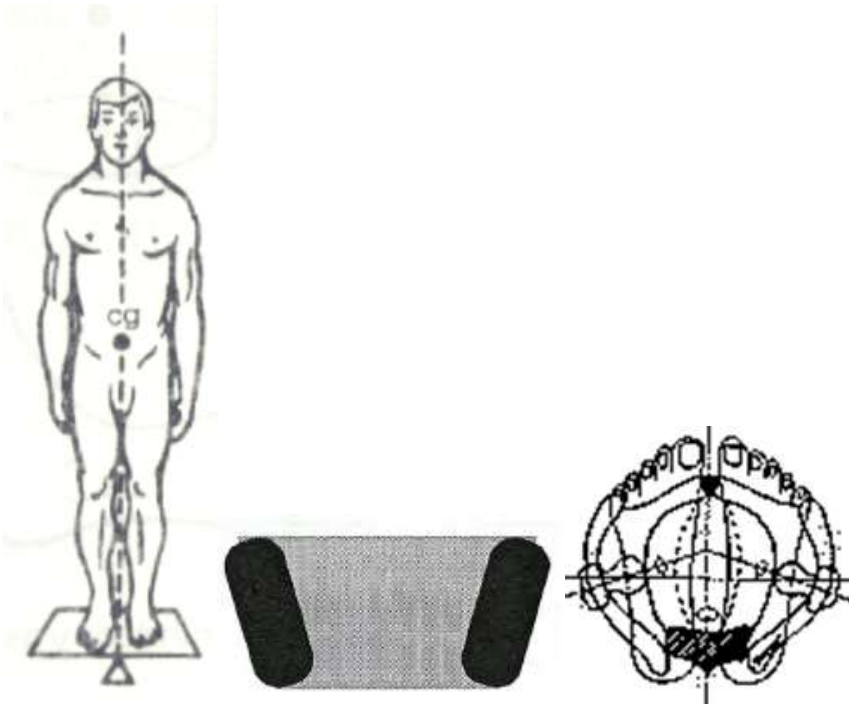
Estabilometría



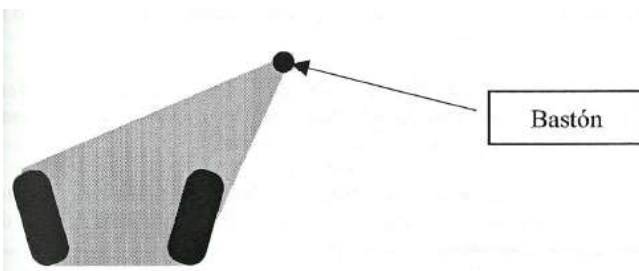
estatokinesiograma

Las diferentes bases de apoyo del individuo brindarán posibilidades de ajustes posturales y re-equilibratorios estáticos y/o dinámicos, según sea más o menos estable.

