

Mensuração da área de feridas para análise precoce do fator preditivo cicatricial*

Adriano Antonio Mehl¹

 <https://orcid.org/0000-0003-1769-3897>

Bertoldo Schneider Jr¹

 <https://orcid.org/0000-0002-7240-9652>

Fabio Kurt Schneider¹

 <https://orcid.org/0000-0001-6916-1361>

Bruno Henrique Kamarowski De Carvalho^{2,3}

 <https://orcid.org/0000-0002-3524-3462>

Objetivo: avaliar o uso da régua 2D-FlexRuler como ferramenta facilitadora para o cálculo precoce do fator preditivo cicatricial de feridas crônicas. Método: estudo descritivo com abordagem quantitativa, experimental, longitudinal e prospectiva. A amostra foi de 22 pacientes ambulatoriais. Foram analisadas 32 feridas crônicas. As bordas das feridas foram identificadas e desenhadas na 2D-FlexRuler. Os cálculos das áreas das feridas crônicas foram obtidos pelos métodos manuais, tradicionais, por *softwares* e algoritmo Matlab. Essas áreas foram comparadas entre si para determinar a eficiência da régua proposta em relação aos métodos tradicionais. Resultados: o cálculo da área da ferida pelo método tradicional e coeficiente de Kunding demonstram erros médios maiores do que 40%. A estimativa manual da área com a 2D-FlexRuler é mais exata em relação aos métodos tradicionais de medição, os quais foram considerados quantitativamente desqualificados. Quando comparada com o método de referência, i.e., o *software* Klonk, os dados obtidos pela 2D-FlexRuler resultaram em um erro menor que 1,0%. Conclusão: a régua 2D-FlexRuler é uma plataforma métrica confiável para a obtenção dos limites anatômicos de feridas crônicas. Facilitou o cálculo da área da ferida sob monitoramento e permitiu obter o fator preditivo cicatricial de feridas crônicas com precocidade em duas semanas.

Descritores: Cicatrizaçãõ; Ferimentos e Lesões; Ferida Cirúrgica; Precisão da Medição Dimensional; Pesos e Medidas; Software.

* Artigo extraído da tese de doutorado "Estudo comparativo entre progressão de feridas de diabéticos e não diabéticos utilizando nova tecnologia de avaliação vulnerária", apresentada à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

² Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

³ Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil.

Como citar este artigo

Mehl AA, Schneider Jr B, Schneider FK, Carvalho BHK. Measurement of wound area for early analysis of the scar predictive factor. Rev. Latino-Am. Enfermagem. 2020;28:e3299.[Access   ]; Available in: . DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1518-8345.3708.3299>.  mês  dia  ano

URL

Introdução

As feridas podem ser classificadas em agudas e crônicas⁽¹⁾. Feridas agudas são aquelas que apresentam uma resposta inflamatória controlada, respondendo de forma previsível ao tratamento recomendado. Cicatrizam sem complicações geralmente em três semanas desde o seu início⁽²⁾.

Feridas crônicas são definidas como aquelas que não conseguiram progredir nas fases ordenadas e sobrepostas da cicatrização, que são 1) hemostasia e inflamação, 2) proliferação e 3) maturação e remodelagem. Ficam estacionadas na fase inflamatória, apesar do manejo adequado da ferida⁽²⁻⁴⁾.

Neste caso, o processo cicatricial não ocorre no período esperado e de maneira ordenada para restaurar a integridade anatômica e funcional dos tecidos lesados^(2-3,5). Após o dano tecidual inicial, vários fatores podem contribuir para o atraso do processo cicatricial, seja devido à própria gravidade no local da lesão ou ao mau estado de saúde do paciente⁽⁶⁾. Entre os fatores relacionados ao déficit cicatricial estão os considerados sistêmicos como envelhecimento, desnutrição, diabetes, doenças crônicas, doença arterial periférica, anemia falciforme, vasculites, uso de medicamentos como corticoides⁽⁶⁾. Dos fatores locais encontram-se a isquemia, o edema e a infecção da ferida⁽³⁾.

Não há consenso pré-estabelecido para a cronicidade, mas feridas que não apresentam redução nas dimensões após 2 a 4 semanas provavelmente se tornarão crônicas⁽²⁾.

Os principais grupos de feridas crônicas de origem não cirúrgicas são as úlceras vasculares dos membros inferiores, as úlceras neuropáticas, como as encontradas em diabéticos e as lesões por pressão^(3,5,7).

