

AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA E FUNCIONAL POR ECOGRAFIA E DOPPLER COMO FATOR PREDITIVO DA PERMEABILIDADE AOS 12 MESES EM ACESSOS VASCULARES PROXIMAIS.

ANATOMICAL AND HEMODYNAMIC COLOR DOPPLER ULTRASOUND ASSESSMENT AS PREDICTIVE FACTOR FOR ONE YEAR PATENCY IN PROXIMAL VASCULAR ACCESS FOR HEMODIALYSIS.

A Gomes¹, A Germano², M Sousa¹, R Rocha¹, R Marinho¹, P Campos³, M Fragoso¹, N Pignatelli⁴, V Nunes⁵

RESUMO

Introdução: O mapeamento vascular por ecografia e *doppler* é crucial no planeamento de um acesso vascular para hemodiálise. O objectivo deste estudo é avaliar quais das variáveis anatómicas e hemodinâmicas arteriais e venosas, medidas por ecografia e Doppler, se associam a permeabilidade global aos 12 meses nos acessos vasculares proximais.

Material e Métodos: Estudo observacional, analítico, longitudinal, com colheita retrospectiva de dados. Foram incluídos os doentes admitidos no nosso hospital entre Janeiro de 2011 e Junho de 2013 para a criação de acesso vascular proximal para hemodiálise como primeiro acesso, com mapeamento vascular por ecografia e *doppler*. Foram comparados os doentes com permeabilidade de acesso aos 12 meses com os doentes com falência de acesso até aos 12 meses. Foi feita análise univariada e multivariada. Foi utilizada estatística não paramétrica com significância para $\alpha=0,05$.

Resultados: Foram incluídos 61 doentes com idade média de $66,5 \pm 13,5$ anos, 26 do sexo feminino, 18 fistulas umerobasilicas, 65,6% de permeabilidade global aos 12 meses. O diâmetro da artéria umeral (AU), o diâmetro da veia, o índice de resistência e a distensibilidade venosa não foram diferentes entre os grupos. O fluxo da AU ($0,19\text{l}/\text{min} \pm 0,11$ vs $0,16\text{l}/\text{min} \pm 0,06$; $U=215,0$; $df=59$; $p<0,05$), a velocidade picosistólica da AU ($78,77\text{m}/\text{s} \pm 23,20$ vs $65,47\text{m}/\text{s} \pm 18,47$; $U=210,2$; $df=59$; $p<0,05$) e a distância entre a artéria e a veia ($31,73 \pm 11,9\text{mm}$ vs $17,75 \pm 8,61\text{mm}$ $U=101,0$; $df=59$; $p<0,05$) associaram-se a permeabilidade global aos 12 meses. A *Diabetes Mellitus* tipo II (DMII) foi mais prevalente entre os doentes com falência aos 12 meses ($p<0,05$). O diâmetro da AU correlacionou-se positivamente com o débito e a velocidade picosistólica da AU. A distensibilidade da veia correlacionou-se negativamente com o seu diâmetro sem garrote. Na análise por regressão logística, apenas a DMII demonstrou significância estatística, associando-se negativamente com permeabilidade aos 12 meses.

Conclusões: Nos doentes estudados, o fluxo arterial, a velocidade picosistólica e a distância entre artéria e veia são superiores entre os doentes com permeabilidade global aos 12 meses quando comparados com os doentes com falência de acesso. A DMII mostrou ser um factor de risco independente para falência de acesso aos 12 meses.

Palavras-Chave: Ecografia, Doppler, Fístula Arteriovenosa

ABSTRACT

Background: Color Doppler Ultrasound (CDU) is essential for vascular mapping in vascular access planning/creation. The aims of this study were to evaluate which anatomical and hemodynamic variables from arteries and veins, measured by CDU, were associated with one year patency in brachiocephalic and brachiocephalic primary AV fistula.

Materials and Methods: Retrospective analysis of patients admitted at our institution between January 2011 and June 2013 for native proximal AVF creation after CDU vascular mapping. Univariate and Multivariate analysis was performed. 12 month patency vascular access patients were compared with 12 month non patent vascular access patients. Non-parametric statistics were used. Significance was considered for an $\alpha=0,05$.