Persona de pie



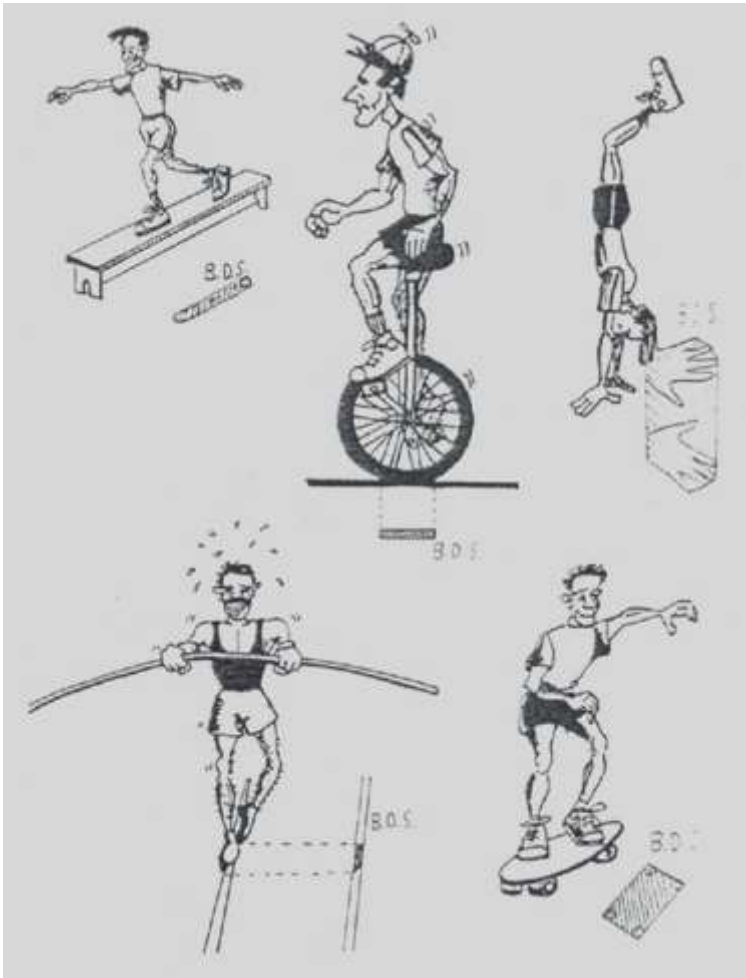
persona de pie con bastón



EQUILIBRIO ESTABLE



OTRAS BASES DE APOYO CON EQUILIBRIO INESTABLE



EL EQUILIBRIO COMO CAPACIDAD PERCEPTIVO-MOTORA

La capacidad de equilibrio se define como aquella que intenta mantener o volver a colocar la línea de gravedad del cuerpo o partes de él sobre la base de soporte (sea cual fuere esta) y/o frente a cambios de posición del cuerpo o movimientos. Lo que se desprende de esto es que se pueden estudiar dos aspectos del equilibrio: el equilibrio estático (mantener o sostener una posición estable) y el equilibrio dinámico (mantener o recuperar el equilibrio durante movimientos de diferentes velocidades y aceleraciones de partes o todo el cuerpo). Esta capacidad de equilibrio, tanto estático como dinámico, es fundamental para cualquier actividad motriz, sea deportiva, atlética, gimnástica, danzas, etc. siendo la percepción postural esencial, independiente de la posición que se lleve a cabo la actividad (parado, sentado, caminado, corriendo, en posición horizontal como la natación, invertida como en las destrezas).

En el desarrollo motriz normal del niño, el mantenimiento del equilibrio y recuperación del mismo es parte de las adquisiciones durante la actividad cotidiana exploratoria y los juegos

infantiles. En algunos casos leves, las dificultades de equilibrio pueden aparecer frente al aprendizaje de actividades en diferentes bases de sustentación y/o superficies inestables (aprender a andar en bicicleta, a patinar, a esquiar). Este aprendizaje motor no es suficiente cuando se requiere ejecutar movimientos a distintas velocidades y aceleraciones, en diferentes posiciones corporales con exigencias específicas. Para estimular esta capacidad, se requieren ejercicios en superficies de apoyo pequeñas, elevadas, móviles, inestables (de diferentes materiales) así como estimulación vestibular y cognitiva de manera simultánea. El equilibrio dinámico demanda percepción de aceleraciones y ajustes de movimientos rápidos y con cambios de posiciones segmentarias o corporales globales, así como muchas veces caídas o aterrizajes sobre superficies inestables. Las mayores exigencias, en este sentido, se pueden observar durante los saltos de gimnasia artística y deportiva, el patinaje artístico, los saltos ornamentales, saltos de esquí, salidas de los aparatos de gimnasia, saltos y giros de la danza. Es por ello que muchos autores relacionan de manera estrecha la capacidad de equilibrio con las demás capacidades coordinativas y el mayor grado de rendimiento. Además de la valoración del equilibrio estático (ortostático) a través de la plataforma estabilométrica y los gráficos mencionados, se puede tomar como unidad de medida la duración del mantenimiento del estado de equilibrio y la velocidad y calidad de la recuperación del mismo.

INTEGRACION SENSORIOMOTORA DEL EQUILIBRIO

Un poco de neurociencias del equilibrio y sentido kinestésico (propioceptivo)

Los receptores (estructuras especializadas en traducir distintos tipos de energías al "lenguaje" del sistema nervioso o excitación bioeléctrica) que intervienen en la regulación de la actividad muscular para adoptar posturas sostenidas en el tiempo (equilibrio estático) y/o mantener o recuperar el equilibrio de segmentos corporales o del cuerpo en su totalidad durante los movimientos (equilibrio dinámico) son principalmente los propioceptores, aunque a veces se requiere también de los exteroceptores y los telerreceptores para las reacciones reequilibratorias posturales.

