



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro Biomédico

Faculdade de Ciências Médicas

Alexandre de Freitas Miranda

**Análise matemática e solução computadorizada para enxertia nas
curvaturas penianas**

Rio de Janeiro

2014

Alexandre de Freitas Miranda

**Análise matemática e solução computadorizada para enxertia nas curvaturas
penianas**

Tese apresentada, como requisito parcial
para obtenção do título de Doutor, ao
Programa de Pós-graduação em
Fisiopatologia e Ciências Cirúrgicas, da
Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
Área de concentração: Sistema Urogenital.

Orientador: Prof. Dr. Francisco José Barcellos Sampaio

Rio de Janeiro

2014

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CB-A

M672 Miranda, Alexandre de Freitas.

Análise matemática e solução computadorizada para
enxertia nas curvaturas penianas / Alexandre de Freitas
Miranda. – 2014.
92 f.

Orientador: Francisco José Barcellos Sampaio.

Tese (Doutorado) – Universidade do Estado do Rio de
Janeiro, Faculdade de Ciências Médicas. Pós-graduação em
Fisiopatologia e Ciências Cirúrgicas.

1. Pênis – Ereção - Teses. 2. Pênis – Cirurgia – Teses. 3.
Análise matemática – Teses. 4. Autoenxertos. 5. Cirurgia
assistida por computador. I. Sampaio, Francisco José
Barcellos. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
Faculdade de Ciências Médicas. III. Título.

CDU 616.66-089

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou
parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Alexandre de Freitas Miranda

**Análise matemática e solução computadorizada para enxertia nas curvaturas
penianas**

Tese apresentada, como requisito parcial
para obtenção do título de Doutor, ao
Programa de Pós-graduação em
Fisiopatologia e Ciências Cirúrgicas, da
Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
Área de concentração: Sistema Urogenital.

Aprovada em 20 de março de 2014.

Orientador: Prof. Dr. Francisco José Barcellos Sampaio
Faculdade de Ciências Médicas - UERJ

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Archimedes Nardozza Junior
Universidade Federal de São Paulo

Prof.^a Dra. Carla Braga Mano Gallo
Faculdade de Ciências Médicas - UERJ

Prof. Dr. Luiz Carlos Duarte de Miranda
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Joaquim Francisco de Almeida Claro
Universidade de São Paulo

Dr. Valter Javaroni
Hospital Federal de Bonsucesso

Prof. Dr. Waldemar Silva Costa
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

Rio de Janeiro

2014

RESUMO

MIRANDA, Alexandre de Freitas. *Análise matemática e solução computadorizada para enxertia nas tortuosidades penianas*. 2014. 92f. Tese (Doutorado em Fisiopatologia e Ciências Cirúrgicas) – Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

A doença de Peyronie atinge 9% da população adulta masculina e seu tratamento, quando há deformidade significativa, é cirúrgico. A cirurgia capaz de corrigir desvios complexos (multiplanares e ampulheta) prevenindo a perda do tamanho peniano é a incisão da placa e enxertia; porém apresenta maior incidência de disfunção sexual erétil (DSE). No intuito de compreender melhor as consequências mecânicas e geométricas da cirurgia de enxertia foram recriadas as técnicas cirúrgicas mais comuns, utilizando um modelo tridimensional de cilindro. Evidenciou-se imprecisões geométricas e problemas mecânicos significativos. Desta forma a DSE pós-operatória pode estar ligada às alterações geométricas e mecânicas secundárias à enxertia. Em uma segunda fase da pesquisa, usando nosso modelo de tortuosidade peniana de tecido de algodão, criamos uma solução matemática para incisão da placa e enxertia sem defeitos residuais. A solução foi usada em 9 homens, que possuíam rigidez peniana suficiente para penetrar a parceira. Eles foram submetidos à corporoplastia com enxerto de fáscia lata, usando a nossa nova técnica, calculada por um aplicativo para o iPad. Aplicamos a versão de 5 itens do índice internacional de função erétil (IIEF-5) no pré-operatório e ao fim do acompanhamento. Após um acompanhamento médio de 16 meses nenhuma complicação significativa foi observada no pós-operatório recente. A retificação completa peniana foi alcançada em 100% dos pacientes. A média de aumento no lado curto peniano foi de 3 cm e a área média do enxerto de 12.4cm². Ao fim do acompanhamento 33% dos pacientes desenvolveram recorrência da deformidade. Um paciente (11%) apresentou intensa fibrose no corpo cavernoso e disfunção erétil (DE) severa. A média do IIEF-5 pós-operatório foi de 19.4, sem diferença estatística significativa do período pré-operatório (20.4). Ao fim do acompanhamento todos os pacientes eram capazes de ter intercurso sexual, 2 (22%) pacientes com ajuda farmacológica e 7 (77%) sem ajuda. 89% dos pacientes ficaram satisfeitos com a cirurgia. Podemos concluir que a correção cirúrgica da curvatura peniana com o uso do iGrafter parece ser segura e eficiente na retificação peniana, sem provocar nenhuma deformidade residual e com uma área mínima. Mais estudos de longo prazo são necessários para confirmar estes achados.

Palavras-chave: Doença de Peyronie. Incisão. Enxerto. Análise computadorizada. Disfunção sexual erétil.

ABSTRACT

MIRANDA, Alexandre de Freitas. *Mathematic analysis and computadorized solution to correct penile deviation*. 2014. 92f. Tese (Doutorado em Fisiopatologia e Ciências Cirúrgicas) – Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

The Peyronie's disease affect 9% of the male population and the treatment, when they have a significant deformity, is made by surgery. The technic capable to correct complex deviations (multiplanar and hourglass) and prevent length loss is plaque incision and graft (PIG) but at the same time they have higher rate of erectile dysfunction (ED), when compared with plication. Looking for a better comprehension about the mechanical and geometrical consequences of PIG on penile curvature correction we reproduce the most common surgical technic to perform PIG, using a three-dimensional cylinder model. We found significant geometrical and mechanical problems. We can conclude that ED after PIG seems to be linked to mechanical and geometrical alterations. In a second phase of the research we used our cotton fabric model to create a mathematic solution for PIG with no residual defects. The solution was applied in 9 men, who had sufficient penile rigidity to penetrate the partner. They underwent fascia lata patch corporoplasty using the new developed technic (iPad app - iGrafter). The pre-operative 5-items version of the International Index of Erectile Function (IIEF5) was apply and repeated at the end of follow-up. After a mean of 16 months of follow-up no significant complication was noted. Complete straightening of the penis was achieved in 100% of patients. The median increase on the short side of the penis was 3 cm and mean graft area of 12.4cm². At the end of the follow 33% of patients developed recurrent deformity. One patient (11%) presented an intense fibrosis in corpora cavernosa and severe ED. The mean postoperative IIEF-5 was 19.4 with no statistical difference from the preoperative (20.4). At the end of follow up all 9 patients were able to have a sexual intercourse, 2 with and 7 without pharmacological aid. Overall 89% of the patients were satisfied with the surgical result. At the end the surgical correction of penile curvature, by using the iGrafter, seems to be efficient and safe for penile rectification without residual deformities, using minimum graft area. More research is needed to prove these findings.

Keywords: Peyronie's Disease. Surgery. Graft. Computerized analysis. Erectile dysfunction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Desenho original do artigo publicado em 1965 por Nesbit.....	15
Figura 2 –	Cirurgia de Nesbit modificada (sem excisão tecidual, apenas plicatura) em paciente com 58° de desvio.....	16
Figura 3 –	Procedimento de enxertia (alongamento do lado curto).....	17
Figura 4 –	Correção da curvatura peniana com Incisão e enxertia utilizando a técnica duplo Y ou Egydio.....	23
Figura 5 –	Correção da curvatura peniana com Incisão e enxertia utilizando a técnica Em forma de H.....	24
Figura 6 –	Correção de curvatura peniana lateral esquerda utilizando a técnica descrita por Egydio	25
Figura 7 –	Representação biplanar das incisões e enxertias das técnicas avaliadas.....	27
Figura 8 –	Representação tridimensional da modificação técnica proposta para melhores resultados geométricos, com a excisão dos excessos teciduais triangulares.....	29
Figura 9 –	Exemplo de um desvio de 60°.	32
Figura 10 –	Com a abertura de 3/4 da circunferência do cilindro é possível dobrar 180° sem deformidade.....	33
Figura 11 –	Formato do enxerto uniplanar com largura igual à 3/4 da circunferência.....	34
Figura 12 –	Medida do tamanho longitudinal dorso-ventral e latero-lateral do enxerto.....	34
Figura 13 –	Retificação peniana em caso uniplanar.....	36
Figura 14 –	Correção de caso multiplanar com 80° de desvio lateral direito e 60° de desvio dorsal.....	37
Figura 15 –	Correção de defeito em ampulheta.....	38
Figura 16 –	Correção de um caso complexo multiplanar com estreitamento em ampulheta.....	40
Figura 17 –	Fluxo de trabalho do iGrafter.....	42
Quadro 1 –	Características dos pacientes incluídos na pesquisa.....	44
Figura 18 –	Lei de Laplace aplicada à rigidez peniana.....	50

Figura 19 – Exemplos de como os enrugamentos e deformidades, causadas pelas mudanças físicas gerada pelas doença de Peyronie, dificultam ou impossibilitam a inserção peniana.....	51
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C1	Circunferência normal peniana
C2	Circunferência do local do defeito em ampulheta
DP	Doença de Peyronie
DE	Disfunção erétil
DSE	Disfunção sexual erétil
HLA	Antígeno de histocompatibilidade
h	Hora
ICI	Injeção intracavernosa
IIEF-5	Versão de 5 itens do índice internacional de função erétil
m	Mês
P	Pressão
PDS	Polidioxanona
PIG	Incisão da placa e enxerto
R	Raio da secção transversa
T	Tensão

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
cm	Centímetro
cm ²	Centímetro quadrado
°	Graus - ângulo
±	Mais ou menos
>	Maior
$\frac{3}{4}$	Três quartos
$\frac{1}{4}$	Um quarto
=	Igual
≠	Diferente
µg	Micrograma
g	Grama
≤	Menor igual
$\frac{1}{2}$	Meio
$\frac{1}{4}$	Um quarto

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO.....	11
1	OBJETIVOS.....	20
1.1	Objetivo primário.....	20
1.2	Objetivo secundário.....	20
2	ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO.....	21
3	FASE I	22
3.1	Materiais e métodos – fase I	22
3.1.1	<u>Análise tridimensional.....</u>	22
3.2	Resultados – fase I	22
3.2.1	<u>Duplo Y/ desvio dorsal ou ventral da técnica de Egydio.....</u>	22
3.2.2	<u>Incisão em forma de H/I.....</u>	24
3.2.3	<u>Egydio - desvio lateral.....</u>	25
3.3	Discussão – fase I.....	26
3.4	Conclusão – fase I.....	30
4	FASE II	31
4.1	Pacientes, materiais e métodos – fase II	31
4.1.1	<u>Axiomas</u>	31
4.1.1.1	Axioma I	31
4.1.1.2	Axioma II	32
4.1.1.3	Axioma III	33
4.1.1.4	Axioma IV	34
4.1.2	<u>Solução computadorizada – iGrafter.....</u>	35
4.1.2.1	Casos uniplanares.....	35
4.1.2.2	Casos multiplanares.....	36
4.1.2.3	Casos com estreitamento em ampulheta.....	38
4.1.2.4	Casos de curvatura com ampulheta.....	39
4.1.3	<u>iGrafter – aplicativo para iPad.....</u>	41
4.1.4	<u>Pacientes</u>	43
4.1.5	<u>Análise da curvatura peniana</u>	44
4.1.6	<u>Técnica cirúrgica</u>	45

4.1.7	<u>Análise estatística</u>	46
4.2	Resultados – fase II	46
4.3	Discussão – fase II	47
4.4	Conclusão – fase II	51
	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS	53
	ANEXO A – Aprovação da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa.	57
	ANEXO B – Registro do aplicativo no INPI	58
	ANEXO C – Consentimento informado entregue aos participantes da pesquisa	59
	ANEXO D – Artigo publicado no <i>Journal of Sexual Medicine</i>	61
	ANEXO E – Segundo artigo submetido ao <i>Journal of Sexual Medicine</i>	68

INTRODUÇÃO

Os primeiros relatos da doença de Peyronie (DP) foram feitos por Theodoricus Borgognoni (1205–1298)(1) e posteriormente citada por vários cirurgiões e anatomistas: Guilielmus of Saliceto (circa 1210–1276), Gabriele Falloppio (ou Falloppia) (1523–1562), Andreas Vesalius (1514–1564), Giulio Cesare Aranzi (ou Aranzio) (1530–1589), Claas Pieterzoon Tulp (Nicholaus Tulpius) (1593–1674), e Anton Frederik Ruysch (1638–1731). Porém a única descrição real e completa da doença foi dada por François Gigot de La Peyronie em “Mémoire sur quelques obstacles qui s’opposent à l’éjaculation naturelle de la semence”, que foi publicado no primeiro volume da “Mémoires de l’Académie Royale de Chirurgie” (1743, pp. 425–39), criada por ele. Por este motivo a doença levou o seu nome.

Ela se apresenta como uma fibrose adquirida na túnica albugínea, resultando em deformidades peniana, dor à ereção e dificuldade para o ato sexual.

A prevalência da doença é de 3-9% da população adulta masculina, com média de idade de 53 anos(2); porém numa análise de 100 necropsias 22% dos pacientes apresentavam lesão fibrótica na túnica albugínea(3). Sommer et al analisando 4432 homens, observou que a prevalência da doença aumentava com a idade(4); Schwarzer et al também encontrou o mesmo resultado(5). Numa outra análise de 1011 pacientes submetidos à prostatectomia radical foi encontrado uma incidência pós-cirúrgica de 15,9% de DP(6). Considerando o aumento do número de prostatectomias radicais e a elevação da expectativa de vida, podemos esperar uma aumento no número de pacientes acometidos pela doença.

A doença pode aparecer como uma variedade de deformidades penianas, curvaturas, endentações, placas ou nódulos palpáveis, estreitamento em ampulheta, encurtamento peniano (com ou sem curvatura) ou em combinação. A deformidade é mais evidente durante a ereção, já que a túnica albugínea perde sua complacência no local da fibrose, impedindo o corpo cavernoso de se expandir normalmente. Na fase aguda, inicial, tem sempre um componente inflamatório que pode causar a dor.

A DP está frequentemente associada com a disfunção sexual erétil (DSE), que acomete de 20 a 54% dos paciente(7); outras doenças e fatores relacionados com a doença de Peyronie são: hipertensão, dislipidemia, níveis baixos de testosterona(2), contratura de Dupuytren, contratura fascial plantar (doença de

Ledderhose), timpanoesclerose, trauma, procedimentos transuretrais, gota, doença de Paget e uso de beta bloqueador(8-9).

A DP clássica é diferente de uma fibrose do corpo cavernoso causada por traumatismo externo, fratura ou secundário à injeção intracavernosa (ICI) com droga vasoativa.

Alguns pesquisadores demonstraram anormalidades cromossômicas em cultura de células derivadas da placas da doença de Peyronie em metáfase. O cromossomo Y foi um dos mais frequentemente envolvidos. Estes achados sugerem a presença de instabilidade cromossômica(10, 11).

Testes para fatores autoimunes demonstraram uma alta incidência de antígeno de histocompatibilidade (HLA) na DP, especificamente de B-27; Além disso avaliações imunológicas foram positivas em 75% dos pacientes, com a presença de altos níveis de anticorpos anti-elastina no soro de pacientes com a doença de Peyronie, sugerindo uma etiologia autoimune(12-14).

Devido a uma reação cruzada reacional de antígenos com processos infecciosos, especialmente HLA-B27, a teoria infecciosa também explica a doença(15).

A qualidade de vida do casal em que o homem tem a doença de Peyronie pode ficar significativamente afetada, com aumento do risco de depressão, baixa autoestima e dificuldade no relacionamento(5, 16, 17). Aproximadamente 30% dos pacientes terão diabetes, o que está diretamente ligado à maiores curvaturas e DSE vasculogênica(18, 19). Dos pacientes com DP 2/3 possuem fator de risco para doença arterial, apresentando pior prognóstico à longo prazo para DSE(18). Em outro estudo, onde foi feita uma avaliação hemodinâmica dos pacientes com DP, previamente à cirurgia corretiva, 50% apresentavam insuficiência arterial e 21% fuga venosa(20).

Mulhall et al analisaram a história natural da doença de Peyronie em 246 indivíduos(21). Os pacientes que apresentavam 6 meses após o início da doença eram incluídos no trabalho e acompanhados por no mínimo 12 meses. 74,8% apresentavam curvatura uniplanar, 13,4% biplanar e 11,8% endentação/ampulheta sem curvatura. Dos pacientes com curvatura 9% apresentavam endentação/ampulheta associado. Em ereção máxima 22% dos pacientes apresentaram uma dobra do pênis (instabilidade), quando exercida uma força axial

mínima. Estes pacientes tinham 60º de curvatura ou mais ou endentações de ao menos um dos lados.

Ao fim do acompanhamento a media de curvatura foi de $62^{\circ} \pm 37^{\circ}$. Dos pacientes que apresentaram curvatura 12% tiveram melhora espontânea de $12^{\circ} \pm 17^{\circ}$, 40% ficaram estáveis e 48% tiveram piora de $22^{\circ} \pm 12^{\circ}$.

No início da observação 22% dos pacientes não conseguiam penetração e ao final 35%. Os pacientes com dificuldade de penetração foram de 42% no início e 67% ao fim.

A disfunção sexual erétil não teve variação significativa do início ao fim da observação clínica (32% para 38%).

Dos pacientes que apresentaram dor durante a doença 94% tiveram resolução espontânea após 18 meses.

O volume da placa fibrótica não apresentou variação significativa ao longo do acompanhamento ($4,5 \pm 2,5 \text{ cm}^2$ para $4,2 \pm 3,5 \text{ cm}^2$).

Fazendo a aferição do comprimento peniano tracionado em estado flácido, pode-se notar uma redução significativa no seu tamanho de $12,2 \pm 2,1$ para $11,4 \pm 1,8$, uma diferença de 0,8cm.

Podemos dividir a DP em duas fases: A primeira, chamada de “fase aguda” ou inflamatória e a segunda, chamada de “fase crônica. Durante a primeira fase o paciente costuma apresentar dor e piora progressiva da curvatura, devido a um processo inflamatório local intenso, com depósito de colágeno. A dor passa espontaneamente após 6-18 meses desde o início, quando temos geralmente o fim desta fase. A fase crônica se caracteriza por ausência de dor e estabilização da curvatura peniana, que não apresenta aumento da angulação.

Durante a fase aguda é recomendado tratamento não cirúrgico, como medicações orais, injetáveis (no local da placa), iontoforese, tracionadores, bombas à vácuo e até onda de choque.(2, 22).

Na fase crônica ainda se podem tentar os métodos não cirúrgicos, mas com resultados pouco animadores.

Após a estabilização da placa peniana (>6 meses sem piora da deformidade) podemos propor cirurgias corretivas penianas, nos pacientes que possuem função erétil preservada.

Podemos dividir os tratamento cirúrgico em 2 tipos: Um que reduz o lado mais longo do corpo cavernoso (Nesbit) e variantes (Figura 1 e 2), igualando os

comprimentos, corrigindo assim a angulação; O segundo abre o corpo cavernoso no lado mais curto, corrige a angulação e procede o fechamento do defeito com um enxerto, igualando os comprimentos dos lados (Figura 3). A desvantagem do primeiro método é o encurtamento peniano, mais significativo para desvios $> 30^\circ$.

O primeiro tratamento cirúrgico de sucesso para a tortuosidade peniana foi feito por Reed M. Nesbit em 1964(23). No artigo original o autor comenta que a deformidade é gerada por uma assimetria entre os lados dos corpos cavernosos (um lado longo e outro curto), e o tratamento deveria ser feito ou com aumento do lado curto ou encurtamento do lado longo. A segunda opção foi adotada, sendo até hoje utilizada.

Em 1973, Horton e Devine(24) fizeram a primeira descrição de enxertia para a doença de Peyronie, aumentando o lado curto. Neste primeiro relato eles realizaram a excisão da túnica albugínea no lado acometido (lado curto) e posterior enxertia com gordura. No ano seguinte fizeram uma modificação no tipo de enxerto, substituindo a gordura por pele(25).

Em 1991, Gelbard (26), após induzir uma ereção artificial no intra-operatório, realizava a aferição do lado maior e menor do pênis. A diferença entre os lados deveria de ser igual ao somatório das aberturas criadas por incisões transversais lineares no lado curto do pênis. Este foi o primeiro relato de medida do tamanho do enxerto antes de abrir o corpo cavernoso. Em 1995 o mesmo autor publicou outro estudo elegante onde pela primeira vez foi feito uso de uma incisão linear bifurcada nas suas extremidades (duplo Y), para evitar a redução do calibre do pênis no lugar da incisão.

Em 1998 Lue(27), realiza uma modificação da incisão duplo Y, abrindo o ângulo das bifurcações para 180° . Assim a incisão toma a forma de um H.

Em 2002 Egydio utiliza a medida do tamanho do enxerto e abertura de duplo Y como base para sua nova proposta de tratamento cirúrgico, onde a geometria tem um papel principal(28).

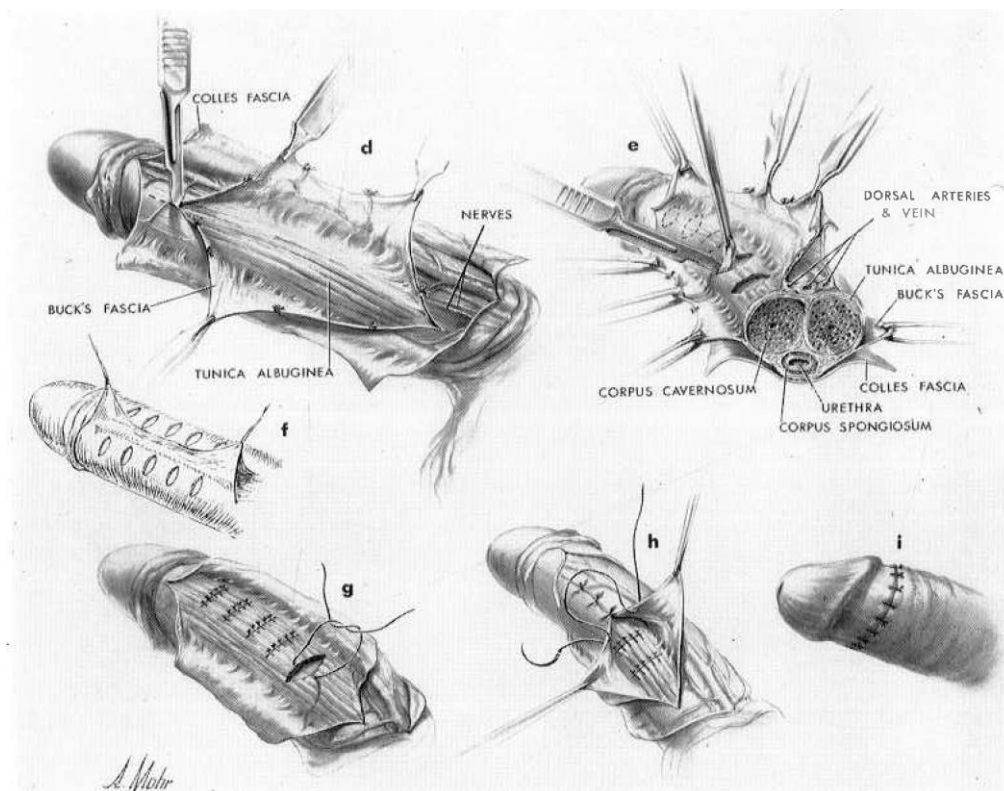


Figura 1 - Desenho original do artigo publicado em 1965 por Nesbit

Nota: Na cirurgia original eram retiradas pequenas elipses da túnica albugínea no lado mais longo, para depois se proceder a sutura, resultando no encurtamento do lado longo.

Fonte: Nesbit 1964 (23).

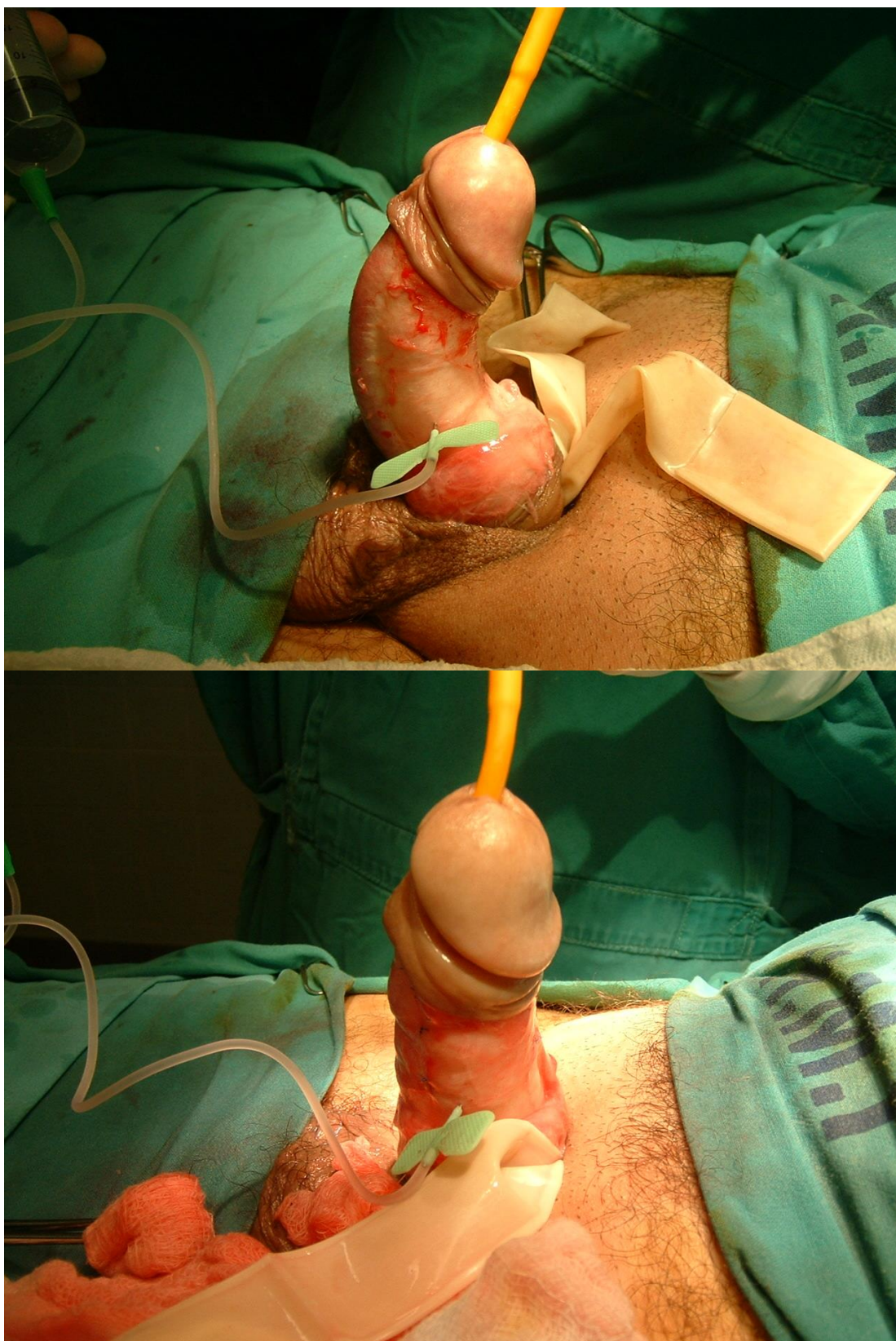


Figura 2 - Cirurgia de Nesbit modificada (sem excisão tecidual, apenas plicatura) em paciente com 58° de desvio
Fonte: O autor, 2012.