Results: 61 patients were studied, mean age of $66,5 \pm 13,5$; 26 female; 18 brachiocephalic access, 65,6% one year patency. Brachial artery (BA), venous diameter, Resistance Index and venous distensibility showed no differences between groups. BA flow was higher in the year patency group ($0,19\text{l}/\text{min} \pm 0,11$ vs $0,16\text{l}/\text{min} \pm 0,06$; $U=215$; $df=59$; $p<0,05$) as well as the peak systolic velocity ($78,77\text{m}/\text{s} \pm 23,2$ vs $65,47\text{m}/\text{s} \pm 18,47$; $U=210,2$; $df=59$; $p<0,05$) and distance between artery and vein $31,73 \pm 11,9\text{mm}$ vs $17,75 \pm 8,61\text{mm}$ $U=101,0$; $df=59$; $p<0,05$). Prevalence of type II diabetes mellitus were higher in the non-patency group ($p<0,05$). BA diameter correlates with BA flow and peak systolic velocity. Vein compliance shows a negative correlation with vein diameter. By logistic regression only type II diabetes mellitus influenced one year patency in a negative way.

Conclusions: In this group of patients, higher brachial artery flow, higher peak systolic velocity of brachial artery and higher distance between artery and vein were associated with one year patency. Type II Diabetes Mellitus was a risk factor for one year patency.

Keywords: Ultrasonography, Doppler, Arteriovenous Fistula

¹ Interno Formação Específica Cirurgia Geral - Serviço de Cirurgia B, Hospital Prof. Doutor Fernando Fonseca, EPE, Amadora, Portugal
✉ apspgomes@gmail.com

² Assistente Hospitalar Graduado - Serviço de Imagiologia, Hospital Prof. Doutor Fernando Fonseca, EPE, Amadora, Portugal

³ Interno Formação Específica Nefrologia - Serviço de Nefrologia, Hospital Prof. Doutor Fernando Fonseca, EPE, Amadora, Portugal

⁴ Assistente Hospitalar - Serviço de Cirurgia B, Hospital Prof. Doutor Fernando Fonseca, EPE, Amadora, Portugal

⁵ Chefe de Serviço de Cirurgia Geral, Diretor do Serviço de Cirurgia B, Hospital Prof. Doutor Fernando Fonseca, EPE, Amadora, Portugal

Este trabalho não beneficiou de subsídios ou contribuições.

Recebido 03/10/14; Aceite 09/12/14

INTRODUÇÃO

A prevalência da doença renal crónica (DRC) tem aumentado em Portugal e no Mundo, especialmente o grupo que necessita de terapêutica substitutiva da função renal (TSFR). Estes doentes apresentam com maior frequência idade mais avançada e maior número de comorbilidades associadas¹⁻³. Desta forma, actualmente uma larga maioria de doentes apenas pode iniciar TSFR através de hemodiálise, deixando para as restantes opções, nomeadamente diálise peritoneal e transplante renal, um valor pouco expressivo. Daqui resulta a enorme pressão sobre a criação eficaz de acessos vasculares para hemodiálise. Trata-se de uma cirurgia ingrata pelas complicações associadas e taxas de insucesso que podem atingir os 40% ao fim do primeiro ano^{4,6}.

Com a evolução das técnicas de diagnóstico não invasivas, em particular no mapeamento vascular com ecografia, *doppler* e *angioRM*, também não é novidade que todos os doentes admitidos para criação de acesso vascular para hemodiálise devem estar caracterizados do ponto de vista morfológico e funcional em termos de capital vascular. Assim, o acesso vascular deve ser previamente planeado de forma precisa e objectiva, aumentando a probabilidade de uma cirurgia segura, tão minimamente invasiva quanto possível, sem comprometer o sucesso e eficácia: um acesso vascular funcional tão distal quanto possível.

