

Comportamiento de la arteria poplítea durante la flexo-extensión de la rodilla. Sus implicancias diagnósticas y terapéuticas

Changes in popliteal artery during flexion of the knee. Diagnosis and therapeutic value

Alberto Tamashiro, Andrés E. Dini, Gustavo A. Tamashiro, Federico M. Riolo, Miguel O. Villegas, Laura V. de Cándido, Ana P. Mollón, José A. Díaz

RESUMEN

En el año 2000 comenzamos un trabajo para conocer el comportamiento de la arteria poplítea sujeta a los movimientos de flexo-extensión de la rodilla. Esto contribuyó al conocimiento de los cambios morfológicos de la arteria poplítea durante los movimientos de flexo-extensión teniendo en cuenta su relación con algunas estructuras óseas. La arteria se dobla aproximándose hacia el tubérculo supracondíleo medial del fémur en la mayoría de los casos. Cuando la rodilla está extendida, el tubérculo supracondíleo medial está al mismo nivel que el borde superior de la rótula. En una angiografía convencional con la rodilla extendida, es posible predecir que el punto de flexión de la arteria poplítea es el segmento que coincide con el borde superior de la rótula, la llamamos flexión principal. También hemos hallado flexiones accesorias que aparecen en situación proximal y distal a la flexión principal; sus características y número no se pueden prever con la rodilla en extensión. Todas las flexiones pueden tener efectos adversos importantes en los procedimientos diagnósticos y terapéuticos porque pueden producir obstrucciones durante la flexión de la rodilla al alterar el trayecto arterial. Presentamos este trabajo sobre el comportamiento de 197 arterias poplíteas en 150 pacientes durante la flexo-extensión de la rodilla y sus implicancias diagnósticas y terapéuticas. Este trabajo se complementa con nuestros estudios anteriores que en su conjunto suma una experiencia de 14 años sobre este tema. Conclusiones. En la flexo-extensión de la rodilla aparecen cambios en la arteria poplítea, observándose una flexión principal y flexiones accesorias. Es importante tener este hecho en cuenta al momento de un procedimiento endovascular, ya que se puede modificar la morfología de la arteria y provocar un resultado inesperado no deseado. Es mandatorio hacer la angiografía con la rodilla en flexión para detectar flexiones accesorias ya que no son visibles con la rodilla en extensión.

Palabras claves: arteria poplítea, arteriografía, flexión de la arteria poplítea, tratamiento endovascular de la arteria poplítea.

ABSTRACT

In the year 2000 we had begun a study aiming to know the behavior of the popliteal artery during the knee flexion. Bones references as the popliteal artery bends were useful landmarks to the understanding of its morphological changes. The main flexion of the popliteal artery (that we named hinge point) moves toward the medial supracondylar tubercle as the knee bends; but not towards the knee joint. In extended knee angiography the upper rim of the patella is horizontally aligned with the medial supracondylar tubercle. The segment of the popliteal artery at this level is the zone where the principal flexion or hinge point occurs. We detected another type of flexions in the popliteal artery and we named them "accessory flexions" which are located pre principal and post principal flexion. Its characteristic and number cannot be seen by conventional angiography. The flexions of the popliteal artery may induce severe obstructions in diagnostic and therapeutic procedures as they modify the course of the artery.

We present the experience about the behavior of 197 popliteal arteries in 150 patients during the knee flexion and their implications in diagnostic and therapeutic procedures. This is a complement of our previous presentations that summarizes 14 years of experience.

Conclusions. Principal and accessory flexions are observed in the popliteal artery as the knee bends. It is important to keep in mind at the moment of endovascular procedure since it can modify the morphology of the artery and develop undesired and unexpected arterial obstruction. It is mandatory to perform an angiography with the limb in flexion to detect accessory flexions since there are not visible with extended knee

Keywords: popliteal artery, arteriography, popliteal artery flexion, endovascular treatment of popliteal artery.

