**UNIDAD TEMÁTICA # 2**. Cadenas cinemáticas (CC). Definición. Sistemas que intervienen en la cadena cinemática. Tipos de cadenas Cinemáticas. Orientación de la CC. Importancia.

**Cinemática:** Es la parte encargada de dar la descripción matemática del movimiento. Consiste en asociar a cada movimiento una función o ecuación que indique en cada instante cuál es la posición del móvil medida desde un determinado sistema de referencia.

Rasch dice: “Es la geometría del movimiento, que comprende desplazamiento, velocidad, aceleración sin tener en cuenta las fuerzas que actúan sobre un cuerpo”. También dice que es la geometría descriptiva del movimiento en función del tiempo, ignorando las causas del movimiento y los conceptos de masa, fuerza, momento y energía, con lo cual coinciden Nordin y Frankel.

Bases fisiológicas de las Cadenas cinemáticas

Concepto: Con este término se define a un modo de ejecución del trabajo muscular durante un movimiento, en el cual participa un conjunto de músculo agonista y sinergista, inducido por la regulación de un patrón de movimiento. A su vez cada patrón responde a una unidad neurológica por participar de un control motor dependiente de la inervación recíproca. Cada músculo integrante se encarga de la operación de un movimiento parcial, que es componente de un movimiento total por diferentes eslabones al que denominamos cadenas cinemáticas.

La base fisiológica de las cadenas depende de una actividad compleja bien organizada y sincronizada de varios sistemas de órganos, así como de la interacción de diferentes leyes que se aplican en la producción del movimiento.

Entre los sistemas que intervienen y se destacan:

**Sistema Óseo-articular y ligamentoso:** Para producirse una cadena cinemática, deben estar implicado varias articulaciones o palancas óseas, cada una de ellas concatenadas, donde el brazo fijo de una palanca sea el brazo móvil de la otra. Cada una de estas conexiones de palancas tiene un orden que facilita la amplitud del movimiento. Dando como resultado que las palancas proximales sea de tipo de conexión triaxial y en su parte distal terminen en articulaciones uniaxial. De esta forma se garantizan en la cadena cinemática todos los grados de libertad necesarios para garantizar toda la amplitud de movimiento.

**Sistema Muscular:** Una cadena se irá formando en la medida que interactúen músculos agonistas y sinergistas, pero, en contraparte necesita de la acción contraria del músculo antagonista. Los primeros responderán a un patrón de contracción muscular y los segundos a uno de tipo relajación con elongación. La actividad en común de ambos, con acciones diferentes garantizará el desempeño del patrón de movimiento en su amplitud.

**Sistema Nervioso:** Participa como controlador y regulador de la actividad voluntaria del movimiento, la fuerza, la velocidad y la coordinación para que se pueda producir con calidad toda la amplitud del movimiento de la cadena. Para la producción de una cadena entran en juego la participación de varios elementos neurales, tales como: la acción en conjunto de la corteza motora primaria, la premotora y la auxiliar, así como la integración de los núcleos del tálamo y el cerebelo. El producto final de este control funcional recae en la sincronización de la actividad de los músculos agonista apoyada por los sinergistas y la relajación por elongación de los músculos antagonistas.

Ejemplo: Cadena cinemática flexora del miembro superior: El hombro es la conexión articular proximal de tipo triaxial, donde se combina la flexión con la abducción, intervienen los músculos deltoides, supraespinoso, coracobraquial y bíceps braquial. Le continúa el codo formado por dos articulaciones uniaxiales que garantizan la flexión del antebrazo y la pronación, participando los músculos bíceps braquial, pronador redondo y cuadrado. Por último la muñeca y el dedo formado por un conjunto de articulaciones predominantemente uniaxiales que posibilitan la flexión de la mano y los dedos. Inervados en su gran mayoría por nervios procedentes de las raíces de C5- C7.

Como puedes apreciar el estudio o empleo de una cadena cinemática requiere de un amplio dominio de la neuroanatomía funcional y de fisiología de la actividad músculo-esquelética.

**Leyes o principios presentes en la actividad de una cadena cinemáticas.**

1. Ley de la aproximación y de la distorsión: su base fisiológica radica en que al contraerse un músculo tienden a aproximarse sus tendones, dando como resultado un acortamiento del vientre, al finalizar este proceso los tendones que partieron de planos diferentes deben de quedar en un mismo plano, dejando su fibras musculares en alineación con ellos, de esta forma se produce una contracción efectiva en la cadena. El producto final en una amplitud de las palancas integrantes cada una en su grado máximo de libertad.

2-Tipo de contracción: para que se produzca una cadena cinemática debe efectuarse una contracción de tipo isotónica, pues las isométricas no garantizan grado de libertad del movimiento.