Se conocen diferentes clasificaciones de propioceptores, en general pueden ser los musculotendinosos, los articulares y los laberínticos. Los musculotendinosos comprenden a huso neuromuscular (reflejo de feedback positivo), al órgano tendinoso de Golgi (reflejo de feedback negativo) y las terminaciones libres (reflejo de flexión y dolor).

Los receptores articulares y periarticulares pueden ser los corpúsculos de Ruffini, las terminaciones articulares de Golgi y los receptores de Vater- Paccini. La información que nace de estos conducen la sensibilidad propioceptiva consciente (sentido kinestésico) relacionado con el reconocimiento de las posición y orientación en el espacio de las partes del cuerpo, sin intervención de la visión. Por último, y los que más nos interesan en el sentido del equilibrio, son los receptores laberínticos o vestibulares. Ellos intervienen en las reacciones posturales reflejas, para contribuir al mantenimiento de la postura normal, adaptar la posición de los miembros y el tronco a la posición de la cabeza (mirada en la horizontal) y/o por desplazamientos de la misma. (Loyber)

El laberinto consta de una parte denominada sistema otolítico (el utrículo y el sáculo) y otra, los conductos semicirculares. Los otolitos son cristales de carbonato de calcio que están suspendidos en una sustancia intersticial como una membrana gelatinosa que estimula directamente a las cilias de la mácula del utrículo y del sáculo, y las crestas de la ampolla de los conductos semicirculares. Cuando la cabeza se encuentra en posición normal, la mácula del sáculo se orienta en sentido vertical y la del utrículo en sentido horizontal. El sistema otolítico es estimulado cuando se varía la posición de la cabeza, es decir que la membrana gelatinosa cambia de posición; en ella están los otolitos, los cuales al modificar su posición estimulan de las cilias y desencadena la transmisión del impulso en la vía aferente vestibular hacia los

centros del tronco encefálico (núcleos vestibulares). Además, en la cresta de la ampolla de los conductos semicirculares se encuentran las células ciliadas receptoras incluidas en la masa gelatinosa (no hay otolitos en los conductos semicirculares). La estimulación se genera por el desplazamiento de la endolinfa, producida por los movimientos de la cabeza. Como hay un conducto semicircular en cada plano del espacio se excitará aquellas ciliadas del conducto semicircular respectivo al movimiento (lineal, angular o rotatorio en ese plano), sin embargo, el desplazamiento de la endolinfa se produce al inicio y al frenar el movimiento o, al cambiar de dirección del mismo. (Loyber)

Reacciones motoras de equilibrio (pg 38 y 63)

La estimulación de los receptores laberínticos tienen influencia sobre el tono de los músculos posturales y de los músculos extrínsecos del ojo, siguiendo las vías de conexiones con centros nerviosos como: la médula, el tronco del encéfalo (núcleos vestibulares, formación reticular, núcleo rojo), el cerebelo, los pares craneales que gobiernan los movimientos oculares (III-IV-VI), el tálamo, la corteza cerebral.

Tanto la mácula del sistema otolítico como las crestas de los conductos semicirculares generan respuestas distintas a través de mecanismos específicos.