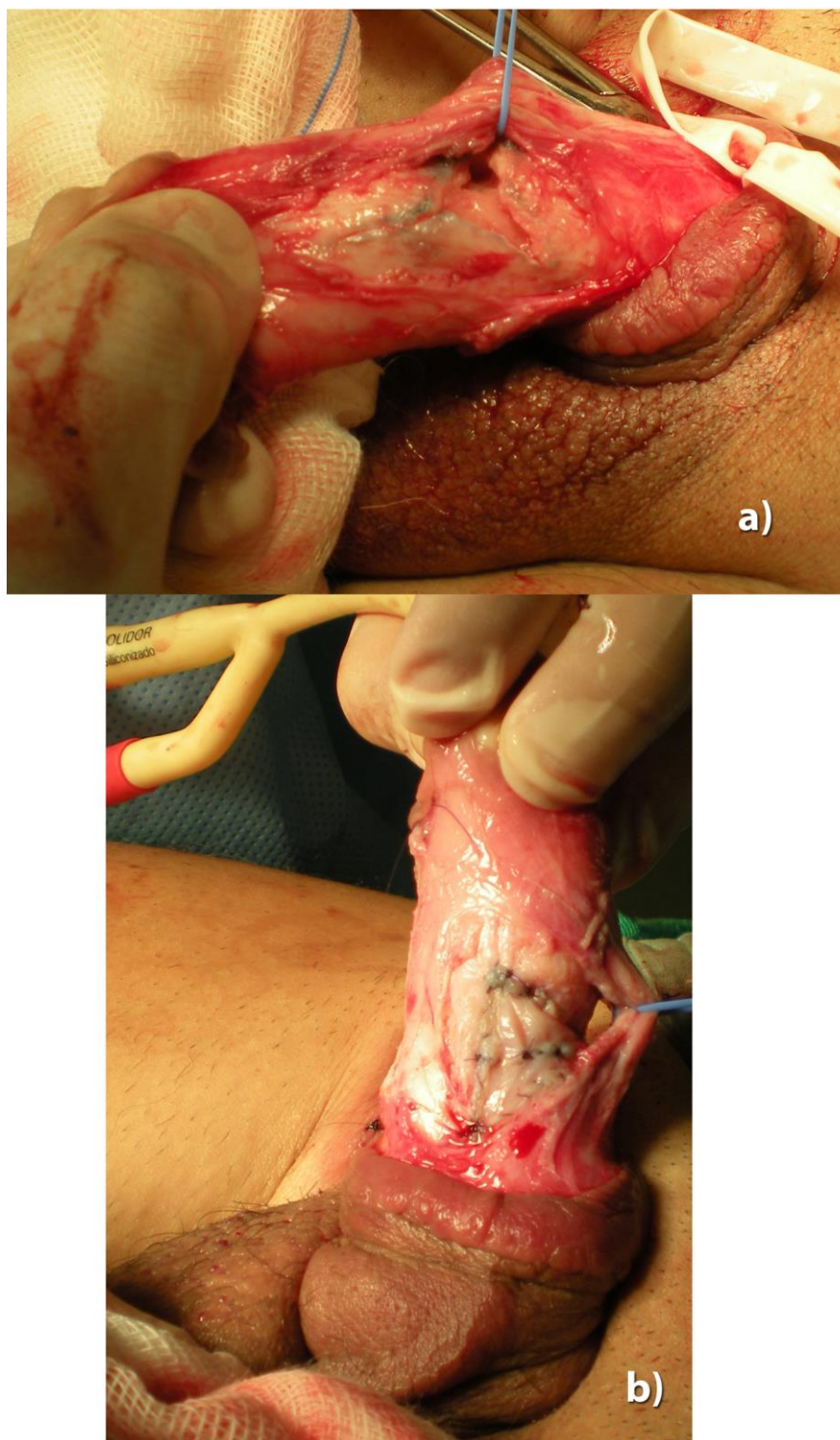


Figura 3 - Procedimento de enxertia (alongamento do lado curto)
Legenda: a) Abertura do corpo cavernoso. Feixe vasculho-nervoso reparado com vessel loop azul; b) Enxerto de veia safena no lado curto do corpo cavernoso

Fonte: O autor, 2012.

Em relação ao material usado para o enxerto vários foram propostos, sendo eles autólogos, de matriz extracelular ou sintéticos(29). No Presente trabalho foi optado pela utilização da fásia lata, devido a facilidade para sua aquisição, grande quantidade disponível, boa preservação após implantação, com surgimento de neovascularização, estando bem estabelecido seu uso na literatura(29-31).

Uma das preocupações com os procedimentos corretivos para a doença de Peyronie, além do encurtamento peniano, neuropraxia e tortuosidade residual é a disfunção sexual erétil. Em 2005 Kalsi et al(32) reportaram que um dos possíveis fatores que contribuem para o surgimento da disfunção sexual erétil pós-operatória, em procedimentos de enxertia para doença de Peyronie, era o tamanho do enxerto. Em outro trabalho de 2011 Flores et al reportaram que os fatores relacionados com a piora da função erétil no pós-operatório eram a utilização da técnica do Egydio(28), quando comparado com a incisão em forma de H, pacientes com mais de 55 anos, desvios maiores que 60° e fuga venosa. Vale ressaltar que a primeira técnica utiliza área de enxerto maior que a segunda.

Austoni (33) relata sua experiência, que se iniciou na década de 80, com a excisão da placa fibrótica e posterior enxertia com derme, com uma taxa de DSE de 24% (129 pacientes) e uma retração de 27% (145 pacientes). Após análise notou que o grau de DSE pós-operatória sempre dependia do tamanho do defeito na túnica albugínea. Este fator se correlaciona com uma reação fibrótica no local onde está o enxerto, que causa fibrose areolar sob ele. Assim, quanto maior for a área, maior a fibrose tecidual.

Para solucionar este problemas Austoni modificou sua técnica, passando a realizar incisão ao invés de excisão, para ter um defeito menor na túnica albugínea e uma menor área de enxerto. Ele chamou essa abordagem de “Cirurgia Funcional”, se opondo à anterior, chamada de “Cirurgia Radical”. De 1995-1997 foram operados 80 pacientes com a abordagem mais “Funcional”, resultando em 11% de DSE, menos da metade da cirurgia “Radical” (24%)

Sendo assim a busca por uma técnica que consiga reduzir ao máximo a área enxertada é muito importante para que se possa minimizar a chance de DSE pós-operatória, e ao mesmo tempo poder facilitar o uso de enxertos autólogos, que são os que provocam a menor fibrose no local enxertado.

Durante o século XX uma série de movimentos artísticos, culturais e científicos preocuparam-se em fazer uso de poucos elementos fundamentais como

base de expressão, sendo intitulados de minimalismo. Como muito bem foi resumido pelo arquiteto Ludwig Mies van der Rohe “Less is more” (Menos é mais). Podemos falar que devemos utilizar o mesmo princípio, quando pensamos em soluções para um enxerto na correção da doença de Peyronie, confeccionando enxertos de menor área possível e com maior simplicidade geométrica.

Outro grande problema relacionado à maioria das técnicas para correção da doença de Peyronie é que realizam a abertura da túnica albugínea para depois medir o tamanho do defeito a ser coberto com o enxerto. Durante a abertura da túnica albugínea há a perda da ereção artificial induzida, que permitia a visualização da tortuosidade peniana e aferição das suas medidas de comprimento e circunferência, bem como a distensão do tecido da túnica. O resultado é que muitas vezes se coloca tecido a mais ou a menos, restando numa tortuosidade residual. Os cirurgiões adeptos destas técnicas acabam fazendo visualmente pequenas plicaturas para corrigir os defeitos residuais, como na técnica de Nesbit.

Um problema também difícil de se resolver durante a cirurgia são os defeitos complexos (multiplanares) ou afunilamento em ampulheta. As técnicas atuais são feitas apenas para defeitos uniplanares, fazendo com que o cirurgião realize uma abertura na túnica albugínea em cada plano a ser corrigido ou associando uma plicatura à técnica de enxertia.

Atualmente o uso de enxertos para o tratamento da doença de Peyronie vem ganhando preferência pelos cirurgiões, com vantagens sobre as técnicas de plicatura, pois consegue tratar defeitos complexos, grandes desvios, defeito em ampulheta e evitam a perda de comprimento do pênis. Porém pouco se sabe sobre a repercussão do enxerto na geometria peniana e possíveis efeitos indesejados. Além disso nenhuma técnica otimiza o tamanho da abertura e enxerto para a menor área possível, levando em conta a geometria espacial do pênis.

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivo primário

Analisar a geometria e a biomecânica do corpo cavernoso após a incisão e enxertia, para a correção da doença de Peyronie, utilizando as técnicas de incisão duplo-Y, incisão em H e Egydio.

1.2 Objetivo secundário

Criação e validação clínica de uma nova técnica cirúrgica, que reduza os possíveis distúrbios geométricos e mecânicos; com mínima área enxertada.

2 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

Foi necessária a divisão em duas partes da pesquisa, pois para cada objetivo foram utilizados materiais e métodos completamente diferentes. A primeira fase forneceu resultados puramente teóricos que nos mostrou a necessidade da busca por uma nova técnica cirúrgica. Na segunda fase ela foi criada e clinicamente validada.

3 FASE I

3.1 Materiais e métodos – fase I

3.1.1 Análise tridimensional

Durante a ereção o pênis fica com um formato cilíndrico e sua túnica albugínea estirada, restando pouca capacidade de distensão, pois os tecidos já estão nos seus limites. Podemos considerar então que durante a ereção a túnica albugínea se comporta como um tecido de baixa elasticidade e reduzida capacidade para acomodação.

Baseado nestas propriedades criamos modelos tridimensionais de cilindros curvos, com 85° de desvio. Neles foram realizadas simulações das técnicas cirúrgicas de incisão e enxerto mais comuns (duplo Y, em forma de H/I e Egydio).

3.2 Resultados – fase I

3.2.1 Duplo Y/ desvio dorsal ou ventral da técnica de Egydio

Após a incisão e correção da curvatura (Figura 4) notamos excessos de tecidos em formas triangulares, que aparecem nas bordas da incisão (3 de cada lado) (Figura 4. Triângulos cinzas). A presença destes triângulos impedem o encaixe de forma perfeita do enxerto, faltando tecido para o fechamento do defeito transversalmente (caso se use o cálculo proposto por Egydio), pois o calibre final no local do enxerto é maior do que o do pênis do paciente. Este aumento de calibre no local da incisão distorce a anatomia. Além disto temos uma hipercorreção do desvio, criando uma nova curvatura para o lado oposto à curvatura original.

Numa visão lateral podemos ver que no lado contralateral do enxerto há a presença de duas invaginações (Figura 4 – d).

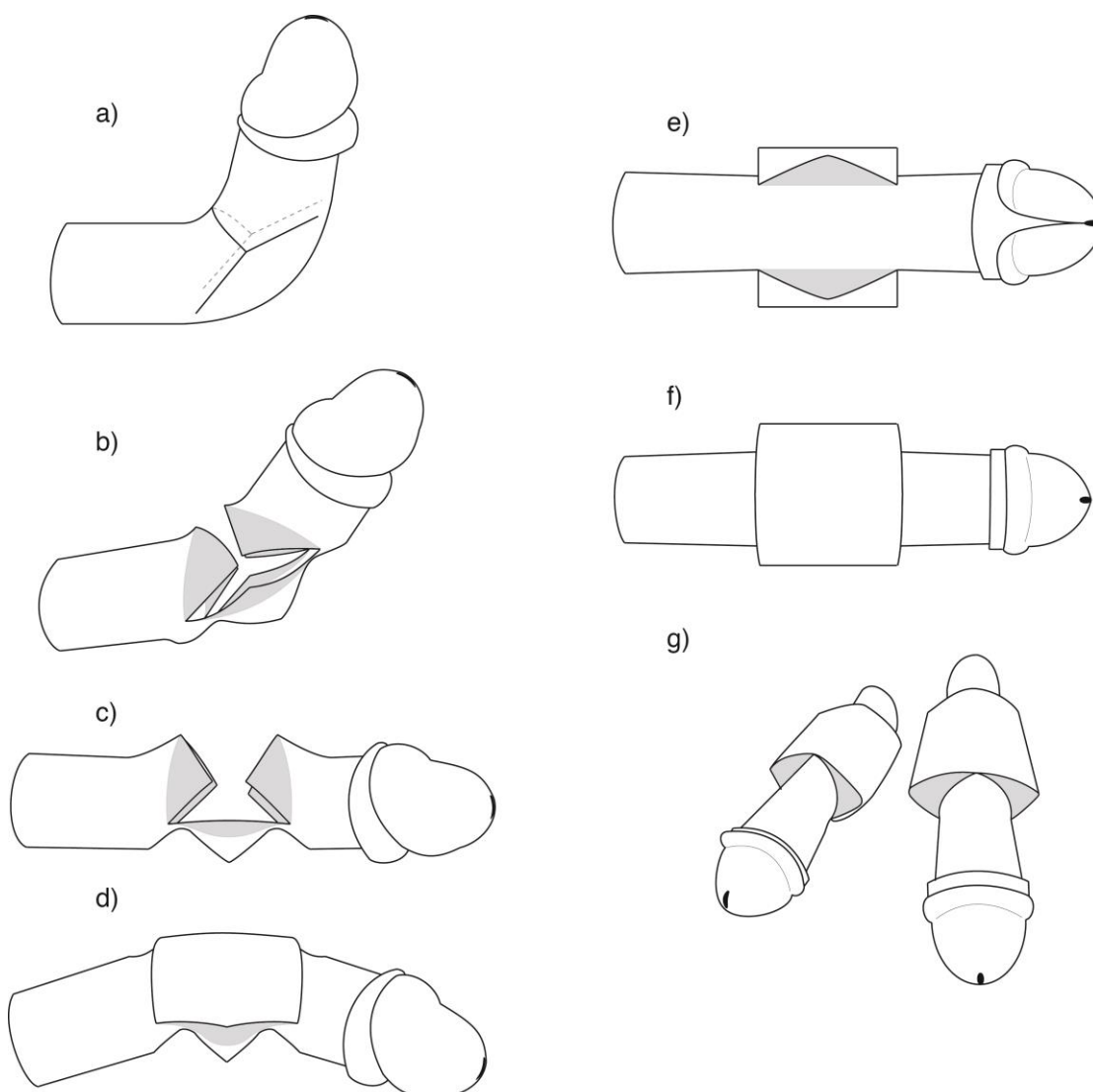


Figura 4 - Correção da curvatura peniana com Incisão e enxertia utilizando a técnica duplo Y ou Egydio

Legenda: Os triângulos cinzas representam o tecido excedente: a) Incisão da túnica albugínea; b) Abertura parcial da túnica albugínea; c) abertura final da túnica albugínea e retificação peniana; d) Visão lateral do enxerto fechando o defeito da túnica; e) Visão ventral do enxerto; f) Visão dorsal do enxerto; g) Visões oblíquas do enxerto.

Fonte: O autor, 2014.

3.2.2 Incisão em forma de H/I

Apresenta o mesmo problema da incisão duplo Y, com excesso de tecidos triangulares nas bordas, mas neste caso são apenas 2 triângulos para cada lado (Figura 5), e aumento do calibre do corpo cavernoso no local.

O tamanho longitudinal do defeito criado para inserção do enxerto, usado para corrigir o defeito, é menor que a diferença entre os lados longo e curto. Do lado contralateral ao enxerto observamos também um enrugamento da parede (redução da tensão na parede) e o Tamanho final do pênis é menor do que nas outras técnicas.

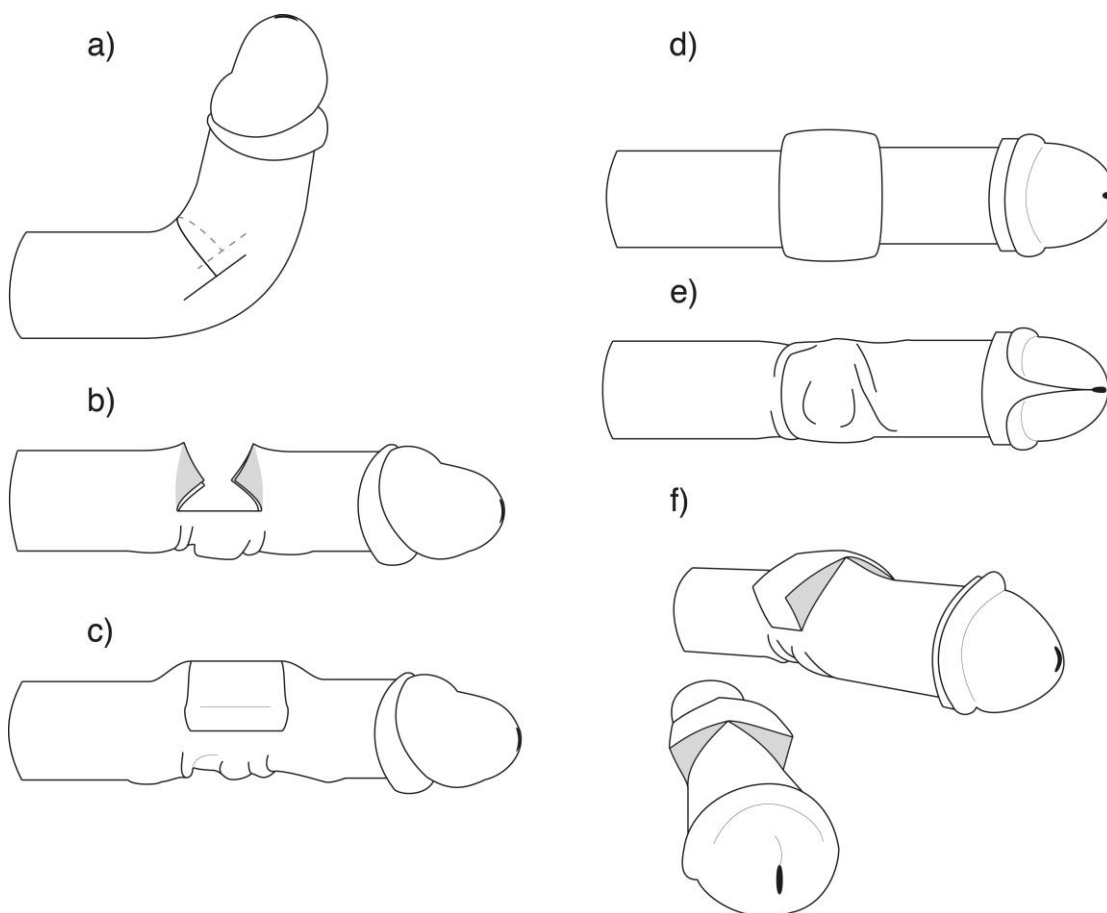


Figura 5 - Correção da curvatura peniana com Incisão e enxertia utilizando a técnica Em forma de H
 Legenda: Os triângulos cinzas representam o tecido excedente: a) Incisão da túnica albugínea; b) abertura da túnica albugínea e retificação peniana; c) Visão lateral do enxerto fechado o defeito da túnica; d) Visão dorsal do enxerto; e) Visão ventral do enxerto; f) Visões oblíquas do enxerto.

Fonte: O autor, 2014.

3.2.3 Egydio - desvio lateral

Seguindo a técnica descrita por Egydio(34) para desvios laterais, podemos notar que não há a correção completa do desvio peniano (Figura 6).

Além de não corrigir perfeitamente o desvio (Figura 6-d) observamos que acrescentamos tecido às 12h, provocando um desvio ventral do pênis (Figura 6-e).

Outro defeito da correção é o aumento do calibre no local do enxerto, devido à sobras de tecidos em formato triangular nas bordas da incisão, da mesma forma que a incisão duplo Y.

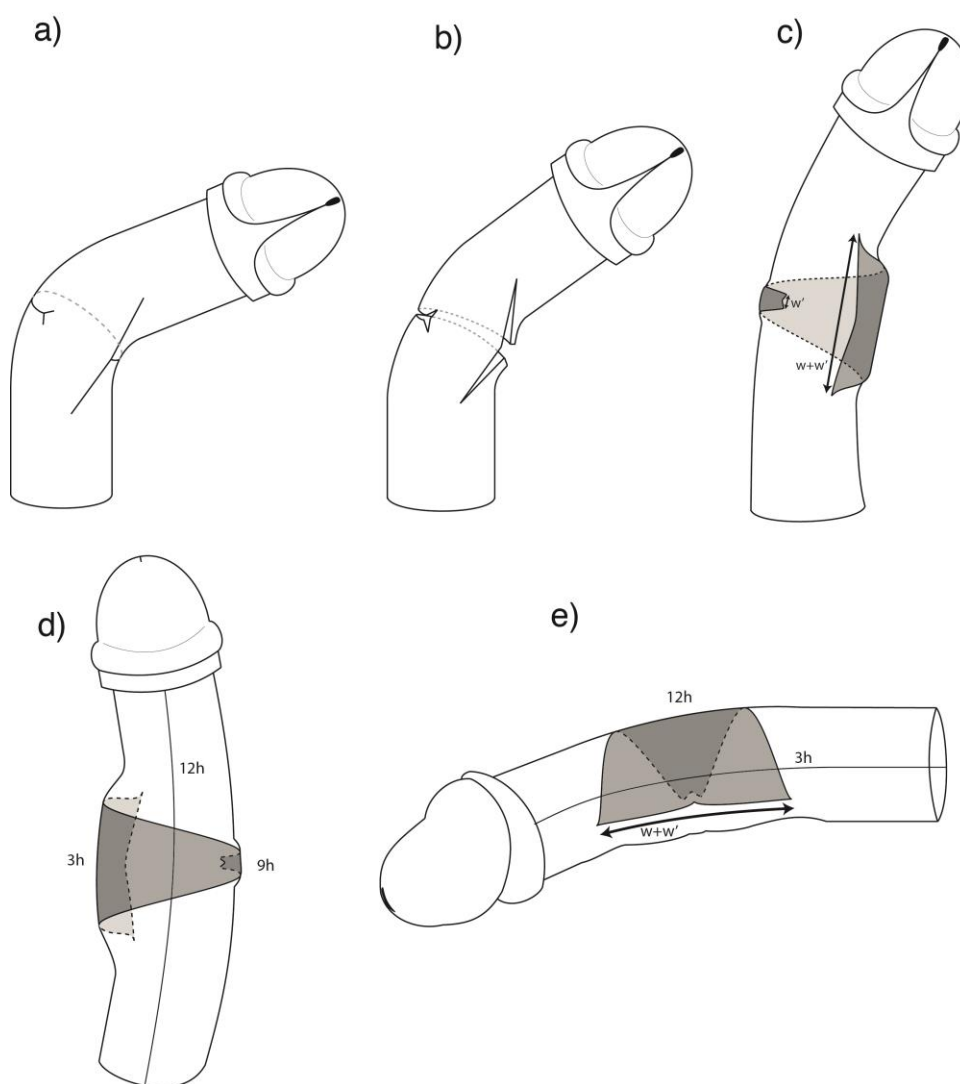


Figura 6 - Correção de curvatura peniana lateral esquerda utilizando a técnica descrita por Egydio
 Legenda: a) Incisão da túnica albugínea –visão ventral; b) Abertura da túnica albugínea – visão ventral; c) Visão ventral do enxerto fechando o defeito. $w' = 0,5 - 1,0\text{cm}$. w = diferença entre o lado curto(3h) e o lado longo (9h) da curvatura peniana; d) Visão dorsal do enxerto; e) Visão lateral esquerda do enxerto.

Fonte: O autor, 2014.

3.3 Discussão – fase I

É comum, durante o procedimento cirúrgico de enxertia para a correção da doença de Peyronie que o cirurgião se depare com pequenos defeitos. Uma borda irregular na túnica albugínea que necessita ser retirada, uma plicatura do lado contralateral ao enxerto, para promover melhores resultados. Quanto maior a curvatura mais frequente os defeitos. Porém a explicação para estes defeitos estão na geometria espacial.

Analisando os excessos triangulares de tecidos nas bordas das incisões, tanto na técnica duplo-Y quanto na em H, percebemos que são semelhantes (Figura 7b e 7d). Ao serem somados compõem dois triângulos isósceles maiores (Figura 7 e-f), com áreas que são diretamente proporcionais à curvatura peniana, isto é, quanto maior a curvatura maior o tamanho dos triângulos. Na maioria das vezes estes tecidos triangulares acabam sendo instintivamente desfuncionalizados por uma grande parte dos cirurgiões, que colocam os pontos de fixação do enxerto na túnica albugínea envolvendo estes excessos de tecidos, evitando assim deformidades. Outros ressecam totalmente ou parcialmente as bordas (triângulos), para regularizar um pouco mais.

