



11222  
2ej

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

SECRETARIA DE SALUD  
INSTITUTO NACIONAL DE MEDICINA DE REHABILITACION

ANALISIS DE MARCHA, PRUEBAS ISOCINETICAS Y  
PLANTOGRAFIA COMPUTARIZADA COMO VALORACIONES  
OBJETIVAS DE LOS RESULTADOS DE CIRUGIA DE  
REEMPLAZO ARTICULAR DE LA RODILLA CON Y SIN  
ESTABILIZADOR POSTERIOR

## TESIS DE POSTGRADO

PARA OBTENER EL TITULO DE ESPECIALISTA EN:  
MEDICINA DE REHABILITACION

P R E S E N T A:  
DRA. MONICA MEJIA PULIDO



*Luis Barra*  
PROFESOR TITULAR

DR. LUIS GUILLERMO BARRA

INSTITUTO NACIONAL DE  
MEDICINA DE REHABILITACION  
DEPTO. ENSEÑANZA



MEXICO, D.F.

FEBRERO 1998

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

261668



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**SECRETARIA DE SALUD**

**INSTITUTO NACIONAL DE MEDICINA DE REHABILITACION**

*Análisis de marcha, pruebas isocinéticas y plantografía computarizada  
como valoraciones objetivas de los resultados de cirugía de reemplazo  
articular de la rodilla con y sin estabilizador posterior*

**TESIS DE POSTGRADO**

**Para obtener el título de especialista en Medicina de Rehabilitación**

**Presenta**

**Dra. Mónica Mejía Pulido**



**PROFESOR TITULAR  
Dr. Luis Guillermo Ibarra**

**México D.F.**

**Febrero 1998**

*“A los fundadores de la especialidad por su  
visión, dedicación, y concomitante ímpetu en  
la mejoría de la calidad de la vida humana”*

## CONTENIDO

Introducción.....	3
Antecedentes.....	5
Justificación.....	7
Hipótesis.....	8
Objetivos.....	9
Material y métodos.....	10
Resultados.....	12
Discusión.....	15
Conclusiones.....	17
Anexos.....	18
Referencias.....	25

## INTRODUCCION

La osteoartritis de la rodilla es responsable de dolor y discapacidad de millones de adultos de edad avanzada. Mientras existe un gran número de opciones terapéuticas para pacientes con osteoartritis severa de la rodilla, el sentimiento prevalente de los reportes publicados es el reemplazo de la rodilla con la posibilidad de una prótesis articular, en casos de degeneración total de la articulación siendo un medio eficaz y de costo efectivo, debido a eliminación del dolor y a la corrección de la deformidad, acompañada de recuperación de la movilidad articular con mejoría en la capacidad para la marcha requerimientos fundamentales para realizar las actividades de la vida diaria humana. Con el descubrimiento de nuevos materiales y el incremento del conocimiento acerca de los mecanismos articulares, la prótesis de rodilla aunque más reciente que la de cadera, ha sido mas diseminada, hasta el punto de que ahora representa una irremplazable ayuda en el tratamiento de esta enfermedad. (3,5,15,16)

A pesar de que los resultados obtenidos son ya estables y el diseño de las prótesis es sofisticado y exacto, existe aun la sospecha de que las prótesis actuales pueden ser consideradas "rudimentarias" en comparación con la conducta fisiológica y biomecánica de la articulación de la rodilla humana. Sin embargo la pregunta de cómo se integra la nueva articulación al mecanismo de cadenas cinemáticas de la extremidad inferior es hasta actualmente desconocido. (5,13)

La artroplastia total de rodilla durante los años ha involucrado diseños de superficie de reemplazo pobre hasta diseños mecánicamente similares a los diseños anatómicos. En nuestros días existen una multitud de implantes, en la mayoría de ellos son una modificación de la prótesis condílea total.

Aún existen controversias considerables en cuanto a que tipo de prótesis proporciona mejores resultados funcionales en base a prótesis colocada con retención o sacrificio del ligamento cruzado posterior, y si se sacrifica si se coloca con estabilizador posterior o sin él. Los diseños implantados de retención del ligamento cruzado posterior han demostrado excelentes resultados en estudios a largo plazo, mientras que las prótesis con sacrificio y sustitución del ligamento cruzado posterior, también han reflejado resultados equiparables; siendo difícil comparar los resultados de retención o excisión del ligamento cruzado posterior con colocación de estabilizador posterior en los reportes de literatura. (2,3,7,10,12,13,14)

Definiciones variables de los resultados han sido utilizadas en el pasado para probar los resultados después de la cirugía de reemplazo articular d rodilla, con diferencias en el diseño de medición. El énfasis ha sido tradicionalmente colocado sobre las mediciones clínicas definidas mas que sobre el efecto que el procedimiento puede tener sobre la calidad de vida; este imbalance ha sido direccionado recientemente con el reporte de un gran numero de escalas de evaluación de los resultados para la distinción clara de quienes realmente se benefician con este procedimiento quirúrgico y quienes no. Lo que indica la necesidad de un método más objetivo para la evaluación de estos resultados como seria el análisis de marcha, análisis de distribución de la presión del apoyo plantar y análisis de

fuerza muscular por pruebas isocinéticas de los músculos que intervienen durante la marcha. (9,14,17)

Investigaciones clínicas y biomecánicas están sin embargo enfocadas sobre un estudio de los factores temporo-distancia de la marcha, cinemática, reacciones de presión y momento articular de la extremidad inferior compleja durante la marcha o las actividades comunes de la vida diaria. La cinemática ilustra el desplazamiento en el espacio del segmento de la extremidad bajo examinación sin tomar en cuenta las causas, sin embargo los parámetros calculados son el desplazamiento, velocidad lineal y angular, aceleración y excursión angular. La cinética de otra manera demuestra las fuerzas durante el movimiento y precisamente cuando el pie esta en contacto sobre lo plano. Los eventos que causan esto son debidos a las fuerzas debidas a la inercia, hacia los músculos y hacia la gravedad. La fuerza resultante cuando el pie esta en contacto con lo plano es dividido en tres componentes vertical, longitudinal y mediolateral. Por medio de la integración de cinemática y la cinética los datos del paciente cuando estan combinados pueden ser calculados el momento de la articulación el cual expresa la fuerza de la articulación. (5)

El análisis de marcha mide varios aspectos tales como la longitud del paso, cadencia, velocidad, movilidad articular (cinemática) y fuerza y momentos articulares (cinética). Los análisis de marcha más compresivos incluyen los parámetros arriba mencionados así como también un monitoreo electromiográfico simultaneo de los músculos participantes durante el ciclo de la marcha. De igual forma las pruebas isocinéticas pueden realmente probar estos parámetros, tales como torque y trabajo, que pueden ser evaluados durante el examen clínico muscular; consecuentemente los análisis de marcha y las pruebas musculares isocinéticas proporcionan mas detalles y pruebas clínicas de resultados de artroplastia total de rodilla. (1,3,4,5,16)

Otras alteraciones encontradas durante las evaluaciones objetivas, con pruebas isocinéticas han sido las alteraciones del mecanismo extensor de la rodilla encontrando reducción en la fuerza máxima del cuadriceps, cambio en el ángulo de flexión de la rodilla correspondiente a la fuerza máxima desarrollada en contracción isocinética concéntrica del cuadriceps y los isquiotibiales. Todas las prótesis reducen el control neuromuscular debido a aferenciación de la propiocepción articular. (5)

## ANTECEDENTES

El incremento en tratamiento con cirugía de reemplazo de rodilla en las últimas dos décadas ha sido imponente, existiendo un acuerdo general que la cirugía de reemplazo articular de la rodilla resulta en una significativa estimación de resultados positivos y muy pocas estimaciones de complicaciones y tasas de falla de las prótesis. (16)

La prótesis estabilizada posterior de rodilla fue introducida en 1978 como una modificación de la ya existente prótesis condílea total. En 1980 el implante tibial que originalmente fue de polietileno se modificó a metal. En 1987 se introduce la prótesis modular Insall Burstein estabilizada posterior II, con un sistema completamente modular con la factibilidad de modificar la prótesis en el momento de la cirugía de acuerdo a las necesidades individuales, posterior a esta se ha seguido realizando modificaciones pero todas siguen conservando las bases de la prótesis condílea total original. (13)