Revista Argentina de Cardioangiología Intervencionista 2015;6(3):134-139

INTRODUCCIÓN

La arteria poplítea sufre modificaciones morfológicas durante el movimiento de la articulación de la rodilla, que pueden interferir en los resultados de la terapéutica endovascular. Por este motivo, en el año 2000 comenzamos un

trabajo para conocer el comportamiento de la arteria poplítea sujeta a los movimientos de la flexoextensión^{1,2}. Esto aportó un acabado entendimiento de los cambios morfológicos de la arteria poplítea durante los movimientos de flexoextensión de la rodilla al relacionarlo con algunas estructuras óseas. La arteria se dobla aproximándose hacia el tubérculo supracondíleo medial del fémur en la mayoría de los casos (**Figura 1**)^{1,2}. Cuando la rodilla está extendida, el tubérculo supracondíleo medial está al mismo nivel que el borde superior de la rótula^{1,2}. En una angiografía convencional con vista anteroposterior con la rodilla extendida, es posible predecir que el punto de flexión principal de la arteria poplítea es el segmento que coincide con el borde superior de la rótula^{1,2}. Además hemos hallado otras flexiones

1. Hospital Nacional Prof. Alejandro Posadas. Buenos Aires, Argentina

✉ Correspondencia: Dr. Alberto Tamashiro | Hospital Nacional Prof. Alejandro Posadas, Pte. Illia y Marconi s/n, (CP 1706) El Palomar, Pcia. de Buenos Aires, Argentina | Tel cel. 15 4449 0302 | albertotamashiro@gmail.com

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Recibido: 23/07/2015 | Aceptado: 20/08/2015

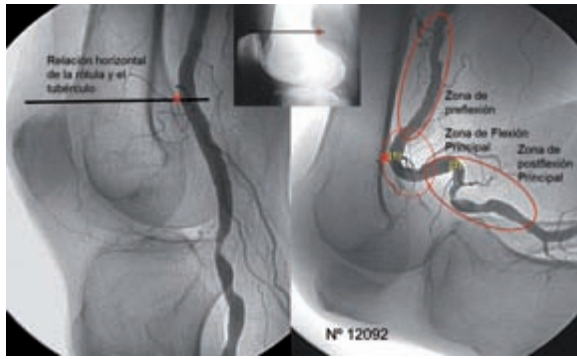


Figura 1. Flexiones de la arteria poplítea. Flexión principal (1), se flexiona aproximándose al tubérculo supracondíleo medial (x). Flexión accesoria post flexión principal (2). El número, localización y forma de angulación de las flexiones accesorias no se pueden predecir en una arteriografía con la rodilla en extensión

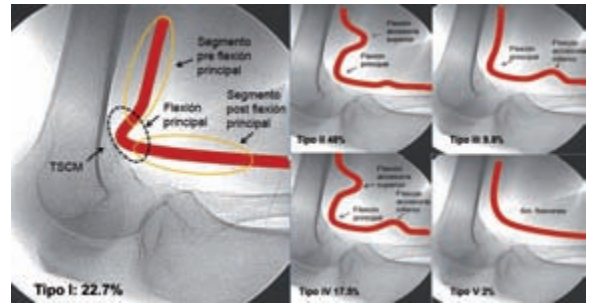


Figura 2. Distintos tipos de combinaciones entre las flexiones. **Tipo 1:** flexión principal aislada 22,7%; **Tipo 2:** flexión principal + flexión accesoria proximal 48%; **Tipo 3:** flexión principal + flexión accesoria distal 9,8%; **Tipo 4:** flexión principal + flexión accesoria proximal + flexión accesoria distal 17,5%; **Tipo 5:** sin flexiones (principal ni accesorias) 2,0%.