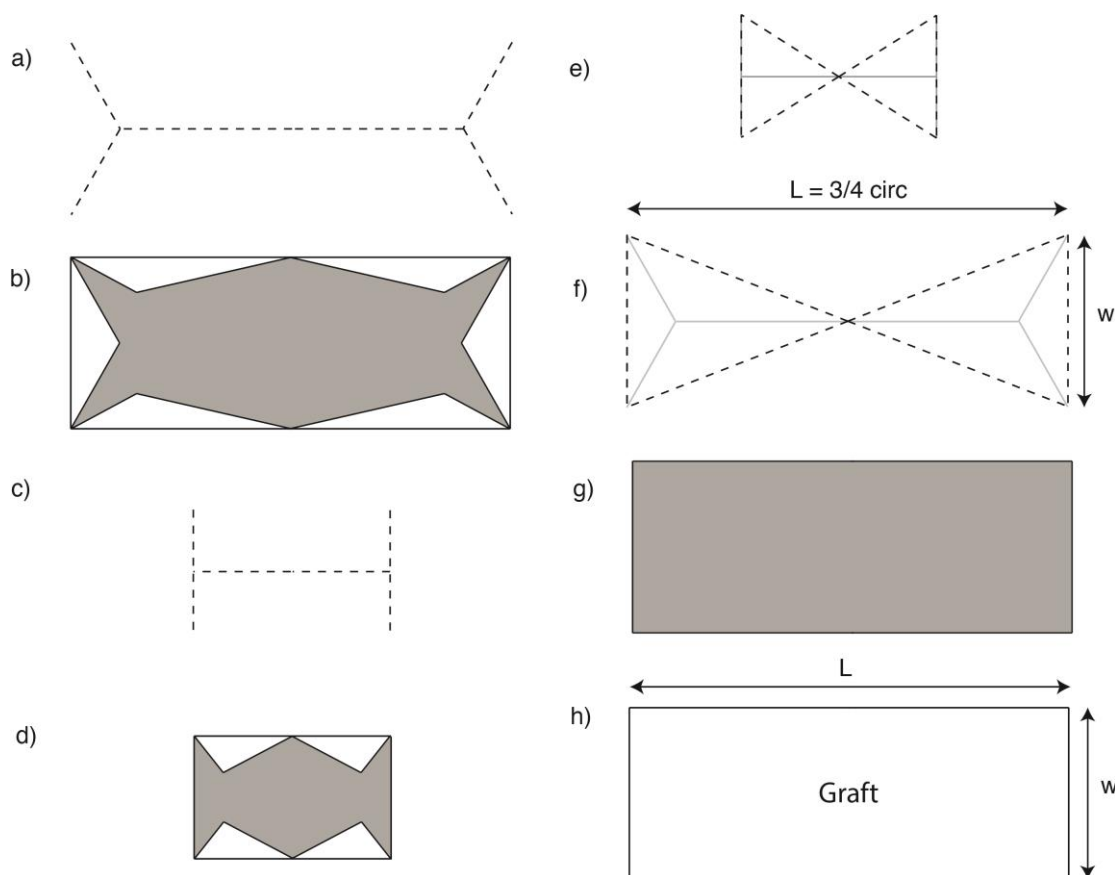


Figura 7 - Representação biplanar das incisões e enxertias das técnicas avaliadas

Legenda: a) Incisão duplo Y; b) aspecto do defeito criado após retificação peniana da incisão em duplo Y. Os triângulos brancos nas bordas são os tecidos excedentes e em cinza o tecido erétil; c) Incisão em forma de H; d) aspecto do defeito criado após retificação peniana da incisão Em forma de H. Os triângulos brancos nas bordas são os tecidos excedentes e em cinza o tecido erétil; e) Os triângulos pontilhados sobrepostos à incisão Em forma de H representam os tecidos excedentes que devem ser retirados para melhor resultado geométrico; f) Os triângulos pontilhados sobrepostos à incisão duplo-y representam os tecidos excedentes que devem ser retirados para melhor resultado geométrico. W= diferença entre o lado longo e curto da curvatura peniana. L= $\frac{3}{4}$ da circunferência; g) Aspecto do defeito criado após retificação peniana após a excisão dos triângulos; h) Enxerto retangular fechando o defeito.

Fonte: O autor, 2014.

A incisão em forma de H utiliza, na maioria das vezes, um tamanho longitudinal de enxerto menor que o comprimento da diferença entre os lados longo e curto. Este fenômeno ocorre porque o tecido do lado contralateral ao enxerto perde tensão, "enrugando / encolhendo". A incisão transversal menor que $\frac{3}{4}$ da circunferência limita a expansão do tecido contralateral. A aparente vantagem de uma área reduzida de enxerto se perde pela redução da tensão na parede do lado contralateral. Esta redução da tensão pode causar a dobra do pênis em seu local, quando se aplica uma força longitudinal. Esta pode ser a justificativa, juntamente

com a fuga venosa, para a piora da qualidade da função erétil nos pacientes que utilizam esta técnica, sendo mais grave em pacientes com maiores curvaturas. Para se evitar que este fenômeno físico ocorra é necessário que a incisão transversal tenha no mínimo $\frac{3}{4}$ da circunferência, permitindo que o tamanho longitudinal final do enxerto tenha o comprimento da diferença entre o lado longo e curto da curvatura. Outro fenômeno observado com o uso da incisão em H é um tamanho peniano final menor do que a de outras técnicas, que fazem aberturas maiores que $\frac{3}{4}$ da circunferência, como o duplo Y. O que ocorre é que a correção da curvatura se dá por um aumento parcial do lado curto e um encurtamento parcial do lado longo.

A correção incompleta, com o uso da técnica descrita por Egydio(34) para desvios laterais, se deve ao fato de que o valor w' (0,5 – 1,0cm) é acrescido próximo às 6h (região periuretral) e não nas linhas laterais 3h ou 9h, onde se faz a aferição para o desenho do enxerto (Figura 6). O mesmo problema se verifica com o local onde é acrescido a outra extremidade do enxerto $w+w'$, sendo w igual à diferença entre os lados 9h e 3h da curvatura peniana. Da mesma forma que a extremidade w' o tecido é acrescentado próximo às 6h, ao invés de ser colocado na linha lateral, que no exemplo fica às 3h – (Figura 6 c-d).

Desta forma quando analisamos o quanto se acrescentou de tecido às 3h e 9h verificamos que no lado côncavo da curvatura, onde deveria ser acrescido $w+w'$, temos um acréscimo menor; no lado convexo, que deveria ser acrescido de um comprimento w' (0,5-1,0cm) temos um acréscimo maior (Figura 6 d) . Além destas imperfeições notamos que às 12h, devido ao formato e local de inserção do enxerto, temos um acréscimo de tecido, que provoca um desvio ventral indesejado (Figura 6 e).

Para se tentar corrigir os defeitos presentes nas técnicas previamente descritas sugerimos a retirada dos tecidos excedentes, tanto na técnica em duplo Y quanto na em forma de H. Desta forma os cirurgiões familiarizados com elas poderiam continuar fazendo seus usos, sem modificações do tamanho ou forma do enxerto. Caso se escolha o uso do duplo Y sugerimos a excisão de 2 triângulos isósceles, com seus ápices se encontrando no meio da curvatura, posicionados no lado mais côncavo (Figura 7f e 8). O somatório da altura dos triângulos (L) deve ser igual à no mínimo $\frac{3}{4}$ da circunferência e a base com o valor da diferença entre o lado longo e curto da curvatura (w) (Figura 7f). O enxerto a ser inserido no defeito criado é um retângulo de altura w e largura L (Figura 7h). Para se corrigir um desvio

lateral basta se fazer o descolamento da uretra do corpo cavernoso no local da enxertia e colocar o ápice dos triângulos no lado côncavo, às 3h ou 9h. Mas se for escolhida a técnica em forma de H devemos proceder a excisão dos triângulos como na Figura 4e, lembrando que se for feita uma abertura transversal menor do que $\frac{3}{4}$ da circunferência haverá a redução do lado contralateral.

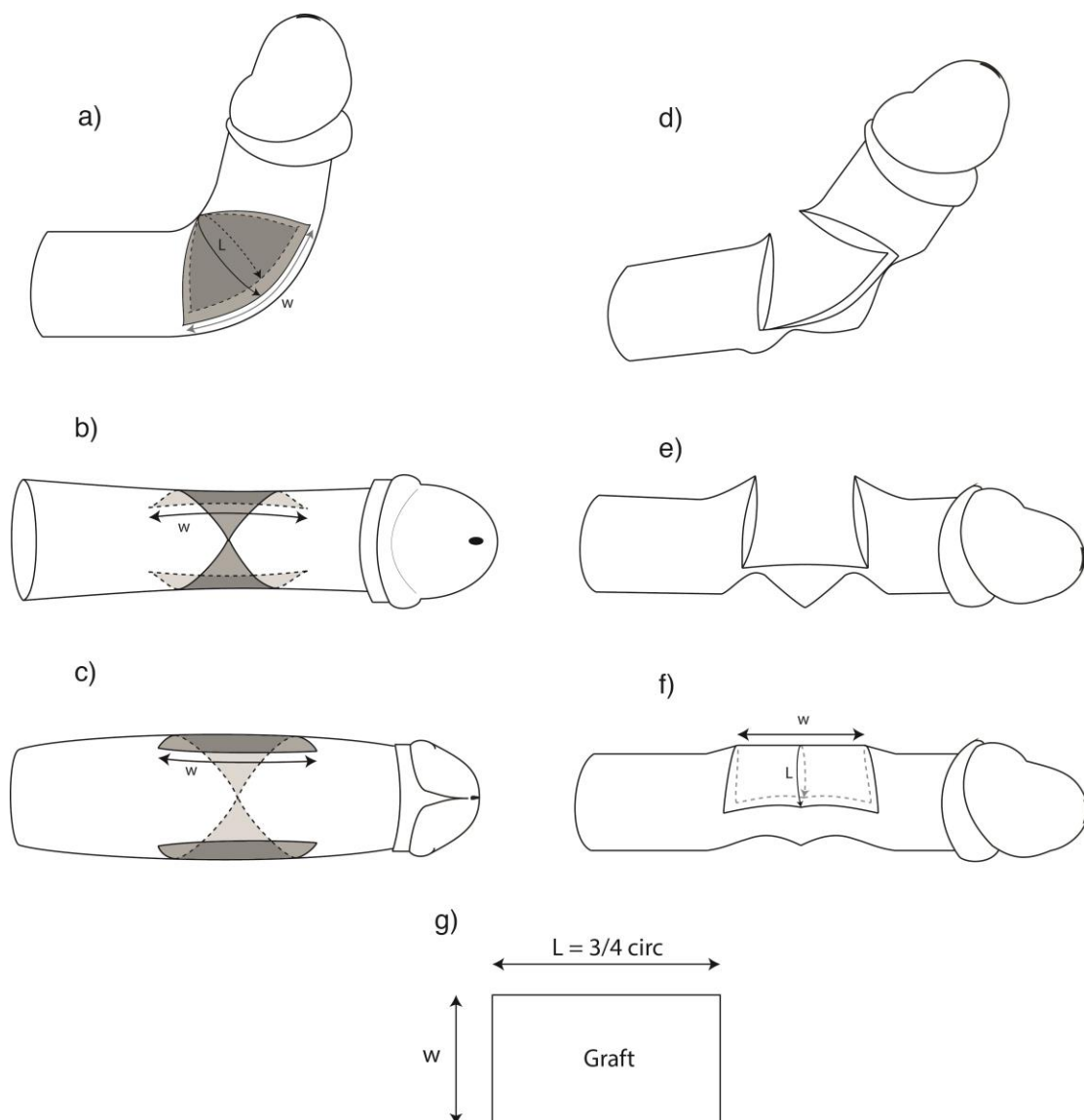


Figura 8 - Representação tridimensional da modificação técnica proposta para melhores resultados geométricos, com a excisão dos excessos teciduais triangulares

Legenda: a) Visão lateral peniana com os excessos teciduais em cinza. L = $\frac{3}{4}$ da circunferência. W = diferença entre o lado longo e curto da curvatura peniana b) Visão dorsal peniana c) Visão ventral peniana d) Visão lateral peniana após excisão dos triângulos e leve retificação e) Visão lateral com retificação peniana completa f) Visão lateral do fechamento do defeito com o enxerto g) dimensões do enxerto.

Fonte: O autor, 2014.

Uma constante presente em todas as técnicas avaliadas é que elas utilizam a capacidade que os tecidos humanos possuem para se acomodar. Porém devemos lembrar que a desordem do tecido conectivo da túnica albugínea, na doença de Peyronie, leva a formação de uma placa fibrótica inelástica. Assim como uma cicatriz o tecido não estica como os tecidos normais da túnica(35). Desta forma a ideia de que uma incisão em duplo-Y ou H se transformam em um defeito retangular não é muito precisa, obrigando os cirurgiões a fazerem pequenas correções. Por outro lado a confecção de enxertos com tecidos de maior elasticidade e capacidade de acomodação (ex.veia) fazem com que o enxerto se acomode melhor no defeito. Sabemos que os defeitos das correções são mais graves quando as curvaturas são mais acentuadas ($>60^\circ$). Talvez a piora da função erétil, que varia entre 12 – 53% com uma média de 30%(27, 36, 37), se explique em parte por estes fenômenos geométricos e físicos.

Os axiomas descobertos pelos modelos tridimensionais são informações essenciais para o desenvolvimento de uma nova técnica cirúrgica, com a eliminação dos defeitos criados pelas técnicas clássicas.

3.4 Conclusão – fase I

As técnicas corretivas atuais para a correção das tortuosidade penianas, usando a incisão da placa e enxertia, apresentam imperfeições com consequências importantes para o sucesso pós-operatório. Nossa técnica proposta pode ser uma solução possível para os cirurgiões que estão familiarizados com a incisão duplo-Y. O presente trabalho possui limitações, pois ele é baseado apenas no nosso modelo teórico de cilindro, o que pode não representar fidedignamente a anatomia peniana, nem as propriedades teciduais da túnica albugínea. Além disso ele ainda não foi testado clinicamente.

4 FASE II

Como visto na fase I as atuais técnicas cirúrgicas utilizadas para a correção da curvatura peniana possuem imperfeições, que podem contribuir de forma significativa para o insucesso pós-operatório. A busca por uma nova técnica cirúrgica que deixe o pênis o mais próximo de um cilindro, evitando aberrações geométricas e mecânicas, é extremamente importante para se buscar melhores resultados.

Nesta fase serão empregados os conhecimentos adquiridos com as análises feitas nos modelos tridimensionais anteriormente descritos.

4.1 Pacientes, materiais e métodos– fase II

4.1.1 Axiomas

Utilizando os modelos tridimensionais anteriormente descritos, simulamos curvaturas uniplanares, multiplanares, bem como defeitos em ampulheta. Várias premissas foram apreendidas com a modelagem espacial de cilindros. Elas serviram de base para a formulação de uma solução cirúrgica minimalista com preservação da geometria espacial e mecânica peniana.

4.1.1.1 Axioma I

Observamos que a tentativa de se fazer a correção com uma única incisão linear era algo inviável, devido à redução no diâmetro da secção transversa no local da incisão, como visto no exemplo (Figura 9a).

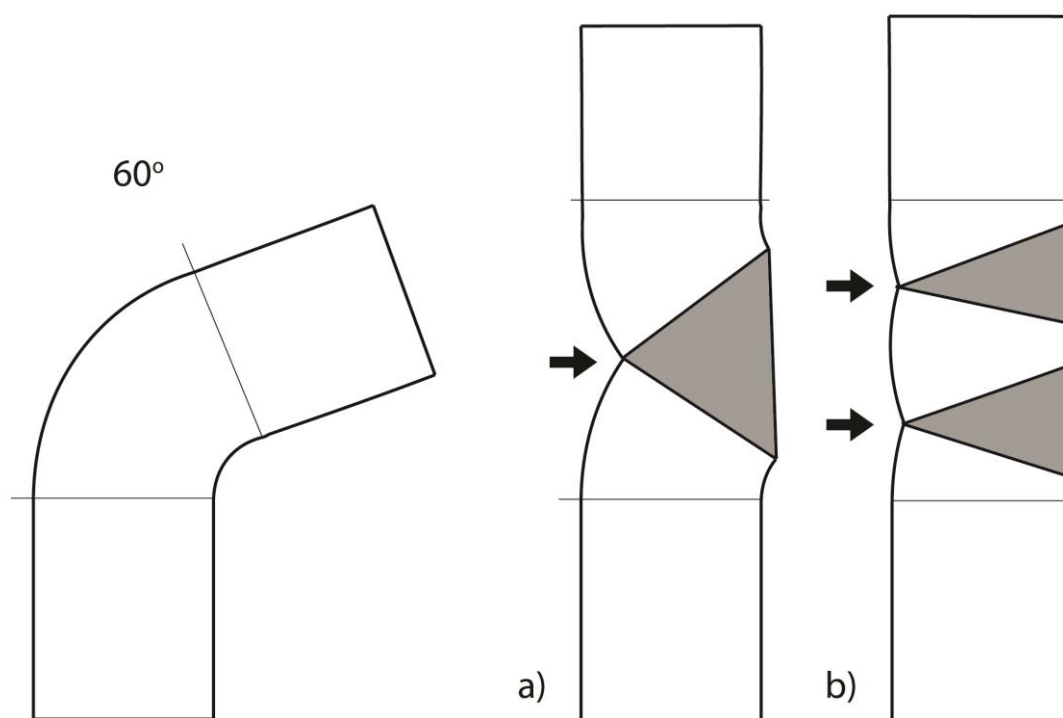


Figura 9 - Exemplo de um desvio de 60°

Legenda: a) Correção com apenas um enxerto. A seta mostra uma redução significativa do diâmetro na secção transversa no local indicado; b) Correção com 2 enxertos (01 enxerto para cada 30°). Setas demonstrando uma redução suave do diâmetro transversa no local.

Fonte: O autor, 2014.

Foi então optado por se fazer uma correção a cada 30° de desvio, isto é, um enxerto para cada 30° . Desta forma a redução do diâmetro no local é muito suave, ficando imperceptível no final da colocação do enxerto (Figura 9b).

4.1.1.2 Axioma II

A segunda observação importante para o desenvolvimento de uma nova técnica era o tamanho da incisão circular. Era necessário saber qual a menor incisão possível que permitiria dobrar o cilindro (pênis) sem causar deformidade. O resultado foi o valor de $\frac{3}{4}$ da circunferência, que corresponde aproximadamente ao valor de uma incisão ligando os dois pontos para uretrais, sem cruzar a uretra (Figura 10).

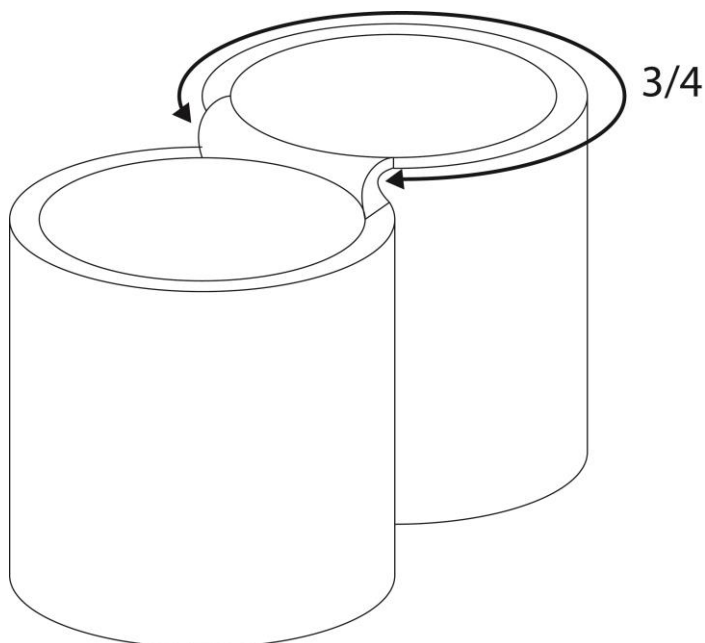


Figura 10 - Com a abertura de $\frac{3}{4}$ da circunferência do cilindro é possível dobrar 180° sem deformidade
 Fonte: O autor, 2014.

4.1.1.3 Axioma III

A terceira questão era a forma geométrica adotada para o enxerto. O fechamento do defeito resultante, após uma incisão linear em um cilindro, utilizando um enxerto elíptico, resultava em uma redução mais pronunciada do diâmetro do corpo cavernoso. Desta forma o losango acabou sendo a forma geométrica que melhor se adaptou para o fechamento do defeito, causando uma redução muito mais suave no diâmetro. É importante ressaltar que o contorno final do losango é menor do que de uma elipse, com as mesmas dimensões longitudinais e transversais. Outro ponto importante é o tamanho transversa do enxerto, que deve ser igual à $\frac{3}{4}$ da circunferência ou o tamanho para uretral (Figura 11).

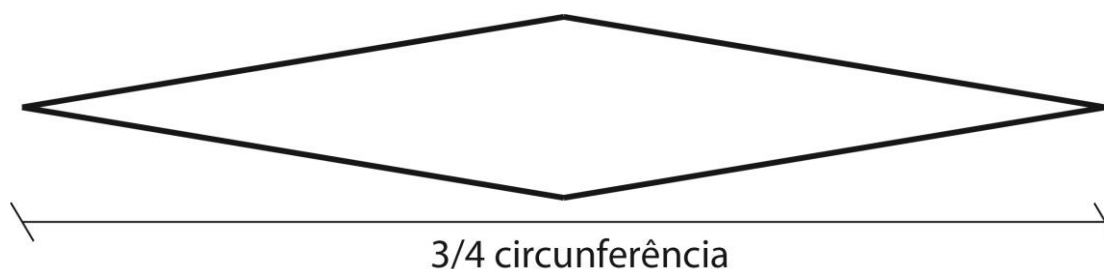


Figura 11 - Formato do enxerto uniplanar com largura igual à $\frac{3}{4}$ da circunferência
Fonte: O autor, 2014.

4.1.1.4 Axioma IV

Para avaliar quanto tínhamos de acrescentar ao lado mais curto do pênis, para reestabelecer o seu comprimento normal, foi adotado o princípio descrito por Gelbard(26) onde, após indução de ereção artificial, eram aferidas as diferenças entre o lado curto e o lado longo da curvatura peniana (Figura 12).

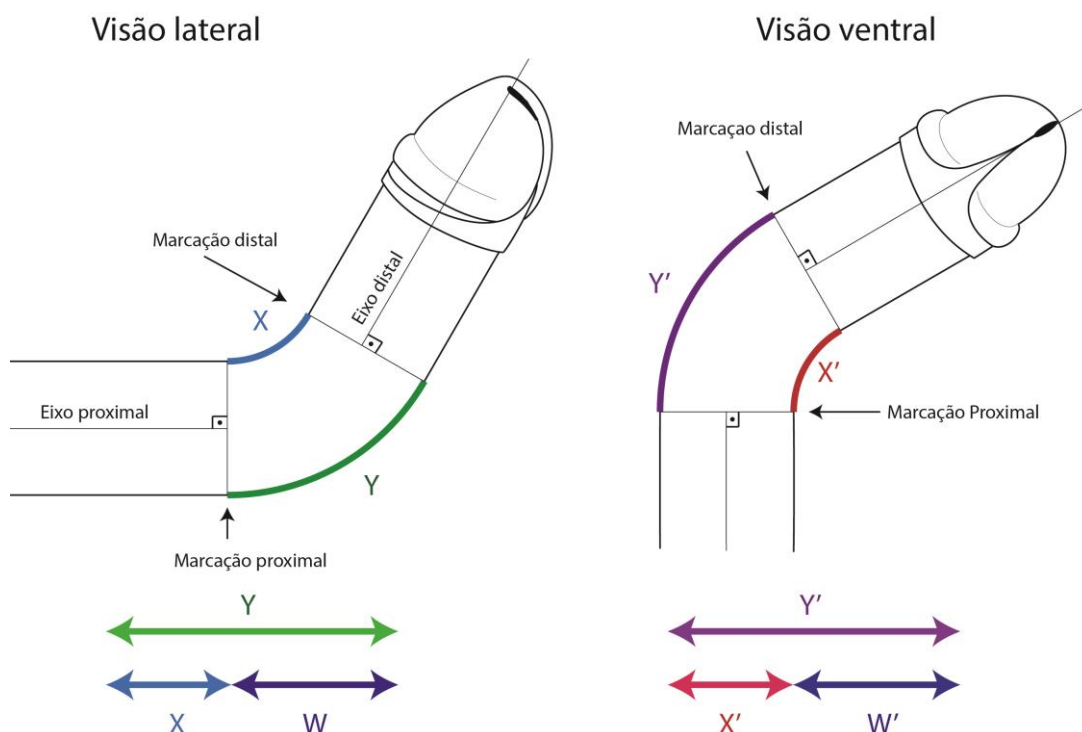


Figura 12 - Medida do tamanho longitudinal dorso-ventral e latero-lateral do enxerto
Nota: Após marcação do início e fim da tortuosidade toma-se as medidas X ou X' (lado curto) e Y ou Y' (lado longo). A diferença entre os lados é igual a W (= Y-X), sendo W o tamanho longitudinal do enxerto no eixo calculado.
Fonte: O autor, 2014.

4.1.2 Solução computadorizada - iGrafter

Utilizando os axiomas anteriormente descritos e o modelo tridimensional do pênis foi desenvolvido uma nova técnica cirúrgica para casos uniplanares, multiplanares, estreitamento em ampulheta e casos mistos, com o auxílio de um aplicativo criado para iPad.

4.1.2.1 Casos uniplanares

A retificação deve ser feita com uma incisão linear de $\frac{3}{4}$ da circunferência do corpo cavernoso a cada 30° de tortuosidade no lado curto da curvatura. Após a retificação peniana os defeitos gerados devem ser fechados com enxertos apresentando formatos de losangos, como anteriormente descrito (Figura 13). A soma da altura (h) de todos os losangos é igual à diferença entre o lado longo e curto da curvatura peniana. O enxerto deve ser distribuído de forma simétrica no lado curto. Em caso de desvios laterais a mesma técnica é empregada porém uma parte da uretra deve ser desinserida do corpo cavernoso, para permitir uma incisão de $\frac{3}{4}$ da circunferência.

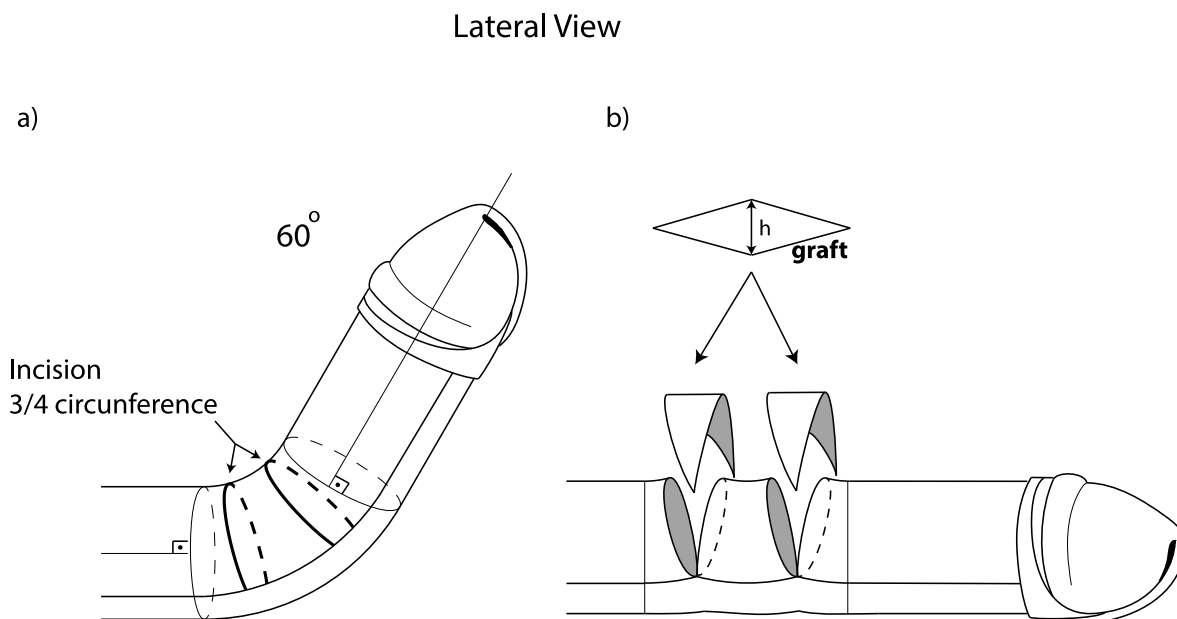


Figura 13 - Retificação peniana em caso uniplanar

Legenda: a) Incisões centradas no lado curto do pênis de tamanho igual à $\frac{3}{4}$ da circunferência; b) Pênis retificando com os enxertos sendo inseridos. O somatório de todas as alturas (h) dos losangos é igual à diferença entre os lados longo e curto peniano.