Varios autores han realizado valoraciones de los resultados funcionales a largo plazo de los resultados de cirugía de reemplazo articular de la rodilla, desde valoraciones subjetivas, clínicas como lo es la escala de evaluación para la Rodilla del Hospital para Cirugía Especial, o la evaluación de la Sociedad Americana de la Rodilla hasta valoraciones objetivas con análisis sofisticados de marcha con electromiografía dinámica, pruebas isocinéticas y análisis del apoyo plantar con plantografía computarizada, entre otras. Sweeney y Horwood realizaron análisis de marcha de prótesis con sacrificio del ligamento cruzado posterior (LCP) comparando los resultados con la rodilla contralateral, encontrando un amplio nivel de simetría implicando una elevada calidad de funcionalidad. Andriacchi realizó análisis de marcha a pacientes con diferentes tipos de prótesis encontrando que la prótesis Cloutier, en la cuál existe preservación del ligamento cruzado posterior, presentó el mejor rango de movimiento en el momento de subir y bajar escaleras; el menor rango de movimiento estuvo presente en la prótesis Condílea total y en la Geomedics, con menor grado de flexión al bajar escaleras. La prótesis de Gunston reveló un rango normal de movimiento de flexión al subir escaleras. Shoji realizó un estudio comparativo entre los resultados de artroplastía total de rodilla con y sin estabilizador posterior, pero solo de forma subjetiva utilizando la escala de evaluación de Rodilla del Hospital para Cirugía Especial, no encontrando diferencias significativas. (1,8,14)

Otros autores han realizado valoraciones objetivas como Berman y colaboradores, quienes han documentado déficit persistente de la potencia muscular del cuádriceps encontrando anomalías constantes en los parámetros de análisis de marcha y la actividad electromiográfica. Giannini realizó análisis de marcha en pacientes con artroplastía total de rodilla encontrando disminución de la velocidad de la marcha, reducción en la longitud de paso, y arritmia caracterizada por cambios en la relación entre las fases de apoyo y balanceo, con incremento durante la fase de apoyo; demostró flexión anormal durante la fase de apoyo medio, con un incremento compensatorio en la extensión de cadera y reducida flexión plantar del tobillo. También evaluó la eficiencia del mecanismo extensor de la rodilla observando reducción en la fuerza máxima del cuádriceps, con cambios en el ángulo de flexión de la rodilla correspondiente a la fuerza máxima desarrollada en contracción isocinética concéntrica del cuádriceps. (2,5)

Varios estudios de análisis de marcha sugieren que la preservación del ligamento cruzado posterior se asimila más a la rodilla normal, pero estos autores solo incluyen resultados clínicos excelentes, y no han realizado estudios comparativos entre prótesis con y sin estabilizador posterior. (1.8)

La sustitución del ligamento cruzado posterior con estabilizador posterior históricamente ha demostrado excelente supervivencia y parece ofrecer mayor arco de movimiento. Hirsh (1994) realizó un estudio comparativo incluyendo tres grupos de pacientes, el primer grupo con liberación completa del ligamento cruzado posterior en su inserción tibial el segundo grupo incluyendo pacientes con retención del ligamento cruzado posterior y el tercer grupo con sacrificio del ligamento cruzado posterior con colocación de estabilizador posterior, observando que la movilidad es mayor de forma significativa en la prótesis donde se sacrifica el ligamento cruzado posterior y se coloca estabilizador posterior. Demostrando con este estudio que el arco de movilidad de la rodilla es mayor en cirugía de reemplazo articular de rodilla donde se sacrifica el ligamento cruzado posterior y se substituye con estabilizador posterior que en donde se reseca o se conserva. (7)

## JUSTIFICACION

La evaluación de los resultados de cirugía de reemplazo articular de la rodilla a través de pruebas subjetivas y objetivas han mostrado información importante al cirujano ortopédico; tradicionalmente consiste de una examinación radiográfica con evaluación de la capacidad funcional basados en las escalas subjetivas. Sin embargo sólo a través de mediciones objetivas pueden basarse científicamente conclusiones considerables del procedimiento quirúrgico, el diseño de la prótesis, método y duración del tratamiento de rehabilitación. (2,18)

Considerando la larga historia de la cirugía de reemplazo articular de la rodilla, las pruebas clínicas existentes han proporcionado evaluaciones inadecuadas en la valoración de los nuevos diseños y de la detección de mejoramientos funcionales; conduciendo a la unificación de estandarización de criterios para la evaluación de resultados objetivos de esta cirugía y aunado a ello la dificultad de la evaluación comparativa entre la mejor funcionalidad de la prótesis con estabilizador posterior y la prótesis sin sacrificio del ligamento cruzado posterior. (8)

El laboratorio de análisis de marcha y las pruebas isocinéticas tienen, sin embargo, la capacidad para un análisis objetivo profundo para el estudio de los resultados, ya que después de la artroplastía total de rodilla aún los pacientes asintomáticos con excelentes resultados de acuerdo a evaluaciones clínicas presentan anomalías en el análisis de marcha y las pruebas isocinéticas, así como en el apoyo plantar. (1,17)

Estos análisis objetivos han mostrado diversas alteraciones dependiendo del tipo de estudio; en el análisis de marcha se ha encontrado acortamiento de la longitud de paso, flexión reducida en la fase postural media, patrón anormal en el momento de flexoextensión de la rodilla, disminución de la velocidad de la marcha, etc. En las pruebas isocinéticas se ha demostrado reducción de la fuerza máxima del cuádriceps, y en el análisis de la presión plantar durante el apoyo mediante plantografía computarizada también se han encontrado alteraciones significativas en el pico máximo de presión, fuerza y zona de apoyo plantar en relación con la extremidad no operada. (17)

Aun existen controversias entre la preservación del ligamento cruzado posterior o el sacrificio del mismo con colocación de estabilizador posterior, la experiencia clínica y los análisis de sobrevivencia demuestran que se obtienen mejores resultados a largo plazo con el uso de estabilizador posterior. (7,12,13)

## **HIPOTESIS**

Los resultados de las valoraciones objetivas de análisis de marcha, pruebas isocinéticas y plantografía computarizada son mejores en pacientes con artroplastía total de rodilla con estabilizador posterior.

## OBJETIVOS

### Generales:

Valorar objetivamente los resultados de cirugía de reemplazo articular de la rodilla con y sin estabilizador posterior, mediante análisis de marcha, pruebas isocinéticas y análisis de presión plantar mediante plantografía computarizada.

Demostrar objetivamente que son mejores los resultados de en pacientes con ATR con estabilizador posterior comparando los resultados de análisis de marcha pruebas isocinéticas y plantografía computarizada en los pacientes con ATR con y sin estabilizador posterior.

### Particulares:

Comparar y analizar estadísticamente los resultados de análisis de marcha, pruebas isocinéticas y plantografía computarizada en artroplastía total de rodilla con y sin estabilizador posterior.

Comparar los resultados de estas valoraciones en la extremidad operada y la no-operada, tanto en los pacientes con artroplastia total de rodilla con y sin estabilizador posterior.

Demostrar que estas valoraciones son utiles no sólo para el diseño de las prótesis y el procedimiento quirúrgico, sino también para el evaluación del método y duración del tratamiento de rehabilitación.

## MATERIAL Y METODOS

Se realizó un estudio, prospectivo, longitudinal, observacional, comparativo a 22 pacientes con osteoartritis de rodilla quienes fueron sometidos a cirugía de reemplazo articular de la rodilla con y sin estabilizador posterior, analizándose objetivamente los resultados a través de análisis de marcha, pruebas isocinéticas y plantografía computarizada.

### CRITERIOS DE INCLUSION

Pacientes con artroplastia total de rodilla unilateral primaria, con 7 a 12 meses de evolución de la cirugía, de cualquier edad, con escala de evaluación clínica de la Sociedad Americana de Rodilla con resultados buenos o muy buenos (valor arriba de 80 puntos) sin patología o alteración concomitante del aparato locomotor, sin evidencia de neuropatía periférica, a excepción de gonartrosis en la rodilla contralateral en etapa menor de 3 de acuerdo a Ahlbäck, sin debilidad del cuádriceps, no complicadas con rodilla estable.