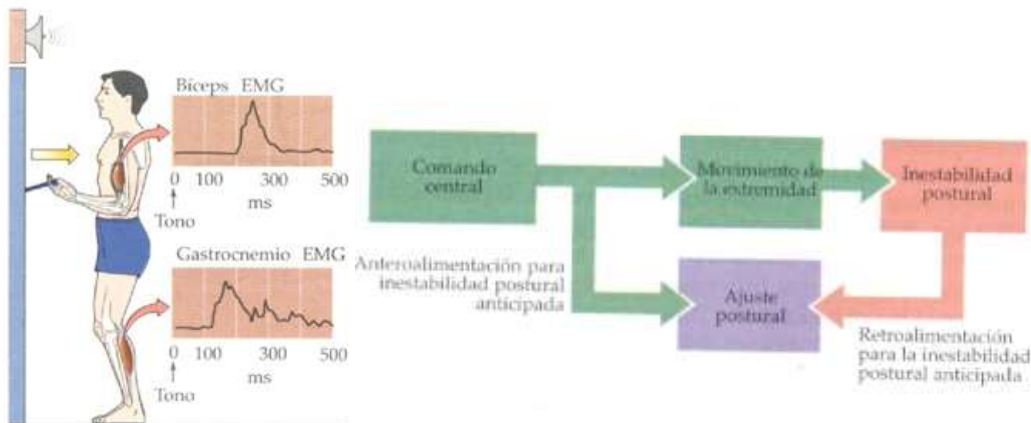
Si la cabeza cambia de posición en el espacio, se estimula la mácula del sistema otolítico (pero no cuando la cabeza está en movimiento) y la respuesta refleja se encarga de activar los músculos posturales de las extremidades para mantener la postura en las condiciones de equilibrio que se encontraba antes del cambio de posición de la cabeza; incluso los movimientos reflejos de los ojos adecuan a la nueva posición para mantener el campo visual similar al que abarcaba antes del movimiento. Estas reacciones reflejas se las denomina **reacciones tónico estáticas** o sentido estático o de posición.

En cambio, ante movimientos bruscos que provocan desplazamientos de la endolinfa de las crestas de los conductos semicirculares las respuestas son contracciones reflejas de los músculos del tronco, cuello y extremidades, con movimientos compensadores que intentan mantener la postura normal. Los movimientos de la cabeza pueden ser lineales o rotatorios, de aceleración (aumento de la velocidad) o desaceleración (disminución de la velocidad) o, que cambie de manera brusca la dirección del movimiento. Un movimiento de velocidad constante no produce estímulo en las crestas de los conductos semicirculares. En el caso que los movimientos sean rotatorios, se le suman las reacciones compensatorias de los músculos oculares extrínsecos originando nistagmus. Los movimientos oculares se desvían en sentido contrario al de la rotación de la cabeza y luego vuelven con un movimiento rápido, a la posición original, centrados hacia adelante. La estimulación se produce por el movimiento que corresponde con el plano que se encuentra el conducto semicircular. De hecho, estas reacciones de equilibración y oculares ante movimientos giratorios de la cabeza, y la observación de la aparición del nistagmus, se utilizan para el diagnóstico de alteraciones vestibulares. Estas respuestas reflejas se denominan **reacciones tónico- cinéticas** o sentido cinético.

Los reflejos posturales o antigravitatorios, incluyen mecanismos compensatorios o de feedback y mecanismos anticipatorios o de feed-forward, que se van estructurando sobre la base del desarrollo motor.

Este mecanismo anticipatorio o anteroalimentación (feed-forward) del control postural, el tono de músculos que van a mantener el equilibrio y la postura aumentan el tono con anticipación a la contracción voluntaria del músculo agonista de la acción. Este mecanismo predice una alteración en la estabilidad corporal y formula una respuesta estabilizadora apropiada. Esto se puede evaluar con electromiografías con electrodos de superficie (EMG), analizando el tiempo de pre- activación antes que se produzca el movimiento. Esta anticipación es entrenable y tiene como objetivo, también, proteger a las estructuras articulares y periarticulares, frente a las exigencias de gestos motores complejos, de mucha energía cinética, con aceleraciones y velocidades elevadas.

El mecanismo de retroalimentación del control postural y de re-equilibración, en cambio, son respuestas que se producen una vez iniciado el movimiento, a través de aferencias sensitivas que detectan inestabilidad postural, del sistema visual, laberíntico y propioceptivos



En síntesis, se pueden definir las siguientes **reacciones reflejas** para el mantenimiento de la postura y la recuperación del equilibrio