3. Leyes de Sherrington: son las leyes que rigen la actividad mecánica durante la contracción muscular.

Primera Ley: Un músculo cuando recibe un estiramiento máximo, sufrirá como efecto reflejo una aproximación intensa de sus bordes, ocasionando una contracción máxima, lo que quiere decir que a un estiramiento extremo el músculo se contraiga como mayor potencia que en condiciones de trabajo normal.

Segunda ley: Cuando un músculo agonista de movimiento que se está ejecutando se contrae por inervación inversa y sucesiva el músculo antagonista se relajara al máximo. Pero quedara preparado este antagonista para efectuar una contracción más efectiva.

4. Principio de la Resistencia Máxima: se cataloga como la base de las técnicas de facilitación neuromuscular. Tiene como fundamento el principio de estimulación de los husos musculares y el incremento gradual de la tensión intramuscular, que provee al músculo de una gran energía para doblar su fuerza y a su vez en fuente de irradiación de esa energía a los músculos que comporten su mismo patrón de movimiento o a los antagonista de el. Por eso no podemos ver divorciada las técnicas de facilitación de los patrones de movimientos y las cadenas cinemáticas, puesto que los tres conceptos trabajan al unísono.

5.Patrones de Movimiento: existe grupos musculares que se encuentra inervado por un mismo nervio, lo que obliga a los mismo a trabajar en unidad, trabajando unos como agonista principales del movimiento y otras como auxiliares. De esta forma músculo de que participan en diferentes palancas trabajaran a la vez y con el mismo movimiento, garantizando el desplazamiento de un miembro en sus grados de libertad de movimiento.

Todos estos principio y leyes van dando la idea, de cuando trabajamos con un paciente con un fin (sea buscando fuerza, velocidad o resistencia) tenemos que tener en cuenta tanto aspecto para formular los objetivos y no producir daños al pacientes en otros segmentos distante del que trabajamos por el empleo de estos principios. Ejemplo: Cuando un paciente con espasticidad predominante de miembro inferior comienzo a trabajar la cadena cinemática del miembro superior por interacción de las cadenas, la facilitación neuromuscular y los patrones ocasionaré un incremento de esta espasticidad en los miembros inferiores que me impedirán después trabajar sobre ellos.

**Tipos de cadenas Cinemáticas:**

• Cadena Periférica - Periférica: Se basa en la interacción entre los miembros inferiores y superiores. A través de uno se potencializa el trabajo del otro.

• Cadena Periférica - Axial: Desde los miembros se produce la interacción de trabajo con el tronco y el cuello.

• Cadena Axial- Axial: se potencializa desde un segmento del tronco hacia otro o hacia el cuello y viceversa.

• Cadena Axioperiférica -Periférica: desde la combinación de movimientos en común de un miembro y parte del tronco se potencializa otro miembro.

Esta son las principales tipos de cadenas cinemáticas que se emplean en la biomecánica, como puedes apreciar su objetivo es potencializar otras regiones a partir de la ejercitación de otra. Pero también se emplea para ayudar al control postural y a la reeducación de la marcha en varias afecciones neurológicas. El dominio de las mismas te posibilitara realizar un tratamiento rehabilitador con la mayor calidad posible en beneficio de los pacientes. Ahora, un mal empleo puede ocasionar la aparición de sinergias del movimientos o patrones anormales del movimiento que pueden quedar grabado en la memoria motora del paciente y que son de difícil erradicación durante el tratamiento.

El patrón biomecánico y su función en la rehabilitación.

Patrón Biomecánico: es el diseño y funcionamiento normal del cuerpo. Es un modelo general de diseño óptimo que garantiza la realización económica del movimiento. Toda la terapia recuperativa debe apuntar hacia este modelo pero considerando los que siguen:

Historia Individual: Estudiamos el desarrollo ontogénico, con el perfeccionamiento individual que lo ha llevado a su homeostasis biomecánica, de acuerdo a su morfotipo y posibilidades. Ante cualquier consulta analizar según su ocupación diaria cómo llegó a nosotros.

Cada actividad es un hecho individual, y, para cumplirlo, cada individuo aprende determinado estereotipo. Hay personas que han aprendido a actuar de determinada manera y es muy difícil de cambiar. Por eso en rehabilitación, el exceso de indicaciones a veces confunde, porque al paciente se le mezclan los patrones de movimiento.