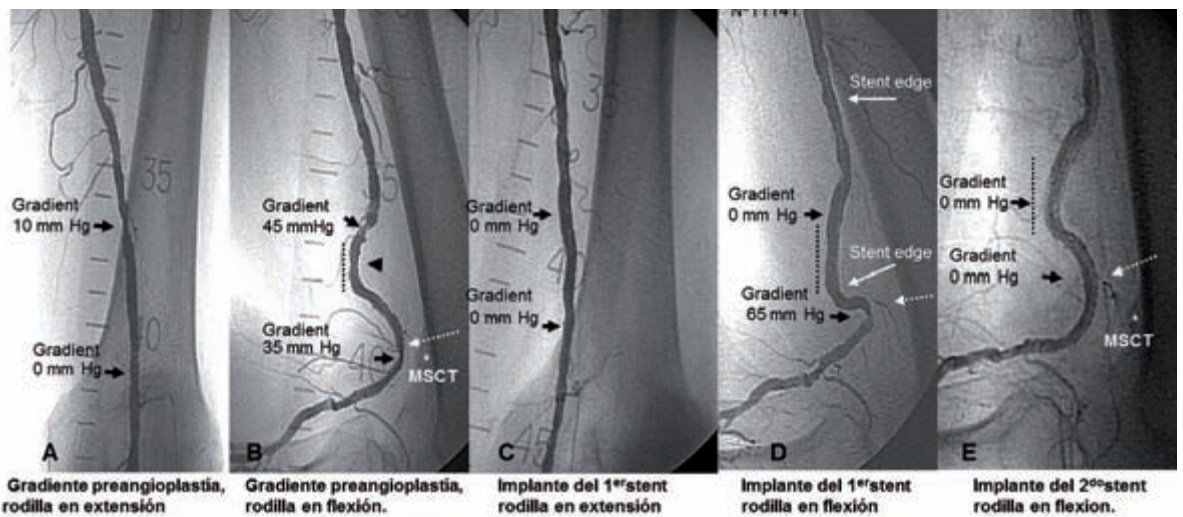


Figura 3. A. Angiograma basal con la rodilla en extensión con gradiente de 10 mmHg. **B.** Con la rodilla en flexión el gradiente se hace más severo (45 mmHg). La arteria poplítea se aproxima al tubérculo supracondíleo medial (MSCT*) y aparece un gradiente de 35 mmHg en la flexión principal (flechas punteadas blancas). **C.** Después del implante de un stent autoexpandible de nitinol 7,0 x 78 mm (Sentinol Boston Scientific, Inc.) no se comprueba gradiente con la rodilla en extensión. **D.** Con la rodilla en flexión la arquitectura de la arteria varía; la flexión principal de la arteria poplítea se desplaza hacia arriba causando una severa angulación con un gradiente de 65 mm Hg; el segmento proximal se rectifica haciéndose más vertical (líneas punteadas negras verticales usadas como referencia con respecto B, D y E). Las flechas punteadas blancas en B, D, y E muestran la forma del desplazamiento hacia arriba de la flexión principal. **E.** Implante de un segundo stent 6.0 x 30 mm de nitinol autoexpandible (Protegé ev3, Inc.) a nivel de la flexión principal no evidencia gradiente con la rodilla en flexión.

que aparecen proximal y distal a la flexión principal, que denominamos flexiones accesorias (Figura 1). El número y características de las flexiones accesorias no se pueden predecir en la angiografía convencional con la rodilla en extensión^{1,2}. Los conocimientos desarrollados sobre los efectos de la flexión de la rodilla en la arteria poplítea tienen implicancias en la terapéutica endovascular para definir la zona ideal en el momento de liberar un stent y observar además eventuales modificaciones en la arquitectura arterial. Presentamos este trabajo sobre el comportamiento de 197 arterias poplíteas en 150 pacientes durante la flexoextensión de la rodilla y sus consecuencias diagnósticas y terapéuticas. Se complementa con nuestros estudios anteriores que en su conjunto suman una experiencia de 14 años sobre este tema.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es conocer el comportamiento de la arteria poplítea durante la flexoexten-

sión de la rodilla, su relación con las referencias óseas y sus implicancias en el diagnóstico y la terapéutica endovascular.