### CRITERIOS DE EXCLUSION

Pacientes con alguna patología musculoesquelética concomitante o alguna alteración del aparato locomotor a parte de la gonartrosis, pacientes que hayan presentado infección, trombosis venosa profunda o embolismo pulmonar, presencia de algún desorden psiquiátrico mayor, adictos al alcohol o drogas.

### ANALISIS DE MARCHA

Para el análisis de marcha se utilizó un sistema de análisis de movimiento computarizado (Mac Reflex), usando 3 cámaras de vídeo infrarrojas y marcadores reflectivos pasivos colocados en sitios anatómicos. Se utilizaron 6 marcadores colocados 1 en espina ilíaca anterosuperior, 2 en trocánter mayor, 3 en condilo externo de la rodilla, 4 en maleolo externo, 5 en cabeza de 5to. metatarsiano y 6 en maleolo interno contralateral. Calculando 6 grados de libertad de cada segmento de la extremidad y la rotación angular sobre todos los planos anatómicos por medio del sistema tridimensional del desplazamiento de las extremidades, basados en un tiempo real de procesamiento de señal de televisión. Se instruyó a los pacientes a caminar en su forma y velocidad usual, usando zapatos confortables y acostumbrados, realizándose varias pruebas antes del registro hasta que el paciente se familiarizará y alcanzará su velocidad normal de la marcha. Se analizaron tanto en la extremidad operada como en la no operada la longitud del paso, la duración, la velocidad, los momentos del pico de extensión y flexión, tanto de la rodilla como de la cadera y del tobillo posteriormente comparándolos.

### PRUEBAS ISOCINETICAS

Las pruebas isocinéticas se analizaron utilizando un dinamómetro Cybex 6000 (Ronkonkoma, NY), siguiendo un periodo de calentamiento adecuado, con los pacientes sentados en el dinamómetro y asegurados con los cinturones, se realizaron las pruebas isocinéticas concéntricas a los músculos isquiotibiales y al cuádriceps a 60 y 180°/seg, analizando pico de torque, trabajo total, angulo del pico de torque y arcos de movimiento.

## **PLANTOGRAFIA COMPUTARIZADA**

Para el análisis de la distribución de la presión plantar se utilizó una plantografía computarizada dividiendo al pie en 5 zonas: I talón, II medio pie, III cabeza de los metatarsianos, IV dedos del II al V y región 5 primer dedo, describiendo los parámetros de presión máxima (N/cm<sup>2</sup>), fuerza(N) y área (cm<sup>2</sup>).

## **PRUEBAS ESTADISTICAS**

Se realizó la prueba T para análisis comparativos entra la prótesis con y sin estabilizados posterior, así como para la extremidad operada con la no operada. Prueba de Wilcoxon para marcadores pares, desviación estándar y análisis de diferencias del coeficiente de regresión de correlación  $p < 0.05$  aceptado como significativo para análisis univariados. Análisis de correlación múltiple para determinar el orden polinomial usado, entre los parámetros de distribución de la presión plantar, pruebas isocinéticas y cada uno de los parámetros de la marcha.

## RESULTADOS

Se analizaron comparativamente a 22 pacientes con artroplastia total de rodilla unilateral, dividiéndolos en 2 grupos, incluyendo a 11 pacientes con estabilizador posterior y a 11 pacientes sin estabilizador posterior, con diagnóstico de osteoartritis de la rodilla, con edades promedio para el grupo con ATR con estabilizador posterior de 72 años y sin estabilizador posterior de 69 años, con predominio de ATR derecha en ambos grupos, los tipos más utilizados de prótesis fueron Johnson y Johnson, Ortholoc II, Aesculap, Insall Burstein y Howmedica.

### Análisis de marcha

En el análisis cinemático de la marcha al comparar los resultados de la prótesis con estabilizador en relación con la prótesis sin estabilizador, la longitud del paso, es similar en ambos con un promedio de 0.60 metros, mientras que la duración y la velocidad son menores siendo estas en promedio; duración de 0.180/0.160seg y velocidad 34.8/37.7m/seg., respectivamente. Los picos del momento de extensión de la rodilla no variaron significativamente siendo estos de 8.00 y de 8.09°. El momento del pico de flexión 1 fue mayor siendo este de 8.09 y 6.18°, mientras que el pico del momento de la flexión 2 fue menor resultando estos en 35.18 y 35.73° respectivamente; no existiendo diferencia significativa. (Figura 1 y 3)

El momento de flexión del tobillo fue mayor pero no de forma significativa, con promedios de 12.82/11.73, revelando reducción de la flexión plantar del tobillo en la prótesis sin estabilizador posterior. El pico del momento de extensión del tobillo fue de 13.36 y de 13.45 no mostrando diferencia significativa. (Figura 2)

El pico del momento de la cadera extensión fue similar con promedios de 36.55 y 38.68 encontrándose ligeramente aumentada con respecto a los valores normales de acuerdo a los estándares para edad en pacientes mexicanos, pero este incremento no es significativo y el momento de flexión es mayor pero de igual forma no de significancia estadística, pero si de validez clínica siendo estos en promedio, de 26.00 y de 23.64. (Figura 4)

Al comparar cinemáticamente la rodilla operada con la no operada en los pacientes con ATR con estabilizador posterior, la longitud de paso, la duración y la velocidad son mayores, al igual que los momentos de los picos de extensión de la rodilla, siendo estos en promedio, pico del momento de extensión 8.00/7.64, mientras que los de flexión son menores con promedios: flexión 1 de 8.09/9.55 y flexión 2 de 35.18/36.64 respectivamente. El pico del momento de flexión del tobillo es menor siendo este de 12.82/13.09 respectivamente; mientras que el pico de extensión del tobillo es mayor representando en promedio 13.36/12.27. El pico de momento de flexión de cadera es mayor siendo este en promedio de 26.00/24.64 y el pico de extensión de la cadera es menor con promedios de 36.55/37.50, respectivamente. Con alteraciones en el ritmo con disminución de la fase de apoyo e incremento de la fase de balanceo.

Al comparar cinemáticamente la rodilla operada con la no operada en los pacientes con ATR sin estabilizador posterior, la longitud de paso, la duración y la velocidad son

mayores, similar a los pacientes con ATR con estabilizador posterior. El momento de los picos de extensión de la rodilla son menores, siendo estos en promedio 8.00/6.82, mientras que la flexión 1 es mayor con promedios de 11.09/7.82 y flexión 2 menor, siendo esta de 35.73/38.27 respectivamente. El pico del momento de flexión del tobillo es menor siendo este de 11.73/11.91 respectivamente; mientras que el pico de extensión del tobillo es mayor representando en promedio 13.45/13.18. El pico de momento de flexión de cadera es menor siendo este en promedio de 23.64/25.73 y el pico de extensión de la cadera es mayor con promedios de 36.68/34.36 respectivamente. Las alteraciones en el ritmo son similares.

### Pruebas isocinéticas

En las pruebas isocinéticas concéntricas de los isquiotibiales el pico de torque a 60°, al compararlo entre los pacientes con ATR con y sin estabilizador posterior son mayores, siendo estos en promedio: pico de torque (ft/lbs) de 21.82/18.55, pico de torque (%BW) de 12.55/11.45, trabajo total (ft/lbs) de 21.18/18.45 y trabajo total (%BW) de 13.36/11.36; mientras que a 60°/seg. para los extensores son menores siendo estas de pico de torque (ft/lbs) 23.82/25.82, pico de torque (%BW) de 13.91/16.82, trabajo total (ft/lbs) de 24.18/25.09 y trabajo total (%BW) de 14.55/15.18 respectivamente. Estas pruebas a 180° para los isquiotibiales son menores siendo estos en promedio pico de torque (ft/lbs) de 17.82/17.91, pico de torque (%BW) 10.64/11.36, trabajo total (ft/lbs) de 15.91/16.27 y trabajo total (%BW) de 9.30/10.18; y para el cuádriceps a 180° estas son iguales. para el pico de torque (%BW) siendo estas en promedio de 11.08, menores para pico de torque (ft/lbs) siendo estos en promedio de 17.36/17.73; al igual que para trabajo total (%BW) siendo estos de 9.18/10.18 y menor para el pico de torque (ft/lbs) siendo de 17.36/17.73 respectivamente. En cuanto a la relación flexoextensión el pico de torque es menor. el trabajo total y el arco de movimiento mayor (Figura 6,7,8,9 y 10).