Sobre a avaliação pré-operatória, na actualidade, vários trabalhos pretendem definir objectivamente critérios morfológicos e hemodinâmicos individuais que se associem ao sucesso do acesso⁷⁻⁸.

Desta forma, o nosso **objectivo** é avaliar que características morfológicas e hemodinâmicas do eixo arterial e venoso do membro superior, avaliadas por ecografia e *Doppler*, se associam com a permeabilidade primária aos 12 meses de um acesso vascular proximal.

METODOLOGIA

Desenho de estudo

Estudo observacional, analítico, longitudinal, com colheita retrospectiva de dados.

Crítérios de elegibilidade

Foram incluídos os doentes com idade superior a 18 anos, admitidos no Hospital Prof. Dr. Fernando Fonseca E.P.E. para criação de acesso vascular proximal nativo após mapeamento vascular com ecografia e Doppler pelo Serviço de Imagiologia do HFF.

Foram excluídos doentes com acessos proximais prévios homolaterais.

Grupos de estudo

Foram considerados dois grupos de estudo: doentes com permeabilidade de acesso aos 12 meses e doentes com falência de acesso até aos 12 meses avaliada clinicamente pela presença de sopro e frémito.

Parâmetros de avaliação

Primários:

Caracterização vascular morfológica e funcional: diâmetro da artéria umeral, diâmetro da veia cefálica ou basílica no terço distal do braço, distensibilidade venosa (medida como o quociente entre o diâmetro venoso com garrote e

sem garrote), débito da artéria umeral, índice de resistência da artéria umeral, velocidade picosistólica da artéria umeral, e distância entre artéria e veia. Permeabilidade primária do acesso vascular aos 12 meses.

Secundários:

Caracterização demográfica, comorbilidades, tipo de acesso proximal.

Análise estatística

Atendendo à dimensão da amostra, optou-se por utilizar estatística não paramétrica, mais restritiva, independente da aproximação à distribuição normal, e testada segundo Shapiro-Wilk.

A análise de variáveis contínuas de acordo com duas categorias foi feita utilizando o teste de *Mann-Whitney*. As variáveis nominais foram analisadas utilizando o *Fisher's exact test*. A análise multivariada com regressão logística foi realizada com o *enter method*. A análise de duas variáveis contínuas foi feita através da correlação de *Spearman*. Um valor de $p < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo.

RESULTADOS

Estatística Descritiva

Desde Janeiro de 2010 foram avaliados 160 doentes e efectuadas 234 intervenções. Desde Janeiro de 2012 fazemos por rotina mapeamento vascular prévio com ecografia e Doppler realizado por radiologista especificamente dedicado aos acessos vasculares. Dos 160 doentes avaliados foram considerados elegíveis 61 doentes (primeiro acesso proximal com estudo vascular prévio por ecografia e Doppler).

As características descritivas estão resumidas na tabela 1: 61 doentes com idade $66,06 \pm 13,81$ anos de idade, 42,6% do sexo feminino, 18 fístulas úmero-basílicas (FAV UB), 80,3% com hipertensão arterial e 76,4% com diabetes mellitus tipo II. Permeabilidade primária aos 12 meses de 65,6%.

A diabetes mellitus tipo II e FAV UB foi mais prevalente entre os doentes com falência de acesso até aos 12 meses ($p < 0,05$). A idade, sexo e prevalência de hipertensão arterial não foram diferentes entre os grupos estudados.

Tabela 1 – Caracterização dos doentes

	Global n=61	Permeabilidade 1º Ano n=40	Falência 1º Ano n=21	p-val
Idade (media) [min-max]	66,5±13,48 [30-89]	68,9±12,2 [30-89]	62,2±14,8 [32-86]	p=0,065
Feminino, n (%)	26 (42,6)	17 (42,5)	9 (42,8)	p=0,853
Pré-HD, n (%)	25 (41,0)	18 (45,0)	7 (33,3)	p=0,274
HTA, n (%)	49 (80,3)	29 (72,5)	20 (95,2)	p=0,063
DM II, n (%)	46 (75,4)	27 (67,5)	19 (90,4)*	p=0,047*
FAV UB, n (%)	18 (29,5)	8 (20,0)	10 (47,6)*	p=0,01*
Permeabilidade 1 ano	65,6%	-	-	-

Pre- HD – pré-hemodiálise; HTA – hipertensão arterial; DM II – *Diabetes Mellitus* tipo II; FAV UB – fístula arteriovenosa umerobasílica.

