

Daniilo Teixeira Noritomi¹, Rogério Zigaib², Otavio T. Ranzani^{1,3}, Vanessa Teich⁴

Avaliação de custo-efetividade da passagem de cateter venoso central guiada por ultrassonografia comparada com a técnica convencional sob perspectiva da fonte pagadora

Evaluation of cost-effectiveness from the funding body's point of view of ultrasound-guided central venous catheter insertion compared with the conventional technique

RESUMO

Objetivo: Avaliar o custo-efetividade da inserção de cateter venoso central guiada por ultrassonografia em tempo real, em comparação com a técnica tradicional, que é baseada na técnica de reparos anatômicos externos, sob a perspectiva da fonte pagadora.

Métodos: Uma simulação teórica, baseada em dados de literatura internacional foi aplicada ao contexto brasileiro, ou seja, ao Sistema Único de Saúde (SUS). Foi estruturada uma árvore de decisão, que apresentava as duas técnicas para inserção de cateter venoso central: ultrassonografia em tempo real *versus* reparos anatômicos externos. As probabilidades de falha e complicações foram extraídas de uma busca nas bases PubMed e Embase, e os valores associados ao procedimento e às complicações foram extraídos de pesquisa de mercado e do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Cada alternativa de passagem do cateter venoso central teve um custo calculado por meio do seguimento de cada um dos possíveis caminhos da árvore de decisão. A razão de custo-efetividade incremental foi calculada considerando-se a divisão

do custo incremental médio da técnica de ultrassonografia em tempo real comparada à técnica de reparos anatômicos externos pelo benefício incremental médio, em termos de complicações evitadas.

Resultados: O custo final médio avaliado pela árvore de decisão, considerando a incorporação da ultrassonografia em tempo real e a redução de custo por diminuição de complicações, para a técnica de reparos anatômicos externos foi de R\$262,27 e, para ultrassonografia em tempo real, de R\$187,94. O custo incremental final foi de -R\$74,33 por cateter venoso central. A razão de custo-efetividade incremental foi -R\$2.494,34 por pneumotórax evitado.

Conclusão: A inserção de cateter venoso central com auxílio de ultrassonografia em tempo real esteve associada à diminuição da taxa de falhas e complicações, além de hipoteticamente reduzir custos na perspectiva da fonte pagadora, no caso o SUS.

Descritores: Cateteres venosos centrais/economia; Ultrassonografia/economia; Técnicas e procedimentos diagnósticos; Custos e análise de custos; Custos de cuidados de saúde; Sistema Único de Saúde/economia

1. Grupo de Cuidados Críticos Amil, Unidade de Terapia Intensiva, Hospital Paulistano - São Paulo (SP), Brasil.
2. Unidade de Terapia Intensiva, Disciplina de Emergências Clínicas, Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo - São Paulo (SP), Brasil.
3. Disciplina de Pneumologia, Instituto do Coração, Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo - São Paulo (SP), Brasil.
4. Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa - São Paulo (SP), Brasil.

Conflitos de interesse: Nenhum.

Submetido em 2 de novembro de 2015
Aceito em 30 de novembro de 2015

Autor correspondente:

Rogério Zigaib
Unidade de Terapia Intensiva do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - Departamento de Emergências Clínicas
Avenida Enéas de Carvalho Aguiar, 255, 5º andar
CEP: 050403-000 - São Paulo (SP), Brasil
E-mail: rzigaib@yahoo.com.br

Editor responsável: Luciano César Pontes de Azevedo

DOI: 10.5935/0103-507X.20160014

INTRODUÇÃO

O cateter venoso central (CVC) é considerado atualmente uma das ferramentas fundamentais na prática médica hospitalar. As indicações para seu uso são inúmeras: administração de drogas vasopressoras, monitorização hemodinâmica (medida de pressão venosa central e saturação venosa de oxigênio) ou impossibilidade de punção venosa periférica. Atualmente, o uso de CVC

nos Estados Unidos ultrapassa 5 milhões de unidades por ano.⁽¹⁾ O Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), banco de dados nacional que apresenta procedimentos reembolsados pelo Sistema Único de Saúde (SUS), relata que 103.922 CVC foram utilizados no ano de 2013 no Brasil.⁽²⁾ Este número pode estar subestimado, uma vez que o banco de dados não contabiliza procedimentos reembolsados pelo sistema de saúde suplementar.

O uso do CVC não é isento de complicações, tanto na inserção como na manutenção do dispositivo.⁽³⁾ Tradicionalmente, os dispositivos são inseridos por meio de técnica de reparos anatômicos externos (ANAT), na qual a visualização e a palpação de reparos anatômicos servem de referência para se inferir o melhor local para punção. No entanto, essa técnica é sujeita a falhas, principalmente por conta de variações anatômicas na população.