Fonte: O autor, 2014.

4.1.2.2 Casos multiplanares

Após análise das 4 linhas cardinais da curvatura do corpo cavernoso (dorsal, ventral, direita, esquerda) selecionamos as duas linhas menores. A mais curta é classificada como linha dominante e a segunda mais curta como linha secundária. No exemplo da Figura 14 a linha dominante é a da direita e a secundária a dorsal. Na primeira etapa da retificação a uretra deve ser descolada dos locais onde serão realizadas as incisões. A incisão transversal começa a ser feita unindo-se a linha dominante com a secundária ($\frac{1}{4}$ da circunferência), seguida do prolongamento desta incisão para o próximo ponto cardinal ($\frac{1}{4}$ da circunferência) de cada lado (Figura 14-c). O tamanho final da incisão será de $\frac{3}{4}$ da circunferência do corpo cavernoso.

Os desvios são classificados também. Chamamos de primário o maior ângulo da curvatura e secundário o ângulo menor. No nosso exemplo da Figura 14 o ângulo primário é de 80° para a direita e o secundário 60° dorsal. Para calcular o número de

enxertos utilizamos a regra de 1 enxerto por cada 30° de desvio. No caso o ângulo utilizado para o cálculo é o primário.

O enxerto multiplanar possui duas alturas. Uma que deve ser inserida na linha dominante (altura dominante) e a segunda que deve ser inserida na linha secundária (altura secundária). A soma de todas as alturas dominantes é igual à diferença entre a linha dominante e a sua contralateral, da mesma forma a soma de todas as alturas secundárias é igual à diferença entre a linha secundária e sua contralateral.

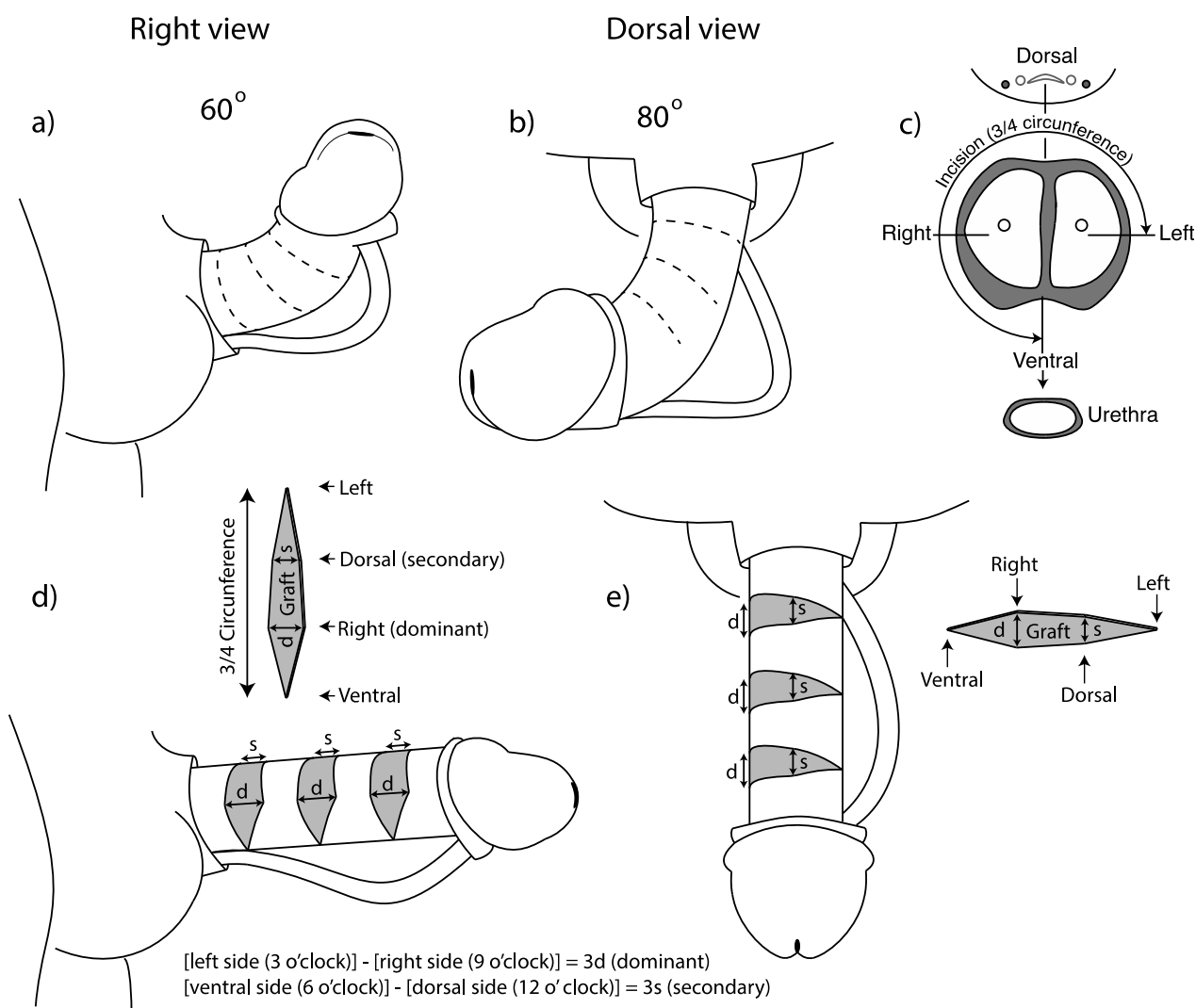


Figura 14 - Correção de caso multiplanar com 80° de desvio lateral direito e 60° de desvio dorsal

Legenda: a) Visão lateral direita com as incisões marcadas com linhas pontilhadas. b) Visão dorsal com as incisões marcadas com linhas pontilhadas. c) Seção transversa mostrando o tamanho e posição da incisão – 3/4 da circunferência. d) Visão lateral direita do pênis retificado com os enxertos fechando os defeitos. A soma de todas as alturas dominantes é igual à disparidade entre a linha dominante (direita) e sua contralateral (esquerda). e) Visão dorsal do pênis retificado com os enxertos fechando os defeitos. A soma de todas as alturas dominantes é igual à disparidade entre a linha secundária (dorsal) e sua contralateral (ventral).

Fonte: O autor, 2014.

4.1.2.3 Casos com estreitamento em ampulheta

Começamos medindo a circunferência normal (C1) do corpo cavernoso e a circunferência no ponto mais estreito (C2) (Figura 15). Os defeitos em ampulheta podem se apresentar de forma simétrica no eixo longitudinal, com distâncias iguais do ponto central mais estreito para a porção distal (h1) e proximal (h2) do pênis ($h1=h2$) (Figura 15-a); ou assimétrica, com distâncias diferentes do ponto central para as regiões distais e proximais ($h1 \neq h2$) (Figura 15-b). Da mesma forma o enxerto pode ser simétrico ou assimétrico, seguindo a característica do defeito. A largura transversa (x) do enxerto é igual à diferença entre a circunferência normal e no ponto mais estreito ($x=C1-C2$) e a altura deve ser igual ao defeito criado após uma incisão linear feita do início do defeito em ampulheta até o seu fim. (Figura 15).

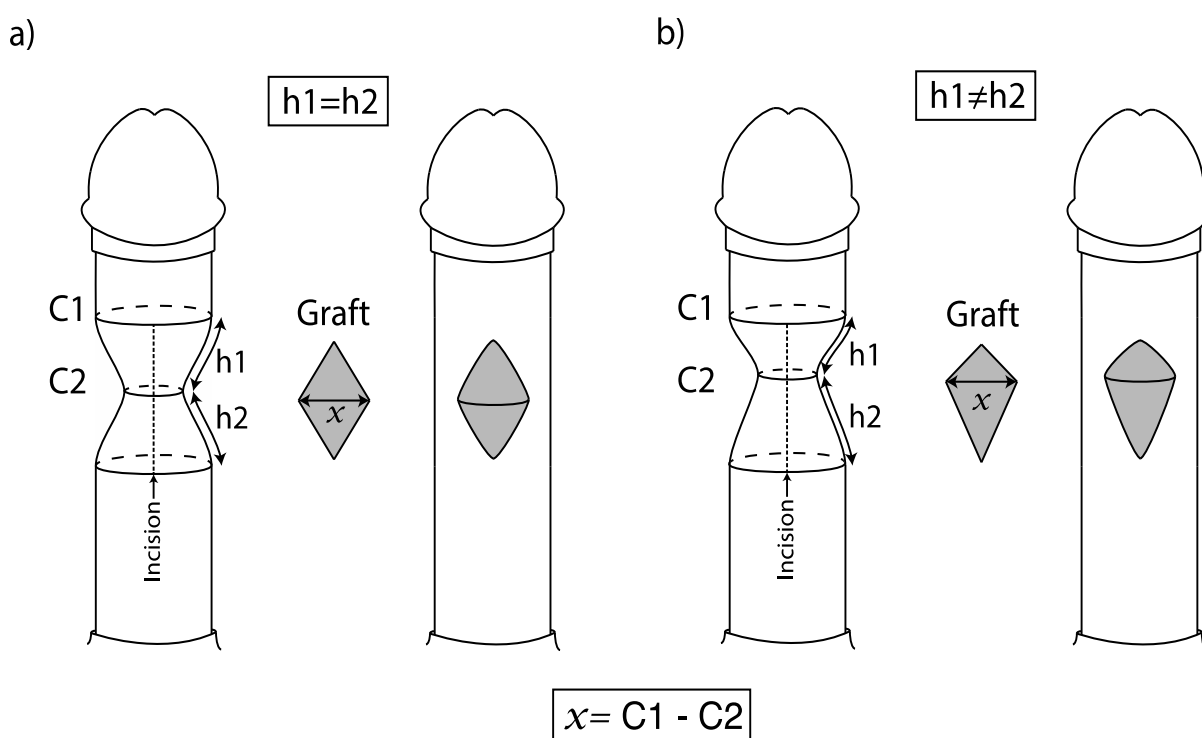


Figura15 - Correção de defeito em ampulheta

Legenda: a) Defeito simétrico ($h1=h2$) com distâncias iguais do ponto mais estreito central para o próximo ponto com circunferência normal, distal (h1) e proximal (h2). O defeito criado após a correção da ampulheta é fechado com um enxerto simétrico, com largura (x) igual à disparidade entre a circunferência normal (C1) e a do ponto mais estreito (C2); b) Defeito assimétrico ($h1 \neq h2$) sendo fechado com enxerto assimétrico. Largura do enxerto (x) igual à disparidade dentre C1 e C2.

Fonte: O autor, 2014.

4.1.2.4 Casos de curvatura com ampulheta

Esta deformidade complexa pode ser corrigida combinando a solução de curvatura com a de ampulheta. Iniciamos calculando o enxerto necessário para corrigir o defeito em ampulheta (previamente descrito) seguido do cálculo do enxerto para corrigir a curvatura (uniplanar ou multiplanar), como descrito previamente. O segundo passo é a divisão do enxerto gerado para correção do defeito em ampulheta em 2 triângulos com base igual à disparidade entre as circunferências (x) (Figura 16). O enxerto final é criado somando-se os triângulos do enxerto para correção da ampulheta ao enxerto usado para a correção uniplanar ou multiplanar (Figura 16 c-d). É importante salientar que a incisão longitudinal para corrigir a deformidade em ampulheta deve ser colocada no lado do corpo cavernoso onde observamos a depressão da superfície. O motivo é que a túnica albugínea é aderida ao tecido erétil que se encontra abaixo, produzindo uma limitação da capacidade acomodativa e distributiva do enxerto inserido. O desrespeito à esta recomendação pode produzir deformidades adicionais.

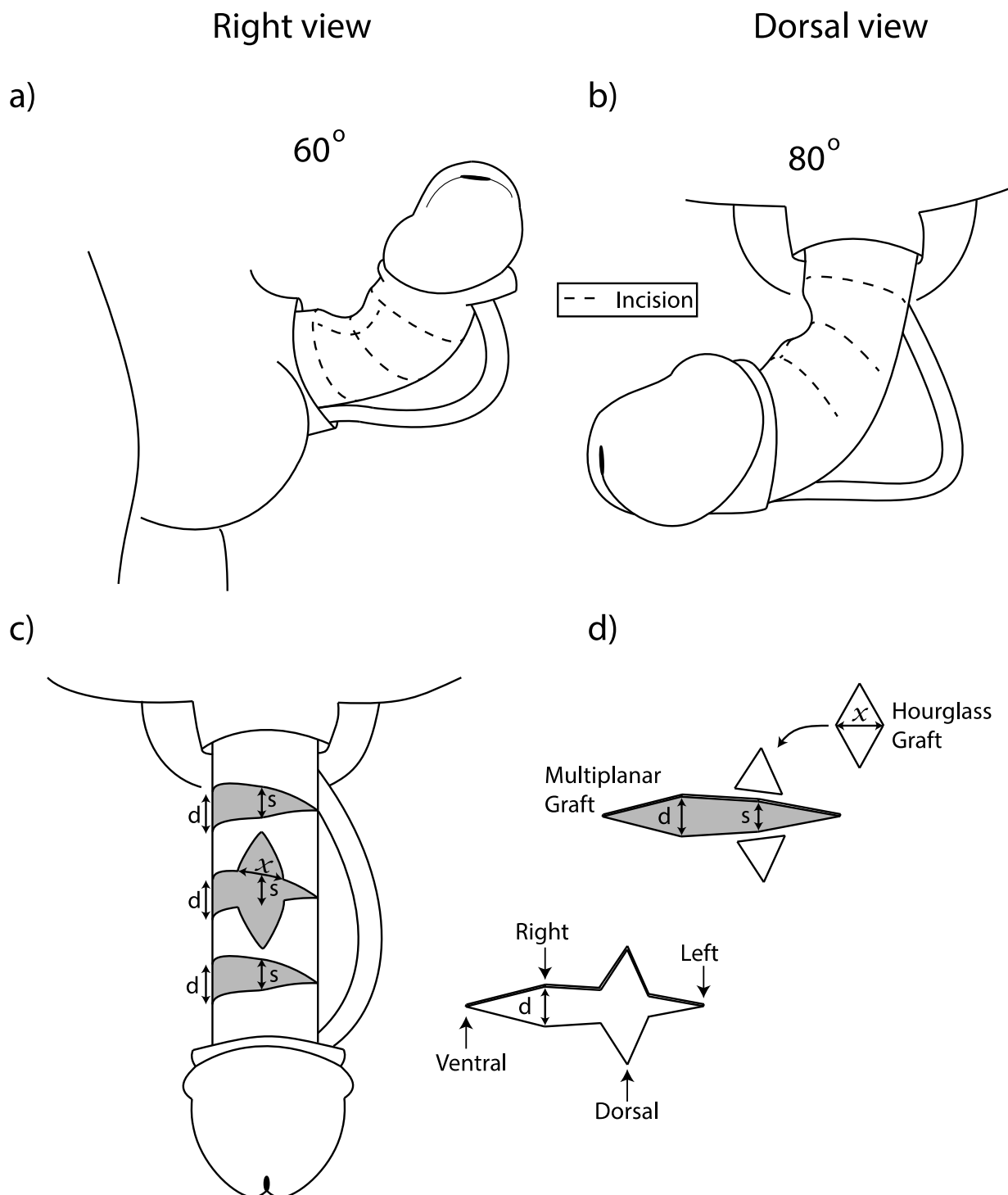


Figura 16 - Correção de um caso complexo multiplanar com estreitamento em ampulheta

Legenda: a) Visão lateral direita mostrando uma curvatura dorsal de 60° com estreitamento em ampulheta. As linhas pontilhadas representam as incisões; b) Visão dorsal mostrando uma curvatura lateral direita de 80° com o mesmo defeito em ampulheta. As linhas pontilhadas representam as incisões; c) Visão dorsal mostrando os enxertos fechados os defeitos após retificação peniana e restauração do calibre; d) Criação de um enxerto combinado com a soma do enxerto para estreitamento dividido em 2, com a base de tamanho igual à disparidade entre a circunferência normal e o ponto mais estreito (x) e outro para tortuosidade.

Fonte: O autor, 2014.

4.1.3 iGrafter – aplicativo para iPad

Para facilitar a aplicação das soluções técnicas anteriormente descritas, evitar cálculos complexos, poupar tempo e fornecer mais precisão cirúrgica, desenvolvemos um aplicativo (**app**) para o iPad. No ato cirúrgico o equipamento era colocado dentro de um plástico estéril.

Inserimos no aplicativo os valores correspondentes às quatro linhas cardinais longitudinais penianas (dorsal, ventral, direita, esquerda) ,entre o início e fim da curvatura, bem como a circunferência peniana. Em caso de defeito em ampulheta bastava clicar no botão “Ampulheta” que uma nova tela aparecia com novos campos a serem preenchidos. Neles era inseridos a circunferência normal (C1) e a circunferência do ponto mais estreito (C2) do corpo cavernoso; assim como os valores longitudinais da região estreita central para a porção distal (h1) e proximal (h2) peniana. Além destes valores era necessário informar também se $h1=h2$ ou $h1\neq h2$. Após análise o iGrafter reconhecia o caso como uniplanar ou multiplanar e calculava o ângulo de curvatura, o comprimento da incisão, o tamanho e forma do enxerto, área enxertada e o local que a incisão deve ser posicionada para inserção do enxerto. Estes resultados apareciam em forma gráfica na tela do iPad (Figura 17-a).

Colocando-se as duas primeiras réguas, presentes na parte superior da tela do iPad, a menor no lado curto da curvatura e a maior no lado longo, conectamos as suas respectivas marcas, traçando assim o plano de incisão (Figura 17-g). Nos casos multiplanares as réguas devem ser colocadas na linha dominante e sua contralateral.

O enxerto aparece em tamanho real (escala 1:1) e ao seu lado a quantidade de enxertos (n) (Figura 17-a). Utilizando um plástico semitransparente estéril (usamos um coletor de urina fechado), copiamos o enxerto por transiluminação. Em seguida o cirurgião coloca o molde criado sobre o tecido escolhido e pinta o seu entorno com azul de metileno (Figura 17 d-e).

Na parte inferior da tela do iPad uma terceira régua aparece, possuindo o tamanho da incisão ($3/4$ da circunferência) (Figura 17-a). Nos casos uniplanares elas apresentam uma marca no seu meio e nos multiplanares as réguas são divididas em 3 segmento, cada um com $1/4$ da circunferência. Na lateral da tela uma imagem da

secção transversa do pênis mostra onde a régua da incisão deve ser colocada, em casos multiplanares. A régua menor deve ser inserida no lado curto da curvatura e a régua maior no lado longo. Em casos multiplanares selecionamos a linha dominante e sua contralateral.

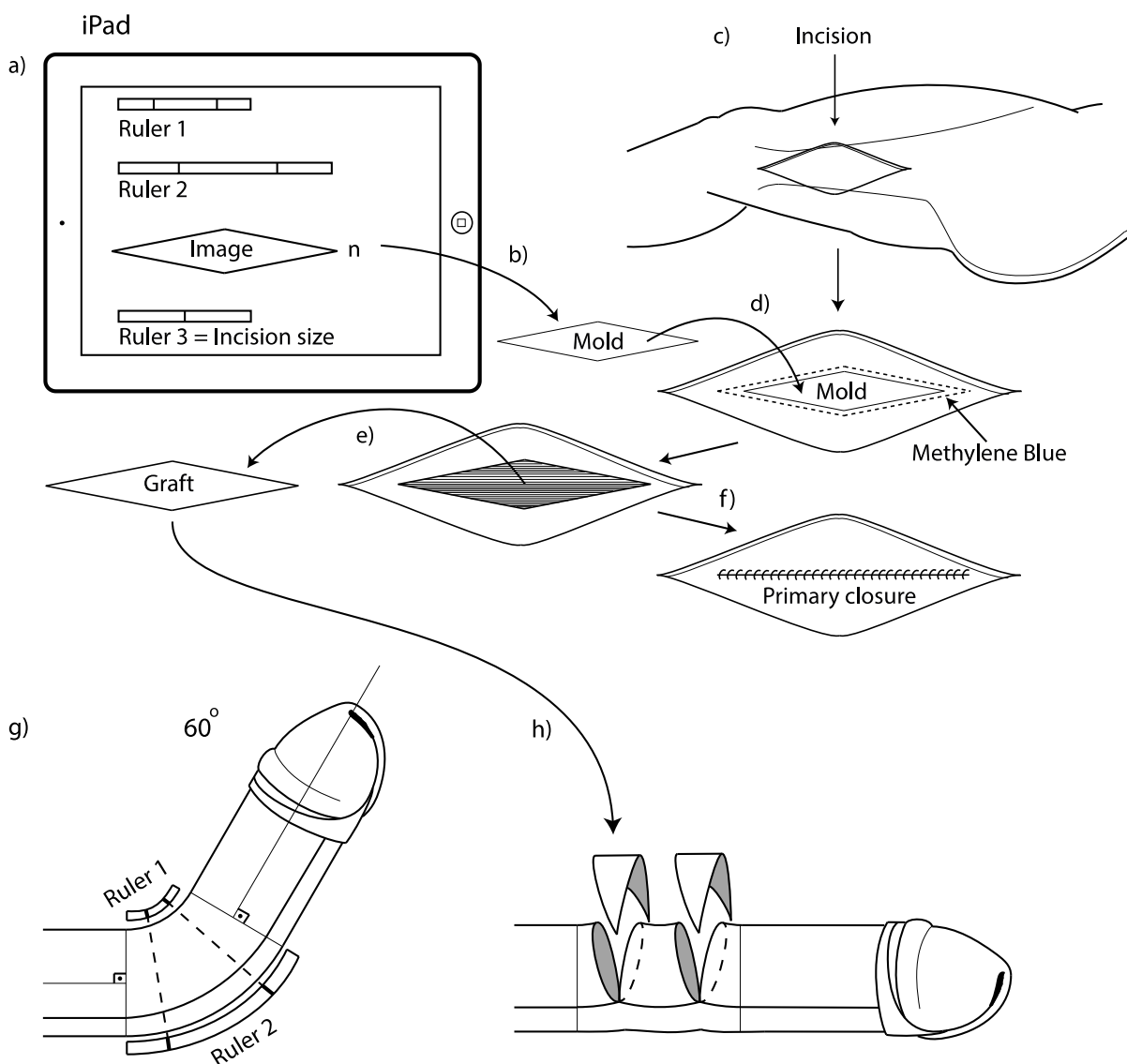


Figura 17 - Fluxo de trabalho do iGrafter

Legenda: a) Resultados de uma curvatura uniplanar. As régua necessárias para marcar o plano de incisão aparecem na parte superior da tela, abaixo o enxerto em tamanho real (escala 1:1) com sua quantidade (n) ao lado. Na parte inferior da tela temos uma terceira régua, que possui o tamanho da incisão e uma marcação na sua porção central; b) Cobrindo a tela com um plástico semitransparente, usamos a transiluminação para copiar o modelo do enxerto; c) Incisão longitudinal na parte lateral da coxa para acessar a fáscia lata; d) Marcação da fáscia lata com azul de metileno, pintando ao redor do molde plástico criado; e) A fáscia lata marcada é removida usando-se uma lâmina de bisturi número 11; f) O defeito criado é fechado primariamente; g) Conectando as marcas correspondentes criadas pelas régua, traçamos o plano de incisão; h) Enxerto sendo inserido para cobrir o defeito criado na retificação do corpo cavernoso.

Fonte: O autor, 2014.

4.1.4 Pacientes

A pesquisa foi aprovada pelo Sistema Nacional de Informações Sobre Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos (SISNEP) com número de protocolo 0025.0.318.000-11

Foram selecionados um total de 9 homens, com rigidez peniana suficientes para penetrar sua parceira(37). Seis pacientes eram potentes, 1 com DE leve e 2 com DE leve-moderada (Quadro 1) com idade entre 34 a 68 anos (média de 48 anos). Eles foram submetidos à corporoplastia com incisão e enxerto de fáscia lata com uso do iGrafter entre fevereiro de 2012 a maio de 2013. As cirurgias foram realizadas por um único cirurgião do Hospital Federal de Ipanema. Os pacientes foram seguidos por uma média de 16 meses (variando de 04 a 24 meses). O desvio peniano médio foi de 57° (variando de 36° a 120°) e a doença estava estável no mínimo por 6 meses. O intercuro sexual não estava satisfatório em todos os pacientes, devido ao desvio peniano. O índice internacional de função erétil 5 (IIEF5) pré-operatório (38, 39) era de 20.5 (variando 12 à 24). Ao fim do acompanhamento nova avaliação era feita com novo preenchimento do questionário IIEF5 (Quadro 1), sem o uso de nenhuma medicação ou dispositivo para melhorar da função erétil.

Paciente	Idade (anos)	Desvio (graus)	Ampulheta	IIEF5 Pre-op	IIEF5 Pos-op	Área enxertada (cm ²)	Número de enxertos	Ossificação	Aumento do lado mais curto (cm)	Acompanhamento (meses)	Resultado cirúrgico	Tratamento
1	63	60-L	x	23	25	8	2	x	2	24	Retificado	
2	62	50-D 33-L	x	19	21	11.7	2		3	24	Retificado	
3	47	45-D		22	23	7.5	2		2	24	após 4mo curvatura 46o D	Novo enxerto
4	49	63-D		12	10	16.6	2	x	4	24	Retificado	PDE5i
5	54	120-D	x	24	19	23	4		6	20	após 12m curvatura 38o L	
6	37	38-R		23	21	7.5	2		2	20	Retificado	
7	55	50-L	x	22	22	13.8	2		3	11	Retificado	
8	50	36-D	x	16	10	13.3	2		2	9	Fibrose intensa + DE	ICI
9	31	51-D	x	24	24	10	2		3	4	após 3m Ampulheta	
M	48	57		20.5	19.4	12.4	2.2		3	16		

Quadro 1 - Características dos pacientes operados

Legenda: D=dorsal; L-esquerda; R-direita; PDE5i= inibidos da fosfodiesterase 5; DE=disfunção erétil; m=meses; ICI=injeção intracavernosa.

Fonte: O autor, 2014.

4.1.5 Análise da curvatura peniana

Durante a cirurgia era induzida uma ereção, com a injeção intracavernosa de solução salina de forma contínua, para medir o ângulo de desvio. Ao final do acompanhamento uma nova aferição era feita, com a ereção induzida após aplicação intracavernosa de 10 µg de alprostadil. A classificação de Kelami foi adotada nas aferições (40).

4.1.6 Técnica cirúrgica

O paciente recebia profilaxia antibiótica com cefazolina 2g com esquema de redosagem a cada 4h. Um bloqueio raquiano era realizado.

Uma ereção artificial era induzida com injeção de soro fisiológica através de um scalp sob compressão perineal/escrotal para ocluir o corpo cavernoso. O Pênis era desenluvado e o feixe vasculonervoso isolado com a técnica descrita por Austoni (41). Utilizamos o iGrafter, como previamente descrito, para corrigir as curvaturas peniana com a incisão da placa e enxertia (PIG). Utilizamos como material de enxerto a fáscia lata. Uma incisão longitudinal era realizada na coxa da perna não dominante, para ter acesso à fáscia lata (Figura 17-c). O azul de metileno era utilizado para marcar a fáscia lata ao redor do molde plástico, gerado a partir do iGrafter (Figura 17-d). A fáscia lata marcada era retirada com o auxílio de uma lâmina de bisturi número 11 (Figura 17-e). O defeito criado na fáscia lata era fechado com sutura primária (Figura 17-f). Em 3 casos, onde a quantidade de enxerto foi maior, utilizamos uma tela cirúrgica para fechar o defeito.