Já as feridas cirúrgicas podem ser consideradas agudas quando a cicatrização é por primeira intenção e podem se tornar complexas e crônicas quando apresentam complicações como deiscência e infecção, necessitando de cicatrização por segunda intenção^(4,7).

O déficit cicatricial das feridas crônicas, cirúrgicas e não-cirúrgicas está relacionado com a manutenção de uma atividade inflamatória prolongada⁽⁸⁻⁹⁾ resultante da infiltração abundante de neutrófilos, presença de níveis elevados de citocinas pró-inflamatórias, de espécies reativas de oxigênio e das metaloproteinases⁽³⁾. Isso pode acontecer por um processo infeccioso local, o qual tem uma incidência maior que 53%⁽¹⁰⁾ nas feridas que cronificam, bem como pelo biofilme bacteriano⁽¹¹⁾ presente entre 60% até 90% dos casos das feridas crônicas^(8-9,11-12).

Biofilmes são complexos consórcios⁽⁸⁾ de ecossistemas microbiológicos mistos, formados por populações desenvolvidas a partir de uma ou mais espécies

bacterianas principalmente, mas também por fungos, vírus e protozoários⁽¹²⁾. Esta microbiota forma uma substância polimérica tridimensional extracelular que pode cobrir a superfície de feridas comprometendo a cicatrização⁽¹¹⁻¹²⁾ e ajudando no entendimento sobre o comportamento recalcitrante das feridas crônicas⁽⁹⁾ principalmente em pacientes diabéticos, idosos e imobilizados⁽¹²⁾.

Cerca de 234 milhões de cirurgias são realizadas no mundo anualmente. Um estudo retrospectivo baseado em dados do US *Wound Registry*, indicou que 20,8% de todos os tipos de feridas são representadas por feridas cirúrgicas que não cicatrizaram, com custo médio de tratamento para cicatrização por ferida de 3.927 dólares americanos⁽⁷⁾. Trata-se de um exemplo de como o custo do tratamento de feridas cirúrgicas com déficit cicatricial pode aumentar, decorrente da complexidade e do maior tempo de acompanhamento ambulatorial⁽⁷⁾.

Frequentemente disfarçada de uma condição comórbida, a ferida crônica representa um ciclo vicioso e uma epidemia silenciosa que afeta uma grande fração da população mundial⁽⁵⁾. Impõe um ônus significativo e muitas vezes subestimado ao indivíduo, ao sistema de saúde e à sociedade como um todo^(3,5) devido ao custo significativo de assistência médica e duração do tratamento^(1,13).

Feridas crônicas têm um impacto significativo na saúde e na qualidade de vida dos pacientes⁽¹⁾ e de suas famílias. Causam dor, perda de função e mobilidade, depressão, angústia e ansiedade, constrangimento e isolamento social, encargos financeiros, internações prolongadas, morbidade crônica e óbito⁽⁵⁾.

A avaliação e a documentação de feridas precisa ser confiável para que os profissionais de saúde façam um diagnóstico melhor⁽¹⁴⁾, quantifiquem efetivamente os benefícios e os resultados das abordagens terapêuticas utilizadas⁽⁶⁾, identifiquem com maior precocidade aqueles que apresentam risco de não cicatrização de feridas, o que é importante para o paciente⁽¹⁴⁾.

Os métodos de avaliação de feridas agudas e crônicas, cirúrgicas ou não cirúrgicas, incluem a mensuração da área, volume e perímetro⁽¹⁵⁾. Cada um deles tem pontos fortes e limitações que levam à sua utilização variada em diferentes contextos clínicos.

Estimar a área da ferida, multiplicando o maior eixo linear, ou seja, comprimento C pelo maior eixo perpendicular borda a borda, isto é, maior largura perpendicular L para a área da ferida, porém, é provavelmente o método mais popular entre os profissionais de saúde⁽¹⁵⁻¹⁶⁾. Mas essa estimativa que usa a menor área retangular contida em uma ferida pode superestimar o valor real em 40%⁽¹⁶⁾. Para minimizar o erro deste cálculo superestimado, pode se determinar a área das feridas por meio de uma geometria elipsoidal⁽¹⁶⁻¹⁷⁾. Esta abordagem assume a maior elipse fechada na ferida e esse cálculo pode ser

obtido pela multiplicação da área do retângulo ($C \times L$) por 0,785 ($\pi/4$).

Contudo, uma maneira mais precisa para a avaliação da cicatrização de feridas pode ser obtida pelo acompanhamento da redução percentual da área em um determinado período⁽¹⁶⁾.