Avaliação morfológica e hemodinâmica do eixo vascular do membro superior

A velocidade picosistólica e a distância entre artéria e veia apresentaram distribuição diferente da normal.

As tabelas 2 e 3 resumem a avaliação morfológica e hemodinâmica por ecografia e Doppler do eixo arterial proximal e venoso superficial do membro superior.

Das características morfológicas avaliadas, nem o diâmetro arterial, nem o diâmetro venoso foram diferentes entre os grupos. A distância entre artéria e veia foi superior no grupo com permeabilidade primária aos 12 meses mesmo considerando uma menor prevalência de FAV UB neste grupo.

Da avaliação hemodinâmica, o fluxo na artéria umeral e a velocidade picosistólica foram superiores no grupo com permeabilidade aos 12 meses embora os índices de resistência não tenham mostrado diferenças estatisticamente significativas entre os grupos.

Tabela 2 – Caracterização vascular morfológica por ecografia

	Permeabilidade ao 1º Ano (n=40)	Falência no 1º Ano (n=21)	MW p-val
Diâmetro AU (mm)	4,50±1,53	4,51±1,06	0,206
Diâmetro da Veia (mm)	3,31±1,12	3,59±1,76	0,899
Distensibilidade Venosa	1,37±0,42	1,51±0,51	1,000
Distância AV (mm)	31,73±11,9*	17,75±8,61*	0,001

(média±desvio padrão); MW – Mann-Whitney test; *p<0,05; AU – Artéria Umeral, AV – artéria-veia.

Tabela 3 – Caracterização hemodinâmica proximal do membro superior por ecografia e doppler

	Permeabilidade ao 1º Ano (n=40)	Falência no 1º Ano (n=21)	MW p-val
Fluxo AU	0,19±0,11*	0,16±0,06*	0,044
Velocidade picosistólica	78,77±23,2*	65,47±18,47*	0,030
IR	0,94±0,07	0,95±0,08	0,296

MW – Mann-Whitney test; *MW p<0,05. Fluxo medido em l/min e velocidade picosistólica em m/s.

Correlações entre Parâmetros Morfológicos e Hemodinâmicos

A tabela 4 resume os resultados para a correlação entre as variáveis anatômicas e hemodinâmicas. O diâmetro da artéria umeral correlacionou-se positivamente com o fluxo e velocidade picosistólica na artéria umeral.

Tabela 4 – Correlações entre variáveis anatômicas e hemodinâmicas

ARTÉRIA		
	Fluxo AU	Vel Picosist AU
Diâmetro AU	B=0,322; p=0,015	B=0,497;p<0,001
VEIA		
	Dist Venosa	
Diâmetro da Veia	B=-0,594; p<0,001	

Correlação de Spearman; AU – Artéria Umeral; Vel Picosist AU – Velocidade Picosistólica da Artéria Umeral; Dist Venosa – Distensibilidade Venosa.

A distensibilidade da veia correlacionou-se negativamente com o diâmetro da veia medida sem garrote.

Apesar de o diâmetro da artéria umeral não variar em função do grupo de estudo, ao contrário do fluxo e velocidade picosistólica, este correlacionou-se positivamente com estas últimas duas variáveis. Do ponto de vista conceptual, estes resultados são razoáveis e pode-se explicar a não existência de diferença entre grupos com base numa amostra de pequena dimensão, o que se traduz num poder insuficiente para nos garantir com probabilidade aceitável esta inexistência de diferença do diâmetro entre os grupos, limitando as conclusões sobre este parâmetro.