Caso o paciente apresentasse alguma ossificação ela era retirada pelas incisões previamente feitas para a retificação peniana. Adotamos a técnica de preservação da túnica albugínea previamente descrita(42).

Os enxertos gerados pelo iGrafter eram usados para fechar os defeitos criados para retificação peniana. Eles eram fixados com suturas contínuas de polidioxanona 5-0 (PDS 5-0) (Figura 17-h). Após a sutura de todos os enxertos, drenamos a região com dreno de Jackson Pratt 14F, fechamos a fáscia de Buck com pontos separados de PDS 5-0 e a pele com nylon 4-0 . A bexiga era drenada com a inserção de cateter Foley e um curativo contensivo era feito em todo o pênis.

O cateter e o curativo eram retirados após 4-5 dias, para permitir a inosculação do nosso enxerto autólogo (fáscia lata). As relações sexuais eram liberadas após 6 semanas.

4.1.7 Análise estatística

Dados descritivos são reportados de forma demográfica e as informações específicas dos pacientes pré e pós-operatórias. O IIEF-5 foi comparado e as diferenças foram analisadas usando teste-t de Student pareado.

4.2 Resultados – fase II

Após uma média de 16 meses de acompanhamento (variando de 4 a 24 meses) nenhuma complicação significativa foi vista, exceto um paciente que apresentou uma hipoestesia de glândula, que se reverteu após 2 meses.

Seis semanas após a cirurgia todos os pacientes apresentavam uma retificação peniana sem desvios residuais. A média de aumento do lado curto da curvatura foi de 3 cm (variando de 2 a 6 cm) e a área total enxertada foi de 12.4cm² (variando de 7.5 a 23 cm²) (Quadro 1). Todos os pacientes foram capazes de ter um intercuro sexual adequado no pós-operatório sem o uso de medicações, como o inibidor de fosfodiesterase 5 (PDE5i) ou ICI.

Ao fim do acompanhamento 3 pacientes (33%) tiveram a recorrência da deformidade e 1 paciente (11%) apresentou fibrose intensa no corpo cavernoso e DE severa. A média do IIEF-5 foi de 19.4 (variando de 10 a 24) sem diferença estatística significativa ($p=0.28$), quando comparado ao período pré-operatório, com média de 20.4 (variando de 12 a 24). Quatro pacientes (44%) tiveram piora no IIEF-5 com uma redução média de 3.8 (variando de 2 a 6); porém todos os 9 pacientes eram capazes de ter um intercuro sexual satisfatório, 7 pacientes (77%) sem o uso de nenhuma droga eretogênica e 2 (22%) com o auxílio de drogas (Quadro 1).

Todos os pacientes, com exceção de um, ficaram satisfeitos com o resultado cirúrgico (89%). O paciente que ficou insatisfeito foi o que apresentou DE grave e a necessidade de ICI para conseguir ter sua relação sexual.

4.3 Discussão – fase II

Em 1950 Lowsley e Boyce descreveram o primeiro enxerto para correção da doença de Peyronie(43). Nas décadas de 70 e 80 Horton e Devine popularizaram o uso de enxertia para a correção das deformidades penianas causadas pela doença(25). Muitos outros autores testaram vários materiais para enxertia, na busca por um material ideal. O enxerto ideal deve ser prontamente disponível, fácil de suturar, flexível, compatível, barato e com baixo risco de infecção e antigenicidade. Além disso ele deve ser bem tolerável, com baixa morbidade e mínima reação tecidual. Entretanto apesar de uma grande quantidade de informações coletadas de numerosos estudos o enxerto ideal ainda não foi estabelecido(29). A fáscia lata tem sido usada como enxerto para pacientes com curvatura peniana por um longo tempo com resultados seguros(29, 31, 32, 44). Dentre as suas vantagens está o fato de ser um tecido autólogo, que elimina a preocupação com antigenicidade e a necessidade de preservação e estocagem. Vários meses após sua implantação num leito vascular (sinusóides) há neovascularização e endotelização. Além disso a fáscia lata tem uma boa força tênsil e é bem preservada após implantação(31). Baseados em todas estas características escolhemos a fáscia lata como o material para enxertia. Porém com nossa nova técnica o cirurgião pode escolher o seu material predileto. Ela não trata de material mas sim sobre a uma nova forma de se abrir o corpo cavernoso e enxertar, reduzindo a área enxertada, evitando deformidades mecânicas e geométricas. Diferente das outras técnicas criadas propomos uma redução significativa da área enxertada e conseqüentemente menos trauma e fibrose no tecido erétil. Isto foi primeiramente feito quando cirurgiões mudaram a abordagem excisional para incisional, reduzindo a área enxertada com melhores resultados(33, 45).

A inspiração para a criação da técnica veio do movimento minimalista que ocorreu no século XX com uma série de inovações artísticas, culturais e científicas que preocuparam-se em fazer uso de poucos elementos fundamentais como base de expressão, sendo intitulados de minimalismo. Como muito bem foi resumido pelo arquiteto Ludwig Mies van der Rohe “Less is more”. Com essa ideia desenvolvemos uma solução para um enxerto na correção da doença de Peyronie, confeccionando enxertos de menor área possível e com maior simplicidade geométrica.

Embora muitos autores descrevam a DE pós-operatória variando de 21% à 100% (20, 32, 37, 46-48) poucos utilizaram um instrumento de aferição validado. Flores et al(20) , utilizando o IIEF, reportou que 46% dos homens apresentaram uma redução > 6 pontos no domínio da função erétil do IIEF (IIEF-EF) após PIG. Os valores pré-operatório e pós-operatório foram 23 +/- 4 e 17 +/- 9, respectivamente. Chung et al(46) , usando o IIEF-5, relatou que a média pré-operatória era de 15.1 (variando de 6 a 20) e no pós-operatório era de 10.8 (variando de 2 a 15). Após 5 anos 100% dos pacientes que receberam enxertia tiveram um IIEF-5 pior e 67% utilizavam PDE5i ou ICI. Nossos resultados mostraram uma função erétil melhor com 77% dos pacientes conseguindo uma ereção suficiente para um intercuro sexual satisfatório, sem auxílio farmacológico. Os 4 pacientes (44%) que apresentaram uma piora do IIEF-5 tiveram uma redução média de 3.8 pontos, representando uma menor perda da função erétil que os trabalhos previamente citados e apenas 22% dos pacientes necessitaram do uso de medicação para melhorar a rigidez peniana. Dentre os 4 pacientes com piora da função erétil 2 (22%) tinham DE leve-moderada no pré-operatório (IIEF-5 ≤ 16) e 1 (11%) tinha 120° de curvatura. Todos estes fatores são fatores de risco conhecido para DE no pós-operatório da PIG (20, 37). Ao fim todos os pacientes conseguiam ter um intercuro sexual, com ou sem o auxílio de medicações eretogênicas.

A menor redução no IIEF-5 se deu principalmente por uma menor perda na rigidez peniana. Esta vantagem acontece por um fenômeno hidrodinâmico previamente descrito por Gelbard(49). Nele devemos lembrar que a pressão em qualquer ponto dentro do corpo cavernoso é o mesmo (lei de Pascal para líquidos) e que a tensão na parede do corpo cavernoso é diretamente proporcional ao raio da secção transversa (Lei de Laplace. $T=R.P$. Onde T = tensão na parede, R = raio da secção transversa e P = pressão). Podemos concluir que uma redução no raio da secção transversa do corpo cavernoso irá resultar numa redução da tensão da parede de iguais proporções. Sendo assim, a tensão na parede do corpo cavernoso no ponto do estreitamento em ampulheta é menor do que no resto do pênis (Figura 18). Por este motivo o pênis dobra no ponto da deformidade em ampulheta, sempre que o paciente tenta realizar uma penetração, pela perda da rigidez neste segmento, gerado pela redução do raio e não por uma diminuição na pressão interna do pênis, como na fuga venosa (Figura 19) . A dobra do pênis curvo em ereção durante a tentativa de penetração é outro distúrbio funcional comum. Em termos mecânicos

este problema é secundário à curvatura longitudinal e à redução do calibre, resultado de uma invaginação e colapso do segmento do corpo cavernoso após aplicar uma força axial.(49) (Figura 19). Por estes motivos físicos é que devemos reestabelecer a geometria cilíndrica peniana o mais próximo possível de um cilindro perfeito, sem dobras, enrugamentos e reduções de calibres. O iGrafter tem a vantagem de fazer esses cálculos complexos e dar ao paciente a melhor chance de reestabelecimento da geometria peniana, visando a melhor solução com menor área. Quando reestabelecemos a geometria cilíndrica do pênis eliminamos todos os problemas físicos descritos, fazendo com que o paciente tenha uma melhora da rigidez peniana. Esta melhora hidrodinâmica é a responsável pelos melhores resultados na função erétil.

Uma outra vantagem da técnica proposta é a melhor distribuição da correção, que é feita ao longo do pênis, com a inserção de um enxerto a cada 30° e não em apenas uma área. Esta é uma boa vantagem em grandes desvios. O estiramento causado no tecido erétil após incisão e abertura do corpo cavernoso para enxertia é menor. Cada incisão na nova técnica sofre uma abertura máxima média de 1.67cm, considerando que o corpo cavernoso tem circunferência média de 10cm. Num exemplo de desvio de 120° uniplanar teríamos 4 incisões com abertura máxima de 1,67cm em cada uma delas. Se usássemos a técnica da incisão duplo-Y teríamos uma abertura de 6.68cm em um único ponto, provocando uma maior lesão ao tecido erétil.

O iGrafter se mostrou uma ferramenta eficaz no cálculo intraoperatório, sem nenhuma curvatura residual observada no intra ou pós-operatório. Seu uso foi de grande utilidade, não sendo necessário a resolução de equações nem de se medir e desenhar os enxertos, o que seria impeditivo para execução da técnica durante a cirurgia, pois ela se baseia em múltiplas equações matemáticas e complexa geometria espacial. As vantagens do iGrafter no tablet são: Funciona com o toque do cirurgião, mesmo dentro de um saco plástico e a mão enluvada; fácil uso no campo cirúrgico, dispensa a necessidade de teclado; é portátil, baixo custo; boa luminância da tela, permitindo fazer transiluminação; vida útil longa da bateria. Outra vantagem do método é a sua flexibilidade, o que possibilita seu uso em qualquer tipo de curvatura peniana: Doença de Peyronie com ou sem inserção de prótese peniana, Pênis torto congênito e qualquer outra patologia que possa gerar

tortuosidade peniana. O iGrafter permite também o uso de qualquer tipo de material para enxerto, deixando ao cirurgião a escolha do material da sua preferência.

A principal preocupação dos cirurgiões nas cirurgias de incisão e enxertia tem sido a busca por um material ideal, visando melhores resultados; porém pouca atenção foi dada à redução da área enxertada. Temos dados suficientes que nos mostram que a área enxertada possui um papel tão fundamental, para melhorar a função erétil pós-cirúrgica, quanto o tipo de material utilizado para enxerto(20, 26, 32, 33, 50, 51). Este trabalho é uma contribuição original na busca por uma solução minimalista, que consiga corrigir os desvios penianos com menor trauma e tamanho de enxerto, sem deformidades finais. A limitação do presente trabalho é o pequeno número de pacientes, ausência de grupo controle, segmento menor que 5 anos e paciente selecionados de forma não apropriada (todos deveriam ter uma boa função erétil no pré-operatório).

Tensão máxima na parede $T1=P.R$

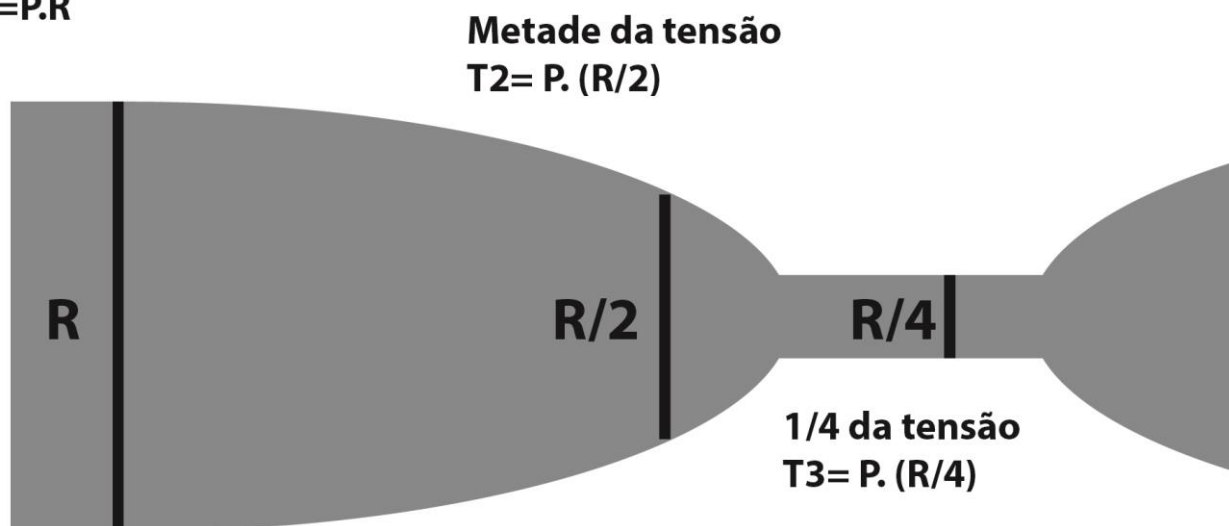


Figura 18 - Lei de Laplace aplicada à rigidez peniana

Nota: A tensão na parede do corpo cavernoso é diretamente proporcional ao raio da secção transversa, seguindo a fórmula $T=P.R.$, onde T = tensão, P =pressão e R =raio. $T1$ = tensão máxima. $T2= \frac{1}{2} T1$. $T3= \frac{1}{4} T1$. Este princípio explica o porque da perda da rigidez em casos de deformidades em ampulheta.

Fonte, O autor, 2014.

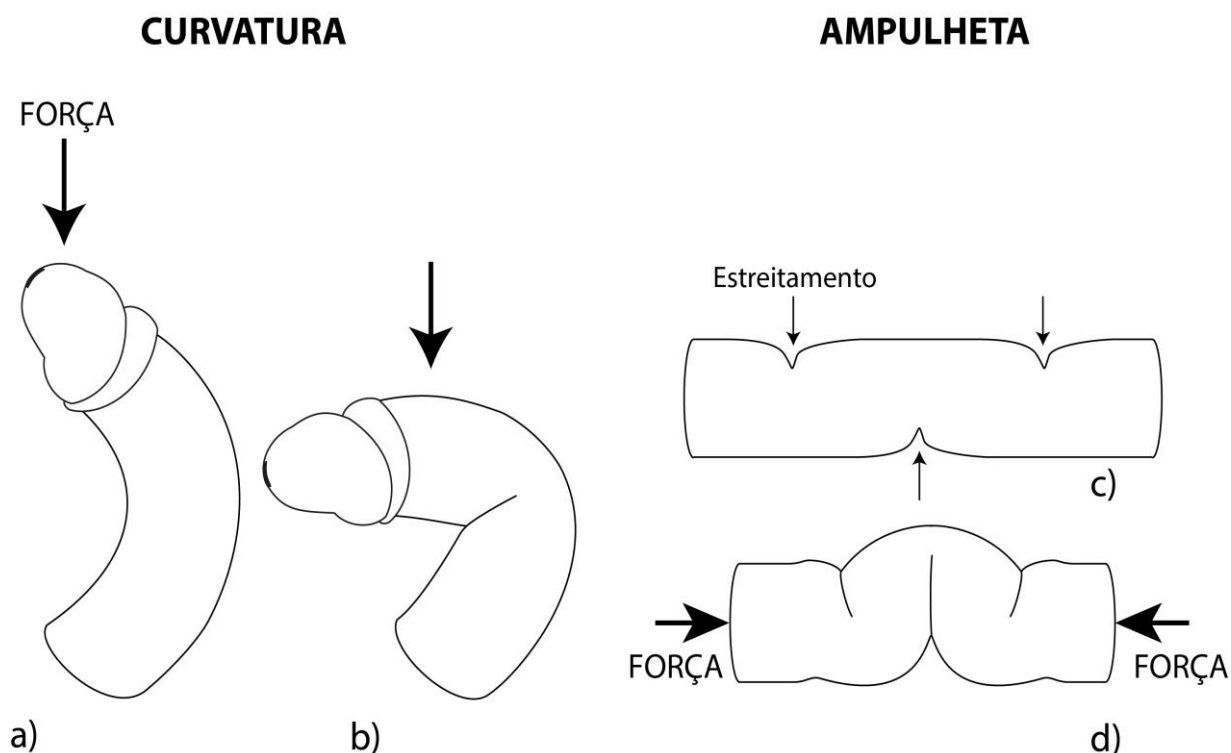


Figura 19 - Exemplos de como os enrugamentos e deformidades, causadas pelas mudanças físicas gerada pelas doença de Peyronie, dificultam ou impossibilitam a inserção peniana

Legenda: a) Pênis curvo recebendo uma força longitudinal durante tentativa de inserção; b) Dobra do pênis em ereção durante uma tentativa de penetração. Em termos mecânicos este problema é secundário à curvatura longitudinal e à redução do calibre, resultado de uma invaginação e colapso do segmento do corpo cavernoso após aplicar uma força axial; c) Pênis com deformidades em ampulheta; d) Durante tentativa de inserção o pênis dobra nos locais onde o calibre é reduzido, pela perda de tensão na parede, impedindo o coito.

Fonte, O autor, 2014.

4.4 Conclusão – fase II

A correção cirúrgica das curvaturas penianas com o uso do iGrafter parecem promissoras, mostrando ser uma solução eficiente e seguras para as retificações das curvaturas penianas. Além disso utiliza uma área mínima de enxerto sem causar deformidades. Novos estudos futuros com maior número de indivíduos, com maior prazo de acompanhamento serão necessários para melhor comprovar estes achados.

CONCLUSÃO

As atuais técnicas cirúrgicas utilizadas para a correção da curvatura peniana possuem imperfeições geométricas e mecânicas, que podem contribuir de forma significativa para o insucesso pós-operatório; além disso não minimizam a área enxertada. O iGrafter se mostrou uma solução viável com bons resultados cirúrgicos, retificando o pênis sem gerar deformidades geométricas e sem causar danos significativos à função erétil dos pacientes. Esta nova técnica cirúrgica tem o potencial de fornecer resultados melhores que as existentes, porém apenas após um estudo multicêntrico randomizado, com maior número de participantes, comparando-a à outras técnicas e à longo prazo é que poderemos definir seu lugar no armamentário terapêutico.

REFERÊNCIAS

1. Musitelli S, Bossi M, Jallous H. A brief historical survey of "Peyronie's disease". *J Sex Med.* 2008;5(7):1737-46.
2. Ralph D, Gonzalez-Cadavid N, Mirone V, Perovic S, Sohn M, Usta M, et al. The management of Peyronie's disease: evidence-based 2010 guidelines. *J Sex Med.* 2010;7(7):2359-74.
3. Smith BH. Subclinical Peyronie's disease. *Am J Clin Pathol.* 1969;52(4):385-90.
4. Sommer F, Schwarzer U, Wassmer G, Bloch W, Braun M, Klotz T, et al. Epidemiology of Peyronie's disease. *Int J Impot Res.* 2002;14(5):379-83.
5. Schwarzer U, Sommer F, Klotz T, Braun M, Reifenrath B, Engelmann U. The prevalence of Peyronie's disease: results of a large survey. *BJU Int.* 2001;88(7):727-30.
6. Tal R, Heck M, Teloken P, Siegrist T, Nelson CJ, Mulhall JP. Peyronie's disease following radical prostatectomy: incidence and predictors. *J Sex Med.* 2010;7(3):1254-61.
7. Usta MF, Bivalacqua TJ, Tokatli Z, Rivera F, Gulkesen KH, Sikka SC, et al. Stratification of penile vascular pathologies in patients with Peyronie's disease and in men with erectile dysfunction according to age: a comparative study. *J Urol.* 2004;172(1):259-62.
8. Carrieri MP, Serraino D, Palmiotto F, Nucci G, Sasso F. A case-control study on risk factors for Peyronie's disease. *J Clin Epidemiol.* 1998;51(6):511-5.
9. Casabe A, Bechara A, Cheliz G, De Bonis W, Rey H. Risk factors of Peyronie's disease. What does our clinical experience show? *J Sex Med.* 2011;8(2):518-23.
10. Gueneri S, Stioui S, Mantovani F, Austoni E, Simoni G. Multiple clonal chromosome abnormalities in Peyronie's disease. *Cancer Genet Cytogenet.* 1991;52(2):181-5.
11. Somers KD, Winters BA, Dawson DM, Leffell MS, Wright GL, Jr., Devine CJ, Jr., et al. Chromosome abnormalities in Peyronie's disease. *J Urol.* 1987;137(4):672-5.
12. Rompel R, Weidner W, Mueller-Eckhardt G. HLA association of idiopathic Peyronie's disease: an indication of autoimmune phenomena in etiopathogenesis? *Tissue Antigens.* 1991;38(3):104-6.

13. Schiavino D, Sasso F, Nucera E, Alcini E, Gulino G, Milani A, et al. Immunologic findings in Peyronie's disease: a controlled study. *Urology*. 1997;50(5):764-8.
14. Stewart S, Malto M, Sandberg L, Colburn KK. Increased serum levels of anti-elastin antibodies in patients with Peyronie's disease. *J Urol*. 1994;152(1):105-6.
15. Ralph DJ, Schwartz G, Moore W, Pryor JP, Ebringer A, Bottazzo GF. The genetic and bacteriological aspects of Peyronie's disease. *J Urol*. 1997;157(1):291-4.
16. Deveci S, Hopps CV, O'Brien K, Parker M, Guhring P, Mulhall JP. Defining the clinical characteristics of Peyronie's disease in young men. *J Sex Med*. 2007;4(2):485-90.
17. Lue TF, Giuliano F, Montorsi F, Rosen RC, Andersson KE, Althof S, et al. Summary of the recommendations on sexual dysfunctions in men. *J Sex Med*. 2004;1(1):6-23.
18. Kadioglu A, Tefekli A, Erol B, Oktar T, Tunc M, Tellaloglu S. A retrospective review of 307 men with Peyronie's disease. *J Urol*. 2002;168(3):1075-9.
19. Kendirci M, Trost L, Sikka SC, Hellstrom WJ. Diabetes mellitus is associated with severe Peyronie's disease. *BJU Int*. 2007;99(2):383-6.
20. Flores S, Choi J, Alex B, Mulhall JP. Erectile Dysfunction after Plaque Incision and Grafting: Short-term Assessment of Incidence and Predictors. *J Sex Med*. 2011; 8(7): 2031-7.
21. Mulhall JP, Schiff J, Guhring P. An analysis of the natural history of Peyronie's disease. *J Urol*. 2006;175(6):2115-8; discussion 8.
22. Bella AJ, Perelman MA, Brant WO, Lue TF. Peyronie's disease (CME). *J Sex Med*. 2007;4(6):1527-38.
23. Nesbit RM. Congenital Curvature of the Phallus: Report of Three Cases with Description of Corrective Operation. *Transactions of the American Association of Genito-Urinary Surgeons*. 1964;56:20-2.
24. Horton CE, Devine CJ, Jr. Peyronie's disease. Plastic and reconstructive surgery. 1973;52(5):503-10.
25. Devine CJ, Jr., Horton CE. Surgical treatment of Peyronie's disease with a dermal graft. *J Urol*. 1974;111(1):44-9.
26. Gelbard MK, Hayden B. Expanding contractures of the tunica albuginea due to Peyronie's disease with temporalis fascia free grafts. *J Urol*. 1991;145(4):772-6.

27. Lue TF, El-Sakka AI. Venous patch graft for Peyronie's disease. Part I: technique. *J Urol*. 1998;160(6 Pt 1):2047-9.
28. Egydio PH, Lucon AM, Arap S. Treatment of Peyronie's disease by incomplete circumferential incision of the tunica albuginea and plaque with bovine pericardium graft. *Urology*. 2002;59(4):570-4.
29. Kadioglu A, Sanli O, Akman T, Ersay A, Guven S, Mammadov F. Graft materials in Peyronie's disease surgery: a comprehensive review. *J Sex Med*. 2007;4(3):581-95.
30. Kalsi JS, Christopher N, Ralph DJ, Minhas S. Plaque incision and fascia lata grafting in the surgical management of Peyronie's disease. *BJU Int*. 2006;98(1):110-4; discussion 4-5.
31. Kargi E, Yesilli C, Hosnuter M, Akduman B, Babuccu O, Mungan A. Relaxation incision and fascia lata grafting in the surgical correction of penile curvature in Peyronie's disease. *Plast Reconstr Surg*. 2004;113(1):254-9.
32. Kalsi J, Minhas S, Christopher N, Ralph D. The results of plaque incision and venous grafting (Lue procedure) to correct the penile deformity of Peyronie's disease. *BJU Int*. 2005;95(7):1029-33.
33. Austoni E, Fisch M, Gentile V, Mirone V. *Atlas of Reconstructive Penile Surgery*. Pisa - Italy: Pacini Editore Medicina; 2010. 522 p.
34. Egydio PH, Lucon AM, Arap S. A single relaxing incision to correct different types of penile curvature: surgical technique based on geometrical principles. *BJU Int*. 2004;94(7):1147-57.
35. Hatzimouratidis K, Eardley I, Giuliano F, Hatzichristou D, Moncada I, Salonia A, et al. EAU Guidelines on Penile Curvature. *Eur Urol*. 2012;62(3):543-52.
36. Breyer BN, Brant WO, Garcia MM, Bella AJ, Lue TF. Complications of porcine small intestine submucosa graft for Peyronie's disease. *The Journal of urology*. 2007;177(2):589-91.
37. Levine LA, Greenfield JM, Estrada CR. Erectile dysfunction following surgical correction of Peyronie's disease and a pilot study of the use of sildenafil citrate rehabilitation for postoperative erectile dysfunction. *J Sex Med*. 2005;2(2):241-7.
38. Rosen RC, Cappelleri JC, Smith MD, Lipsky J, Pena BM. Development and evaluation of an abridged, 5-item version of the International Index of Erectile Function (IIEF-5) as a diagnostic tool for erectile dysfunction. *Int J Impot Res*. 1999;11(6):319-26.
39. Pechorro PS, CalvinoNuno AM, Pereira M, Vieira RX. Validação de uma versão portuguesa do Índice Internacional de Função Erétil-5 (IIEF-5). *International Andrology*. 2011;9(1):3-9.