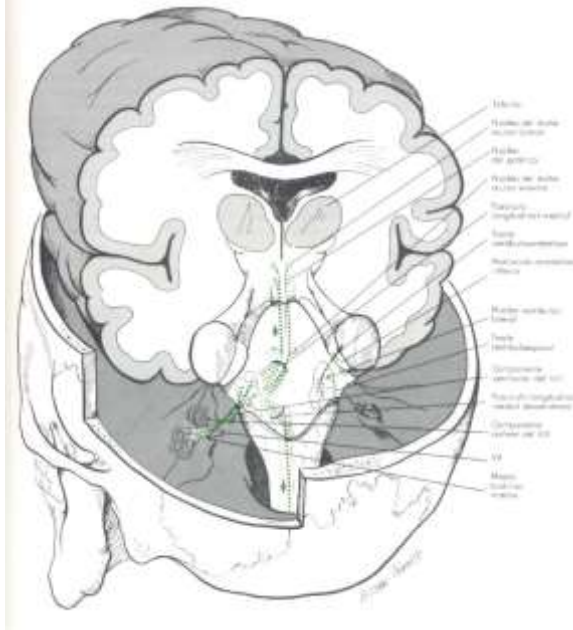
- DE SOSTEN TONICO ESTATICAS: para mantener la postura normal
 - POSTURALES LOCALES: REACCION POSITIVA Y NEGATIVA el estímulo y la respuesta se producen en las mismas estructuras musculares o tendinosas
 - POSTURALES SEGMENTARIAS: REFLEJO EXTENSION CRUZADA el estímulo y la respuesta abarca uno o varios segmentos medulares, por lo que puede responder del lado contrario a donde se produjo el estímulo
- DE ADAPTACION POSTURAL: se producen cuando se requiere modificar la postura en determinada situación pero sin alterarla demasiado, se producen movimientos del cuello, del tronco y de las extremidades, involucrando estructuras de diferentes segmentos medulares (por ejemplo cuello y tronco) y núcleos suprasegmentarios (núcleos vestibulares en el tronco del encéfalo estimulados por receptores laberínticos estáticos)
 - INTERSEGMENTARIA: REFLEJOS TONICO CERVICAL SIMETRICO Y TONICO CERVICAL ASIMETRICO
 - SUPRASEGMENTARIA: TONICO LABERINTICO
- DE ENDEREZAMIENTO: para recuperar la postura cuando se vio alterada por diferentes causas, en particular frente a cambios de posición de la cabeza, lo cual genera movimientos cervicales que tienden a re- posicionar la cabeza y luego se continúan con los movimientos corporales que re- equilibran en relación a la cabeza
 - REFLEJOS OCULO-CEFALO-LABERINTICO-CERVICAL son suprasegmentarias como los reflejos laberínticos y visuales, e intersegmentarias (cervicales, cefálicos, tronco y extremidades)
- DE EQUILIBRACION O TONICO CINETICAS son reacciones fásicas
 - PROPIOCEPTIVAS MUSCULARES: BALANCEO O APUNTALAMIENTO se producen con el cuerpo en reposo
 - PROPIOCEPTIVAS LABERINTICAS: REACCION DE CAIDA, DE ASCENSOR O ROTATORIOS se producen con el cuerpo en movimiento

Como conclusión, estas reacciones reflejas tienen como objetivo mantener el equilibrio del cuerpo, es decir, como ya se definió, que la línea vertical que pasa por el centro de gravedad se mantenga dentro del polígono de apoyo.

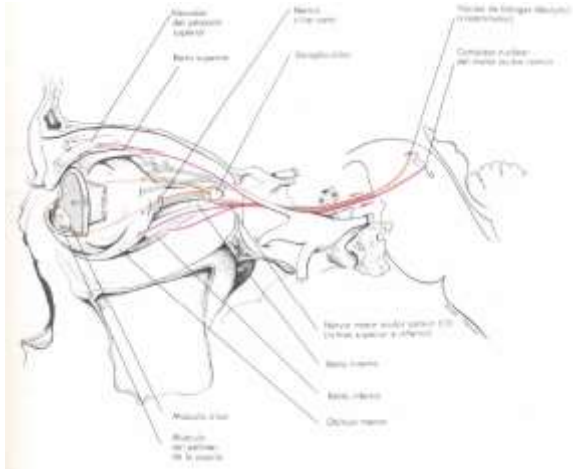
A través de la integración perceptivo- motora, el conjunto de estímulos cinestésicos, táctiles, propioceptivos, laberínticos y visuales, la conexión con recuerdos de varias fuentes

sensoriomotoras así como las experiencias motrices previas, conducen al reconocimiento de los movimientos del cuerpo y despierta complejos asociativos mnemicos por impulsos corticales aferentes, las praxias, base de la motricidad.