Analizar el sentido biomecánico de cada gesto (normal o patológico): Es la suma de los tres puntos anteriores. Cada individuo se desarrolla en una ecología específica, con una ocupación propia y una determinada forma de llevarla a cabo. Una alteración estructural a lo largo de la historia individual lleva a cambios en el patrón biomecánico, con modificaciones en el gasto de energía. El cuerpo es un sistema que obedece a la ley del menor esfuerzo, siempre tenderá a realizar las actividades con el menor gasto de energía posible. Las órdenes del kinesiólogo deben ser precisas pero no muy abundantes para ayudar a recuperar la eficiencia.

Una vez analizado el sistema como una globalidad, lo dividimos en componentes mecánicamente analizables:

•Cadenas cinemáticas y Unidades biomecánicas

•Fuerzas: evaluación muscular (magnitud)

•Evaluación articular (dirección y sentido)

Evaluación

Analizar con los datos obtenidos la magnitud de la disfunción, las posibilidades y objetivos terapéuticos, la capacidad de prevenir una nueva falla.

Conclusiones

Se indican ejercicios terapéuticos o de entrenamiento. Se realizan las correcciones mecánicas consideradas durante la evaluación para el mejor funcionamiento del sistema.

Prevención: educar para la salud, con posturas ergonómicas (Ver Anexo IV) para la vida diaria.

Como la posición de los segmentos está sujeta a condiciones antropométricas para un mejor análisis debemos considerar:

1. Las condiciones antropométricas generales e individuales: La antropometría se basa en la anatomía normal y estudia las medidas de los eslabones y la relación de éstas entre sí y establece una medida promedio para cada raza y biotipo.

2. La construcción anatómica real del sistema: Consiste en analizar la anatomía que le es propia a la persona que estoy estudiando, aquello que se aleja de la norma: persona a la que se le ha colocado una ortesis o una prótesis, o con un miembro más corto o amputado, o con un implante cardíaco, etc.

3. Cálculo de los momentos articulares en cada par cinemático: nos da noción de equilibrio muscular en cada unidad biomecánica, pudiendo determinar a través del cálculo, el músculo principal para cada movimiento y sus accesorios.

4. Valorar analíticamente la importancia de cada grado de libertad de la Cadena Cinemática en cuestión: Es muy importante considerar los grados de movilidad en las distintas articulaciones vecinas. Los movimientos que, por diversas causas, se pierden en una articulación, en un plano, se compensan con movimientos en otra articulación, en la misma cadena y en el mismo plano.

Distinguimos dos tipos de Cadenas Biocinemáticas (CC) durante el análisis:

•Abiertas

•Cerradas

¿De qué forma podríamos colaborar con los pacientes después de analizar sus cadenas funcionales? Si su dificultad consiste en despegar los pies del piso sería razonable agregar un apoyo externo (que formaría parte de la cadena cinemática), para mejorar su equilibrio y poder abrir sus cadenas. El abrir y cerrar las cadenas correctamente mejora el movimiento y ahorra energía.

Una cadena biocinemática la podemos estudiar a través de la observación de cualquier gesto motor: la marcha, un gesto deportivo, un gesto laboral, una Actividad de la Vida Diaria, etc. Cuando el paciente entre al consultorio y lo observo, estoy observando el comportamiento de sus cadenas. En realidad esta es nuestra tarea principal en biomecánica: observar el movimiento, si es coordinado o no, buscar la alteración y actuar en consecuencia.

Si tenemos todo el sistema indemne tendríamos que introducirnos en el mismo y empezar a informar al Sistema Nervioso Central acerca de la situación periférica a través de la estimulación de estos receptores, basada fundamentalmente en una correcta alineación articular.

Una buena postura surge de una correcta alineación articular de cada una de las cadenas cinemáticas que componen el sistema, con mínimo gasto de energía. Se debe destacar también que la fluidez y el ahorro de los movimientos sólo son posibles durante la utilización racional de las fuerzas pasivas que participan en el movimiento.

**Concepto y clasificación de las cadenas cinéticas. Circuitos de acción muscular.**

**Concepto**

Cada movimiento se realiza a expensas del engranaje perfecto entre articulaciones sucesivas. Conjunto de articulaciones y músculos que realizan una acción. La gran riqueza de movimientos se debe a la suma de los grados cinéticos de cada una de las articulaciones que conforman dicha cadena cinética. Permite una mayor calidad de movimiento en cuanto a coordinación, destreza, correlación y captación.

Tipos:

- Cerradas: no se observa movimiento (ejemplo: mantener una postura).