40. Kelami A. Classification of congenital and acquired penile deviation. *Urologia internationalis*. 1983;38(4):229-33.
41. Austoni E, Altieri VM, Tenaglia R. [Trans-scrotal penile degloving, a new procedure for corporoplasties.]. *Urologia*. 2012:0.
42. Gelbard MK. Relaxing incisions in the correction of penile deformity due to Peyronie's disease. *J Urol*. 1995;154(4):1457-60.
43. Lowsley OS, Boyce WH. Further experiences with an operation for the cure of peyronie's disease. *J Urol*. 1950;63(5):888-902.
44. Burnett AL. Fascia lata in penile reconstructive surgery: a reappraisal of the fascia lata graft. *Plast Reconstr Surg*. 1997;99(4):1061-7.
45. Kendirci M, Hellstrom WJ. Critical analysis of surgery for Peyronie's disease. Current opinion in urology. 2004;14(6):381-8.
46. Chung E, Clendinning E, Lessard L, Brock G. Five-year follow-up of Peyronie's graft surgery: outcomes and patient satisfaction. *J Sex Med*. 2011;8(2):594-600.
47. El-Sakka AI, Lue TF. Venous grafting for the correction of penile curvature in Peyronie's disease. Current opinion in urology. 1998;8(6):541-6.
48. Taylor FL, Levine LA. Surgical correction of Peyronie's disease via tunica albuginea plication or partial plaque excision with pericardial graft: long-term follow up. *J Sex Med*. 2008;5(9):2221-8; discussion 9-30.
49. Levine LA. Peyronie's disease : a guide to clinical management. Totowa, N.J.: Humana Press; 2007. xv, 267 p. p.
50. Mulhall J, Anderson M, Parker M. A surgical algorithm for men with combined Peyronie's disease and erectile dysfunction: functional and satisfaction outcomes. *J Sex Med*. 2005;2(1):132-8.
51. Sansalone S, Garaffa G, Djinoovic R, Pecoraro S, Silvani M, Barbagli G, et al. Long-term results of the surgical treatment of Peyronie's disease with Egydio's technique: a European multicentre study. *Asian J Androl*. 2011;13(6):842-5.

ANEXO A - Aprovação da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa



MINISTÉRIO DA SAÚDE
Conselho Nacional de Saúde
Comissão Nacional de Ética em Pesquisa
Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Federal de Bonsucesso

PARECER DO PROJETO DE PESQUISA / CEP-HFB 44/11

Coordenadora: Cristina Carvalho Viana de Araújo (Enfermeira) Vice-Coordenadora: Sonia Paredes de Oliveira (Médica) Secretária Executiva: Márcia Natal Batista Abreu (Psicóloga) Membros: Antonio Abílio Pereira Santa Rosa (Médico) Carlos Roberto Cabral (Representante dos Usuários) Giuseppe Santalucia (Médico) Gustavo Antonio Soares Nogueira (Assistente Social) Juliana Flávia de Oliveira (Fisioterapeuta) Lia Cristina Galvão dos Santos (Enfermeira) Sandro André Ferreira da Silva (Fisioterapeuta) Virgínia Ribeiro Lima e Andrade (Enfermeira) Projeto: “Solução computadorizada para enxerto mínimo na doença de Peyronie.” Pesquisador responsável: Alexandre de Freitas Miranda.	Rio de Janeiro, 19 de dezembro de 2011. O Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Federal de Bonsucesso, após o atendimento das pendências, considerou o projeto (CEP-HFB 44/11) aprovado, pois se encontra dentro dos padrões éticos da pesquisa em seres humanos, conforme Resolução nº 196 de outubro de 1996, que dispõe sobre a pesquisa envolvendo seres humanos. Solicitamos que ao término da pesquisa seja encaminhada a esta Comissão uma cópia eletrônica (CD-R) e uma impressa do Relatório Final da Pesquisa.  Cristina C. V. Araújo Coordenadora do CEP-HFB
---	--

Hospital Federal de Bonsucesso
Av. Londres, 616 – Bonsucesso - Rio de Janeiro – RJ
CEP: 21041-030

ANEXO B - Registro do Aplicativo no INPI

INPI

protocolo

INPI INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL
PROTOCOLO GERAL
17/09/2013 020130076606
15:13 NPRJ
BR 51 2013 000967 7

PEDIDO DE REGISTRO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR

IDENTIFICAÇÃO DO PEDIDO (Para uso do INPI)

Número do Pedido _____ Protocolo, Data e Hora _____

DADOS DO AUTOR DO PROGRAMA

Nº de Autores 1 Se mais de um, preencha a "Continuação", com todos os dados solicitados neste Quadro. Date e assine.

CPF* 071.691.347-05

Nome Alexandre de Freitas Miranda

Nome Abreviado, pseudônimo ou sinal convencional (se houver) Alexandre Miranda

Data de Nascimento 08/10/1976 Nacionalidade Brasileiro

Endereço R. Jardim Botânico 742/blc-2/ap-202
Jardim Botânico

Cidade Rio de Janeiro UF RJ País Brasil

CEP 22.460-00 Telefone 2183307007 FAX _____

E-mail dralexm@gmail.com

DADOS DO TITULAR DOS DIREITOS PATRIMONIAIS

Nº de Titulares 1 Se mais de um, preencha a "Continuação", com todos os dados solicitados neste Quadro. Date e assine.

CPF/CNPJ* 07169134705

Nome/Razão Social Alexandre de Freitas Miranda

Nome abreviado, pseudônimo ou sinal convencional (se houver) Alexandre Miranda

Data de Nascimento 08/10/1976 Nacionalidade/Origem Brasileiro

Endereço R. Jardim Botânico 742/blc-2/ap-202
Jardim Botânico

Cidade Rio de Janeiro UF RJ País Brasil

CEP 22.460-00 Telefone 2183307007 FAX _____

E-mail dralexm@gmail.com

☐ SIM, este Titular é Pessoa Jurídica. Caso afirmativo, assinale a melhor classificação:

☐ Órgão Público ☐ Sociedade com Intuito não Econômico ☐ Microempresa ☐ Software House

☐ Instituição Pública de Ensino ou Pesquisa ☐ Instituição Privada de Ensino ou Pesquisa ☐ Outras

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA E CONTATO (Preencha apenas o necessário)

Toda correspondência será enviada para: ☐ O Procurador ou ☒ O Titular acima ou

☐ Escaninho nº _____ ☐ Representação INPI em: _____ ☐ O Endereço abaixo:

Nome _____

Endereço _____

Cidade _____ UF _____ País _____

CEP _____ Telefone _____ FAX _____

E-mail _____

Modelo 1 (folha 1/2) E

AM

ANEXO C - Consentimento informado entregue aos participantes da pesquisa

Hospital Federal de Ipanema
Ministério da Saúde

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado para participar, como voluntário, em uma pesquisa. . Você precisa decidir se quer participar ou não. Por favor, não se apresse em tomar a decisão. Leia cuidadosamente o que se segue e pergunte ao responsável pelo estudo qualquer dúvida que você tiver. Este estudo está sendo conduzido pelo Dr. Alexandre Miranda. Após ser **esclarecido** sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa você não será penalizado de forma alguma. Em caso de dúvida você pode procurar o Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Federal de Bonsucesso pelo telefone (21) 3977-9833.

ESCLARECIMENTOS SOBRE A PESQUISA:

Título do Projeto: Princípio Minimalista Aplicado na Correção da Doença de Peyronie.

Pesquisador Responsável : Alexandre de Freitas Miranda

Telefone para contato (inclusive ligações a cobrar): (21) 3111-2362

Pesquisadores participantes: Alexandre de Freitas Miranda.

Telefones para contato : (21) 3111-2362

♦ Você será examinado antes da cirurgia, sendo necessário fotos do pênis em ereção em dois ângulos (de cima para baixo e de um lado para o outro). Após a cirurgia você vai passar em uma consulta a cada mês nos 3 primeiros meses, depois uma consulta a cada três meses por mais 6 meses e após isso uma consulta anual. Nas visitas pós-operatórias pode ser necessário fotografar o pênis em ereção para acompanhamento.

Informamos que as fotos podem ser utilizadas na apresentação do estudo, sendo sua identidade mantida em total sigilo.

A melhor forma de tratar a doença de Peyronie, principalmente com desvios grandes, é a colocação de um pedaço de tecido no pênis, que soluciona o problema e ainda aumenta o tamanho. O tecido utilizado é um pedaço (tecido) da coxa do paciente. Sabemos que quanto menor a quantidade de tecido retirado melhor é a cicatrização da coxa e menor a chance de problemas de ereção e cicatrização. O presente trabalho reduziu o tamanho do pedaço (tecido) a ser retirado da coxa, cortando o pênis de uma forma diferente da usual e colocando o pedaço (tecido) de uma nova forma, visando melhores resultados, reduzindo as chances de complicações.

♦ Os riscos para o procedimentos são os mesmos que os das técnicas usuais, sem nenhum risco adicional.

Os riscos do procedimento são:

- 1- Anestesia do Pênis, que pode ser irreversível.
- 2- Disfunção sexual erétil (problema de ereção).
- 3- Lesão da uretra (canal que leva a urina da bexiga para fora).
- 4- Hematoma (tanto no pênis quanto na coxa).
- 5- Sangramento (tanto no pênis quanto na coxa).
- 6- Infecção (tanto no pênis quanto na coxa).
- 7- Edema (tanto no pênis quanto na coxa).

♦ Benefícios:

- 1- Menor quantidade de tecido para ser usado
- 2- Menor chance de disfunção sexual erétil (Falta de ereção)
- 3- Correção de tortuosidades complexas com maior precisão

♦ Você terá acesso ao profissional responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O principal investigador é o Dr. Alexandre Miranda, que pode ser encontrado no Hospital Federal de Ipanema (Endereço: Rua Antônio Parreira 67. 4º andar da UPE toda 5ª feira pela manhã. Ipanema. RJ) Telefone: 3111-2362. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital Federal de Bonsucesso pelo telefone (21) 3977-9833.

♦ Se você concordar em participar do estudo, seu nome e identidade serão mantidos em sigilo. A menos que requerido por lei ou por sua solicitação, somente o pesquisador, a equipe do estudo, o Comitê de Ética e inspetores de agências regulamentadoras do governo, quando necessário, terão acesso à suas informações para verificar as informações do estudo.

♦ Sua participação na pesquisa é voluntária e você pode sair dela quando quiser, sem qualquer prejuízo da continuidade do acompanhamento/ tratamento usual para sua doença.

Atenciosamente,
Alexandre de F. Miranda, MD.
CRM: 52.72103-4

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO

Eu, _____, RG: _____ CPF: _____ n.º de prontuário/ n.º de matrícula _____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo **Princípio Minimalista Aplicado na Correção da Doença de Peyronie**, como sujeito. Fui suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo. Eu discuti com o **Dr. Alexandre F. Miranda** sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu acompanhamento/ assistência/tratamento neste Serviço.

Rio de Janeiro, ____ / ____ / ____

Nome e Assinatura do sujeito ou responsável:

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do sujeito em participar

Testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome: _____ Assinatura: _____

Nome: _____ Assinatura: _____

Observações complementares :

1546

ORIGINAL RESEARCH—PEYRONIE'S DISEASE

A Geometric Model of Plaque Incision and Graft for Peyronie's Disease with Geometric Analyses of Different Techniques

Alexandre F. Miranda, MD, MS*† and Francisco J.B. Sampaio, MD, PhD†

*Ministry of Health, Ipanema Federal Hospital, Rio de Janeiro, Brazil; †Urogenital Research Unit, State University of Rio de Janeiro, UERJ, Rio de Janeiro, Brazil

DOI: 10.1111/jsm.12462

ABSTRACT

Introduction. A surgical approach with plaque incision and graft (PIG) to correct Peyronie's disease is the best method for complex, large deviations. However, the geometric and mechanical consequences of this intervention are poorly understood.

Aim. The aim of this study was to analyze the geometric and mechanical consequences of PIG on penile straighten surgery.

Method. A tridimensional penile simile model with a curvature of 85° was created to test all of the most common PIG techniques. PIG with double-Y, H-shape, and Egydio techniques were used to rectify the curved penile model.

Main Outcome Measurements. The results that differed from a rectified cylinder shape were highlighted.

Results. All of the analyzed techniques created a geometric distortion that could be linked to poor surgical results. We suggest a new technique to resolve these abnormalities.

Conclusion. Current techniques designed to correct penile deviation using PIG present geometric and mechanical imperfections with potential consequences to the postoperative success rate. The new technique proposed in this report could be a possible solution to solve the geometric distortion caused by PIG. **Miranda AF and Sampaio FJB. A geometric model of plaque incision and graft for Peyronie's disease with geometric analyses of different techniques. J Sex Med 2014;11:1546–1553.**

Key Words. Peyronie's Disease; Erectile Dysfunction; Plaque Incision and Grafting Surgery for Penile Curvature; Graft; Corporoplasty; Geometric

Introduction

The first successful surgical treatment of penile curvature to achieve excellent results with low morbidity was performed by Reed M. Nesbit in 1964 [1]. In his original article, the author commented that the deformity was created by an asymmetry between the two sides of the corpora cavernosa (one being long and the other short). The treatment should therefore either lengthen the short side or shorten the long side. The latter option was adopted by the author and remains one of the current treatment options. In 1983, Benson and Patterson reported the use of Nesbit's technique for Peyronie's disease [2].

In 1947, Lowsley and Gentile reported the first use of a graft to correct this penile deviation, lengthening the short side. The authors performed a plaque excision in the affected side (short side) and inserted fat tissue as a graft [3]. In 1974, Devine and Horton reported a modification of the graft tissue using skin instead of fat [4] and obtained a better result and an acceptable outcome.

In 1991, Gelbard and Hayden [5] reported the use of an artificial erection to measure the disparity between the longer and shorter penile sides. The authors used multiple transversal incisions to open the corpora cavernosa. To straighten the penis, the cumulative length of the gaping of all incisions

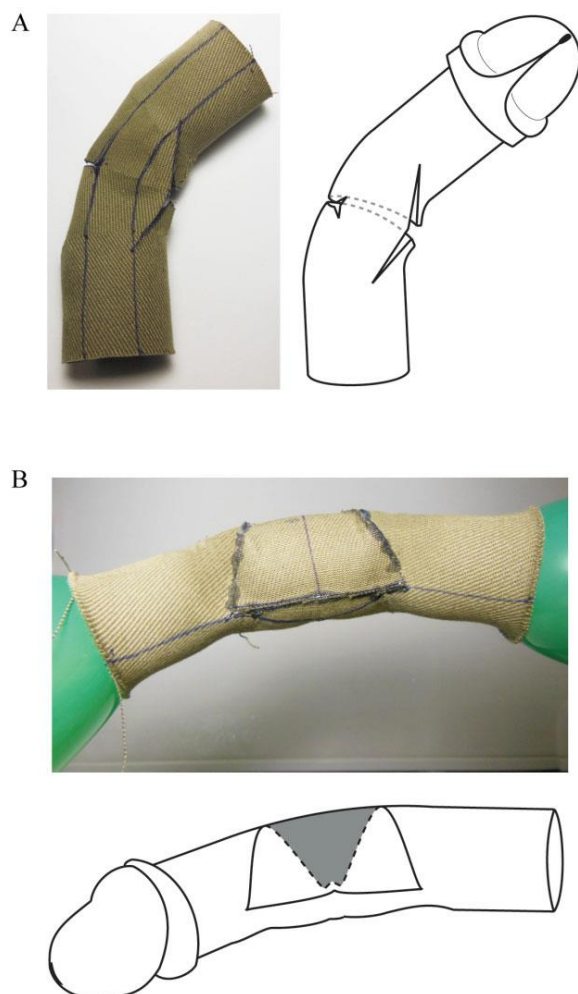


Figure 2 Creation of the illustrations over the photos using computer software. Image of the photo and the respective illustration. (A) Tunica albuginea incision using Egydio's technique to correct penile lateral curvature—ventral view. (B) Grafting closing the corpora cavernosa defect after correction of lateral curvature by Egydio technique—lateral view.

H-Shape

We observed the same alteration as in the double-Y incision: a triangle-shaped excess of tissue on the wound edges. The difference in this case was that there were two triangles instead of three on each penile side (Figure 4).

The longitudinal length of the defect created after the incision and penile straightening was smaller than the disparity between the longer and shorter sides of the penile curvature. In addition, we observed shrinkage on the longer side of the penile curvature. Finally, using this technique, the

penile length following PIG was shorter than that achieved with the previous technique.

Egydio—Lateral Deviation

After using the Egydio technique [10] to correct the lateral deviation, we observed an incomplete correction of the curvature (Figure 5D). We also noted the addition of tissue at the 12 o'clock position, resulting in a ventral penile curvature (Figure 5E). Another defect created by this correction was penile caliber augmentation at the graft site caused by excess triangular tissue on the wound edge.

Discussion

The corpus cavernosum model was based on the mechanical properties of the penis, whereby the tunica albuginea is distended in response to increasing pressure inside the cavernous body. The cotton tissue, which is characterized by both low complacence and malleability, acted as the tunica albuginea under distension. In this model, the cotton tissue enveloped the inflated balloon, modeling the final cylinder shape, as the tunica albuginea envelopes the erectile tissue inside the corpora cavernosa. This model eliminated the problems inherent in using rigid or semirigid models, offering a more realistic representation of the mechanical properties of the corpora cavernosa.

During surgical correction of Peyronie's disease with PIG, it is common to observe some imperfections, such as an irregular wound edge that needs to be cut or a plication on the tunica albuginea during full straightening. However, these defects are not random or accidental; they can be explained by the geometry of the space.

When we analyzed the triangle-shaped excess tissue present on the wound edges following the plaque double-Y or H-shaped incisions, they appeared similar (Figure 6B and D). When we placed the triangles together, they formed two larger isosceles triangles (Figure 6E), and their areas were directly proportional to the penile curvature. In the majority of surgeries, these triangles are defunctionalized by the surgeon during graft fixation on the tunica albuginea by the placement of a running suture involving the triangles or with a partial or total resection of these triangular wound edge deformities to adjust the defect and allow the graft to fit. These practical solutions have been implemented by surgeons during PIG.

Figure 3 Penile curvature correction with plaque incision and grafting using the double-Y or Egydio technique—dorsal/ventral deviation. (A) Tunica albuginea incision. (B) Partial penile straightening. (C) Full penile straightening. Graft closing the tunica albuginea defect: (D) lateral view, (E) ventral view, (F) dorsal view, and (G) diagonal view.

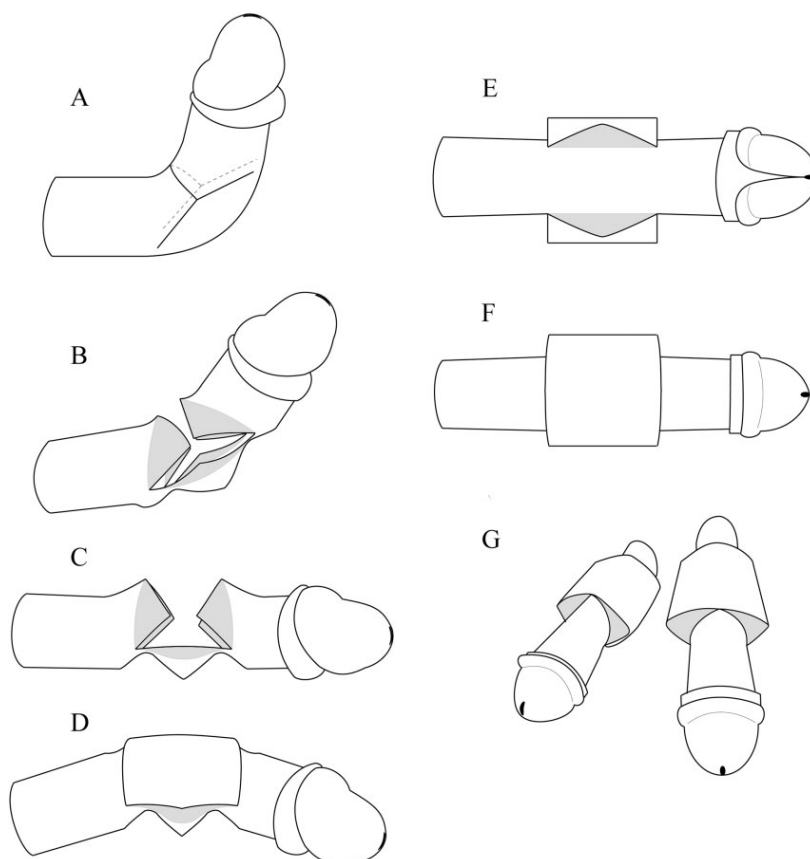
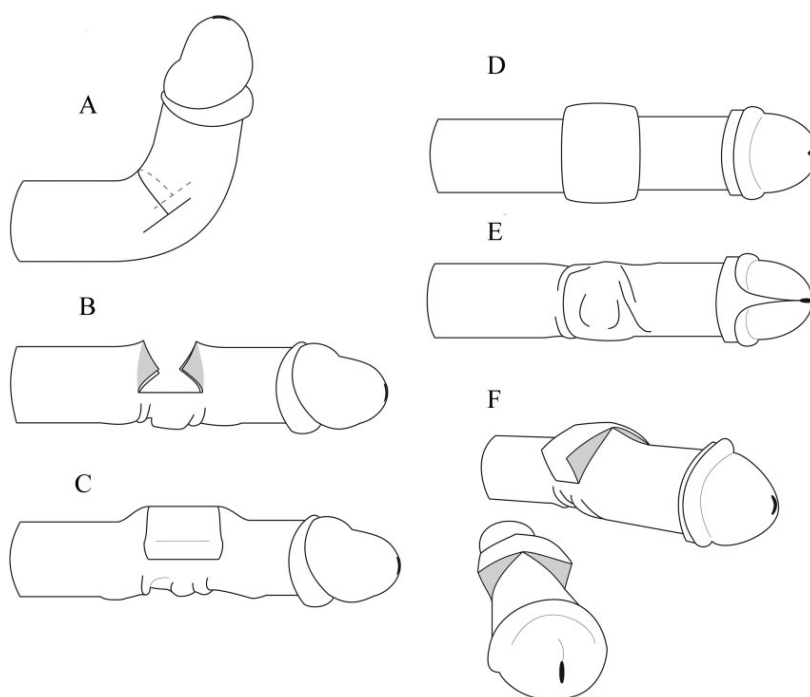


Figure 4 Penile curvature correction by plaque incision and grafting using the H-shape technique. (A) Tunica albuginea incision. (B) Full penile straightening. Graft closing the tunica albuginea defect: (C) lateral view, (D) dorsal view, (E) ventral view, and (F) diagonal view.



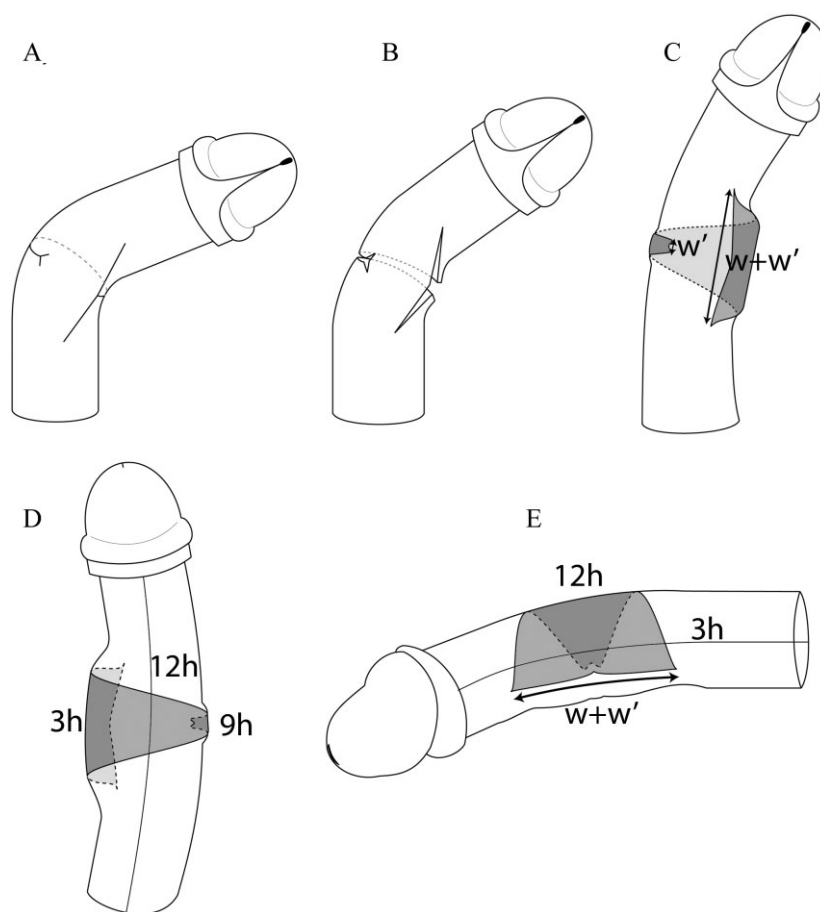


Figure 5 Penile lateral curvature correction by plaque incision and grafting using the Egydio technique. (A) Tunica albuginea incision—ventral view. (B) Corpora cavernosa opening—ventral view. Graft closing the corpora cavernosa defect ($w' = 0.5\text{--}1.0\text{ cm}$ and w represents the disparity between the longer and shorter sides of the penile curvature): (C) ventral view, (D) dorsal view, and (E) lateral view.

The longitudinal graft size needed to close the defect created by the H-shape incision was smaller than the disparity between the longer and shorter sides of the penile curvature because the contralateral side of the graft site suffered a reduction in longitudinal length, resulting in a corrugation on the corpora cavernosa wall at this point (Figure 4B, C and E). The transversal incision, present in the middle of the H-shaped incision, opened the corpora cavernosa to less than three fourths of the penile circumference, limiting the expansion of the contralateral tissue and creating a corrugation on the corpora cavernosa wall (Figure 4A–B). The apparent advantage of using the H-shaped incision to create a graft area along with only a minor defect was lost because of the corrugation on the corpora cavernosa wall and the consequent reduction in the wall's tension. This tension reduction also facilitated the inward collapse of the corrugated segment of the corpora cavernosa during the application of axial force, which may be directly involved in erectile dysfunction. Another consequence of using the H-shaped

incision was a reduction in penile length, which occurred because the cylinder was strengthened by a simultaneous increase of the length of the shorter side of the penile curvature and a reduction of the length of the longer side, caused by an incision of less than three fourths of the penile circumference. This finding appeared during our research on the malleable cylinder model. We tested the smallest incision that would enable us to bend the cylinder without causing deformities and found that the value was three fourths of the circumference. When we attempted to straighten the cylinder with an opening smaller than this, the result was a reduction of the contralateral side, shrinking the tissue.