Recentemente, foi incorporada à prática médica a inserção do CVC guiada por ultrassonografia em tempo real (USGTR).⁽⁴⁾ A popularização do método ocorreu principalmente na última década, com uma sequência de estudos que comprovaram sua segurança e sua aplicabilidade e, além disso, demonstraram a redução de complicações na inserção do CVC.^(4,5)

Devemos, porém, considerar que a incorporação de tecnologias pode acarretar um aumento significativo de custos na assistência em saúde, sem que tais custos se reflitam necessariamente em uma melhoria proporcional na qualidade de atendimento da população. Em parte, essa discrepância pode ocorrer devido à incorporação de tecnologias pouco efetivas ou muito custosas. Apesar da sustentabilidade científica da passagem de CVC guiado por ultrassonografia, pois se trata de um procedimento eficaz em reduzir complicações, a incorporação sistêmica dessa tecnologia pode representar um desafio. Incorporar uma nova tecnologia, que demande recursos significativos, pode acarretar escassez de recursos para outras atividades assistenciais já consolidadas. Em sua prática, o gestor em saúde encontra poucos elementos para fundamentar sua decisão em literatura científica e, muitas vezes, pauta-se em elementos não mensuráveis, com grande possibilidade de incorrer em viés cognitivo.^(6,7) Levantamento recente aponta que a incorporação de tecnologia em saúde em nível hospitalar raramente se baseia em análises de custo-efetividade.⁽⁸⁾

O objetivo do presente estudo foi avaliar o custo-efetividade da incorporação de uma prática clínica relativamente recente: a inserção de cateter venoso central guiada por ultrassonografia em tempo real em comparação

com a técnica tradicional baseada na técnica de reparos anatômicos externos, sob a perspectiva da fonte pagadora, neste caso, o Sistema Único de Saúde.

MÉTODOS

O presente estudo consiste de uma simulação teórica baseada em dados da literatura internacional aplicada ao contexto brasileiro. Para tanto, foi estruturada uma árvore de decisão que apresentava as duas alternativas para passagem de CVC e que acompanhava, na sequência, os possíveis desfechos que podiam ser observados nos pacientes. O modelo proposto se encontra apresentado na figura 1.

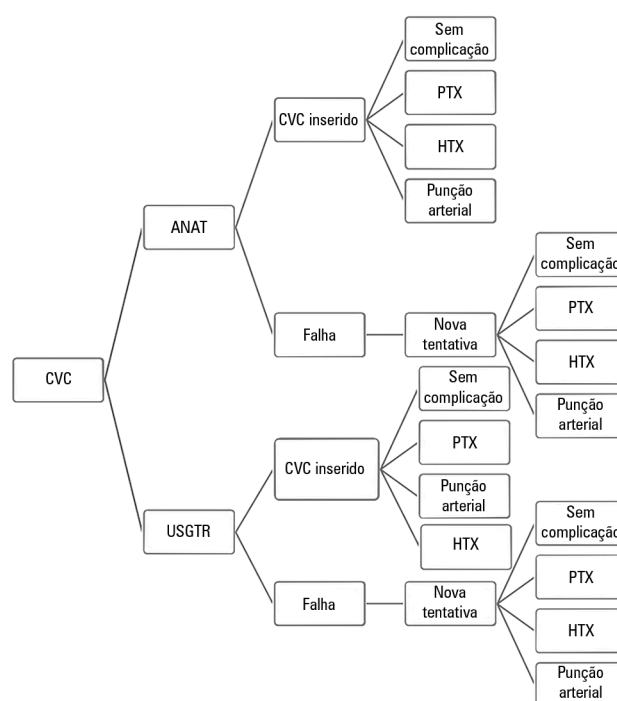


Figura 1 - Árvore de decisão. CVC - cateter venoso central; ANAT - técnica de reparos anatômicos externos; USGTR - técnica de ultrassonografia em tempo real; PTX - pneumotórax; HTX - hemotórax.

O modelo tem início com a possibilidade de passagem do CVC por uma das duas técnicas: ANAT ou com USGTR. Com ambas as técnicas pode ocorrer falha ou sucesso na inserção do CVC. A inserção pode ser isenta de complicações ou causar uma das três complicações mais frequentes (pneumotórax, hemotórax ou punção arterial). Em nossa análise, optamos por não considerar o desfecho óbito, por não ser uma complicação esperada na passagem de CVC e por não ter custos descritos associados à complicação. No caso de falha, uma nova tentativa é feita, e as possibilidades se repetem. O que difere um braço do

modelo do outro (ANAT *versus* USGTR) são as probabilidades atribuídas a cada um dos desfechos, sendo os desfechos desfavoráveis mais prováveis no braço ANAT.⁽⁴⁾

Probabilidade de complicações

Para a construção do modelo teórico descrito, foi necessário mapear as probabilidades de ocorrência de cada um dos desfechos/complicações após a tentativa de passagem do CVC com o uso das duas técnicas comparadas. Para isso, foi realizada uma revisão da literatura científica, com o objetivo de encontrar as melhores estimativas sobre eficácia dos métodos, que pudessem ser utilizadas como base para a simulação de custo-efetividade em contexto nacional.