MATERIAL Y MÉTODO

Estudio retrospectivo, descriptivo y transversal. Entre octubre 2004 y febrero 2013 se incluyeron 150 pacientes, no consecutivos, sometidos angiografía de miembros inferiores. Se evaluaron 197 arterias poplíteas en proyección lateral de la rodilla en flexión y en extensión. Se incluyeron aquellos pacientes con posibilidad de realizar una angulación $\geq 80^\circ$ de flexión de la rodilla y con tolerancia al procedimiento.

Análisis estadístico

Los resultados se expresan en porcentajes para las variables categóricas y media con desvío estándar para las variables continuas. Se utilizó el programa Infostat (versión 2014I).

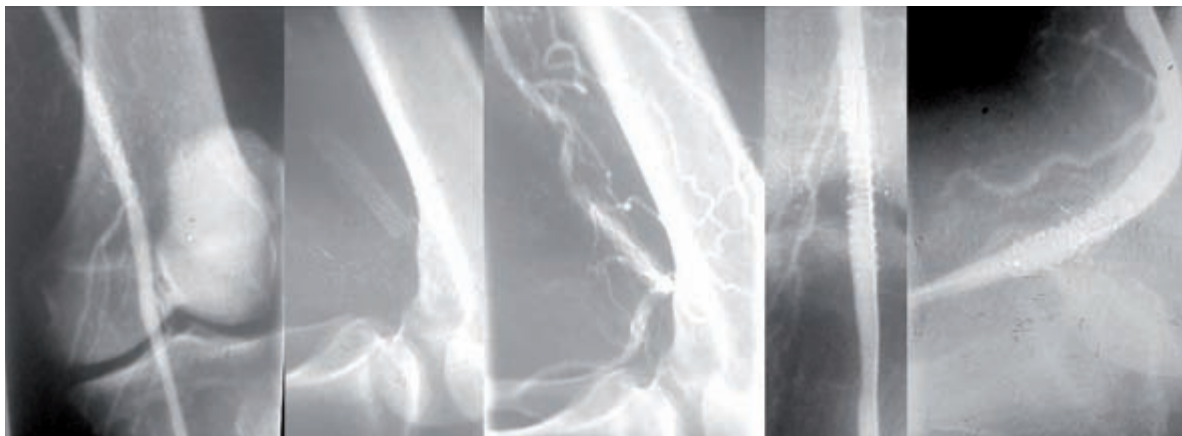


Figura 4. A. Angiografía en extensión post implante de stent balón expandible. **B.** Rx del stent implantado en flexión y proyección lateral. **C.** Angiografía en flexión y proyección lateral post implante de stent. Se observa severa obstrucción del extremo distal del stent por severa angulación a nivel del tubérculo supracondíleo interno. **D.** Angiografía en extensión post implante de stent autoexpandible espiralado en la zona intrastent y de la flexión principal. **E.** Angiografía en flexión y proyección lateral post implante de stent autoexpandible espiralado. Se observa ausencia de la obstrucción. Originalmente publicado en *J Invasive Cardiol* 2004;16:712-715. Presentado bajo autorización