Al comparar el ángulo del pico de torque entre los pacientes con artroplastia total de rodilla con y sin estabilizador posterior, el ángulo del pico para la flexión es mayor siendo este de 66.82/63.18 y para la extensión es mayor con promedios de 63.64/56.36 respectivamente. Al comparar estos mismos datos en la rodilla operada con la no operada, los resultados son similares indicando un alto índice de simetría. (Figura 11 y 12)

En las pruebas isocinéticas concéntricas al comparar la extremidad operada con la no operada, en los pacientes con artroplastia total de rodilla con estabilizador posterior durante la contracción concéntrica de los isquiotibiales el pico de torque a 60°. es menor, siendo estos en promedio: pico de torque (ft/lbs) de 21.82/23.45, pico de torque (%BW) de 12.55/13.45, trabajo total (ft/lbs) de 21.18/25.45 y trabajo total (%BW) de 13.36/16.09; mientras que, para los extensores también son menores siendo estas en promedio: pico de torque (ft/lbs) 23.82/34.45, pico de torque (%BW) de 13.91/19.82, trabajo total (ft/lbs) de 24.18/33.27 y trabajo total (%BW) de 14.55/20.36 respectivamente. Estas pruebas a 180° para los isquiotibiales, de igual forma son menores siendo estos en promedio: pico de torque (ft/lbs) de 17.82/20.36, pico de torque (%BW) 10.64/12.45, trabajo total (ft/lbs) de 15.91/19.45 y trabajo total (%BW) de 14.55/20.36; y para el cuádriceps a 180° estas son menores para el pico de torque (%BW), para el pico de torque (ft/lbs) y para trabajo total (%BW) y menores para el trabajo total (ft/lbs) siendo estas en promedio para pico de torque (ft/lbs) de 19.64/17.36, para pico de torque (%BW) de 14.36/11.18: y para trabajo total

(%BW) de 16.82/9.18 y para trabajo total (ft/lbs) de 20.55/30.73 respectivamente. En cuanto a la relación flexoextensión el pico de torque y el trabajo total son mayores y el arco de movimiento menor.

En las pruebas isocinéticas concéntricas al comparar la extremidad operada con la no operada, en los pacientes con artroplastía total de rodilla sin estabilizador posterior durante la contracción concéntrica de los isquiotibiales el pico de torque a 60°, es menor, siendo estos en promedio: pico de torque (ft/lbs) de 18.55/22.18, pico de torque (%BW) de 11.45/13.73, trabajo total (ft/lbs) de 18.45/23.36 y trabajo total (%BW) de 11.36/14.45; mientras que para los extensores es menor el trabajo total, mayor el pico de torque con promedios: pico de torque (ft/lbs) 25.82/25.55, pico de torque (%BW) de 16.82/16.45, trabajo total (ft/lbs) de 25.09/33.27 y trabajo total (%BW) de 16.18/16.91 respectivamente. Estas pruebas a 180° para los isquiotibiales son menores para pico de torque y mayores para trabajo total estos son en promedio: pico de torque (ft/lbs) de 17.91/16.91, pico de torque (%BW) 11.36/10.27, trabajo total (ft/lbs) de 18.27/16.00 y trabajo total (%BW) de 10.18/9.73; y para el cuádriceps a 180° estas son menores siendo estas en promedio para pico de torque (ft/lbs) de 17.73/18.09, para pico de torque (%BW) de 11.18/11.55; y para trabajo total (%BW) de 16.00/17.82 y para trabajo total (ft/lbs) de 10.18/11.09 respectivamente. En cuanto a la relación flexoextensión el pico de torque y el trabajo total y el arco de movimiento son menores a 60°/seg y mayores a 180°/seg. El ángulo del pico de torque es mayor para los pacientes con artroplastía total de rodilla con estabilizador posterior, siendo este de 63.75.

### **Plantografía computarizada**

Al comparar los resultados de plantografía computarizada entre ATR con y sin estabilizador posterior la presión máxima fue menor mientras que el área de contacto y la fuerza fueron mayores; con promedio de presión máxima 74.64 y 78.5N/cm<sup>2</sup>, Fuerza de 963.64 y 865.13N y el área de contacto de 127.55 y 122.64 cm<sup>2</sup> respectivamente. La zona de mayor presión en ambas prótesis fue mayor en la zona III y la de menor en la zona I. Los resultados son similares en relación ala extremidad operada con la no operada. (Figura 13)

## DISCUSION

Considerando la larga historia de los implantes en la cirugía de reemplazo articular de la rodilla, las pruebas clínicas generales han demostrado ser inadecuadas en la evaluación de nuevos diseños, procedimiento quirúrgico, método y duración del tratamiento de rehabilitación y consecuente detección del mejoramiento funcional. Sin embargo, el laboratorio de análisis de marcha con su capacidad para un análisis objetivo profundo, se ha incrementado en los últimos años para el estudio de los resultados de esta cirugía y método y duración de rehabilitación (2, 8)

El análisis cinemático de la marcha compara muy favorablemente los resultados entre la extremidad operada con la operada tanto de los pacientes con artroplastía total de rodilla con estabilizador posterior como en los que no lo tienen, mostrando un patrón de marcha altamente simétrico y coordinada. Los picos de los momentos de flexión y extensión en el plano sagital, no solo de la rodilla sino también de la cadera y del tobillo demuestran especialmente correlación cercana, no solo en cada una, sino también con los patrones de marcha con los geriátricos normales. (8)

Desde los primeros reportes de marcha ya se ha reportado restitución de los patrones de marcha normal posterior a cirugía de reemplazo articular de la rodilla. Andriacchi estudió diferentes sistemas de reemplazo con variación de niveles de constricción, las prótesis menos constreñidas fueron las mejores; sin embargo, se demostraron anomalías significantes entre la extremidad con prótesis y la no-operada. (1)

Se ha recomendado que la retención del ligamento cruzado posterior en artroplastía total de rodilla, previene la subluxación de la tibia, reduce el estrés de movimiento entre el hueso y el cemento óseo y entre la prótesis y el cemento óseo e incrementa el rango de movimiento; sin embargo, algunos autores no han encontrado diferencias entre la prótesis con estabilizador posterior y sin el pero estos autores solo han realizado evaluaciones clínicas subjetivas (14)

Berman realizó análisis de marcha después de implantes donde se sacrifica el ligamento cruzado posterior y encontró mejoría en todas las mediciones cinemáticas, al igual que Sweeney y Horwood quienes realizaron un análisis de marcha en pacientes con prótesis con sacrificio del ligamento cruzado posterior y colocación de estabilizador posterior comparando la extremidad operada con la no operada, encontraron un alto nivel de simetría, al igual que en este estudio, lo que indica un amplio nivel de simetría indicando una elevada calidad de funcionalidad. (2)

El incremento exagerado de la movilidad involucrada la fase de balanceo puede ser explicado por el defecto de propiocepción como ha sido sugerido por Skinner y otros. Se ha referido una disminución de la fase de apoyo con incremento consecutivo de la fase de balanceo. lo cual reduce el pico de presión y la fuerza durante la plantografía computarizada, lo cual revela que los pacientes están protegiendo la pierna operada conscientemente o inconscientemente. Una rodilla cinemáticamente estable es requisito para descarga normal del pie durante la marcha (15)

Con las pruebas isocinéticas se comprueba que la fuerza del cuádriceps es un importante factor para la marcha simétrica, y la reducción en la fuerza máxima del cuádriceps con cambios en el ángulo de flexión de la rodilla correspondiente a la fuerza máxima desarrollada en contracción isocinética concéntrica del cuádriceps. (3,4,8,17)

Al igual que Giannini en este estudio, durante el análisis cinemático de la marcha se encontraron las mismas alteraciones, siendo estas principalmente reducción en la longitud del paso, arritmia con fase de apoyo disminuida, flexión anormal durante la fase de apoyo medio con un incremento en la extensión de la cadera y reducida flexión plantar del tobillo.  
(5)

## CONCLUSIONES

Estos estudios son útiles para la valoración objetiva de los resultados de cirugía de reemplazo articular de rodilla y aún más para comparar los resultados en pacientes con ATR con y sin estabilizados posterior y la extremidad operada con la no operada, pero no deben realizarse sin una evaluación clínica previa como lo es la de la Sociedad Americana de Rodilla, la cuál nos evalúa el dolor residual, desviaciones del eje mecánico, grado de movimiento, fuerza muscular datos de inestabilidad, contracturas musculares y ayudas para la marcha; pero, estos datos clínicos no nos proporcionan de una forma objetiva como se integra esta prótesis de rodilla como nueva articulación dentro de la cadena cinética de movimiento.