Realizamos uma busca nas bases PubMed e Embase, desde a origem dessas bases até agosto de 2013, utilizando método de busca *booleana* com os seguintes termos: (“*central venous line*” OR “*central venous line insertion*” OR “*central venous catheter*” OR “*central venous access*” OR “*central line insertion*” OR “*CVC*” OR “*IJV*” OR “*CV*”) AND (“*ultrasonography*” OR “*echography*” OR “*ultrasound*” OR “*ultrasonic*” OR “*image guidance*” OR “*image guided*”) AND (“*mechanical complication*” OR “*pneumothorax*” OR “*cost-effectiveness*” OR “*cost*” OR “*length of stay*” OR “*los*” OR “*arterial puncture*” OR “*hematoma*” OR “*haematoma*” OR “*hemothorax*” OR “*haemothorax*”).

Entre os trabalhos encontrados, a revisão sistemática e metanálise de Wu et al.⁽⁴⁾ preencheu os critérios de inclusão da nossa busca, por ser a mais recente, ter metodologia rigorosa e fornecer os parâmetros necessários para construir nossa análise comparativa entre os dois métodos.⁽⁹⁻³¹⁾ Optamos, então, por utilizar os resultados deste estudo como base para nossa análise.

Custos

Descrevemos a seguir a metodologia utilizada para calcular os custos dos recursos associados à inserção do CVC e ao tratamento das potenciais complicações relacionadas. Para definição dos custos associados à passagem do CVC e suas complicações no cenário nacional, entrevistamos uma amostra de conveniência de cinco especialistas titulados em Medicina Intensiva, com ampla experiência na passagem de CVC e que trabalhavam a maior parte do tempo em hospitais públicos no Brasil.

- Passagem do CVC: o custo da passagem do CVC foi estimado por meio dos códigos correspondentes do DATASUS,⁽³⁾ considerando-se a média ponderada de valor de reembolso entre inserção de CVC duplo-lúmen e mono-lúmen, e de cateter

para hemodiálise de curta duração, respectivamente, nas proporções 80%,10%,10%, de acordo com a opinião especialistas.

- Custo do aparelho de ultrassonografia: o custo associado à ultrassonografia é incorrido no momento de aquisição do aparelho pelo hospital. O custo associado a cada procedimento que utiliza o aparelho de ultrassonografia foi calculado projetando-se o número esperado de casos de colocação de CVC em um hospital - o custo por procedimento associado ao aparelho de ultrassonografia é, então, o resultado da divisão do custo do aparelho pelo total de exames que esse aparelho realiza em sua vida útil, antes de sua obsolescência (obsolescência considerada de 5 anos). No caso base da análise, foi considerado um serviço hipotético com inserção de 325 CVC por ano, sabendo, porém, que esse número é bastante variável por serviço. O custo foi estimado conforme pesquisa de mercado e consulta de editais públicos para a compra do aparelho, realizada em agosto de 2013.
- Custo dos dispositivos protetores: obtido de pesquisa de mercado com fornecedores dos dispositivos.
- Custo das complicações: foi determinado pelo custo das intervenções necessárias para tratá-las. Cada complicação necessita de um conjunto potencial de intervenções. A estimativa de cada recurso utilizado para o tratamento das complicações (por exemplo: probabilidade de toracotomia para tratamento de pneumotórax) foi realizada consultando-se especialistas. A seguir, para se chegar ao custo de um tipo de complicação (por exemplo: pneumotórax), calculou-se a probabilidade do paciente necessitar de cada uma das intervenções potenciais e multiplicou-se esse resultado pelo custo da intervenção. Especificamente, para o cálculo do custo dos hemoderivados, previstos no tratamento do hemotórax, consideraram-se diversos custos envolvidos, como com a coleta de sangue, exames transfusionais e transfusão - desde a doação de sangue, o processamento e administração do hemoderivado. O custo de um tipo de complicação foi o resultado da soma de cada um desses valores associados a cada uma das intervenções terapêuticas.

Comparação de métodos

O custo total associado a cada alternativa de passagem do CVC foi calculado pela soma dos custos decorrentes do

seguimento de cada um dos possíveis caminhos da árvore de decisão, ponderados pela probabilidade de sua ocorrência.

A razão de custo-efetividade incremental (RCEI) foi calculada considerando-se a divisão do custo incremental médio da técnica USGTR comparado à técnica ANAT pelo benefício incremental médio, em termos de complicações evitadas, de acordo com a equação 1.

$$RCEI = \frac{\Delta C}{\Delta E} \quad \text{Equação 1}$$

ΔC - custo incremental da técnica USGTR comparada à técnica ANAT; ΔE - efetividade incremental da técnica USGTR comparada à técnica ANAT, em termos de complicações evitadas.

Para comparação dos métodos, foi realizada a análise hipotética do caso base, a saber: passagem de 325 CVC por ano, durante o período de 5 anos, em um serviço que fazia a passagem de CVC pela técnica ANAT e em outro, com mesmas características, que realizava a passagem pela técnica USGTR.