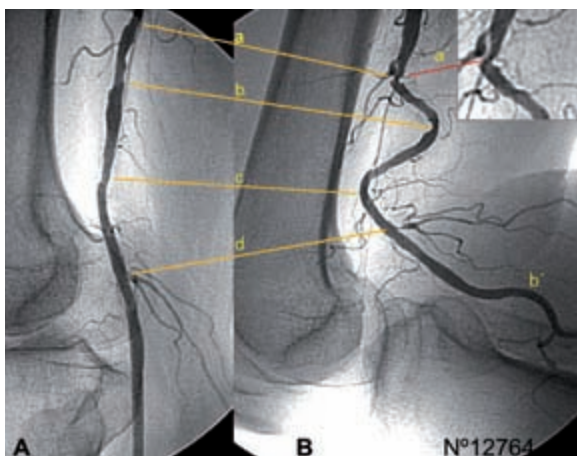


Figura 5. Adaptación de la arteria poplítea en la flexión de la rodilla. **A.** Angiografía lateral en extensión. **B.** Angiografía en flexión: (a) aparición de una obstrucción en flexión accesoria proximal; (a') figura ampliada; (b) aparición de flexión accesoria proximal y (b') accesoria distal; (c) flexión principal; (d) arterias gemelares de referencia para ver cómo se desplaza la arteria poplítea en su adaptación.

Definiciones

Flexión principal de la arteria poplítea: curvatura que aparece por encima del cóndilo del fémur aproximándose al tubérculo supracondíleo medial durante la flexión de la rodilla (**Figura 1**).

Flexión accesoria de la arteria poplítea: todas otras curvaturas que aparecen proximal y/o distal a la flexión principal (**Figura 1**).

Tubérculo supracondíleo medial: tubérculo ubicado en el cóndilo interno del fémur, lugar de inserción de los músculos del aductor mayor y gemelo interno (**Figura 1**).

Referencia de angulación de la rodilla: 0° está dado por los ejes longitudinales del fémur y de la pierna con la rodilla en extensión.

Angiografía

Las imágenes angiográficas fueron tomadas en posición lateral inyectando 20-30 ml de solución de con-



Figura 6. A. Flexión accesoria (flecha gruesa), lesión con gradiente de 75 mm Hg antes de la flexión principal (pre-MSCT, tubérculo supracondíleo medial). **B.** Stent balón expandible implantado antes de la flexión principal teniendo como referencia el MSCT (flecha fina). **C.** Angiografía post angioplastia. **D.** Gradiente post implante del stent.

El implante del stent con la rodilla en flexión identificó la zona apropiada para la liberación del stent.

Originalmente publicado en *J Invasive Cardiol* 2011 Oct;23(10):431-3. Presentado bajo autorización.

traste no iónico a 5-10 ml/s a 25-30 cuadros/s con bomba inyectora. Se filmaron con un ángulo de 80° a 110° de flexión.

RESULTADOS

Demografía. Edad: 64,3±10,4 años; sexo masculino: 66,7%; hipertensión arterial: 72,7%; diabetes: 72,7%; dislipemia: 30%; tabaquismo: 32%. Otros datos: 8 pacientes en diálisis, 5 pacientes con enfermedad coronaria aterosclerótica conocida, 7 pacientes con arteriopatía renal conocida y 1 paciente con ACV previo.

De las arterias poplíteas analizadas se observaron 83,25% flexiones principales totales y 74,1% flexiones accesorias totales. Estas pueden aparecer combinadas con otras flexiones. De acuerdo con la asociación de las flexiones hemos clasificado cinco tipos morfológicos



Figura 7. Fractura de stent. **A.** Arteriografía diagnóstica. **B.** Implante de stent auto expandible. **C.** Control dos meses rodilla en extensión. Se observa doble fractura del stent (flechas). **D.** Control dos meses rodilla en flexión. Las fracturas ocurren a nivel de la flexión principal y flexión accesoria distal (flechas). **Comentario:** la flexión accesoria no es visible en la angiografía diagnóstica, tampoco en la post implantación inmediata; el alambre guía impide que la arteria se flexione (flecha foto B).

(Figura 2): Tipo 1: flexión principal aislada 22,7%; Tipo 2: flexión principal + flexión accesoria proximal 48%; Tipo 3: flexión principal + flexión accesoria distal 9,8%; Tipo 4: flexión principal + flexión accesoria proximal + flexión accesoria distal 17,5%; Tipo 5: sin flexiones (principal ni accesorias) 2,0%.