- Abiertas: aquellas que generan movimiento como resultado de la acción de la cadena cinética. Se compone de 2 subtipos dependiendo de los objetivos:

Cadena cinética secuencial: se busca proyectar un objeto o segmento más distal a gran velocidad en el espacio. Para ello se produce un estiramiento previo a la actividad concéntrica de los grupos musculares. Se precisa un perfecto control del estiramiento de los músculos agonistas previo a la contracción concéntrica, manteniendo un tiempo mínimo de acoplamiento entre estiramiento y acortamiento. Los músculos agonistas tienen acción excéntrica en retroceso y concéntrica en aceleración. Los músculos antagonistas tienen actividad excéntrica para disminuir la velocidad angular, una vez que se ha conseguido la máxima aceleración. Esto facilita la transferencia de momentos al segmento contiguo.

Cadena cinética de empuje: se busca proyectar un objeto o segmento distal con gran precisión o contra menos resistencia. Todos los segmentos de la cadena se desplazan simultáneamente y l extremo proximal es estabilizador. El estrés que se genera es menor que en cadena secuencial. El exceso de cargas durante el entrenamiento y su función fijadora conducen al cansancio localizado que puede suponer igual riesgo que la secuencial.

Otros tipos según su acción motora y sus características:

Sin resistencia externa: aumenta la aceleración y velocidad angular de proximal a distal.

Sin resistencia externa pero con precisión (cadena cinética de empuje): disminuye la aceleración en articulaciones distales.

Con resistencia externa vencible (ejemplo: golpeo de balón): disminuye la aceleración según la masa a mover o la carga a vencer. También disminuye la velocidad del movimiento.

Con resistencia externa insalvable pero con movimiento en sentido opuesto al esquema motor inicial (cadena abierta invertida: salto o carrera)

Características iguales al tipo 3.

Con resistencia externa insalvable y sin movimiento observable (cadena cinética cerrada): energía consumida por la contracción isométrica. Se puede producir fatiga por isquemia.

Circuitos musculares: algunas de las cadenas cinéticas están constituidas por musculatura biarticular. Existe un efecto rotatorio de las fibras musculares y se imparte por igual a sus dos extremos de inserción a pesar de la deferencia de masas. Dado que los movimientos articulares son movimientos angulares para el estudio puede tenerse en cuenta la aceleración rotatoria (aceleración producida por la parte de la fuerza derivada de la contracción muscular capaz de traducirse en movimiento y no sólo en estabilización).

Movimiento rotatorio: R; aceleración rotatoria: a(r); momento de inercia: I. [R = a(r)xI].

Tipos:

- Circuito muscular en paralelo: la acción de los componentes musculares siguen siempre la misma dirección. No existe movimiento. No son contracciones isométricas, son secuenciales (primero a nivel proximal y luego en la parte distal). Así se evita fatiga al mantener una postura. Es el ejemplo del recto femoral e isquiotibiales producirían extensión de rodilla y cadera.

- Circuito muscular de contracorriente: los extremos del músculo (origen e inserción) se contraen a la vez. Producen movimiento por contracciones isotónicas. En el ejemplo anterior habría flexión de rodilla y extensión de cadera.

**Generalidades de las Cadena cinemática**

Si queremos definir qué es una cadena cinemática (CC), o mejor llamada cadena biocinemática, podemos decir que es la unidad dinámica funcional del sistema. Está compuesta por sucesivas cadenas óseas y las correspondientes Unidades Biomecánicas (UBM), cuyo objetivo fundamental es la traslación de ese segmento motor en el espacio. En una cadena biocinemática encontramos cadenas óseas unidas por pares cinemáticos (unión móvil de dos eslabones en contacto). Se pueden conocer con el nombre de cadenas biocinemáticas o gestomotoras

Ahora, ¿para qué nos sirve saber qué es una cadena biocinemática?

- Para poder analizar correctamente los movimientos humanos con visión global e integradora.

- Para saber hasta qué punto una alteración en un elemento de una cadena biocinemática produce modificaciones a lo largo de esa cadena o en el sistema. Una vez que encuentro la falla ¿Es exclusiva de ese sector del cuerpo o se debe a una falla en otro lugar? Lo puedo descubrir siguiendo la cadena de movimiento correspondiente.

**Orientación de la cadena biocinemática**

La posición de la cadena biocinemática en el espacio se determina a través de la referencia de los elementos de orientación que son externos e internos y nos permite orientar la Cadena Cinemática en forma objetiva para proceder a su análisis. Para eso nos basamos en los elementos de orientación.

Elementos de orientación de una cadena funcional.

Elementos externos de orientación: son las coordenadas de los puntos fijos de su primer miembro, en un sistema inercial de coordenadas. El hombro es el primero para el miembro superior y la pelvis lo es tanto para el miembro inferior como para el tronco. Cuando determinamos la orientación de los segmentos en el espacio determinamos la musculatura involucrada en el gesto. A este análisis debo agregarle el tiempo que se debe mantener a ese miembro en determinada posición o la cantidad de veces que se repite el gesto en el tiempo durante el día, para considerar la magnitud del esfuerzo.