A importância da avaliação contínua da ferida, particularmente nas primeiras 2 a 4 semanas de tratamento, foi destacada por vários estudos^(6,14,16,18) que demonstram uma correlação entre a porcentagem de redução da área da superfície da ferida e o progresso do tratamento⁽¹⁴⁻¹⁶⁾. Uma redução percentual da área da ferida de 10% a 15% por semana de tratamento prediz a cicatrização⁽¹⁹⁾. A redução de 25% na área da ferida dentro das duas semanas de tratamento⁽²⁰⁾ ou a redução na área da ferida de 20% a 40% no período de duas a quatro semanas de tratamento mostrou ser um preditor adequado da cicatrização e um reflexo da eficácia do tratamento⁽¹⁶⁾. É recomendável que sejam reavaliados os procedimentos clínicos se a ferida não reduzir a área da superfície em mais de 40% em até quatro semanas⁽¹⁴⁾.

A taxa percentual de redução da área de uma ferida pode ser utilizada para distinguir entre uma ferida com potencial de cicatrização ou não⁽¹⁶⁾ e também como uma importante ferramenta para distinguir entre regimes de tratamento eficazes e ineficazes^(6,14,16,18).

Existem várias tecnologias para medir feridas, tanto de *hardware* como de *software*^(14,18). Do ponto de vista clínico, essas tecnologias têm altos custos impedindo seu fácil acesso⁽¹⁵⁾.

Estas tecnologias e abordagens devem levar em consideração que muitas feridas têm as bordas irregulares, necessitando da correta identificação dos limites anatômicos da ferida, reconhecer a flexibilidade tecidual da ferida cavitária ou profunda, bem como as curvaturas naturais do corpo humano⁽¹⁶⁾.

Um método padronizado para a medição de feridas, na ausência ou minimização da variabilidade e subjetividade do usuário, permitiria documentação precisa e confiável que pode ser comparada em diferentes contextos clínicos^(14,16,18).

Este artigo introduz uma nova proposta de régua polimérica transparente de duas dimensões (2D), flexível e de baixo custo, esterilizável por óxido de etileno, para ser usada para mensurações de feridas e registros de dados em ambiente cirúrgico ou não cirúrgico.

No entanto, há na literatura uma grande variabilidade sobre quantas semanas as áreas das feridas devem ser calculadas^(6,14-16,18-20) em busca do fator preditivo cicatricial. Alguns autores mencionam que em duas semanas de monitoramento da área das feridas crônicas já é possível obter um fator preditivo de cicatrização^(16,19-20).

O objetivo deste estudo foi avaliar o uso da régua 2D-FlexRuler como ferramenta facilitadora para o cálculo precoce do fator preditivo cicatricial de feridas crônicas.

Método

Trata-se de um estudo descritivo com abordagem quantitativa, experimental, longitudinal e prospectiva.

Foram avaliados pacientes com feridas que, de forma espontânea ou por encaminhamento, procuraram atendimento no ambulatório de feridas e pé diabético. A fase de recrutamento objetivou atingir um mínimo de 30 feridas crônicas para a pesquisa. Foram consideradas como crônicas as feridas com mais de 04 semanas de evolução⁽²⁾, independente da origem não-cirúrgica ou cirúrgica.

Conforme a demanda e avaliação de cada caso, os pacientes com feridas crônicas que foram selecionados pelo pesquisador foram convidados para dar sequência ao protocolo de pesquisa. Receberam orientações, leram e assinaram os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e de autorização do uso da imagem.

Os seguintes critérios foram observados para a inclusão dos indivíduos na pesquisa: homens e mulheres; adultos com mais de 18 anos de idade; pacientes com feridas crônicas não-cirúrgicas como as úlceras crônicas vasculares dos membros inferiores, lesões por pressão e úlceras neuropáticas e feridas crônicas cirúrgicas com complicações no pós-operatório como deiscência; não-diabéticos e diabéticos tipo I ou tipo II em tratamento e acompanhamento médico; lúcidos e orientados, verbalizando, deambulando ou em uso de cadeira de rodas, maca de transporte ou necessidade de suportes externos (bengala, muleta ou andador) e pacientes com lesões medulares.

Para os critérios de exclusão de indivíduos na pesquisa foram observados: pacientes sedados, inconscientes, comatosos ou obnubilados; portadores de doenças crônicas debilitantes; psiquiátricos; com dificuldade de verbalização; em ventilação mecânica ou com necessidade de qualquer tipo de auxílio externo mesmo que temporário; com marcapasso externo; insuficiência cardíaca congestiva; renais crônicos com hipotensão dialítica; insuficiência coronariana grave; histórico de convulsão; feridas com exposição de placa metálica, haste metálica, parafuso metálico ou fio metálico; fixador externo no membro com a ferida; em curso de quimioterapia ou radioterapia; em pulso de corticoide; em uso crônico de anti-inflamatório não hormonal; doença tireoidiana sem o devido acompanhamento; em uso de curativos especiais que por algum motivo não possam ser removidos; tabagistas, etilistas e usuários de drogas; más condições de higiene.