Análise de sensibilidade

Parâmetros chave foram variados em análise de sensibilidade univariada, para avaliar o impacto da incerteza desses parâmetros sobre os resultados da análise. Os principais parâmetros variados foram: a taxa de pneumotórax associada à técnica padrão (0,5 a 2 vezes a estimativa central) e o número médio de CVC passados por serviço (0,25 a 4 vezes a estimativa central). Nas análises de sensibilidade, o pneumotórax (RCEI por pneumotórax evitado) foi escolhido como desfecho principal, por se tratar da complicação mais frequente com custo associado.

RESULTADOS

Eficácia

Baseando-se na metanálise selecionada, que confirmou melhor eficácia na passagem de CVC com USGTR, construímos a tabela 1.

Custos

A estimativa do custo do procedimento de inserção de CVC considerou três diferentes tipos de cateter possíveis de inserção na UTI, como demonstrado na tabela 2. O custo médio por procedimento de inserção com a técnica ANAT foi de R\$95,64.

Conforme pesquisa de mercado, o custo do aparelho de ultrassonografia foi de R\$45.000,00. O impacto do valor

Tabela 1 - Probabilidade de desfechos e efetividade incremental entre os 2 métodos

Desfechos	ANAT (%)	USGTR (%)	Efetividade incremental %
Taxa de falha	10,80	1,30	9,50
Taxa de pneumotórax	3,09	0,11	2,98
Taxa de hemotórax	2,60	0,00	2,60
Taxa de punção arterial	10,80	1,50	9,30
Sem complicações	83,51	98,39	14,88

ANAT - técnica de reparos anatômicos externos; USGTR - técnica de ultrassonografia em tempo real.

Tabela 2 - Custo ponderado da inserção do cateter venoso central

Recursos	Pacientes (%)	Valor unitário (R\$)	Valor ponderado (R\$)
Mono-lúmen	10	112,48	11,25
Duplo-lúmen	80	85,00	68,00
Díálise	10	163,89	16,39
Média ponderada			95,64

do aparelho sobre cada procedimento foi de R\$87,69. O custo dos dispositivos protetores foi estimado em R\$60,00 por CVC inserido. Portanto, o custo adicional por CVC usando o método USGTR seria de R\$147,69, isto sem considerar que a ultrassonografia reduz complicações.

Para cálculo do custo das complicações, baseado na opinião do painel de especialistas e em dados da fonte pagadora SUS, os custos detalhados são os que aparecem nas tabelas 3 e 4.

Consideramos irrisório o custo de tratamento de um hematoma devido à punção.

Análise de custo-efetividade

O custo final médio avaliado pela árvore de decisão, considerando a incorporação da nova tecnologia e a redução de custo por diminuição de complicações, para a técnica ANAT, foi de R\$262,27 e, para USGTR, de R\$187,94. Dessa forma, o custo incremental final foi de -R\$74,33. A tabela 5 apresenta os resultados de custo-efetividade, representando o custo adicional por complicação evitada com o uso da técnica de USGTR.

Análise do caso base

Consideramos o seguimento de 5 anos de 2 serviços que realizavam a passagem 325 CVC por ano, totalizando, em 5 anos, 1.625 CVC para cada serviço. O centro que utilizava a técnica ANAT teve os custos de CVC e das complicações; já o centro que utilizava a técnica USGTR, além desses custos, teve também o custo com o aparelho de ultrassonografia e com os materiais descartáveis

Tabela 3 - Custo médio estimado de tratamento de um caso de pneumotórax

Recursos	Pacientes (%)	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Atendimento fisioterapêutico	100	15	4,67	70,05
Toracostomia com drenagem pleural fechada	75	1	2.512,46	1.884,35
Toracocentese/drenagem de pleura	5	1	54,97	2,75
Toracotomia exploradora	1	1	3.553,82	35,54
Pneumorrafia	1	1	3.130,14	21,91
Videotoracoscopia	1	1	1.773,61	12,42
Total				2.027,01

Tabela 4 - Custo médio estimado de tratamento de um caso de hemotórax

Recursos	Pacientes (%)	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Atendimento fisioterapêutico	100	15	4,67	70,05
Toracostomia com drenagem pleural fechada	90	1	2.512,46	2.261,21
Transfusão de concentrado de hemácias	40	2	91,11	72,89
Toracocentese/drenagem de pleura	30	1	54,97	16,49
Toracotomia exploradora	15	1	3.553,82	533,07
Videotoracoscopia	30	1	1.773,61	532,08
Transfusão de plasma	20	2	91,11	36,44
Tratamento de coágulo retido intratorácico	10	1	2.582,02	25,82
Transfusão de plaquetas	10	6	91,11	54,67
Total				3.602,73

Tabela 5 - Resultados de custo-efetividade

Razão de custo-efetividade incremental	Resultados (R\$)
Custo incremental por caso de pneumotórax evitado	- 2.494,34
Custo incremental por caso de hemotórax evitado	- 2.858,90
Custo incremental por caso de hematoma evitado	- 799,26

RCEI - razão de custo-efetividade incremental.

utilizados para a realização da técnica, ressaltando que todos os centros deveriam adquirir um novo aparelho a cada 5 anos. Assim com o aumento da efetividade e a redução das complicações na passagem do CVC, existiu uma redução de custos associada à técnica USGTR, da ordem de R\$100.000,00. Os resultados estão melhor representados na figura 2 e na tabela 6.