A distensibilidade da veia é avaliada através da razão entre diâmetro com garrote e diâmetro sem garrote. Apesar das limitações associadas à metodologia de aplicação do garrote, compreende-se que quanto menor o diâmetro inicial, maior a distensibilidade venosa, justificando assim o coeficiente negativo.

Análise Multivariada – Análise de Regressão Logística

Considerando como preditores a presença de comorbilidades (hipertensão arterial e *diabetes mellitus* tipo II, pré-diálise vs diálise) e as variáveis morfológicas e hemodinâmicas (diâmetro e fluxo da artéria umeral, velocidade picosistólica, distensibilidade venosa, distância entre artéria e veia e índice de resistência), apenas a presença de DM II mostrou influenciar o modelo de predictibilidade de falência ao primeiro ano (tabela 5A).

Tabela 5a – Análise Multivariada A – Regressão Logística

	B	p-val
DM II	-2,220	0,012
HTA	0,457	1,000
Pré-HD	-0,414	0,644

DM II – *Diabetes Mellitus* tipo II; HTA – Hipertensão arterial; Pré-HD – Pré- hemodiálise.

Da análise de regressão logística e da análise multifactorial, nenhuma das outras variáveis ou interacção de variáveis mostrou significância estatística (tabela 5B).

Tabela 5b – Análise Multivariada B – Análise Multifactorial *enter method*

	B	p-val
Idade	-,663	0,999
Diâmetro AU	-18,162	0,999
Debito AU	168,622	0,997
Picosist AU	1,236	0,998
IR	85,649	0,999
Diametro veia	37,791	0,999
Diametro veia com garrote	-45,738	0,998
Distensibilidade venosa	8,719	1,000
Distancia artéria_veia	-3,561	0,995

AU – Artéria Umeral. IR – índice de Resistência

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A melhor evidência científica atual insiste na otimização da caracterização, planeamento e estratégia no pré-operatório, dirigida à construção de um acesso tão distal quanto possível sem comprometer a sua funcionalidade.

Esta corrente tem sido sustentada por inúmeros estudos que documentam o valor do mapeamento vascular não invasivo pré-operatório, nomeadamente por ecografia e Doppler, e ressonância magnética (RMN)⁹⁻¹⁰, estando atualmente preconizado por rotina nas *guidelines* do K/DOQII e desde 2007 nas *guidelines* europeias (ERBP)¹².

É igualmente a nossa sensibilidade, com base na nossa atividade, o valor do mapeamento vascular pré-operatório. Por um lado pela orientação cirúrgica para vasos com qualidade que garantam um acesso funcional evitando uma exploração cirúrgica muito mais invasiva sob anestesia local e insucessos por utilização de capital vascular inadequado.

O melhor método de imagem e caracterização pré-operatória não invasivo ainda está em debate, nomeadamente no que respeita à discussão entre ecografia e *doppler* vs RMN¹³. A RMN nem sempre está disponível e requer mais recursos que a ecografia e *doppler*. Por outro lado, a ecografia com *doppler* e a medição de variáveis fisiológicas e hemodinâmicas no membro superior depende fortemente do operador. Este último aspeto só é possível contornar com um radiologista experiente e dedicado com padronização da técnica.

A equipa de acessos vasculares para hemodiálise do nosso hospital integra uma médica especialista em radiologia com dedicação e diferenciação em ecografia e *doppler* para mapeamento vascular, condição essencial para que possamos cumprir o que preconizamos: mapeamento vascular pré-operatório por ecografia e *doppler* por rotina, com caracterização morfológica e fisiológica/hemodinâmica arterial e venosa dos membros superiores.

Apesar de ser consensual o valor da caracterização pré-operatória, não está claramente definido o valor de cada uma das variáveis medidas enquanto predictoras de permeabilidade do acesso.

Estudos recentes procuram por análise multivariada e análise de curvas ROC definir quais as variáveis e em que medida influenciam o sucesso na criação de um acesso¹⁴. Vasos de bom diâmetro, boa distensibilidade e bom fluxo não deixam dúvidas. No entanto, o que prevalece na prática clínica são situações *borderline*, em que vasos de pequeno calibre com calcificações ou com distensibilidade duvidosa mantêm um débito limite. Nestas circunstâncias, quais as variáveis que melhor valor preditivo apresentam?