Los resultados de estas evaluaciones objetivas de análisis de marcha, pruebas isocinéticas y plantografía computarizada son mejores en los pacientes con artroplastía total de rodilla donde se reseca el ligamento cruzado posterior y se substituye con estabilizador posterior.

Estos análisis objetivos son útiles en los pacientes con ATR ya que la mayoría de los pacientes presentaba una escala de evaluación de la Sociedad Americana de la Rodilla por arriba de 84.3 puntos, refiriéndose con esto a buenos y muy buenos resultados, pero esto no da una valoración objetiva de la fisiología y biomecánica de la nueva articulación de la rodilla dentro de la cadena cinética de movimiento.

La marcha natural en los individuos normales tiene un ritmo característico entre las fase postural y balanceo, pero en los pacientes que han sido sometidos ATR llega a ser lenta, asimétrica y arritmica predominando esto en los pacientes con artroplastía total de rodilla sin estabilizador posterior.

Al comparar la rodilla post-operada con la no-operada en estas evaluaciones objetivas los resultados no presentaron diferencia estadística significativa.

Este estudio debe realizarse no solo a los pacientes que han terminado rehabilitación inicial es decir los que cursan con mínimo de 6 meses de post-operados sino desde el momento prequirúrgico, a los 6 meses y posteriormente cada año, evaluando a largo termino, no solo la calidad de vida de la prótesis sino también la del paciente que ha sido sometido a esta cirugía de reemplazo articular de la rodilla.

Determinando finalmente que solo a través de valoraciones objetivas se pueden establecer científicamente conclusiones considerables de la evaluación no solo del diseño de la prótesis y del procedimiento quirúrgico, sino también del método y duración del tratamiento de rehabilitación.

### ANALISIS DE MARCHA

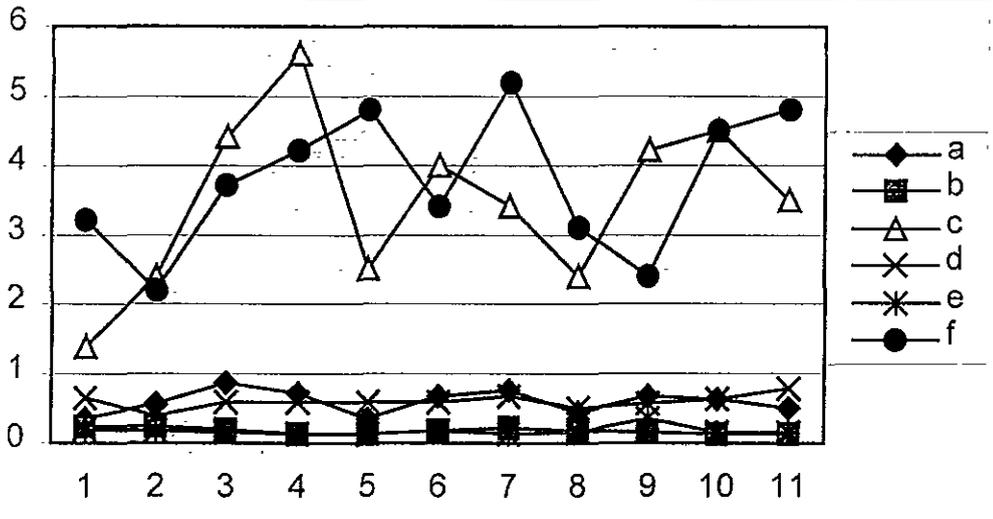


Figura No1 Comparación de análisis cinemático de la marcha con estabilizador posterior (a.- Longitud de paso, b.- Duración, c.- Velocidad), y sin estabilizador posterior (d.- Longitud de paso, e.- Duración, f.- Velocidad)

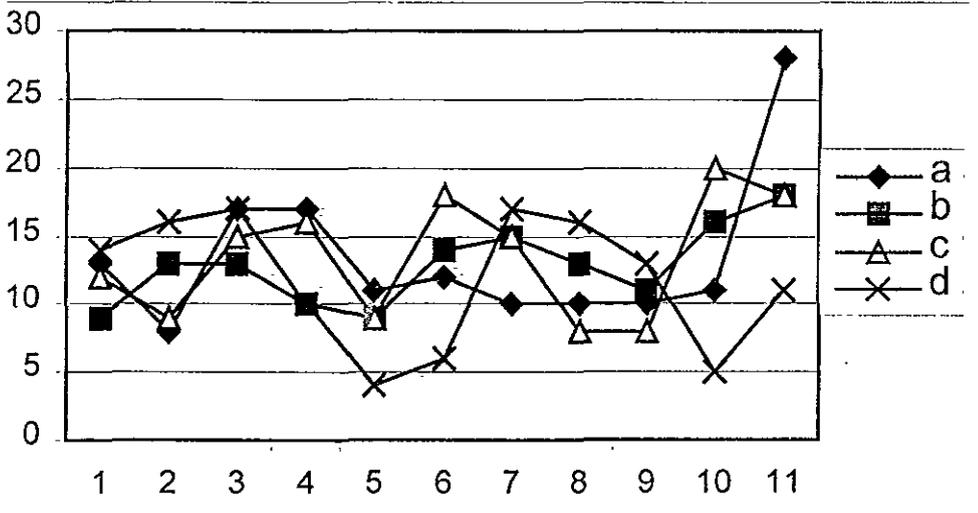


Figura No 2 Comparación análisis cinemático de la marcha con estabilizador posterior (a.- Pico del momento de extensión del tobillo, b.- Pico del momento de flexión del tobillo), y sin estabilizador posterior (c.- Pico del momento de extensión del tobillo, d.- Pico del momento de flexión del tobillo)

### ANÁLISIS DE MARCHA

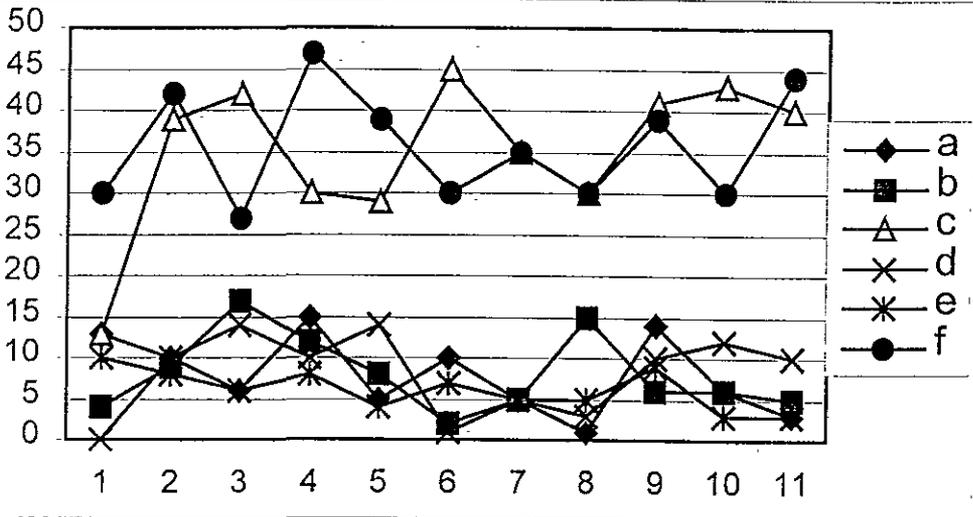


Figura No 3 Comparación análisis cinemático de la marcha con estabilizador posterior (a.- Pico del momento de extensión de la rodilla, b.- Pico del momento de flexión 1 de la rodilla, c.- Pico del momento de flexión 2) y sin estabilizador posterior (d.- Pico del momento de extensión de la rodilla, e.- Pico del momento de flexión 1 de la rodilla, f.- Pico del momento de flexión 2 de la rodilla)