The incomplete correction made by the Egydio technique [10] for lateral deviation was caused by the insertion of the lateral graft side (w' value: $0.5\text{--}1.0\text{ cm}$) near the 6 o'clock position instead of at the lateral cardinal point (9 o'clock), where the measurement was taken. The same problem appeared on the opposite side of the graft ($w + w'$), which was inserted close to the 6 o'clock position

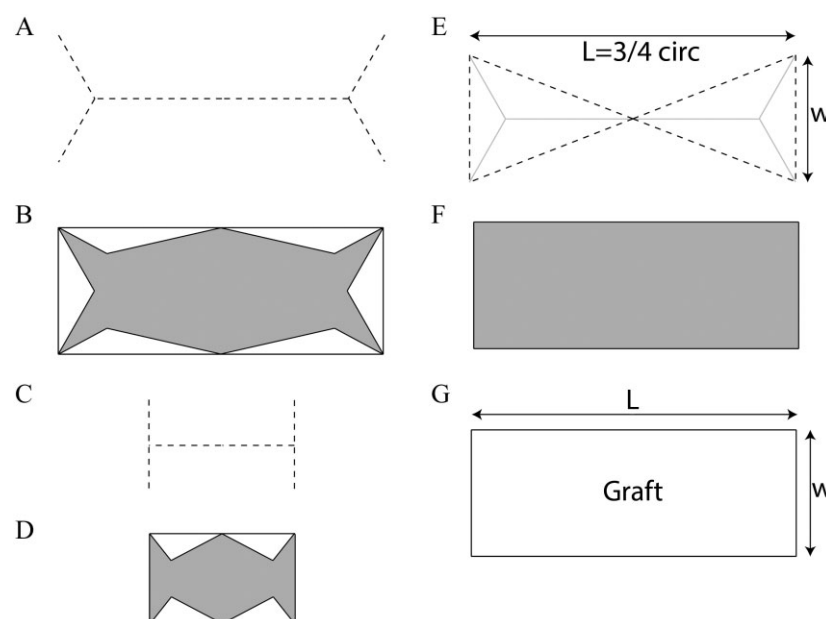


Figure 6 Plaque incision and grafting in a two-dimensional drawing. (A) Double-Y incision. (B) Defect generated after the double-Y incision and penile straightening. The white triangles on the wound edge represent the excess tissue, and the gray part represents the sinusoidal space. (C) H-shaped incision. (D) Defect generated after the H-shaped incision and penile straightening. The white triangles on the wound edge represent the excess tissue, and the gray part represents the sinusoidal space. (E) Technical modification proposed to solve the geometric problem. The triangles mark the tissue that needs to be removed to avoid irregular wound edges. Inside the triangles, the lines mark the incision location if a double-Y technique was selected. w = disparity between the longer and shorter sides of the penile curvature. L = three fourths of the corpora cavernosa circumference. (F) Corpora cavernosa defect after excisions of the triangular tissue and penile straightening. (G) A graft with dimensions $w \times L$ closed the defect.

instead of at the lateral (3 o'clock) position where the measurement was taken (Figure 5C–D). As a result, there was a tissue addition greater than w' at the convex side of the curvature (9 o'clock) and a tissue addition less than $w + w'$ at the concave side (3 o'clock). Additionally, we observed a tissue addition at the dorsal side of the corpora cavernosa (12 o'clock) without contralateral (6 o'clock) compensation, resulting in a ventral deviation (Figure 5E).

To solve the previously described problems associated with PIG and to generate a more accurate graft preparation, we proposed one simple geometrical solution: resection of the triangular excess tissue resulting from the double-Y shaped incision. The bases of the triangles should be equal to the disparity between the longer and shorter sides of the curvature (w), and the sum of the triangles' heights should be equal to three fourths of the corpora cavernosa circumference (L) (Figure 6E). The apexes of the triangles should be located at the middle of the curvature on the concave side (Figure 7A–C). After the excision of the triangles and straightening of the penis, the

corpora cavernosa defect acquired a rectangular shape, with longitudinal and transversal sizes equal to w and L (the same size of the double-Y incision/Egydio), respectively (Figure 6E–G), resulting in a graft with dimensions close to those of the defect (Figures 6G and 7). To correct the lateral deviation, the urethra should be detached from the corpora cavernosa, and the same steps used for dorsal/ventral curvature should be performed. However, the triangles' apex locations should be at the middle of the lateral curvature (3 or 9 o'clock).

All of the PIG techniques analyzed rely on the accommodative capacity of human tissues for the reduction geometric errors. However, the disarrangement of connective tissue present in Peyronie's disease results in inelastic fibrotic plaques and scar tissue with a low ability to distend [11]. Thus, the idea that penile strengthening following a Y-shaped or H-shaped incision generates a rectangular defect is imprecise. The real result are wound wedges imperfections, which force surgeons to perform empiric corrections. Even with all of the imperfections resulting

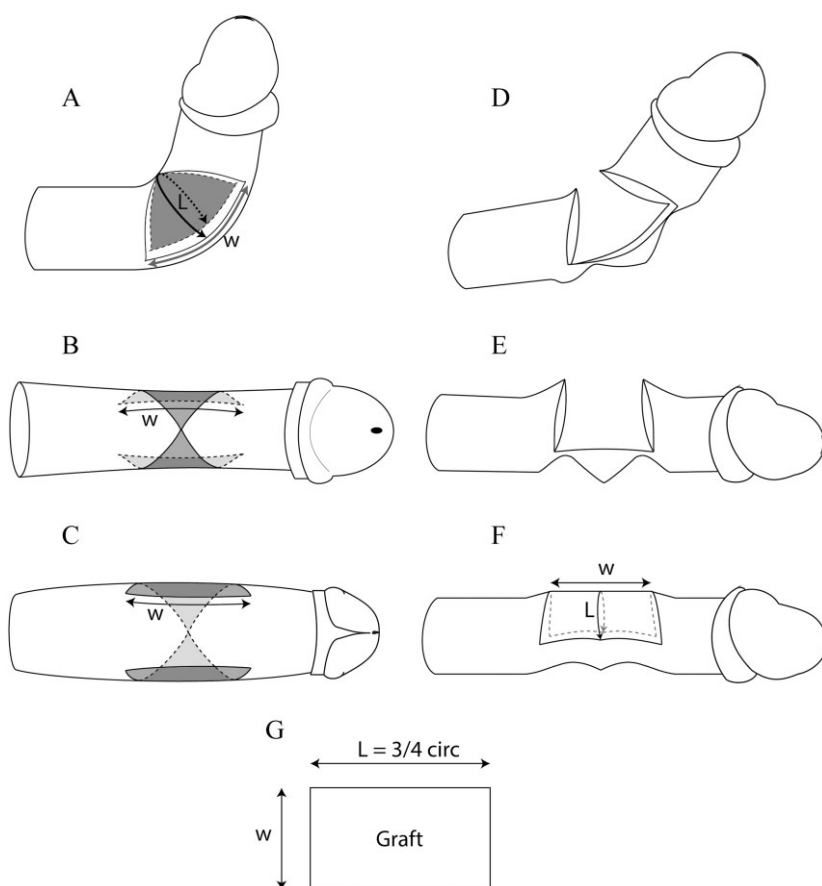


Figure 7 Tridimensional model of the new technique created to solve the geometric deformities. The excess tissue present on the wound edges is represented by the gray triangles. w = disparity between the longer and shorter sides of the penile curvature. L = three fourths of the corpora cavernosa circumference. (A) Lateral view. (B) Dorsal view. (C) Ventral view. (D) Partial penile straightening after the excision of the gray triangles—lateral view. (E) Total penile straightening—lateral view. (F) Corpora cavernosa defect closed by the graft. (G) Graft dimensions: $w \times L$.

from the incision, grafting with more elastic tissue (e.g., veins) can provide the graft with greater accommodative capacity, thereby reducing geometric imperfections.

The data show that 12–53% (mean 30%) of patients who underwent PIG present with a reduction of penile rigidity [7,12–15]. The geometric and mechanical modifications caused by PIG have potential implications for this undesirable consequence via their generation of corpus cavernosum wall instability. More research performed in the clinical setting is required to confirm this hypothesis.

The current techniques designed to correct penile deviations using PIG present geometric and mechanical imperfections with potential consequences for the postoperative success rate. Our newly proposed technique may represent a possible solution for surgeons who are familiar with the double-Y shaped incision. The present work has limitations because it was based on a theoretical cylindrical model, which cannot perfectly represent penile geometry and tissue behavior, and because it was not yet tested in a clinical setting.

Acknowledgment

This study was supported by grant from the Coordination for the Improvement of Higher Level Personnel (Capes—Brazil).

Corresponding Author: Alexandre F. Miranda, MD, MS, Urogenital Research Unit, State University of Rio de Janeiro, Av 28 de Setembro, 87, Fundos, Vila Isabel, Rio de Janeiro, RJ 20551-030, Brazil. Tel: +55-21-8330-7007; Fax: +552125480636; E-mail: contato@alexandremiranda.com.br

Conflict of Interest: The author(s) report no conflicts of interest.

Statement of Authorship

Category I

(a) Conception and Design

Alexandre de Freitas Miranda

(b) Acquisition of Data

Alexandre de Freitas Miranda

(c) Analysis and Interpretation of Data

Alexandre de Freitas Miranda

Category 2**(a) Drafting the Article**

Alexandre de Freitas Miranda

(b) Revising It for Intellectual Content

Alexandre de Freitas Miranda; Francisco José Barcellos Sampaio

Category 3**(a) Final Approval of the Completed Article**

Alexandre de Freitas Miranda; Francisco José Barcellos Sampaio

References

- 1 Nesbit RM. Congenital curvature of the phallus: Report of three cases with description of corrective operation. *Trans Am Assoc Genitourin Surg* 1964;56:20–2.
- 2 Benson RC Jr, Patterson DE. The Nesbit procedure for Peyronie's disease. *J Urol* 1983;130:692–4.
- 3 Lowsley OS, Gentile A. An operation for the cure of certain cases of plastic induration (Peyronie's disease) of the penis. *J Urol* 1947;57:552–63.
- 4 Devine CJ Jr, Horton CE. Surgical treatment of Peyronie's disease with a dermal graft. *J Urol* 1974;111:44–9.
- 5 Gelbard MK, Hayden B. Expanding contractures of the tunica albuginea due to Peyronie's disease with temporalis fascia free grafts. *J Urol* 1991;145:772–6.
- 6 Gelbard MK. Relaxing incisions in the correction of penile deformity due to Peyronie's disease. *J Urol* 1995;154:1457–60.
- 7 Lue TF, El-Sakka AI. Venous patch graft for Peyronie's disease. Part I: Technique. *J Urol* 1998;160:2047–9.
- 8 Egydio PH, Lucon AM, Arap S. Treatment of Peyronie's disease by incomplete circumferential incision of the tunica albuginea and plaque with bovine pericardium graft. *Urology* 2002;59:570–4.
- 9 Levine LA, Burnett AL. Standard operating procedures for Peyronie's disease. *J Sex Med* 2013;10:230–44.
- 10 Egydio PH, Lucon AM, Arap S. A single relaxing incision to correct different types of penile curvature: Surgical technique based on geometrical principles. *BJU Int* 2004;94:1147–57.
- 11 Hatzimouratidis K, Eardley I, Giuliano F, Hatzichristou D, Moncada I, Salonia A, Vardi Y, Wespes E. EAU guidelines on penile curvature. *Eur Urol* 2012;62:543–52.
- 12 Breyer BN, Brant WO, Garcia MM, Bella AJ, Lue TF. Complications of porcine small intestine submucosa graft for Peyronie's disease. *J Urol* 2007;177:589–91.
- 13 Levine LA, Greenfield JM, Estrada CR. Erectile dysfunction following surgical correction of Peyronie's disease and a pilot study of the use of sildenafil citrate rehabilitation for postoperative erectile dysfunction. *J Sex Med* 2005;2:241–7.
- 14 Kozacioglu Z, Minareci S. Erectile dysfunction after plaque incision and grafting: Short-term assessment of incidence and predictors. *J Sex Med* 2012;9:1957–8.
- 15 Taylor FL, Abern MR, Levine LA. Predicting erectile dysfunction following surgical correction of Peyronie's disease without inflatable penile prosthesis placement: Vascular assessment and preoperative risk factors. *J Sex Med* 2012;9:296–301.

ANEXO E – Segundo artigo submetido ao *Journal of Sexual Medicine*

Journal of Sexual Medicine



Minimalist Surgical Approach for Peyronie's Disease: A Practical Computerized Solution for Incision and Grafting

Journal:	<i>Journal of Sexual Medicine</i>
Manuscript ID:	Draft
Wiley - Manuscript type:	Original Research
Subject Area:	Peyronie-s disease of tunica albuginea < SPECIAL PROBLEMS < MALE
Keywords:	Peyronie's Disease, Surgery, Graft, Computerized Analysis, Erectile Dysfunction

SCHOLARONE™
Manuscripts

Review

Journal of Sexual Medicine

Minimalist Surgical Approach for Peyronie's Disease: A Practical Computerized Solution for Incision and Grafting

ABSTRACT

Introduction

Penile curvature correction with plaque incision and graft (PIG) increases the risk of erectile dysfunction (ED) and is associated with mechanical and geometric abnormalities.

Aims

To create and validate a new PIG technique using minimum graft area to correct simple or complex penile curvature with or without hourglass deformity, while avoiding mechanical and geometric abnormalities.

Methods

Using our cotton fabric model, we created a mathematic solution for PIG with no residual defects. This was applied in 9 men who had sufficient penile rigidity while penetrating their respective partners. They underwent fascia lata patch corporoplasty using the new developed technique (iPad app: iGrafter). Subjects answered the 5-item version of the International Index of Erectile Function (IIEF5) questionnaire preoperatively and at the end of follow-up.

Main outcome measurements

Patient demographics, erectile function, residual curvature, patient satisfaction, graft area, and complications.

Results

After a mean follow-up of 16 months, no significant complication was noted. Complete penile straightening was achieved in all patients. The short side of the penis

Journal of Sexual Medicine

increased a mean of 3 cm in length, and the mean graft area was 12.4 cm². At the end of the follow-up, 3 patients developed recurrent deformity. One patient presented severe fibrosis in the corpora cavernosa and severe ED. There was no significant difference between the mean preoperative and postoperative IIEF-5 scores (20.6 versus 19.4, respectively). At the end of follow-up, all patients were able to have sexual intercourse (2 with and 7 without pharmacological aid). Eight of the 9 patients were satisfied with the surgical result.

Conclusions

Penile curvature surgical correction using the iGraft seems to be an efficient and safe procedure, and this procedure using minimum graft area preserved erectile function after penile rectification, without resulting in residual deformities. Further research is needed to confirm the efficacy of this procedure.

Key words: Peyronie's Disease, Surgery, Graft, Computerized Analysis, Erectile Dysfunction

INTRODUCTION

Surgical correction of Peyronie's disease by plaque incision and graft (PIG) is the best choice of treatment for penile curvature $>60^\circ$, hourglass defects, and short penis[1]. However, current techniques (double-Y, H-shape, and their respective variants) may result in geometrical and mechanical abnormalities that may lead to erectile dysfunction (ED), more local fibrosis owing to large graft area, or residual curvature[2].

In 2005, Kalsi et al[3] reported that graft size was one factor contributing to ED after PIG. In 2011, Flores et al reported some factors such as the use of Egydio's technique[4] compared with the H-shaped incision and cases with deviation of $>60^\circ$ were associated with worse erectile function (EF) after surgery [5]. In all situations, a larger graft is needed for defect correction.

In 1991, Gelbard and Hayden[6] performed PIG instead of excision and grafting that resulted in reduced defect area required to cover the graft and better EF.

AIMS

Our aim was to create and validate a new PIG technique using minimum graft area to correct simple or complex penile curvature with or without hourglass deformity, while avoiding mechanical and geometric abnormalities to achieve better surgical outcomes and minimize complications such as ED.

METHODS

Patients

This study was approved by the Brazilian's Ethics National Committee of Research under the number 0025.0.318.000-11. All patients provided written

informed consent for participation in this study.

We included 9 men with Peyronie's disease who had been experiencing sufficient penile rigidity while penetrating their respective partners[7]. Six men had normal EF; 1 and 2 men had mild and mild-moderate ED, respectively, (mean age, 48 years; range, 34–68), for which they underwent fascia lata patch corporoplasty at our hospital between February 2012 to September 2013, which was performed by the same surgeon. The mean follow-up was 17.8 months (range, 6–26 months). The mean penile deviation was 57° (range, 36° – 120°), and the disease had been stable for at least 6 months. Sexual intercourse was dissatisfying in all patients due to the deviation, but they still achieved spontaneous rigid erections that were sufficient to penetrate the partner. The 5-item version of the International Index of Erectile Function (IIEF5)[8, 9] questionnaire was assessed preoperatively and at the end of the follow-up; patients did not use any medication or device to improve the EF for this assessment.

Technique research and development

Using our previously described knitted cotton fabric cylinder model[2], we studied different ways to correct penile curvature without causing mechanical or geometrical distortions and learned the following:

- 1) To fold a cylinder without causing deformities, at least three-fourths of the cylinder's circumference should be opened[2].
- 2) The easier way to correct a curvature is performing a linear transversal incision and inserting a graft; nevertheless, this reduces the cylinder's diameter on the incision site. However, if we use separate grafts (one graft for each 30° of deviation), the reduction of the diameter is not significant.
- 3) A lozenge is the simplest geometrical shape (close to an ellipse) to create a graft with the smallest area.

Uniplanar curvature

The correction was performed using a transversal (linear) incision three-fourths of the corpora cavernosa circumference (one incision for each 30° of deviation) on the shortest side of the curvature. After rectifying the corpora cavernosa, the defect(s) generated on the incision site was closed using a lozenge graft (Figure 1). The sum of the height (h) of all the lozenges should be equal to the difference between the long and short side of the curvature. The grafts should be equally distributed between the beginning and end of the curvature.

For lateral deviations, the same technique was used, but we detached a part of the urethra from the corpora cavernosa on the incision site.

Multiplanar curvature

Analyzing the 4 longitudinal cardinal lines present on the corpora cavernosa curvature (dorsal, ventral, right, and left), we selected the 2 shortest lines. One line was classified as dominant and the other as secondary. The dominant line is the shortest one, and the secondary line is the second shortest line. Figure 2 shows the right side (dominant) and dorsal side (secondary). To perform the transversal incision needed to rectify the corpora cavernosa, we started detaching the urethra from the corpora cavernosa just on the incision(s) site(s). Then, we made a transversal incision connecting 2 cardinal points (dorsal-right, dorsal-left, ventral-right, and ventral-left) of the dominant and secondary lines (one-fourth of the circumference). The second step is extending that incision to the next cardinal point to each side (one-fourth of the circumference to each side) (Figure 2a-c). The total length of the incision will be

three-fourths of the corpora cavernosa circumference. The transversal incisions should be equally distributed on the corpora cavernosa curvature (Figure 2a-b).

The deviation was classified as primary and secondary. The primary angle shows the largest deviation, and the secondary angle shows the second biggest deviation. To calculate the number of grafts needed, we used the dominant angle (1 graft for each 30° of deviation). In Figure 2d-e, 3 grafts were required ($80^\circ/30^\circ = 2.67$, rounded to 3).

The multiplanar graft has 2 heights: 1 should be inserted on the dominant line, called dominant height (d), and the other should be inserted on the secondary line, called secondary height (s) (Figure 2d-e). The sum of all dominant heights (d) should be equal to the difference between the dominant line and the contralateral line (Figure 2). Using the same principle, the sum of all secondary heights (s) should be equal to the difference between the secondary line and contralateral line.

Hourglass deformity

We measured the corpora cavernosa normal circumference (C1) and the point of the maximum narrowing (C2) (Figure 3). The hourglass defect can be symmetrical on a longitudinal axis presenting an equal distance from the narrowest central part to the distal (h1) and proximal (h2) normal circumference ($h1=h2$) (Figure 3a), or it can be asymmetrical with different distance from the narrowest central part to the distal (h1) and proximal (h2) normal circumference ($h1 \neq h2$) (Figure 3b). The graft can be symmetrical or asymmetrical depending on the defect shape. The graft's transversal width (x) is equal to the difference between C1 and C2, and the height should be equal to the longitudinal linear incision made from the beginning to the end of the hourglass deformity.

Curvature with hourglass deformity

These complex deformities can be corrected using a combination of the hourglass solution with uniplanar or multiplanar solutions (Figure 4). We calculated the hourglass graft size followed by that of the planar graft (multi or uniplanar depending on the case), as previously described. The second step is to split the hourglass graft into 2 triangles. The base of the triangles (x) should be equal to the difference between the normal (C1) and the narrowest (C2) circumference of the corpora cavernosa (Figure 4c). The final graft merges with the planar graft with the triangle resulting from the hourglass graft division (Figure 4c). The longitudinal incision to correct the hourglass deformity should be placed on the corpora cavernosa side with more pre-eminent depression caused by the hourglass (Figure 4a-b), because the tunica albuginea is attached to erectile tissue with limited accommodative capacity to distribute the additional tissue.

Computerized solution: iGrafter

To facilitate the application of the previously described principles, avoid complex calculations, save time, and guarantee surgical technique precision, we developed an iPad® app named iGrafter (www.igrafter.net). In the surgical field, the iPad should be inserted inside a transparent and sterile plastic bag.

The values corresponding to the corpora cavernosa longitudinal size on each cardinal point (dorsal, ventral, right, and left), between the beginning and end of the curvature, as well as the penile circumference should be inserted into the app. If hourglass deformity is present, click on the “hourglass” button, and another screen will appear with new fields to be filled with the values of normal circumference (C1),

narrowest circumference (C2), and longitudinal distance from the narrowest central part of the defect to distal (h1) and proximal (h2) normal circumference. In hourglass defect cases, one of the following buttons in the iGrafter should be chosen: $h1=h2$ or $h1 \neq h2$. After data analysis, the iGrafter will recognize the case as uniplanar or multiplanar and calculate the deviation angle(s), incision length, graft size and shape, graft area (cm^2), and the site(s) where the incision(s) should be done for graft insertion. The results appear in graphic form on the iPad screen (Figure 5a).

The two rules on the top of the screen mark the transversal plane where the incision should be performed. The short ruler should be placed on the shortest size and the long rule on the long size of the corpora cavernosa curvature (Figure 5g). Connecting the corresponding mark on each ruler, a plane can be traced to perform the incision (Figure 5g). In multiplanar deviation cases, the rulers should be placed on the dominant cardinal line and contralateral line.

The iPad screen will show the graft in real size (scale 1:1) and the number of grafts that should be used (n) (Figure 5a). The surgeon can use the plastic mold to create a graft (with the material of his/her choice) with the same shape and size as that shown on the screen. We used methylene blue to copy the plastic mold on the graft material (Figure 5d-e).

At the bottom of the iPad screen, a third ruler appears with the width of the incision (three-fourths of the circumference) (Figure 5a). In uniplanar cases, the middle point will have a mark that should be placed on the shortest cardinal line in the curvature to mark the incision. In multiplanar cases, the ruler is divided into 3 segments of one-fourth of the circumference. On the lateral side of the screen, a transversal section of the penis shows where the ruler should be positioned to mark the incision.

Analysis of the curvature

Under artificial erection, during the surgery, we analyzed the degree of penile deviation using Kelami's classification[10]. At the end of the follow-up, we measured it again after inducing an erection with intracavernous injection (ICI) of alprostadil 10 µg.

Operative technique

Artificial erection was induced with 0.9% of NaCl solution injected into the corpora cavernosa puncture with a 21G butterfly needle. Austoni's technique was used to deglove the penis and isolate the neurovascular bundle[11]. We used the iGraft app as previously described to correct the penile curvature by using PIG. The graft material was autologous fascia lata. A longitudinal incision was performed on the lower and lateral part of the non-dominant leg to obtain access to the fascia lata (Figure 5c). Methylene blue was used to mark the fascia lata around the plastic mold. The marked fascia lata was removed using a scalpel (#11 blade) (Figure 5d-e). The defect created was closed primarily (Figure 5f). In 3 cases, the harvest area was too large; therefore, we used a surgical mesh to close it. If ossification occurred, it was excised to correct the penile curvature, sparing the tunica albuginea[12].

The graft(s) generated by iGrafter was used to cover the corpora cavernosa defect(s) created and was fixed with 5-0 polydioxanone running sutures (Figure 5h). Buck's fascia was closed with separate sutures using the same material after inserting a 14F Jackson-Pratt drain into the scrotum. The bladder was drained with a Foley catheter, and a compressive bandage was placed around the penis.

The catheter and bandage were removed after 4 days to achieve inosculation of the fascia lata graft. We recommended restarting sexual activity in approximately 6 weeks.

Statistical analyses

Descriptive data on the demographic and penile-deviation-specific information is presented in Table 1. Preoperative and postoperative IIEF5 scores were compared, and their differences were analyzed using a paired Student's *t*-test. A *p*-value of ≤ 0.05 was considered statistically significant.

MAIN OUTCOME MEASURES

Patient demographics, EF, residual curvature, patient satisfaction, graft area, and complications.

RESULTS

No significant complication was noted, except in one patient who presented a mild glans hypoesthesia, which reversed after 2 months.

Six weeks after surgery, complete penile straightening was achieved in all patients; the mean increase in length on the short side of the penis was 3 cm (range, 2.0–6.0), and the mean graft area was 12.4 cm² (range, 7.5–23) (Table 1). All patients achieved satisfactory sexual intercourse without any medication such as phosphodiesterase type 5 inhibitors or ICI. At the end of the follow-up, the deformity recurred in 3 patients. One patient presented severe fibrosis in the corpora cavernosa as well as severe ED.

There were no significant differences between the mean preoperative and postoperative IIEF5 scores (20.6 [range, 12–24] versus 19.4 [range, 10–24], respectively; $p = 0.28$). Four patients had worse postoperative IIEF5 scores, with a mean reduction of 3.8 (range, 2–6). At the end of the follow-up period, all 9 patients were able to have sexual intercourse: 7 without any erectogenic drug and 1 using sildenafil 50 mg orally and the other, ICI of alprostadil 10 μ g (Table 1).

All patients, except 1, were satisfied with the surgical result. The unsatisfied patient was the one who needed an ICI to have sexual intercourse.

DISCUSSION

The use of grafts for correcting Peyronie's disease was first described in 1950[13], and since then, many materials and different techniques have been proposed with variable results[3, 14–17]. Our present work is not about the material for grafting, but it focused on the technique of opening the corpora cavernosa, which enabled graft area reduction and avoided geometric and mechanical abnormalities. The reduction of the defect area on the corpora cavernosa was first considered when urologists changed from an excisional to incisional approach for correcting the curvature in Peyronie's disease, reducing the graft area, with better outcomes[6, 18, 19].

Although several authors describe postoperative ED to vary from 21% to 100%[3, 7, 20–23], few have used validated tools to assess ED. Flores et al[22], using the IIEF, reported that 46% of men experienced a >6-point decrease in the IIEF EF domain (IIEF-EF) score after PIG. The baseline and postoperative EF domain scores were 23 ± 4 and 17 ± 9 , respectively. Chung et al[20], using the IIEF5, reported that the average preoperative and postoperative scores were 15.1 (6–20) and 10.8 (2–15).

After 5 years, all patients who received PIG had a worse of IIEF5 scores, and 67% utilized phosphodiesterase type 5 inhibitors or intracavernous agents. Our results show a better EF, with 7 of 9 patients achieving sufficient erection to have sexual intercourse without pharmacological aid. The 4 patients with worse postoperative IIEF5 score presented less preminent reduction of the IIEF5 score (mean, 3.8), and only 2 patients needed pharmacological aid. Among the patients with worse postoperative EF, 2 had mild-moderate ED preoperatively (IIEF5 12-16), and 1 had 120° of curvature; these factors represent a high risk of postoperative ED[7, 22]. At the end of the study, all 9 patients with or without erectogenic drugs, were able to have sexual intercourse.