Hemos hallado, además, en el 23,6% de las últimas 98 arterias analizadas en 72 pacientes, la aparición de lesiones severas en flexión que no habían sido observadas en la extensión o agravación de las lesiones existentes.

DISCUSIÓN

La movilidad de la arteria poplítea ocurre entre dos puntos fijos, uno proximal a nivel del canal aductor (anillo de Hunter) y otro distal a nivel del origen de la arteria tibial anterior, entre la membrana interósea y el ligamento de Barkow³. Entre estos puntos la arteria poplítea se adapta a la flexión de la rodilla, se acoda hacia la parte posterior del fémur por encima de la articulación de la rodilla acercándose al tubérculo supracondíleo interno del fémur a la que llamamos flexión principal (Figura 1). Además se pudo observar, en la mayoría de los casos, la aparición de flexiones accesorias proximales y distales a la flexión principal (Figura 1) que facilitan mayor adaptación de la arteria durante el movimiento de la rodilla. Las flexiones accesorias son consecuencias de la rigidez y elongación de la arteria con los años⁴; también el implante de *stents* produce rigidez arterial⁵. Estos cambios morfológicos de la arteria poplítea en la flexión han interferido en los resultados de la terapéutica endovascular (Figuras 3 y 4)¹⁻⁶. Esto dio origen a los estudios en nuestro servicio^{1,2} que permitió establecer criterios para el diagnóstico y el tratamiento endovascular de la arteria poplítea.

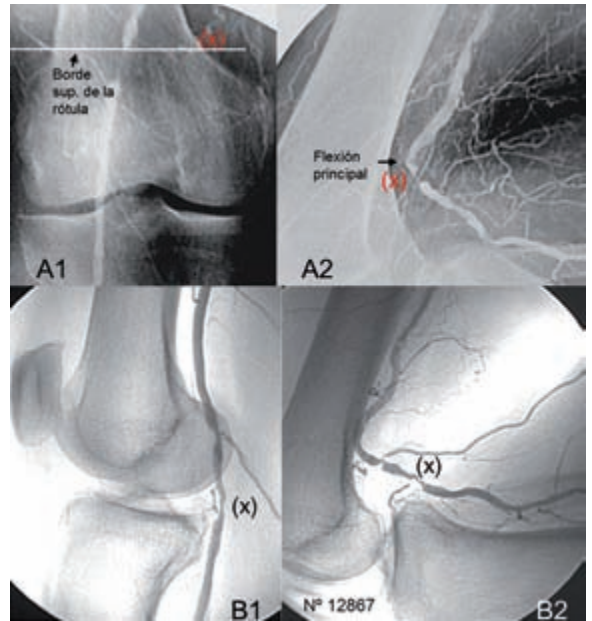


Figura 8. **A1.** Angiografía frontal en extensión. Se toma la lesión de la arteria poplítea a la altura del borde superior de la rótula como referencia. **A2.** Se observa que ese segmento se flexiona acercándose al tubérculo supracondíleo medial (X). **B1.** Angiografía lateral en extensión. **B2.** La lesión de referencia a la altura de la línea articular (X) muestra que la arteria poplítea no se flexiona a ese nivel.

El presente trabajo representa la evaluación de 197 casos que sumados a los trabajos anteriores acredita una experiencia de 14 años para este grupo.