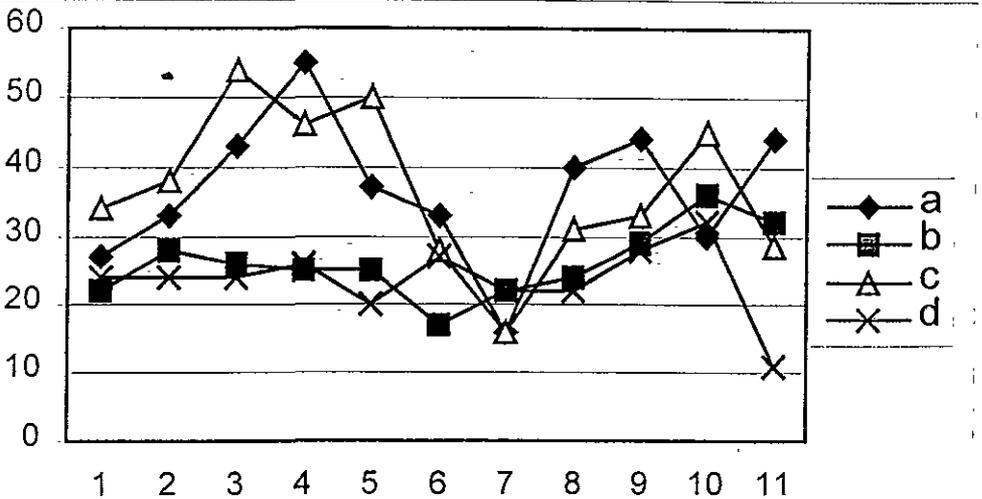


Figura No 4 Comparación análisis cinemático de la marcha con estabilizador posterior (a.- Pico del momento de extensión de la cadera, b.- Pico de momento de flexión de la cadera), y sin estabilizador posterior (c.- Pico del momento de extensión de la cadera, c.- Pico del momento de flexión de la cadera)

PRUEBAS ISOCINETICAS

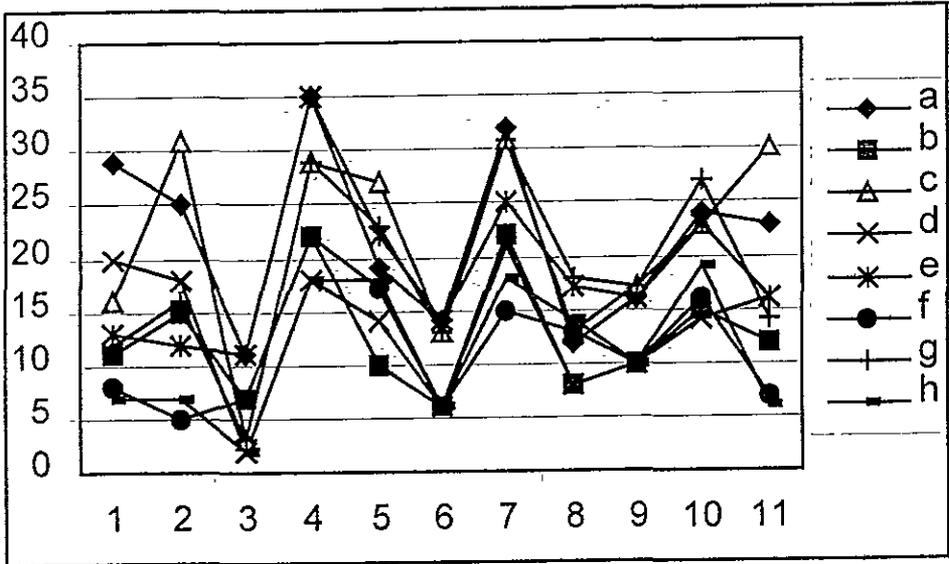


Figura No 5 Comparación pruebas isocinéticas 60°/seg. para flexores con estabilizador posterior (a.- Pico de torque ft/lbs, b.- Pico de torque %BW, c.- Trabajo total ft/lbs d.- Trabajo total %BW) y sin estabilizador posterior (e.- Pico de torque ft/lbs, f.- Pico de torque %BW, g.- Trabajo total ft/lbs, h.- Trabajo total %BW)

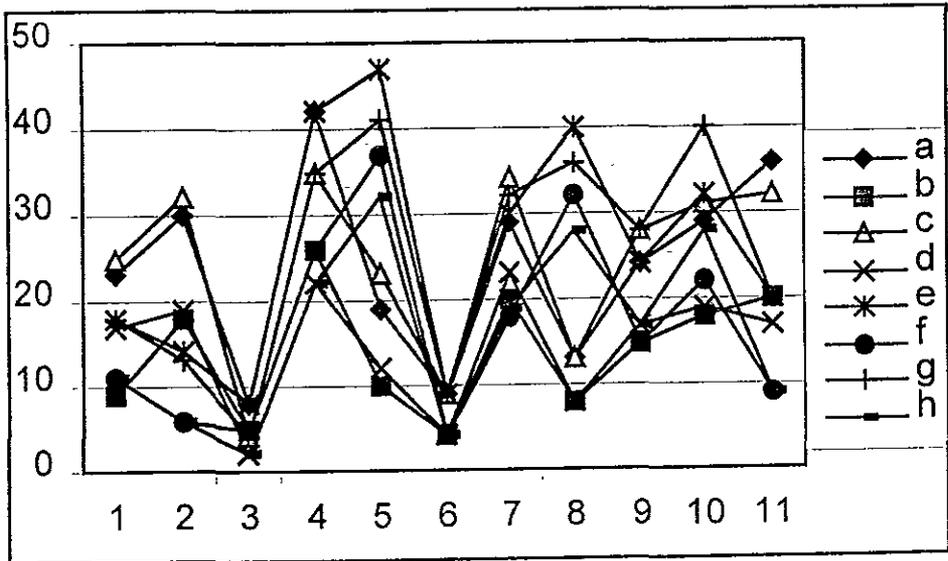


Figura No 6 Comparación pruebas isocinéticas a 60°/seg. para extensores con estabilizador posterior (a.- Pico de torque ft/lbs, b.- Pico de torque %BW, c.- Trabajo total ft/lbs, d.- Trabajo total %BW) y sin estabilizador posterior (e.- Pico de torque ft/lbs, f.- Pico de torque %BW, g.- Trabajo total ft/lbs, h Trabajo total %BW)

PRUEBAS ISOCINÉTICAS

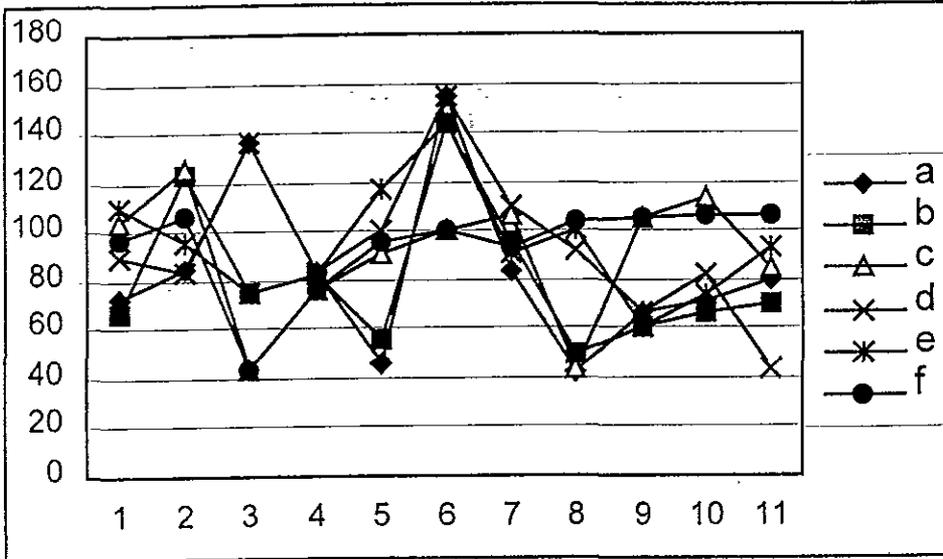


Figura No7 Comparación de pruebas isocinéticas a 60°/seg. flexoextensores con estabilizador posterior (a.- Pico de torque %BW, b.- Trabajo total %BW, c.- Rango de movimiento) y sin estabilizador posterior (d.- Pico de torque %BW, e.- Trabajo total %BW, f.- Rango de movimiento)