The iGrafter proved to be a precise tool for intraoperative calculations in PIG and presented some advantage to correct the penile curvature. The iGrafter app performs complex calculations and aids better distribution of the incisions along the penis with incisions and graft insertions each at 30° and not in a single region. This technique is especially important in large deviations to avoid large defects and trauma to the tunica albuginea and the subjacent erectile tissue. The method is also flexible, which enables its use in any type of penile curvature such as Peyronie's disease with or without a prosthesis insertion, congenital penile curvature, and any other penile tortuosity. The iGrafter also enables the use of any type of graft material, allowing the surgeon to choose the graft material.

While urologists have been concerned about the ideal material for grafting, little attention has been paid to the graft area and the geometrical and mechanical abnormalities. Our new approach addressed these problems and seems to present excellent curvature correction and EF preservation, when applied to well-selected patients (good preoperative EF). The present work is an original contribution for a

minimalist solution to PIG with promising results. The study limitations include the small patient number used for analysis, the lack of a control group, the short follow-up period (less than 5 years), and not well-selected patients (all with good EF).

CONCLUSION

The use of the iGrafter seems to be a promising, efficient, and safe solution for the surgical correction of penile curvature, and the graft area can be reduced significantly without residual deformities, while preserving sexual function. More well-designed studies are needed to confirm our findings.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Pedro Estarque for transforming our mathematical equations, logic, and workflow into the iPad app.

REFERENCES

- 1 Hatzimouratidis K, Eardley I, Giuliano F, Hatzichristou D, Moncada I, Salonia A, Vardi Y, Wespes E. EAU Guidelines on Penile Curvature. *Eur Urol* 2012;62: 543-52.
- 2 Miranda AF, Sampaio FJB. A Geometric Model of Plaque Incision and Graft for Peyronie's Disease with Geometric Analyses of Different Techniques. *J Sex Med* 2014.
- 3 Kalsi J, Minhas S, Christopher N, Ralph D. The results of plaque incision and venous grafting (Lue procedure) to correct the penile deformity of Peyronie's disease. *BJU Int* 2005;95: 1029-33.
- 4 Egydio PH, Lucon AM, Arap S. Treatment of Peyronie's disease by incomplete circumferential incision of the tunica albuginea and plaque with bovine pericardium graft. *Urology* 2002;59: 570-4.

- 5 Flores S, Choi J, Alex B, Mulhall JP. Erectile dysfunction after plaque incision and grafting: short-term assessment of incidence and predictors. *J Sex Med* 2011;8: 2031-7.
- 6 Gelbard MK, Hayden B. Expanding contractures of the tunica albuginea due to Peyronie's disease with temporalis fascia free grafts. *J Urol* 1991;145: 772-6.
- 7 Levine LA, Greenfield JM, Estrada CR. Erectile dysfunction following surgical correction of Peyronie's disease and a pilot study of the use of sildenafil citrate rehabilitation for postoperative erectile dysfunction. *J Sex Med* 2005;2: 241-7.
- 8 Rosen RC, Cappelleri JC, Smith MD, Lipsky J, Pena BM. Development and evaluation of an abridged, 5-item version of the International Index of Erectile Function (IIEF-5) as a diagnostic tool for erectile dysfunction. *Int J Impot Res* 1999;11: 319-26.
- 9 Pechorro PS, CalvinoNuno AM, Pereira M, Vieira RX. Validação de uma versão portuguesa do Índice Internacional de Função Erétil-5 (IIEF-5). *International Andrology* 2011;9: 3-9.
- 10 Kelami A. Classification of congenital and acquired penile deviation. *Urol Int* 1983;38: 229-33.
- 11 Austoni E, Altieri VM, Tenaglia R. [Trans-scrotal penile degloving, a new procedure for corporoplasties.]. *Urologia* 2012: 0.
- 12 Gelbard MK. Relaxing incisions in the correction of penile deformity due to Peyronie's disease. *J Urol* 1995;154: 1457-60.
- 13 Lowsley OS, Boyce WH. Further experiences with an operation for the cure of peyronie's disease. *J Urol* 1950;63: 888-902.
- 14 Burnett AL. Fascia lata in penile reconstructive surgery: a reappraisal of the fascia lata graft. *Plast Reconstr Surg* 1997;99: 1061-7.
- 15 Devine CJ, Jr., Horton CE. Surgical treatment of Peyronie's disease with a dermal graft. *J Urol* 1974;111: 44-9.
- 16 Kadioglu A, Sanli O, Akman T, Ersay A, Guven S, Mammadov F. Graft materials in Peyronie's disease surgery: a comprehensive review. *J Sex Med* 2007;4: 581-95.
- 17 Kargi E, Yesilli C, Hosnuter M, Akduman B, Babuccu O, Mungan A. Relaxation incision and fascia lata grafting in the surgical correction of penile curvature in Peyronie's disease. *Plast Reconstr Surg* 2004;113: 254-9.
- 18 Austoni E, Fisch M, Gentile V, Mrone V, Atlas of Reconstructive Penile Surgery. Pacini Editore Medicina: Pisa 2010, 283-286.
- 19 Kendirci M, Hellstrom WJ. Critical analysis of surgery for Peyronie's disease. *Curr Opin Urol* 2004;14: 381-8.
- 20 Chung E, Clendinning E, Lessard L, Brock G. Five-year follow-up of Peyronie's graft surgery: outcomes and patient satisfaction. *J Sex Med* 2011;8: 594-600.
- 21 El-Sakka AI, Lue TF. Venous grafting for the correction of penile curvature in Peyronie's disease. *Curr Opin Urol* 1998;8: 541-6.
- 22 Flores S, Choi J, Alex B, Mulhall JP. Erectile Dysfunction after Plaque Incision and Grafting: Short-term Assessment of Incidence and Predictors. *J Sex Med* 2011.
- 23 Taylor FL, Levine LA. Surgical correction of Peyronie's disease via tunica albuginea plication or partial plaque excision with pericardial graft: long-term follow up. *J Sex Med* 2008;5: 2221-8; discussion 29-30.

LEGENDS

Figure 1:

Correction of uniplanar deviation using the iGrafter. **a)** Penile curvature of 60° and two transversal lines marking the incisions (three-fourths of the corpora cavernosa circumference each). **b)** Penile rectification with 2 defects to be covered with the lozenge graft. The sum of all graft heights (h) is equal to the difference between the long and short side of the curvature.

Figure 2:

Correction of a multiplanar deviation with 80° right and 60° dorsal deviations using the iGrafter. **a)** Right view. **b)** Dorsal view. **c)** Transversal section on the incision site showing the length of the incision (three-fourths of the circumference) and the structures that should be detached from the corpora cavernosa. **d)** Right view of the rectified penis with grafts closing the defects. The sum of all dominant graft heights (d) is equal to the difference between the left and right cardinal lines and the sum of all secondary heights (s) is equal to the difference between the ventral and dorsal cardinal lines on the curvature. **e)** Dorsal view of the rectified penis with the grafts closing the defects.

Figure 3:

Correction of hourglass defects using the iGrafter. **a)** Symmetrical defect with equal distance from the narrowest central part to the distal (h1) and proximal (h2) normal circumference. The defect is closed with a symmetrical graft and its transversal width (x) is equal the difference between the normal (C1) and narrowest (C2) circumferences. **b)** The asymmetrical defect ($h1 \neq h2$) is closed with an asymmetrical

graft with its transversal width (x) equal to the difference between the normal (C1) and narrowest (C2) circumferences.

Figure 4:

Correction of a complex case with multiplanar and hourglass defect using the iGrafter. **a)** Right view showing a 60° dorsal deviation with an hourglass defect, and dash lines represent incisions **b)** Dorsal view showing a 80° right deviation and an hourglass defect, and dash lines represent incisions. **c)** Dorsal view showing the graft closing the defects after penile rectification and caliber restoration. **d)** Creation of the composed graft merging the planar graft with the hourglass graft, which should be split in 2 triangles with a base width (x) equal to the difference between the normal and narrowest circumferences.

Figure 5:

iGrafter workflow. **a)** Results for a uniplanar curvature. The rulers needed to mark the incision plane appear on the top of the screen; the second ruler shows the graft in real size (1:1 scale) and the required number (n) of grafts; and the third ruler shows the incision size, marked on the middle. **b)** Graft mold created by coping the iPad screen, using transillumination. **c)** Longitudinal incision on the lateral part of the leg to access the fascia lata. **d)** Methylene blue was used to mark the fascia lata around the plastic mold. **e)** The marked fascia lata was removed using a scalpel (#11 blade). **f)** The defect created was closed primarily. **g)** Connecting the corresponding mark on each ruler, we can trace a plane to perform the incision. **h)** Graft being placed in position to cover the corpora cavernosa defects.

Table 1: Characteristics and comparison of surgical outcomes of patients undergoing PIG using the iGrafter technique

D = dorsal, **L** = left, **R** = right; **ICI** = intracavernous injection; **PDE5i** = phosphodiesterase 5 inhibitor; **ED** = erectile dysfunction; **mo** = month.

For Peer Review

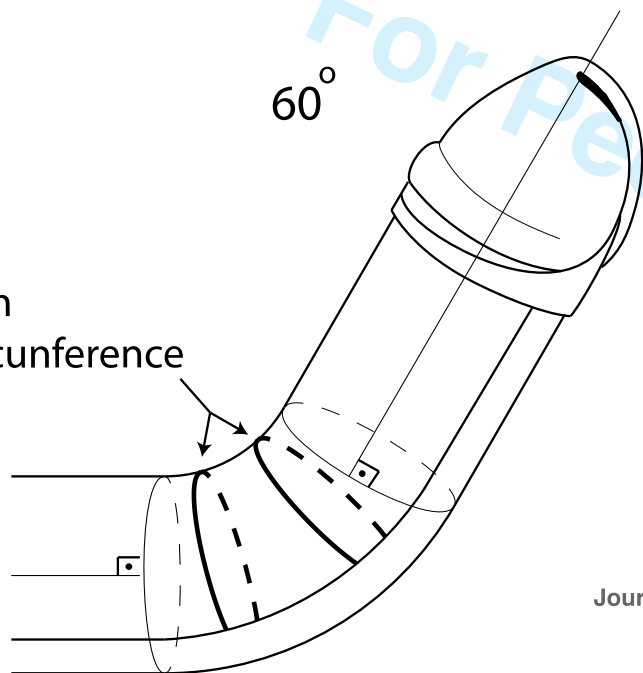
1
2
3 a)

4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

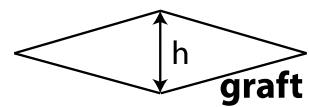
Incision

3/4 circumference

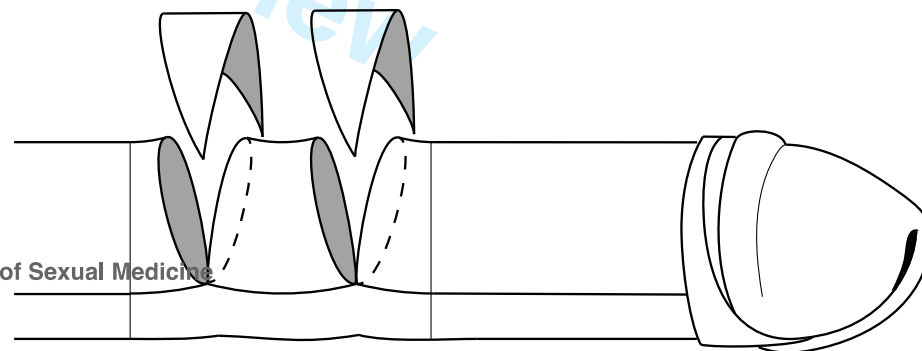
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29



b)

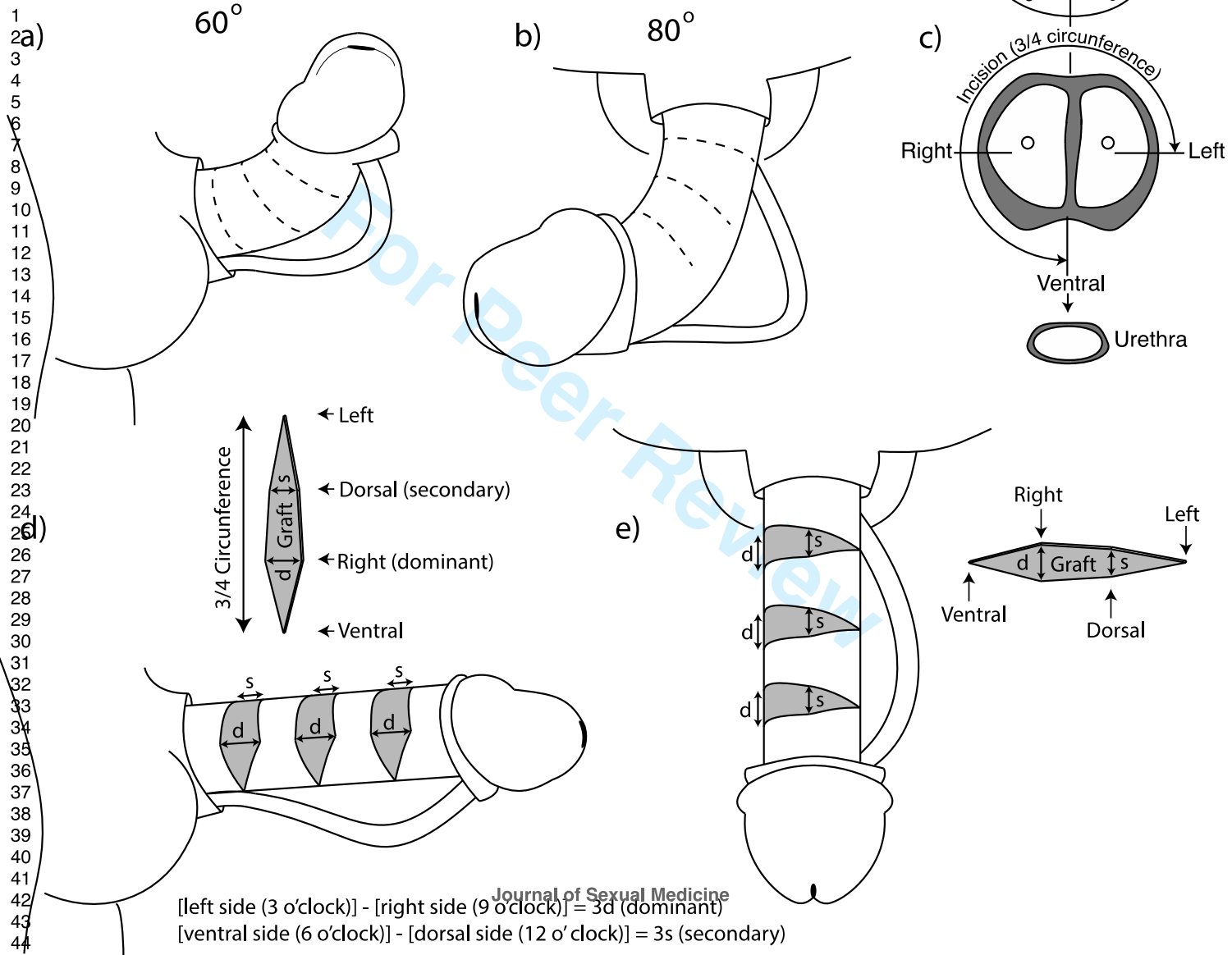


Journal of Sexual Medicine

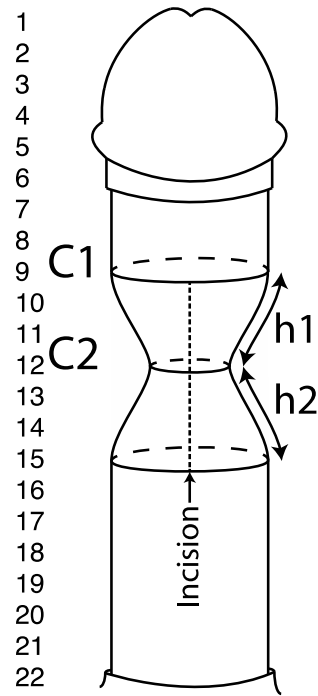


Page 19 of 24 Right view

Journal of Sexual Medicine Dorsal view

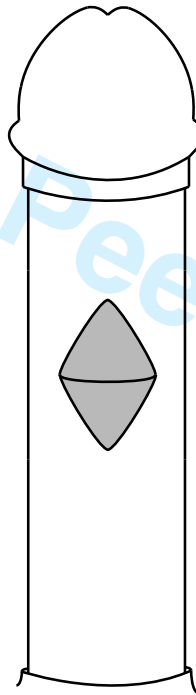
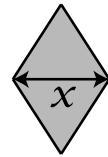


a)

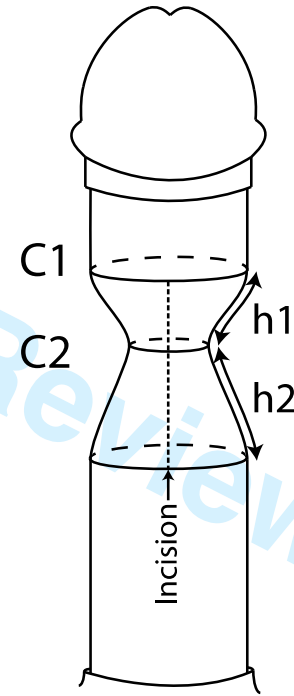


$$h1=h2$$

Graft

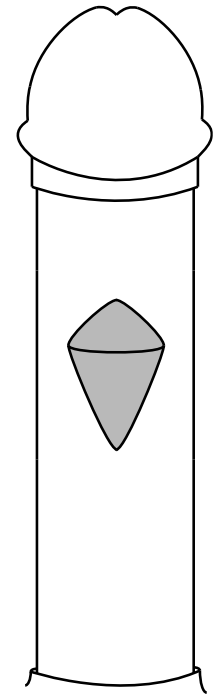
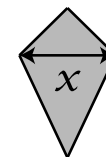


b)



$$h1 \neq h2$$

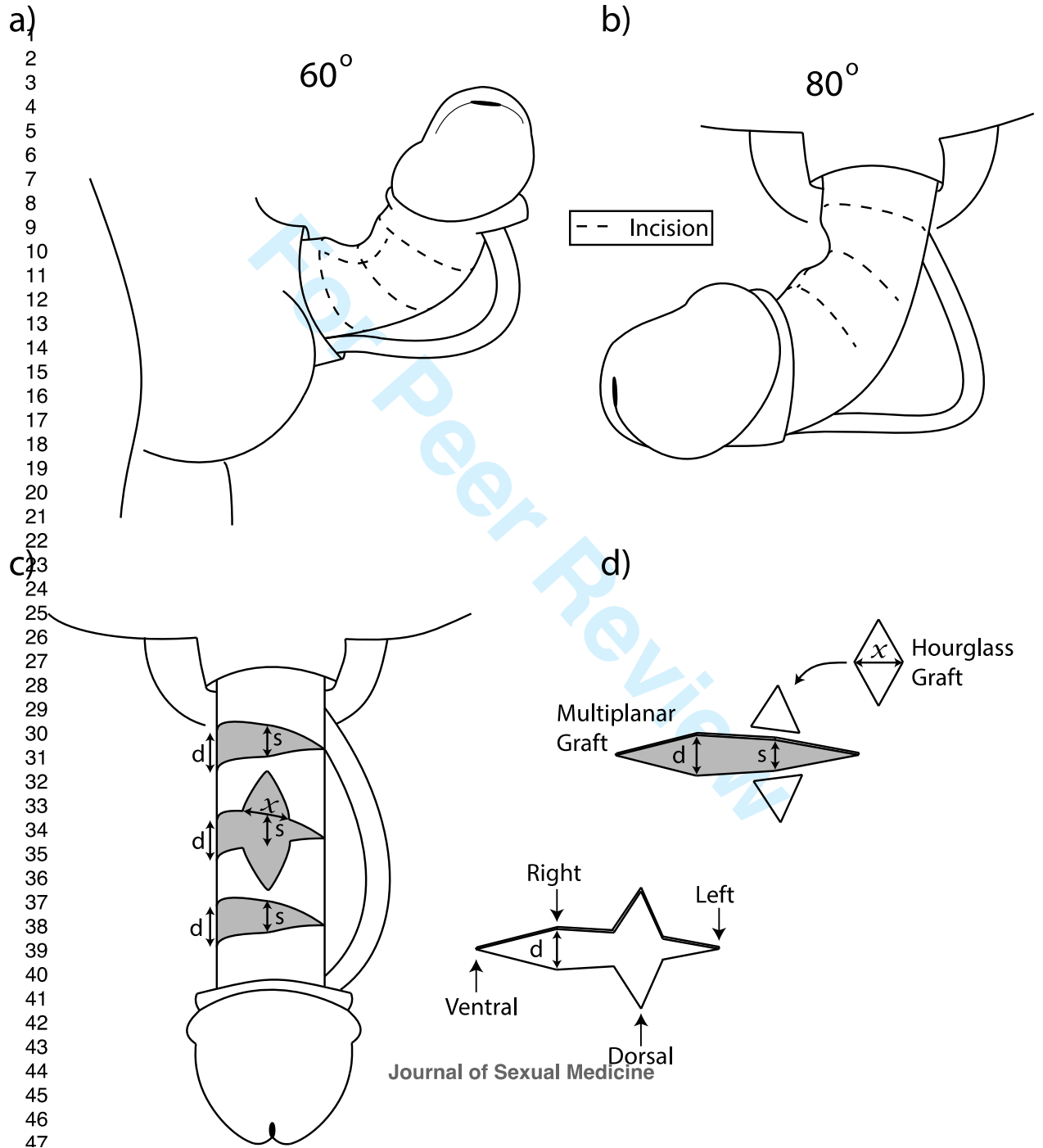
Graft



Journal of Sexual Medicine

$$x = C1 - C2$$

Page 20 of 24



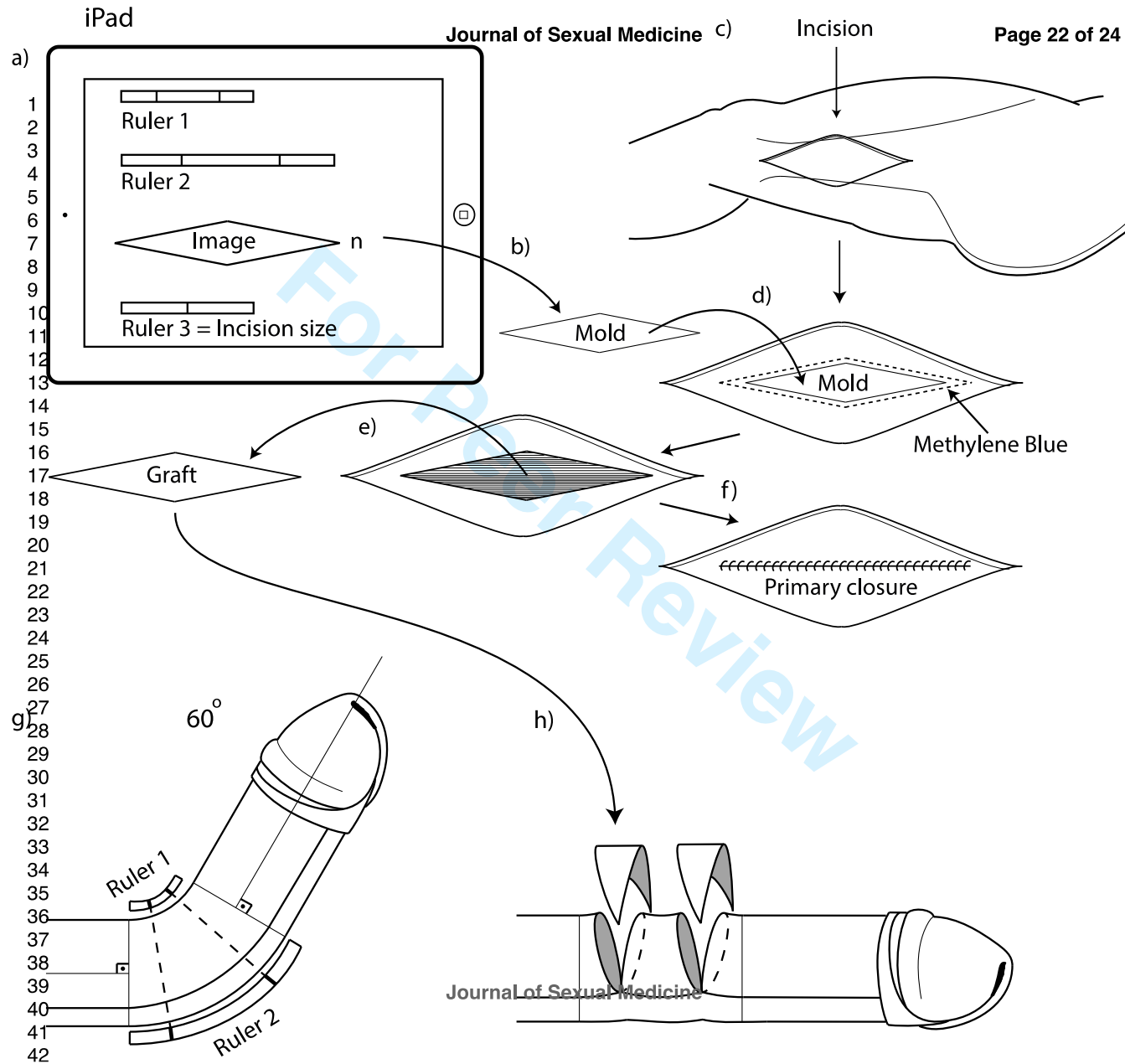


Table 1: Characteristics and comparison of surgical outcomes of patients undergoing PIG using the iGrafter technique

Patient	Age (Year)	Deviation (degrees)	Hourglass	IIEF5 Pre-op	IIEF5 Post-op	Graft Area (cm ²)	Graft number	Ossification	Length gain - shortest side (cm)	Follow up (Months)	Surgical outcome	Treatment
1	63	60-L	x	23	25	8	2	x	2	26	Straight	
2	62	50-D 33-L	x	19	21	11.7	2		3	26	Straight	
3	47	45-D		22	23	7.5	2		2	26	After 4 mo bend 46 o D	New graft surgery
4	49	63-D		12	10	16.6	2	x	4	26	Straight	PDE5i
5	54	120-D	x	24	19	23	4		6	22	After 12 mo bend 38 o L	
6	37	38-R		23	21	7.5	2		2	22	Straight	
7	55	50-L	x	22	22	13.8	2		3	13	Straight	
8	50	36-D	x	16	10	13.3	2		2	11	Corpora cavernosa severe fibrosis + ED	ICI of alprostadil 10 µg

9	31	51-D	x	24	24	10	2		3	6	After 3 mo Hourglass	
Mean	48	57		20.6	19.4	12.4	2.2		3	17.8		

D = dorsal, **L** = left, **R** = right; **ICI** = intracavernous injection; **PDE5i** = phosphodiesterase 5 inhibitor; **ED** = erectile dysfunction; **mo** = month