Análise de sensibilidade

Variando-se a taxa de pneumotórax com o método anatômico de 1,5% e 4,5%, houve variação da RCEI de -R\$2.977,50 a -R\$2.256,44. Por sua vez, variando-se o número médio de procedimentos de inserção de CVC realizados por ano em um determinado serviço entre 81 e 1.300 por ano, observa-se uma variação da RCEI entre R\$264,06 e -R\$3.266,14. Por meio dessa análise de sensibilidade, encontramos um ponto de equilíbrio próximo

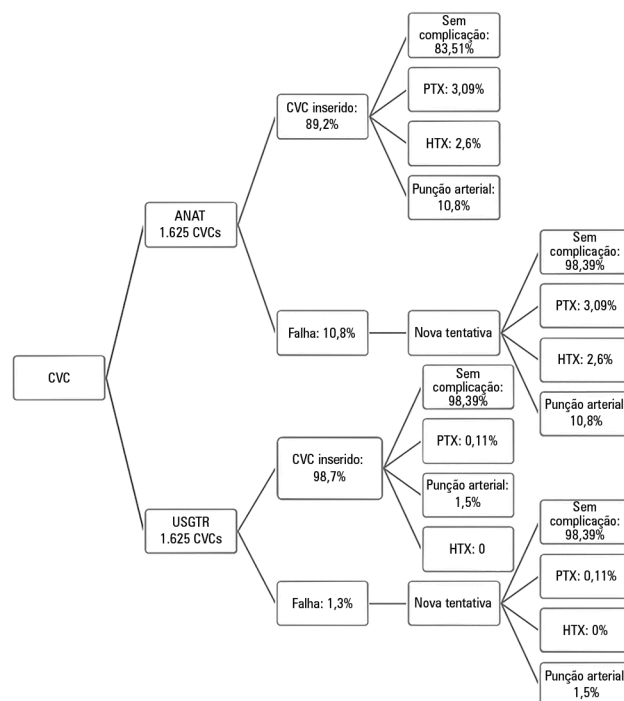
**Figura 2** - Fluxograma com as porcentagens atribuídas de complicações em cada técnica de passagem de cateter venoso central. CVC - cateter venoso central; ANAT - técnica de reparos anatômicos externos; USGTR - técnica de ultrassonografia em tempo real; PTX - pneumotórax; HTX - hemotórax.

Tabela 6 - Número de complicações e custos associados a cada técnica de passagem de cateter venoso central

Descrição	Números de eventos e/ou custos
ANAT (CVC: 325/ano - 1.625/5 anos)	
Eventos (em 5 anos)	
Falha (mais de 1 passagem)	176
Pneumotórax	50
Hemotórax	43
Punção arterial	176
Custo total (em 5 anos)	
Cateteres (R\$)	170.508,43
Complicações (R\$)	253.996,58
Materiais descartáveis	0
Aparelho de ultrassonografia	0
Total (R\$)	424.505,01
USGTR (CVC: 325/ano - 1625/5 anos)	
Eventos (em 5 anos)	
Falha (mais de uma passagem)	21
Pneumotórax	2
Hemotórax	0
Punção arterial	24
Custo total (em 5 anos)	
Cateteres (R\$)	157.435,40
Complicações (R\$)	3.623,28
Materiais descartáveis (R\$)	98.767,50
Aparelho de ultrassonografia (R\$)	45.000,00
Total (R\$)	324.816,18

ANAT - técnica de reparos anatómicos externos; CVC - cateter venoso central; USGTR - técnica de ultrassonografia em tempo real.

a 87 inserções por ano. Esse foi o número mínimo de passagens com um único aparelho, a partir do qual a inserção com uso de CVC não traria acréscimo de custo ao sistema de saúde.

DISCUSSÃO

De acordo com nosso modelo, a inserção de CVC guiada por USGTR é uma intervenção que poupa recursos (*cost saving*), ao mesmo tempo em que previne complicações. Nossa análise principal revelou, assim, uma RCEI negativa para prevenção de complicações.

São consideradas intervenções custo-efetivas aquelas que crescem o custo assistencial abaixo de um limiar arbitrariamente definido como aceitável. Quando a intervenção é capaz de reduzir mortalidade, existem alguns limiares sugeridos. A Organização Mundial da Saúde (OMS) preconiza que uma intervenção é altamente custo-efetiva se o custo incremental por ano de vida adicional ajustado

para qualidade de vida não ultrapassar uma vez o valor do Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* do país em análise. A intervenção é custo-efetiva caso a RCEI se encontrar entre uma a três vezes o PIB *per capita*; já superando três vezes o valor, seria uma intervenção não custo-efetiva.⁽³²⁾ Este seria um elemento concreto para pautar a decisão do administrador, lembrando que o PIB *per capita* do Brasil, em 2013, foi da ordem de US\$11.700,00 (cerca de R\$25.000,00).⁽³³⁾ No entanto, estudos sobre o uso da técnica de USGTR em comparação à técnica ANAT não consideram a possibilidade de mudança de mortalidade com a aquisição da nova tecnologia.