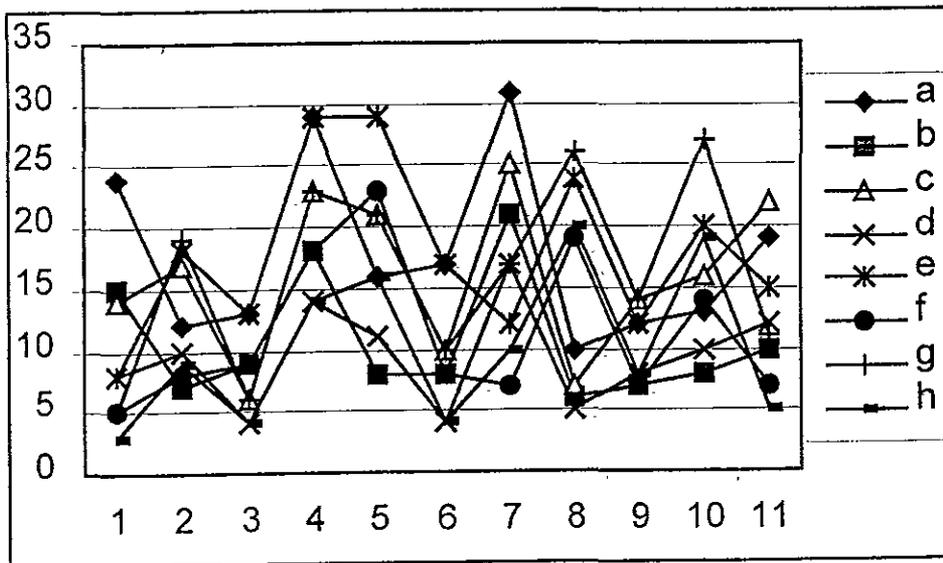


Figura No 8 Comparación pruebas isocinéticas 180°/seg. para flexores con estabilizador posterior (a.- Pico de torque ft/lbs, b.- Pico de torque %BW, c.- Trabajo total ft/lbs d.- Trabajo total %BW) y sin estabilizador posterior (e.- Pico de torque ft/lbs, f.- Pico de torque %BW, g.- Trabajo total ft/lbs, h.- Trabajo total %BW)

PRUEBAS ISOCINETICAS

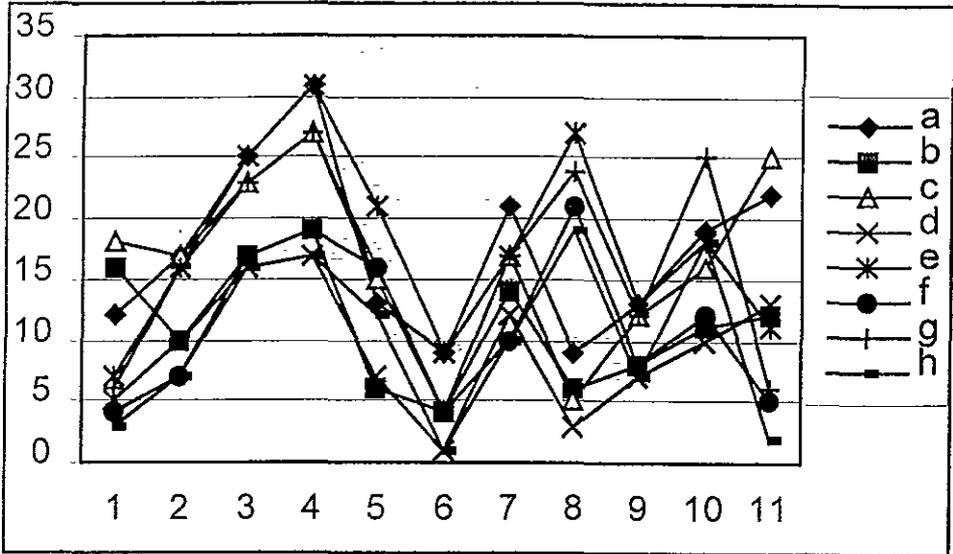


Figura No 9 Comparación pruebas isocinéticas a 180°/seg. para extensores con estabilizador posterior (a.- Pico de torque ft/lbs, b.- Pico de torque %BW, c.- Trabajo total ft/lbs, d.- Trabajo total %BW) y sin estabilizador posterior (e.- Pico de torque ft/lbs, f.- Pico de torque %BW, g.- Trabajo total ft/lbs, h Trabajo total %BW)

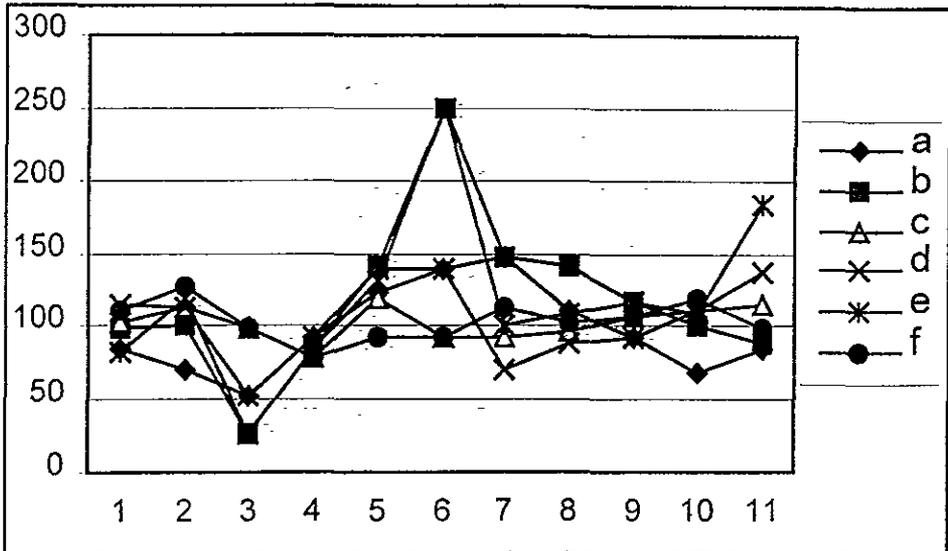


Figura No 10 Comparación de pruebas isocinéticas a 180°/seg. flexoextensores con estabilizador posterior (a.- Pico de torque %BW, b.- Trabajo total %BW, c.- Rango de movimiento) y sin estabilizador posterior (d.- Pico de torque %BW, e.- Trabajo total %BW, f.- Rango de movimiento)

PRUEBAS ISOCINETICAS

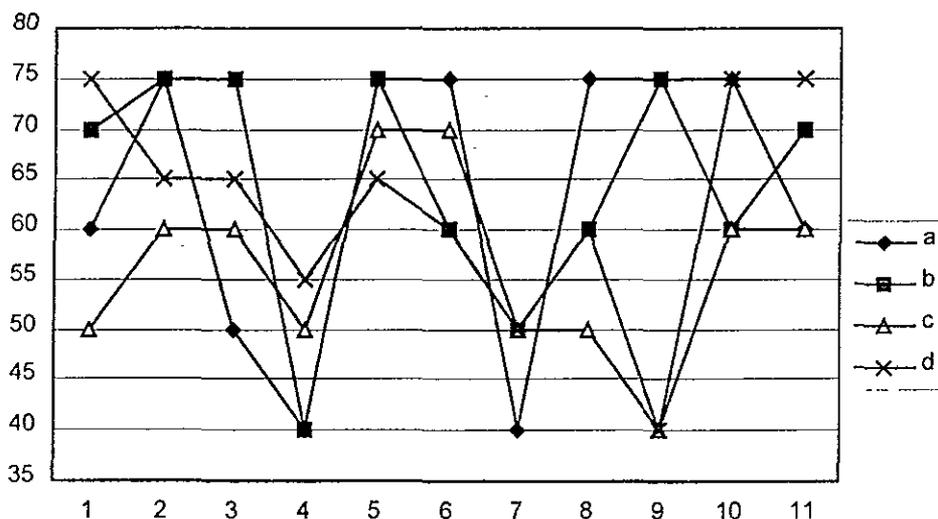


Figura No 11 Comparación pruebas isocinéticas extensores con estabilizador (a.- Ángulo de pico de torque rodilla operada, b.- Ángulo de pico de torque rodilla no operada) y sin estabilizador (c.- Ángulo de pico de torque rodilla operada, d.- Ángulo de pico de torque rodilla no operada)