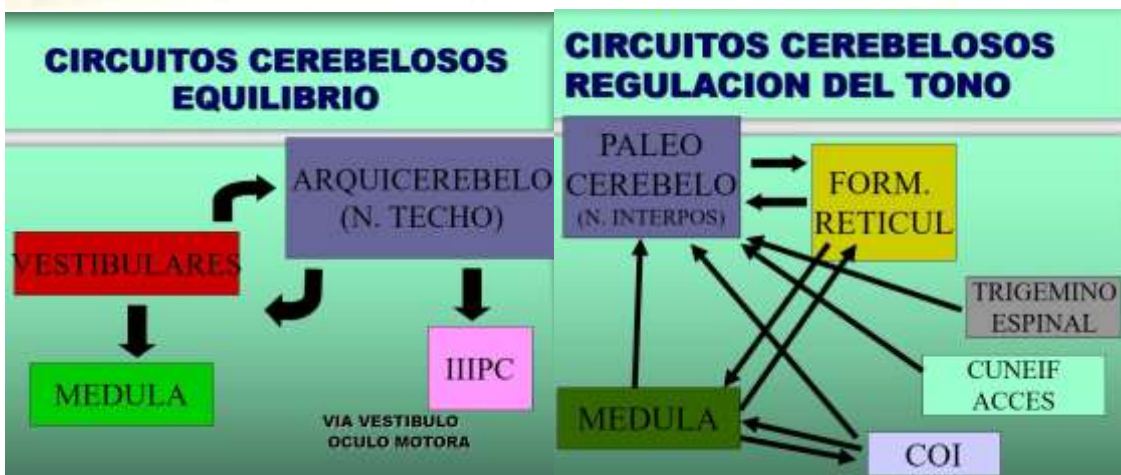
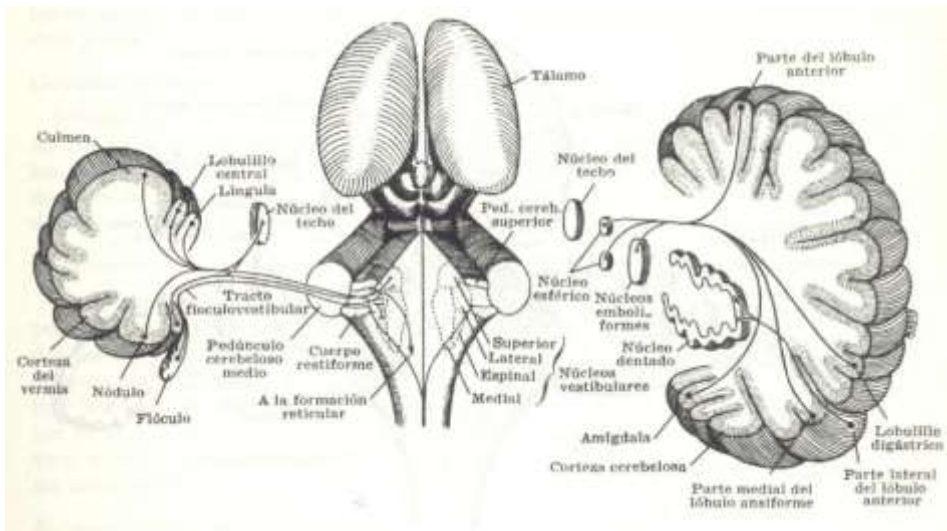
CONEXIONES VIII PAR COMPONENTE VESTIBULAR



CONEXIONES DE III PAR CRANEAL- MOTOR OCULAR COMUN



ESTRUCTURAS INVOLUCRADAS EN LA REGULACION DEL TONO POSTURAL Y DEL EQUILIBRIO



Referencias: IIIPC: III par craneal o Motor ocular común; N: núcleo; COI complejo olivar inferior (del bulbo); Cuneif acces: núcleo cuneiforme accesorio (del bulbo); Form reticul: Formación reticulada (Bulbo y protuberancia); N interpósito: núcleos globoso y emboliforme del cerebelo