Podemos afirmar, com alguma segurança, que a nova tecnologia é poupadora de recursos por alguns motivos. Do lado do incremento de custos, os principais determinantes de custo tendem a se tornar progressivamente menores do que os estimados no caso base, pois existe a tendência de diminuição dos custos de aparelhos e insumos descartáveis ao longo dos anos, considerando-se a evolução tecnológica habitual nessa área. Além disso, não consideramos a possibilidade de compartilhamento de aparelhos, que minimizaria o custo da intervenção, tornando-a ainda mais poupadora de recursos. Ainda nesse lado da equação, a taxa de uso do aparelho no cenário base foi bastante baixa e o intervalo de obsolescência, razoavelmente curto. Quanto aos recursos poupados com complicações, os valores foram determinados sobretudo por componentes indiscutivelmente necessários na maioria dos casos (como na toracostomia com drenagem pleural).

Em nossas análises de sensibilidade, caso o número de CVC passados por USGTR for abaixo de 87 por ano, o número de complicações ainda será muito menor, porém sem poupar recursos. Esse cenário é usualmente encontrado em incorporação de novas tecnologias em saúde. Porém, se o número de CVC anuais passados por centro for menor, espera-se que a chance de complicações associadas à passagem do CVC seja maior devido ao menor volume de passagem e treinamento. Assim, embora não simulamos esse cenário (por exemplo: menos CVC passados anuais, por centro, levando a maior risco de complicações), podemos especular que o uso do USGTR seria efetivo e poupador de recursos, mesmo em cenários com baixo uso. Por outro lado, a análise de sensibilidade relacionada à complicação pneumotórax sempre se mostrou com RCEI negativa.

Nosso modelo traz um elemento importante sobre a decisão de se incorporar a tecnologia em questão no SUS, mas, naturalmente, não encerra a discussão. Sob o ponto de vista estrito da custo-efetividade, a decisão poderia ser francamente favorável à sua incorporação, visto que

a intervenção mostrou-se não só custo-efetiva, mas poupadora de recurso - a análise do caso base mostrou, em 5 anos, uma redução da ordem de R\$100.000,00 em recursos empregados. Assim, seria observada uma redução simultânea de complicações e custos. Devem-se, contudo, considerar os pontos fracos da análise já destacados e fatores que não foram contemplados. Um deles diz respeito ao impacto orçamentário imediato. Mesmo que a intervenção poupe recursos ao longo do tempo, as fontes pagadoras devem assumir um custo que se dá no presente, e o gestor deve considerar se é capaz de assumi-lo imediatamente. Outro ponto a ser considerado é a aplicação do aparelho de ultrassonografia no ambiente de terapia intensiva para outras intervenções, como avaliação hemodinâmica e cardiovascular, e procedimentos, como paracentese, pericardiocentese, punção torácica etc. O uso do aparelho pode agregar segurança e melhoria no atendimento ao paciente,^(4,5) sendo mais um elemento não mensurado no estudo a ser considerado na avaliação do gestor.

Nosso estudo apresenta algumas limitações. As taxas de ocorrência de eventos com as técnicas ANAT e USG-TR foram extraídas de uma metanálise internacional, que não continha nenhuma experiência proveniente do nosso meio, o que pode influenciar nossos resultados. No entanto, como a passagem de CVC é uma técnica padronizada mundialmente, não acreditamos que as taxas que ocorrem no Brasil sejam diferentes das observadas na metanálise.

Adicionalmente, a metanálise incluiu somente estudos randomizados, o que pode subestimar as taxas de complicações por ser uma amostra usualmente mais controlada. Porém, os estudos randomizados incluíram médicos com e sem experiência, diluindo o efeito de melhores resultados observados em estudos randomizados. Em segundo lugar, a estimativa de custo associado a cada uma das complicações assume alguns pressupostos, como a probabilidade da necessidade de cada uma das intervenções terapêuticas. Essas probabilidades foram estimadas por meio da experiência de um painel de especialistas, estando sujeitas a erro. Porém consideramos os valores mais conservadores, dentro do intervalo consensual. Ainda, todos os custos diretamente apurados (custo de materiais, equipamentos etc.) podem variar bastante ao longo do tempo e relativizar a análise apresentada neste momento. Finalmente, a análise econômica foi realizada com dados extraídos do DATASUS e tem a perspectiva do SUS, devendo ser interpretada dentro deste contexto, sem a possibilidade de extrapolação direta destes resultados para outros cenários.