En este estudio se agrega el comportamiento de la arteria poplítea durante la flexoextensión de la rodilla con sus implicancias diagnósticas, terapéuticas y las consecuencias. Así, observamos lesiones preexistentes que se agravan con la flexión de la rodilla o aparición de obstrucciones severas no evidentes con la angiografía en extensión (Figuras 3, 4 y 5). Estos inconvenientes también ocurrieron con el implante de los *stents*, que al modificar el trayecto de la arteria indujeron obstrucciones severas debiéndose sub-

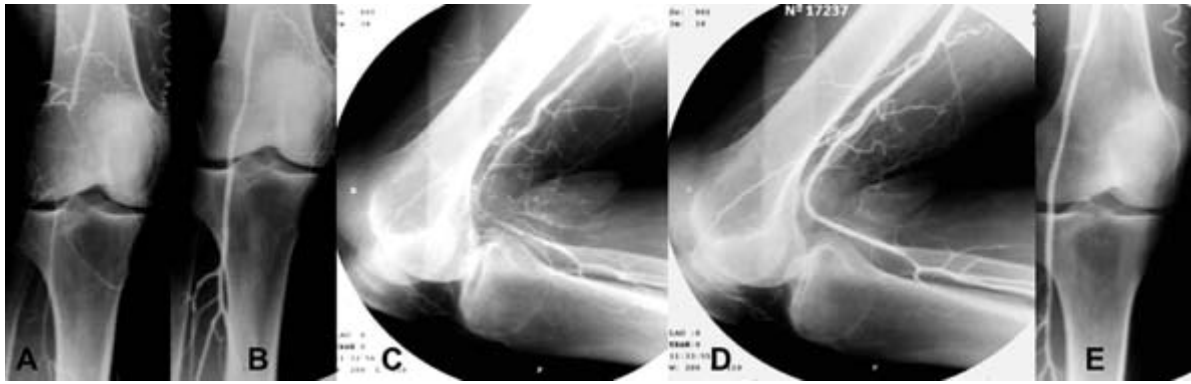


Figura 9. A. Angiografía basal. B. Post angioplastia balón con droga. C. Post angioplastia con balón, control con rodilla en flexión. Se observa severo estrechamiento difuso provocado por la flexión. D. Post implante de un stent autoexpandible (OptiMed sinus-SuperFlex 4 x 130 mm); se observa buena permeabilidad de la arteria. E. Control posimplante con rodilla en extensión.

sanar el obstáculo con la colocación de otro *stent* adicional (**Figuras 3 y 4**). La identificación individual de cada flexión en cada paciente es fundamental para un buen resultado de los procedimientos^{4,6}. Las elongaciones, las flexiones y el aumento de la rigidez arterial son las causas que contribuyen al resultado no esperado en la flexión de la rodilla¹⁻⁶.

El implante de los *stents* en arteria poplítea con la rodilla en flexión puede identificar la zona apropiada de liberación del *stent* y evitar la colocación innecesaria a nivel de las flexiones (**Figura 6**)⁶. La identificación individual de la patología en cada paciente es importante para un buen resultado⁷.

Las angiografías convencionales con la rodilla en extensión no pueden predecir la presencia de flexiones accesorias, su localización ni la severidad de la angulación de la flexión principal. Es necesario hacer una angiografía en posición lateral con flexión de la rodilla para los procedimientos femoropoplíteos (**Figuras 1, 2, 3, 4 y 5**).

Algunos autores consideran que el implante de los *stents graft* más allá de la línea articular de la rodilla son predictores del consiguiente fracaso^{8,9}, sin embargo estimamos que no se correlacionó el nivel de la fractura de los *stent* con las referencias óseas. De acuerdo con nuestros trabajos y por las imágenes observadas en otras publicaciones, las fracturas de los *stents* ocurren a nivel de las flexiones principal y accesorias (**Figura 7**)¹⁰. Es de destacar que la flexión principal no ocurre a nivel de la línea articular sino por encima del cóndilo del fémur (**Figuras 1, 5, 7 y 8**).

En algunas publicaciones, la arteria poplítea es dividida en tres segmentos: P1 (segmento proximal) que va desde el canal de los músculos aductores hasta el borde superior de la rótula; P2 (segmento medio) que va desde el borde superior de la rótula hasta la línea articular y P3 (segmento distal) que va desde la línea articular hasta la emergencia de la arteria tibial anterior⁸. Esta clasificación se implementa con criterios anatómicos con la rodilla en extensión.