Elementos internos de orientación: se consideran los ángulos entre cualquier par de segmentos limítrofes. Algunos gestos implican micromovimientos que a veces exceden la amplitud normal de cada articulación, o, por el contrario, cuya movilidad es insuficiente con relación a las posibilidades de movimiento de cada una.

Los movimientos humanos se producen gracias al desplazamiento de las cadenas cinemáticas en el espacio a través de la intervención de fuerzas que actúan sobre ellas.

\* Fuerzas internas: son aquellas que ponen en movimiento las cadenas óseas o eslabones que constituyen la CC. Son ejemplos las fuerzas de contracción muscular.

\* Fuerzas externas: se caracterizan por la interacción entre la CC analizada y el medio circundante. Ejemplo: aceleración de la gravedad, resistencia externa (como puede ser la aplicación de diferentes cargas, reacción del piso), etc.

Los movimientos de los segmentos de las cadenas biocinemáticas se realizan debido a que sobre ellos se aplican ciertos momentos de pares de fuerzas alrededor de un eje que pasa por el centro articular. En biomecánica a esos pares de fuerzas se los denomina momentos articulares.

Los grados de movilidad son como un tesoro que el sujeto guarda y aprovecha en función del movimiento a realizar, sin emplear todas sus posibilidades al tope. Esto significa que es más importante controlar, en cualquier actividad, los grados de libertad de movimientos que me sobran en cada UBM de la cadena que los grados de libertad de movimientos que utilizo. Este es el denominado principio de las reservas. Este exceso de grados de libertad de movimiento me brinda la posibilidad de compensar ciertos grados de libertad ausentes, como en caso de patologías.

Los movimientos ejecutados por las cadenas cinemáticas resultan de combinaciones a nivel de las distintas unidades básicas motoras que las componen. Estos movimientos son:

1- Movimientos de rotación o angulares: Pueden ser continuos o alternados con distintos resultados a nivel de la cadena. El movimiento angular continuo es decir, del mismo sentido origina un movimiento al nivel de una articulación aislada que aumenta progresivamente de amplitud por adición de las angulaciones sucesivas.

Si estudiamos una cadena completa en la que cada una de sus partes experimente un movimiento angular continuo, observamos que en la flexión se producirá un agrupamiento progresivo de los segmentos y en la extensión el fenómeno inverso. El movimiento angular ejercido alternativamente en ambos sentidos tendrá como efecto engendrar un movimiento pendular o alternado, cuya segunda fase será un retorno a la posición de partida. Efectivamente, el segmento movilizado describirá primero un ángulo positivo y después un ángulo negativo del mismo valor. Por consiguiente, tendremos al nivel de cada centro articular una suma de movimientos angulares igual a cero, lo que indica un retorno a la posición de partida de la cadena en conjunto.

2- Movimientos de traslación: Por el contrario, cuando las angulaciones son recorridas en sentido contrario por articulaciones contiguas, el resultado es una traslación como la que caracteriza a la marcha.

La aplicación de estos conceptos explica la transformación de los movimientos segmentarios de rotación en un movimiento resultante de traslación de todo el cuerpo o de una CC.

Otra forma simplificada de estudiar una cadena biocinemática es a través de la modelación de los sistemas complejos, es decir hacer un modelo del sistema que queremos analizar. Ahora, debemos tener en cuenta que tales modelos (hechos con diferentes elementos) tienen naturaleza mecánica, son evaluables a través del análisis matemático.

- Para conocer dónde toma punto fijo la acción muscular, para poder trabajar mejor en la reeducación de cada grupo muscular.

Según Steindler, las abiertas son aquellas formadas por una serie de articulaciones sucesivas entre cadenas óseas cuyo último elemento es libre.

Las cerradas: son una combinación análoga a la anterior pero cuyo último elemento es fijo o tiene que vencer una resistencia que restringe o impide la libertad de movimiento en distintos grados. De acuerdo a la resistencia a vencer tenemos:

1. Débilmente frenada: muy próxima a la cadena abierta; en este caso la resistencia a vencer es pequeña.

2. Fuertemente frenada: es aquella en la cual la resistencia es vencida con dificultad. Como la resistencia es vencida también se la considera abierta para su análisis.

3. Estrictamente cerrada: es aquella en la cual la resistencia externa es absoluta o dominante.

La interpretación correcta desde la mecánica y la Evaluación funcional indica que debemos analizar a todas las cadenas combinándolas entre sí como una gran cadena de movimiento cuyo extremo será móvil (cadenas abiertas y cerradas fuertes y débiles) o cuyo extremo será inmóvil o fijo (cadena estrictamente cerrada).