CONCLUSÃO

A inserção de cateter venoso central com auxílio de ultrassonografia em tempo real esteve associada à diminuição da taxa de falhas e complicações, além de hipoteticamente reduzir custos na perspectiva da fonte pagadora, no caso o Sistema Único de Saúde.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the cost-effectiveness, from the funding body's point of view, of real-time ultrasound-guided central venous catheter insertion compared to the traditional method, which is based on the external anatomical landmark technique.

Methods: A theoretical simulation based on international literature data was applied to the Brazilian context, i.e., the Unified Health System (*Sistema Único de Saúde* - SUS). A decision tree was constructed that showed the two central venous catheter insertion techniques: real-time ultrasonography versus external anatomical landmarks. The probabilities of failure and complications were extracted from a search on the PubMed and Embase databases, and values associated with the procedure and with complications were taken from market research and the Department of Information Technology of the Unified Health System (DATASUS). Each central venous catheter insertion alternative had a cost that could be calculated by following each of the possible paths on the decision tree. The incremental cost-effectiveness ratio was calculated by dividing

the mean incremental cost of real-time ultrasound compared to the external anatomical landmark technique by the mean incremental benefit, in terms of avoided complications.

Results: When considering the incorporation of real-time ultrasound and the concomitant lower cost due to the reduced number of complications, the decision tree revealed a final mean cost for the external anatomical landmark technique of 262.27 Brazilian reals (R\$) and for real-time ultrasound of R\$187.94. The final incremental cost of the real-time ultrasound-guided technique was -R\$74.33 per central venous catheter. The incremental cost-effectiveness ratio was -R\$2,494.34 due to the pneumothorax avoided.

Conclusion: Real-time ultrasound-guided central venous catheter insertion was associated with decreased failure and complication rates and hypothetically reduced costs from the view of the funding body, which in this case was the SUS.

Keywords: Central venous catheter/economics; Ultrasonography/economics; Diagnostic techniques and procedures; Costs and cost analysis; Health care costs; Unified Health System/economics