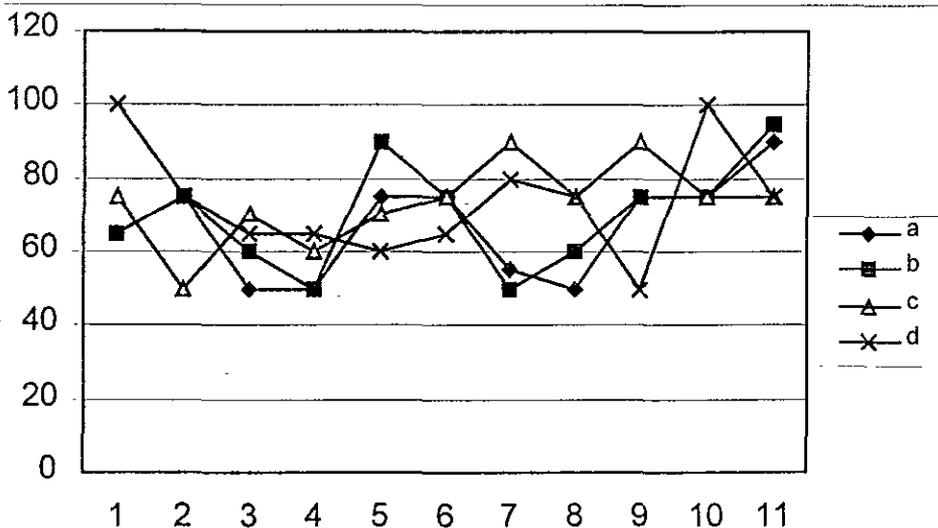


Figura No 12 Comparación pruebas isocinéticas flexores con estabilizador (a.- Ángulo de pico de torque rodilla operada, b.- Ángulo de pico de torque rodilla no operada) y sin estabilizador (c.- Ángulo de pico de torque rodilla operada, d.- Ángulo de pico de torque rodilla no operada)

PLANTOGRAFÍA COMPUTARIZADA

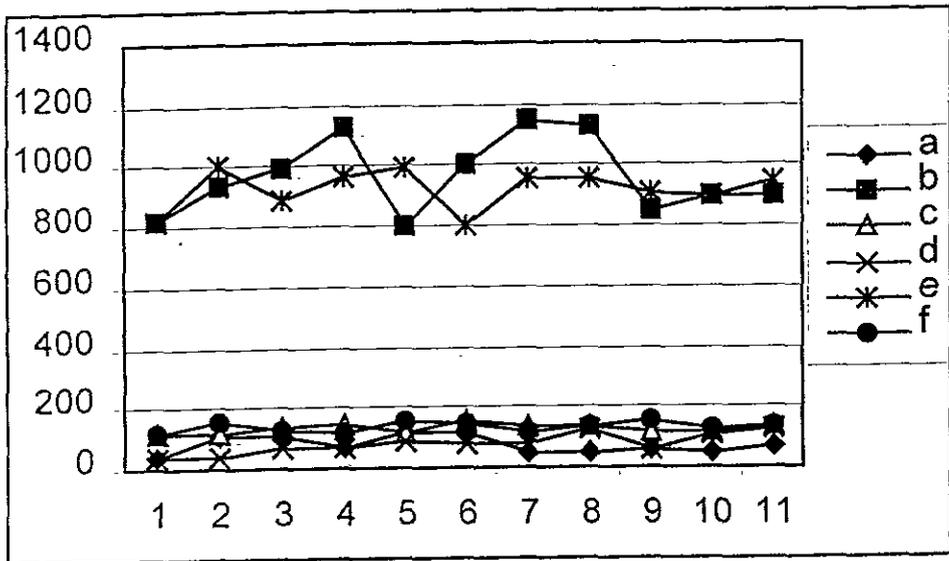


Figura No 13 Comparación de plantografía computarizada con estabilizador posterior (a.- Presión máxima N/cm<sup>2</sup>, b.- Fuerza N, c.- Superficie de contacto cm<sup>2</sup>) y sin estabilizador posterior (d.- presión máxima N/cm<sup>2</sup>, e.- Fuerza N, f - Superficie de contacto cm<sup>2</sup>)

## REFERENCIAS

- 1.- Andriacchi TP, Galante JO, Fermier RW. The influence of total knee replacement design on walking and stair climbing. *J Bone Joint Surg.* 1982; 64 A (9): 1328-35.
- 2.- Berman AT, Bosacco SJ, Israelite C. Evaluation of total knee arthroplasty using isokinetic testing. *Clin Orthop Rel Res.* 1991; 271: 106-11.
- 3.- Bourne RB, Rorabeck CH, Vaz M, Dramer J, Hardie R, Robertson D, Resurfacing versus non resurfacing the patella during total knee replacement. *Clin Orthop Rel Res.* 1995; 321:156:61
- 4.- Fontanesi G, Rotini R, Pignedoli P, Giancetti F. Retention of the posterior cruciate ligament in total knee arthroplasty. *Italian J Orthop Trauma.* 1991; 17(1):65-71
- 5.- Giannini S, Gandolfi M, Marcacci M, Catani F, Ceccarelli F, Molgora PA. Functional evaluation of patients fitted with total knee prosthesis. *Italian J Orthop Trauma.* 1992; 18(4): 497-03.
- 6.- Hilding MB, Lanshammar H, Ryd L. Knee joint loading and tibial component loosening. RSA and gait analysis in 45 osteoarthritic patients before and after TKA. *J Bone Joint Surg.* 1996; 78(1): 66-73.
- 7.- Hirsch HS, Lotke PA, Morrison LD. The posterior cruciate ligament in total knee surgery, save, sacrifice or substitute? *Clin Orthop Rel Res.* 1994; 309: 64-8.
- 8.- Kelman GJ, Biden EN, Phil D, Wyatt MP, Ritter MA, Colwell CW. Gait laboratory analysis of posterior cruciate sparing knee arthroplasty in stair ascent and descent. *Clin Orthop Rel Res.* 1989; 248: 21-5.
- 9.- Kriebich DN, Vaz M, Bourne RB, Rorabeck CH, Kim P, Hardie R, Kramer J, Kirley A. What is the best way of assessing outcome after total knee replacement? *Clin Orthop Rel Res.* 1996;331:221-25.
- 10.- Laskin RS, The Insall award total knee replacement with posterior cruciate ligament retention in patients with a fixed varus deformity. *Clin Orthop Rel Res.* 1996;331:29-34.
- 11.- Malkani AL, Rand JA, Bryan RS, Wallrichs SL. Total knee arthroplasty, a ten year follow-up study. *J Bone Joint Surg.* 1995;77A (3): 423-31.
- 12.- Scott RD, Thornhill TS. Posterior cruciate supplementing total knee replacement using conforming inserts and cruciate resection. *Clin Orthop Rel Res.* 1994; 309: 146-9.
- 13.- Scuderi GR, Insall Jn. Total knee arthroplasty current clinical perspectives. *Clin Orthop Rel Res.* 1992; 276: 26-32.

- 14.- Shoji H, Wolf A, Packard S. Cruciate retained and excised total knee arthroplasty. Clin Orthop Rel Res. 1994; 305: 218-22
- 15.- Skinner HB. Pathokinesiology and total joint arthroplasty. Clin Orthop Rel Res. 1993; 288: 78-86
- 16.- Tierney WM, Fitzgerad JF, Heck DZ, Kenedy JM Katz BP, Melfi CA, Dittus RS. Allen DI, Freund DA. Tricompartmental knee replacement a comparison of orthopaedic surgeons' self reported performance rates with surgical indications, contraindications and expected outcomes. Clin Orthop Rel Res. 1994; 305: 209-17.
- 17.- Tsuboyama T, Windhager R, Bochsansky T, Yamamuro T, Kotz R. Gait after knee arthroplasty for femoral tumor. A Orthop Scand. 1994; 65(1): 51-4.
- 18.- Wilson SA; McCann PD; Gotlin RS; Ramakrishaan HK; Wootten ME; Insall JN: Comprehensive gait analysis in posterior-stabilized knee arthroplasty. J Arthroplasty. 1996; 11(4):359-67.