**Nociones elementales de las conexiones cinemáticas articulares**

La biomecánica parte de su concepto elemental de la ciencia de la mecánica de los sistemas vivos. Las partes motrices implicadas en los mecanismos del movimiento humano tienen su unidad básica centrada en las articulaciones, ésta a su vez constituyen el punto de partida de una palanca.

Las palancas es el símbolo internacional para poder mover algún objeto, partiendo de esta primicia vamos a reconocer la importancia de este complejo para garantizar que el hombre se traslade y realice las actividades de la vida diaria. Las Palancas están conformadas por 5 elementos básicos, donde cada uno tiene una función particular.

Elementos constituyentes primarios:

• Articulación pivote o fulcro: Es el eje a través del cual se produce el movimiento en un plano determinado.

• Brazo fijo: Corresponde al segmento que se no desplaza pero que sufre una carga de tensión y resiste las solicitaciones mecánicas. Vamos a encontrar en uno de sus segmentos la unión al tendón de origen del músculo que ejecuta el movimiento.

• Brazo Móvil: Representa el segmento que es desplazado dentro de la articulación. Presenta un punto de tensión donde se inserta el tendón de inserción de musculo agonista del movimiento. Este brazo dispone de una alta resistencia elástica del material para permitir la carga si sufrir ruptura.

Los siguiente elementos la permite a la palanca clasificarse en tres forma de acuerdo a la función articular. Estos elementos definitorios son:

• Potencia o fuerza: corresponde al punto donde se sufre la atracción ejercida por el músculo agonista ejecutor del movimiento (zona del tendón de inserción). En los momentos iniciales de la contracción del músculo es cuando mayor tensión mecánica se sufre en el punto de potencia.

• Resistencia: Representa la zona o región que debe ser desplazada o movida, físicamente representa el peso o masa que debe ser movida y que por si constituye un antagonismo a la potencia.

La ubicación de estos puntos en los brazos de la articulación da los elementos necesarios para poder clasificar a la articulación, dando como resultados los siguientes tipos de palancas.

**Palanca de 1er género:** Su característica radica en la ubicación de los puntos potencia y resistencia, localizando a cada uno en un brazo. Ésta característica la permite a este tipo de palanca no presentar un brazo fijo, pues ambos se mueven en el plano, y el músculo agonista del movimiento solo se inserta en el punto de la fuerza en uno de los brazos. El segundo brazo se desplaza en sentido contrario pero en el mismo plano.

Las características descritas nos permiten determinar que existen entonces un brazo de potencia, aquel donde se encuentra la potencia y brazo de resistencia aquel donde se ubica la resistencia.

Si analizas el diagrama de mecánica física, encontraras que la proporción y antagonismo simula a un cachumbambé, que es la digna representación de un elemento de equilibrio. Los elementos fuerza y resistencia constituyen elementos contrarios pero complementarios, por lo que obliga a la articulaciones denominarse palanca de equilibrio.

Ejemplos: El movimiento de elevación del mentón durante extensión del cuello. La extensión del codo y la flexión plantar cuando apretamos el acelerador.

**Palanca de 2do género o interresistente:** Conocida además como palanca de fuerza-resistencia. Su definición está dada por la disposición de encontrar ubicados los puntos de resistencia y potencia en el brazo móvil. La ubicación de los puntos define que la resistencia se encuentra entre el fulcro y la potencia. Si analizas su componente mecánico físico encontraras la similitud a cascador de nuez o un exprimidor de limón.

Mecánicamente esta palanca se localiza en sitios donde las condicionantes anatómicas favorecen que en el punto de resistencia recaiga un alto peso o amplia masa de organismo, cuya fuerza para desplazarla tiene que ser mayor que la resistencia con un valor 2 a 3 veces por encima.

Éste tipo de palanca demanda gran energía para ejecutar el movimiento, por lo que los músculo que participan en la misma presenta un gran número de unidades motora, siendo por lo general músculo de gran volumen y ricos en fibras blancas.

Ejemplo: Cuando una bailarina tiene que ponerse de pie sobre la punta de los dedos. Cuando hacemos la dorsiflexión para caminar en los talones.

**Palanca de 3er género o interpotente:** Es la palanca más empleada por el cuerpo humana encontrándose ampliamente distribuida. En sus características mecánica presenta una distribución donde los puntos resistencia y potencia se ubican de igual forma en el brazo móvil, como elemento diferenciador la fuerza se colocará entre el fulcro y la resistencia, dando como resultado que el movimiento que se produce sea de una amplitud grande con respecto a los dos ejemplos anteriores de palanca. Al analizar la dinámica de movimiento te percataras que la misma la demanda de la fuerza no es tan alta, pues un grado implica un ángulo de desplazamiento grande. Por regla general lo forman músculo largos y de respuesta rápida con gran inervación y predominantemente ricos en fibras blancas.