REFERÊNCIAS

1. Raad I. Intravascular-catheter-related infections. *Lancet*. 1998; 351(9106):893-8. Review.
2. Brasil. Ministério da Saúde. DataSUS. SIGTAP - Sistema de Gerenciamento da Tabela de Procedimentos, Medicamentos e OPM do SUS. [citado 2015 Out 5]. Disponível em: <http://sigtap.datasus.gov.br/tabela-unificada/app/sec/inicio.jsp>
3. Mcgee DC, Gould MK. Preventing complications of central venous catheterization. *N Engl J Med*. 2003;348(12):1123-33.
4. Wu SY, Ling Q, Cao LH, Wang J, Xu MX, Zeng WA. Real-time two-dimensional ultrasound guidance for central venous cannulation: a meta-analysis. *Anesthesiology*. 2013;118(2):361-75.
5. Parienti JJ, Mongardon N, Mégarbane B, Mira JP, Kalfon P, Gros A, Marqué S, Thuong M, Pottier V, Ramakers M, Savary B, Seguin A, Valette X, Terzi N, Sauneuf B, Cattoir V, Mermel LA, du Cheyron D; 3SITES Study Group. Intravascular complications of central venous catheterization by insertion site. *N Engl J Med*. 2015;373(13):1220-9.
6. Bero LA, Grilli R, Grimshaw JM, Harvey E, Oxman AD, Thomson MA. Closing the gap between research and practice: an overview of systematic reviews of interventions to promote the implementation of research findings. *The Cochrane Effective Practice and Organization of Care Review Group*. *BMJ*. 1998;317(7156):465-8.
7. Cabana MD, Rand CS, Powe NR, Wu AW, Wilson MH, Abboud PA, et al. Why don't physicians follow clinical practice guidelines? A framework for improvement. *JAMA*. 1999;282(15):1458-65.
8. Weingart SN. Acquiring advanced technology. Decision-making strategies at twelve medical centers. *Int J Technol Assess Health Care*. 1993;9(4):530-8.
9. Troianos CA, Hartman GS, Glas KE, Skubas NJ, Eberhardt RT, Walke JD, Reeves ST; Councils Intraoperative Echocardiography and Vascular Ultrasound of the American Society of Echocardiography. Guidelines for performing ultrasound guided vascular cannulation: recommendations of the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *J Am Soc Echocardiogr*. 2011;24(12):1291-318.
10. Trerotola SO, Johnson MS, Harris VJ, Shah H, Ambrosius WT, McKusky MA, et al. Outcome of tunneled hemodialysis catheters placed via the right internal jugular vein by interventional radiologists. *Radiology*. 1997;203(2):489-95.
11. Docktor BL, Sadler DJ, Gray RR, Saliken JC, So CB. Radiologic placement of tunneled central catheters: rates of success and of immediate complications in a large series. *AJR Am J Roentgenol*. 1999;173(2):457-60.
12. Mallory DL, McGee WT, Shawker TH, Brenner M, Bailey KR, Evans RG, et al. Ultrasound guidance improves the success rate of internal jugular vein cannulation. A prospective, randomized trial. *Chest*. 1990;98(1):157-60.
13. Soyer P, Lacheheb D, Levesque M. High-resolution sonographic guidance for transjugular liver biopsy. *Abdom Imaging*. 1993;18(4):360-2.
14. Gualtieri E, Deppe SA, Sipperly ME, Thompson DR. Subclavian venous catheterization: greater success rate for less experienced operators using ultrasound guidance. *Crit Care Med*. 1995;23(4):692-7.
15. Hilty WM, Hudson PA, Levitt MA, Hall JB. Real-time ultrasound-guided femoral vein catheterization during cardiopulmonary resuscitation. *Ann Emerg Med*. 1997;29(3):331-6; discussion 337.
16. Slama M, Novara A, Safavian A, Ossart M, Safar M, Fagon JY. Improvement of internal jugular vein cannulation using an ultrasound-guided technique. *Intensive Care Med*. 1997;23(8):916-9.
17. Teichgräber UK, Benter T, Gebel M, Manns MP. A sonographically guided technique for central venous access. *AJR Am J Roentgenol*. 1997;169(3):731-8.
18. Sulek CA, Blas ML, Lobato EB. A randomized study of left versus right internal jugular vein cannulation in adults. *J Clin Anesth*. 2000;12(2):142-5.
19. Cajazzo M, Quintini G, Cocchiera G, Greco G, Vaglica R, Pezzano G, et al. Comparison of central venous catheterization with and without ultrasound guide. *Transfus Apher Sci*. 2004;31(3):199-202.
20. Bansal R, Agarwal SK, Tiwari SC, Dash SC. A prospective randomized study to compare ultrasound-guided with nonultrasound-guided double lumen internal jugular catheter insertion as a temporary hemodialysis access. *Ren Fail*. 2005;27(5):561-4.
21. Milling TJ Jr, Rose J, Briggs WM, Birkhahn R, Gaeta TJ, Bove JJ, et al. Randomized, controlled clinical trial of point-of-care limited ultrasonography assistance of central venous cannulation: the Third Sonography Outcomes Assessment Program (SOAP-3) Trial. *Crit Care Med*. 2005;33(8):1764-9.
22. Karakitsos D, Labropoulos N, De Groot E, Patrianakos AP, Kouraklis G, Poularas J, et al. Real-time ultrasound-guided catheterization of the internal jugular vein: a prospective comparison with the landmark technique in critical care patients. *Crit Care*. 2006;10(6):R162.
23. Leung J, Duffy M, Finckh A. Real-time ultrasonographically-guided internal jugular vein catheterization in the emergency department increases success rates and reduces complications: a randomized, prospective study. *Ann Emerg Med*. 2006;48(5):540-7.
24. Agarwal A, Singh DK, Singh AP. Ultrasonography: a novel approach to central venous cannulation. *Indian J Crit Care Med*. 2009;13(4):213-6.
25. Palepu GB, Deven J, Subrahmanyam M, Mohan S. Impact of ultrasonography on central venous catheter insertion in intensive care. *Indian J Radiol Imaging*. 2009;19(3):191-8.
26. Turker G, Kaya FN, Gurbet A, Aksu H, Erdogan C, Atlas A. Internal jugular vein cannulation: an ultrasound-guided technique versus a landmark-guided technique. *Clinics (Sao Paulo)*. 2009;64(10):989-92.
27. Aouad MT, Kanazi GE, Abdallah FW, Moukaddem FH, Turbay MJ, Obeid MY, et al. Femoral vein cannulation performed by residents: a comparison between ultrasound-guided and landmark technique in infants and children undergoing cardiac surgery. *Anesth Analg*. 2010;111(3):724-8.
28. Prabhu MV, Juneja D, Gopal PB, Sathyanarayanan M, Subhramanyam S, Gandhe S, et al. Ultrasound-guided femoral dialysis access placement: a single-center randomized trial. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2010;5(2):235-9.
29. Fragou M, Gravvanis A, Dimitriou V, Papalois A, Kouraklis G, Karabinis A, et al. Real-time ultrasound-guided subclavian vein cannulation versus the landmark method in critical care patients: a prospective randomized study. *Crit Care Med*. 2011;39(7):1607-12.
30. Shrestha BR, Gautam B. Ultrasound versus the landmark technique: a prospective randomized comparative study of internal jugular vein cannulation in an intensive care unit. *JNMA J Nepal Med Assoc*. 2011;51(182):56-61.
31. Zhang YL, Mi WD, Yu DJ, Fu Q, Feng XX. [Application of ultrasonic surface location for internal jugular vein catheterization via central approach]. *Zhongguo Yi Xue Ke Xue Yuan Xue Bao*. 2011;33(5):479-84. Chinese.
32. Johns B, Baltussen R, Hutubessy R. Programme costs in the economic evaluation of health interventions. In: World Health Organization. Making choices in health: WHO guide to cost-effectiveness analysis. Geneva: World Health Organization; 2003. p. 177-93.
33. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Brasil em síntese. Contas nacionais. PIB per capita. [citado 2015 Out 5]. Disponível em: <http://brasilensintese.ibge.gov.br/contas-nacionais/pib-per-capita.html>