Embora habitualmente a permeabilidade dos acessos vasculares seja avaliada e analisada segundo regressão de cox e curvas de Kaplan-Meier, o número de doentes e o *follow-up* ajustam-se melhor no nosso caso a uma dicotomização da variável permeabilidade global aos 12 meses.

Os nossos resultados atribuem valor preditivo às características hemodinâmicas e não tanto às características morfológicas (débito da artéria umeral e velocidade picosistólica associaram-se em análise univariada a permeabilidade primária aos 12 meses, ao contrário do diâmetro arterial e venoso). Isto pode ser compreendido se admitirmos que a funcionalidade do acesso dependente do seu *inflow* condicionado pelo débito arterial. No limite, se considerarmos o débito

arterial independente do diâmetro vascular, compreende-se a associação com fluxo e não com diâmetro. Na realidade, o fluxo é função do diâmetro, mas não de forma linear, interagindo de forma complexa com muitas outras variáveis.

Quanto à distensibilidade da veia, classicamente considera-se a distensibilidade venosa um critério importante para o sucesso do acesso, relacionando-se com o *outflow*. A distensibilidade venosa mede-se pré-operatoriamente através da relação entre o diâmetro da veia com garrote no terço superior do braço e o diâmetro da mesma sem o garrote. Apesar de ser um valor numérico, e de ser realizado sempre pelo mesmo operador, várias variáveis que não são rotineiramente avaliadas podem interferir com este valor, nomeadamente a pressão do garrote, o diâmetro do braço, a temperatura da sala, e comorbidades associadas, nomeadamente insuficiência cardíaca, hipertensão arterial e obesidade, pelo que acaba por ser um indicador grosseiro de capacitância venosa. Intra-operatoriamente é rotineiramente testado, embora não medido, através da injeção sob pressão de soro heparinizado.

Desta forma, a não associação da distensibilidade venosa com a permeabilidade ao primeiro ano pode dever-se à interferência dos referidos vieses associados. Por outro lado, a distensibilidade venosa não é necessariamente função linear em relação ao sucesso do acesso (podendo comportar-se como binominal) e não conhecemos o limite inferior de *outflow* a partir do qual se condiciona a permeabilidade do acesso. Também não foi estudada a variação da distensibilidade venosa ao longo do tempo após a criação do acesso.

A distância entre artéria e veia mostrou-se associada a permeabilidade no primeiro ano. Este resultado é mais difícil de interpretar. Empiricamente, considera-se que uma maior distância implica uma maior dissecação da veia e pode condicionar uma angulação e estenose à saída do acesso e maior tensão sobre a anastomose.

Em primeira análise, este resultado seria influenciado pelo facto de serem incluídas fistulas umerocefálicas e umerocefálicas, sabendo-se que a proximidade entre veia basilica e artéria umeral é inferior à distância entre a veia cefálica e a artéria umeral.

A distribuição de FAV UB não é equitativa e tem uma maior prevalência entre os acessos com falência até aos 12 meses. No entanto, este resultado mantém significância estatística mesmo após exclusão das FAV UB.

Poder-se-á considerar que a distância entre artéria e veia influencia o ângulo AV na anastomose (retificando-o) e tal terá influência positiva sobre o *inflow* e *outflow* no acesso, embora de forma alguma o possamos demonstrar com este estudo até porque estas variáveis não foram avaliadas¹⁵⁻¹⁶.

Resumindo, os nossos resultados atribuem mais importância a factores hemodinâmicos relacionados com o *inflow* do acesso medido através do débito da artéria umeral e velocidade picosistólica umeral.