Las anteriores características la definen como una palanca de velocidad, por lo que puede ejecutar movimiento con gran rapidez en dependencia de la masa de resistencia. Al realizar las A.V.D estas son os tipos de palancas que se emplean.

Ejemplo: La flexión del codo, muñeca y hombro.

Una vez conocida las característica biomecánica de los tres tipo de palancas, a vamos a adentrarnos los movimientos reales de cada articulación de acuerdo a la cantidad de eslabones que intervienen en un movimiento. Por regla general muy pocas veces tenemos una visión grafica global de los movimientos en masa o combinados que se ejecutan para realizar una actividad, vemos cada movimiento como un elemento único de una articulación. A esta conceptualización de la unión de todas las partes motrices implicada en la realización de movimientos simultáneos para dar por respuesta final una actividad lo definimos como conexión cinemáticas.

Tipos de conexiones cinemáticas:

Conexiones uniaxiales.

Conexiones biaxiales.

Conexiones triaxiales.

Conexión uniaxiales. Para entenderle vamos a tomar y desglosar una articulación y vamos a marcar los brazos con el nombre de eslabones. Dando como resultado que cada articulación tiene 2 eslabones. De ellos uno es el móvil, y su movimiento lo realiza en un solo plano alrededor de un eje o fulcro, este movimiento que realiza se le denomina un grado de libertad, ejemplo: La flexión del codo es de 145º a esto se le denomina un grado de libertad de movimiento para esta articulación en este plano, o sea la amplitud total de movimiento que puede ejecutar que es limitada, no le permite al codo en la posición que este ir más allá de su 145º.

Ahora, imagínate cuando se produce un movimiento del miembro superior en masa ejecutando un patrón flexor de movimiento, la orientación espacial de codo le permite ejecutar una amplitud mayor de movimiento que cuando se movió solo, ¿Por qué sucede esto? La respuesta está en un movimiento visto desde la óptica de una conexión cinemática axial.

Cuando varias articulaciones uniaxiales se unen para ejecutar un movimiento se denominan conexiones cinemáticas. Para que se de esta condición tiene que cumplirse la regla de al menos formase por 3 eslabones. Veremos a continuación la condición mecánica para que esto suceda. El primer eslabón debe cumplir con la condición de ser un brazo fijo. El segundo eslabón será el primer brazo móvil, unido al brazo fijo por el fulcro, esto le permitirá realizar un movimiento de rotación sobre su eje en un plano perpendicular con la cantidad de grado que admite ese movimiento. A esto se le definirá como un grado de movimiento. Ahora existe un 3er eslabón que está conectado al eslabón 2 por un eje o fulcro. Éste eslabón 3 se moverá en un plano perpendicular al fulcro 2 con una cantidad de grado determinada por la amplitud articular, y a el movimiento se le enmarcara como un grado de libertad. Pero si tienes visión de conjunto, veras que este eslabón 3 con respecto al eslabón 1 se moverá con 2 grados de libertad, teniendo espacialmente la suma de la amplitud de movimiento del eslabón 2 y 3.

Ejemplo: El movimiento de un dedo, formado por sus 3 falanges, donde la falange proximal se convierte en el eslabón 1 o fijo, la falange media en el eslabón 2 de un grado de libertada de movimiento, y le eslabón 3 que es la falange distal posee 2 grados de libertad. El razonamiento está en que si solo movieses la falange distal el movimiento será reducido a una amplitud de 15º, pero cuando esta se mueve con respecto a la falange media que tiene una amplitud de 95º, el resultado final del movimiento para la falange distal es la sumatoria de ambas, que llega hasta 110º. Gracias a estas conexiones es que la amplitud de los movimientos humanos garantiza un adecuado proceso de concatenación generando la capacidad de poder realizar las actividades comunes que desempeñamos diariamente. Otro ejemplo clásico donde se observa la producción de conexiones cinemática uniaxiales es cuando un pícher realiza el lanzamiento de la pelota, las 5 articulaciones del miembro superior desempeña esta conexión, partiendo del brazo fijo que es la cintura escapular.

Conocido estos elementos cinemáticos uniaxiales, procederemos a conocer otros mecanismo de conexiones cinemáticas.

**La unión biaxial**: Este concepto admite la presencia de una articulación que realiza un movimiento en dos ejes ubicado en el espacio, de forma que uno con respecto al otro toman una orientación perpendicular. Cada uno de estos movimientos por separado tiene lo que se denomina un grado de libertad, cuando el movimiento es combinado produciéndose en los dos ejes a la vez, el producto final será un movimiento con 2 grados de libertad.