A partir de nuestros estudios realizados, hemos establecido un criterio funcional, segmentando la arteria en una zona de preflexión, zona de flexión principal y zona de posflexión (**Figuras 1 y 2**). La zona de flexión principal es el lugar donde ocurren los fenómenos más importantes que pueden alterar los otros segmentos especialmente en la terapéutica endovascular (**Figuras 3, 4 y 9**).

CONCLUSIONES

Las angiografías convencionales con la rodilla en extensión no predicen las características de la flexión principal, su presencia, el número de las flexiones accesorias, su localización ni la severidad de las angulaciones.

Hay lesiones preexistentes que se agravan con la flexión de la rodilla o aparición de obstrucciones severas no evidentes con la angiografía en extensión. Lo mismo ocurre en el post implante de *stent* por alterar el trayecto arterial.

Para ello es necesario realizar una angiografía en posición lateral con flexión de la rodilla durante los procedimientos diagnósticos y terapéuticos endovasculares del territorio femoropoplíteos.

Con la rodilla en flexión se puede identificar la zona apropiada de liberación del *stent* y evitar la colocación innecesaria a nivel de las flexiones.

Agradecimientos

Secretarías: Hebe Domínguez, Cynthia Domínguez y Sabrina Rey.

Técnicos: Marisa Gómez, Pablo Jofré, Walter Medel, Flavia Peola, Martín Troncoso, Federico Fonseca.

Enfermería: Alicia Cerna, Patricia Martínez, Carla Martínez, Marta Lescano+, Marcelo Horta, Susana Montenegro, Aníbal Guerrero, Paula Abalos, Sergio Cisneros.

Ordenanzas: Esther Bregant, María Cristiani.

BIBLIOGRAFÍA

1. Díaz JA, Villegas M, Tamashiro G, et al. Flexions of the popliteal artery: dynamic angiography. *J Invasive Cardiol* 2004;16:712-5.
2. Díaz JA, Miceli MH, Villegas M, Tamashiro G, et al. Dynamic anatomy of the popliteal artery: hinge point and accessory flexions. *Vascular Disease Management* 2005; 2 March/April.
3. Avisse C, Marcus C, Ouedraogo T, Delattre JF, Menanteau B, Flament JB. Anatomico-radiological study of the popliteal artery during knee flexion. *Laboratoire d'Anatomie, Surg Radiol Anat* 1995;17(3):255-62.
4. Mozersky DJ, Sumner DS, Hokanson DE, Strandness DE Jr. Transcutaneous measurement of the elastic properties of the human femoral artery. *Circulation* 1972 Nov;46(5):948-55.
5. Zocholl G, Zapf S, Schild H, Thelen M. Functional angiography of the arteries near the knee joint: consequences for stent implantation?. *Rofo* 1990 Dec;153(6):658-62.
6. Tamashiro GA, Tamashiro A, Villegas MO, et al. Flexions of the popliteal artery: technical considerations of femoropopliteal stenting. *J Invasive Cardiol* 2011;23(10):431-3.
7. Kroger K, Santosa F, Goyen M. Biomechanical incompatibility of popliteal stent placement. *J Endovasc Ther* 2004;11(6):686-94.
8. Volpato MG, Metzger PB, Folino MC, et al. Tratamiento endovascular de los aneurismas de la arteria poplítea. *Rev Bras Cardiol Invasiva* 2014; 22(4):375-81.
9. Shackles C, Rundback JH, Herman K, David Y, et al. Above and Below Knee Femoropopliteal VIABAHN®. *Catheter Cardiovasc Interv* 2015 Apr;85(5):859-67.
10. Tielliu IFJ, Zeebregts CJ, Verhoeven ELG, van den Dungen JJAM. Reply. *Journal of Vascular Surgery*, Volume 42, Issue 5, 1041.