Estes resultados, apesar de interessantes e até promissores do ponto de vista de atividade clínica, devem continuar a ser testados prospectivamente, pois não se conseguiu neste estudo poder suficiente para garantir que as variáveis morfológicas e as variáveis de *outflow* não influenciam de facto a permeabilidade aos 12 meses. Por outro lado, ficam por estudar e analisar as curvas ROC por forma a definir *cut-offs* a partir dos quais determinada variável prevê de forma consistente o sucesso/insucesso do acesso.

BIBLIOGRAFIA

1. Wolfgang M. Worldwide Epidemiology of End Stage Renal Disease (ESRD) and Vascular Access Challenges. 8th International Congress of the Vascular Access Society, Prague 2013.
2. Foley RN, Collins AJ. End-Stage renal disease in the United States: an update from the United States Renal Data System, United States Renal Data System Coordinating Center, Minneapolis, Minnesota. *J Am Soc Nephrol.* 2007; 18: 2644-648.
3. Covic A, Schiller A. Burden of disease - prevalence and incidence of ESRD in selected European regions and populations. *Clin Nephrol.* 2010; 74: S23-7.
4. Collins AJ, Foley RN, Chavers B, Gilbertson D, Herzog C, Ishani A, et al. US Renal Data System 2013 Annual Data Report, *Am J Kidney Dis.* 2014; 63: A7.
5. Sultan S, Hynes N, Hamada N, Tawfick W. Patients on hemodialysis are better served by a proximal arteriovenous fistula for long-term venous access. *Vasc Endovascular Surg.* 2012; 46: 624-34.
6. Nguyen TH, Bui TD, Gordon IL, Wilson SE. Functional patency of autogenous AV fistulas for hemodialysis. *J Vasc Access.* 2007; 8: 275-80.
7. Kazemzadeh GH, Modaghegh MHS, Ravari H, Daliri M, Hoseini L, Nateghi M. Primary patency rate of native AV fistula: long term follow up. *Int J Clin Exp Med.* 2012; 5: 173-8.
8. Jemcov TK. Morphologic and functional vessels characteristics assessed by ultrasonography for prediction of radiocephalic fistula maturation. *J Vasc Access.* 2013; 14: 356-63.
9. Merckx MA, Huberts W, Bosboom EM, Bode AS, Bescós JO, Tordoir JH, et al. (2013) The benefit of non contrast-enhanced magnetic resonance angiography for predicting vascular access surgery outcome: a computer model perspective. *PLoS One* 8: e53615.
10. Planken NR, Tordoir JH, Duijm LE, van den Bosch HC, van der Sande FM, Kooman JP, et al. Magnetic resonance angiographic assessment of upper extremity vessels prior to vascular access surgery: feasibility and accuracy. *Eur Radiol.* 2008; 18: 158-67.
11. Clinical practice guidelines for vascular access. *Am J Kidney Dis.* 2006; 48: S176-S247.
12. Tordoir J, Canaud B, Haage P, Konner K, Basci A, Fouque D, et al. EBPG on Vascular Access. *Nephrol Dial Transplant.* 2007; 22: ii88-ii117.
13. Grogan J, Castilla M, Lozanski L, Griffin A, Loth F, Bassiouny H. Frequency of critical stenosis in primary arteriovenous fistulae before hemodialysis access: Should duplex ultrasound surveillance be the standard of care? Presented at the Fifty-eighth Annual Meeting of the Society for Vascular Surgery, Anaheim, Calif, June 5, 2004.
14. Back MR, Maynard M, Winkler A, Bandyk DF. Expected flow parameters within hemodialysis access and selection for remedial intervention of nonmaturing conduits. *Vasc Endovascular Surg.* 2008; 42: 150-8.
15. Ene-Iordache B, Cattaneo L, Dubini G, Remuzzi A. Effect of anastomosis angle on the localization of disturbed flow in 'side-to-end' fistulae for haemodialysis access. *Nephrol Dial Transplant.* 2013; 28: 997-1005.
16. Van Canneyt K, Pourchez T, Eloit S, Guillame C, Bonnet A, Segers P, et al. Hemodynamic impact of anastomosis size and angle in side-to-end arteriovenous fistulae: a computer analysis. *J Vasc Access.* 2010; 11: 52-8.