Ejemplo: La articulación atloido-axial-occipital. El primer componente de la articulación tiene su eje de forma horizontal, permitiendo el movimiento de flexo extensión de la cabeza. El segundo elemento articular permite el movimiento de rotación lateral de la cabeza. El resultado del movimiento un amplitud que permite una rotación más amplia de la cabeza.

**La unión triaxial:** En este tipo de articulación los elementos están orientados de manera que e intervienen tres ejes de movimientos. Para que esto suceda es primordial que la articulación que la realice tenga las superficies articulares de forma esférica, garantizando una amplitud de movimiento en dependencia de la combinación de más de 3 grados de libertad articular.

Ejemplo: La articulación de hombro, con sus movimientos básicos de flexo extensión en el eje horizontal, abducción-aducción con un eje sagital. Y la rotación interna y externa, que el resultado final de la combinación de los tres movimientos es la rotación del hombro.

En el organismo veremos muchos movimientos que son el resultado de la combinación de conexiones cinemáticas donde intervienen uniones de diferentes tipos, como sucede en el miembro superior. La unión de cada una de estas conexiones irá sumando eslabones a la cadena que al analizarlo físicamente el resultado final será más amplitud de movimiento y más grado de libertad. Ejemplo: cuando agarramos un objeto sobre la mesa, intervienen los siguientes eslabones y conexiones, el hombro con un movimiento de tres ejes (conexión triaxial), la articulación húmero- cubital (unión uniaxial) en el movimiento de extensión, la radio-cubital (unión uniaxial) en la pronación, la articulación de la muñeca donde se combinan 5 tipos de articulaciones uniaxiales y una biaxial, la metacarpo falángicas (biaxiales) y la falanges (uniaxiales). Resumiendo participan en el movimiento un promedio de 15 eslabones o más, dando la perfección de la combinación del agarre de un objeto en una mesa. Como esto se producen diariamente ejemplo de empleos de conexiones cinemáticas.

En la fisioterapia cuando un paciente presenta problemas en el desempeño de estos movimientos; el primer paso es identificar en la cadena cinemática cuales son los eslabones que perdieron el grado de libertad, segundo identificar que otros eslabones pueden actuar como suplente de la amplitud articular o por lo contrario puede intervenir en incrementar los grados de libertad. El producto final será revertido en proceso de reeducación del movimiento o creación de suplencia.

Todo este proceso nos da la visión de ver en el hombre un sistema locomotor, que consta de un perfecto engranaje entre huesos y músculos, que forman articulaciones entre sí, que desde el punto de vista de la física representan un conjunto de palancas que mantienen al hombre en un perfecto equilibrio.

Para que comprendas este fenómeno del equilibrio, debes mirar que el esqueleto es la unión de varios eslabones que actúan independientemente pero con perfecta conexión. El equilibrio del cuerpo es la expresión máxima de una organización donde interviene un control riguroso del mismo, pues la presencia de las articulaciones con sus respectivos grados de libertad hacen que físicamente sea un equilibrio inestable. Si analizas el equilibrio del tronco, que mayor inestabilidad de este que su punto de equilibrio, está sujeto a una articulación triaxial de tipo esférica, que es la articulación coxofemoral. En este ejemplo el centro de masa está por encima del eje articular, al analizarlo bajo las leyes físicas, cualquier elemento que posea su centro de masa y de gravedad por encima del eje articular de un engranaje esférico engendra una estabilidad condicionada a una inestabilidad constante, así lo vemos en la rodilla y en el tobillo que son ejemplos dignos de este mecanismo. La existencia de un sistema muscular y nervioso de control posibilita que este equilibrio se mantenga y no se pierda.

Por último resumiremos que estás articulaciones son clasificadas de acuerdo al tipo de conexión cinemática está sujeta a la clasificación de la palanca. El tipo de palanca puede modificar las características de una conexión cinemática, disminuyendo o aumentando la amplitud de movimiento dentro del grado de libertad. Las palancas de fuerzas, en las cuales la ganancia de su empleo va en el desarrollo de la fuerza para mover a uno o varios eslabones en conexión, tiene mayores limitaciones de movimientos, reduciendo la orientación espacial del producto final del movimiento. En cambio, las palancas de velocidad, en la cuales se pierde en fuerza, pero se gana el la rapidez del movimiento facilitan más la amplitud a favor de la ganancia en grados de libertad.

Este último análisis te permitirá en la kinesiología el empleo correcto de las palancas y la reeducación de un movimiento alterado, con el fin de producir beneficios en la biomecánica del movimiento del paciente.