No total, 32 feridas crônicas foram identificadas em um grupo de 22 pacientes diabéticos e não diabéticos que foi elegível para esta pesquisa, pois preencheram os critérios de inclusão. Portanto, havia pacientes com mais de uma ferida crônica.

A coleta de dados ocorreu no período de maio de 2016 a março de 2017 e foi realizada em uma clínica de feridas e pé diabético em Curitiba-PR, Brasil, devidamente adequada para receber pacientes com feridas.

Entre os critérios que foram utilizados para suspender ou encerrar a pesquisa estavam a não adaptação do paciente às rotinas de avaliação, necessidade de amputação do membro comprometido pela ferida e óbito. Nenhuma dessas situações ocorreu.

Das 32 feridas crônicas, oito foram acompanhadas por três semanas consecutivas e 24 foram acompanhadas por duas semanas consecutivas.

As avaliações dos pacientes foram agendadas regularmente desde o início até a final do período de acompanhamento proposto e realizadas de acordo com o procedimento padrão fornecido nos protocolos do estudo.

Nas mensurações de todas as feridas foi usada uma régua centimetrada, flexível, bidimensional, transparente, denominada 2D-FlexRuler que foi desenvolvida para registrar os limites anatômicos de feridas. Para a obtenção dos dados métricos pelos métodos tradicionais, foram usadas ferramentas métricas rígidas como o escalímetro metálico triangular e um paquímetro de Vernier tipo 125MEB-6/150 (Starrett, Itu, São Paulo, Brasil).

Todos os materiais para os curativos e a 2D-FlexRuler, já esterilizada, foram oferecidos gratuitamente pelo pesquisador. Este realizou todas as avaliações clínicas ambulatoriais, as trocas de curativos e preparos dos leitos das feridas em acompanhamento e a documentação semanal das mensurações também de forma gratuita. Para o acompanhamento fotográfico, foi utilizado uma câmera fotográfica, sendo esta posicionada perpendicularmente às feridas em uma distância focal aproximada de 50 centímetros entre a lente do equipamento e o leito das feridas. Todos os métodos utilizados nas mensurações foram documentados fotograficamente. Durante todo o período de coleta as fotografias foram obtidas sempre pelo pesquisador que utilizou uma câmera fotográfica digital Marca GE, número de série X010061977, Modelo X5, 14.1 megapixels, com zoom óptico de 15X e zoom digital de 5,7X (zoom combinado 85,5X), com modo *flash* desabilitado. Este acompanhamento permitiu a análise, em qualquer

momento, dos valores obtidos referentes principalmente à área e perímetro da ferida avaliada.

A 2D-FlexRuler (Figura 1) tem como inovação e diferencial ser formada por duas folhas transparentes não aderentes sobrepostas, esterilizáveis por óxido de etileno, fornecidas em um envelope esterilizado, que deve ser rompido somente no momento do uso. A folha quadriculada tem 22,0 cm x 17,0 cm com divisões de um centímetro em eixos verticais e horizontais, formando quadrados com 1,0 cm² sobre uma área total de mensuração de 374,0 cm² por régua (Figura 1).

A segunda folha totalmente transparente e não centimetrada é aquela que entra em contato com a ferida e é descartada de acordo com as normas adequadas e vigentes.

Por ter sido desenvolvida especificamente em tamanho A4, essa régua já possui perfurações que permitem que sejam armazenadas em prontuários físicos, podendo também ser escaneada, fotografada e digitalizada. A 2D-FlexRuler permite visualizar corretamente os possíveis limites anatômicos da ferida (leito, borda, margem), mesmo se a ferida estiver em uma região altamente curva. Com um marcador permanente ou com uma simples caneta esferográfica, os limites da ferida em acompanhamento podem ser desenhados na folha externa. Além disso, a 2D-FlexRuler possui uma régua acessória, removível e com borda atraumática de 300 mm x 22 mm incorporada em sua face direita. Essa régua acessória pode ser usada sem riscos de dano tecidual para determinar a profundidade do leito e, conseqüentemente, o volume da ferida e para auxiliar na leitura métrica com uso de escala também em milímetros.

Para cada semana de monitoramento dos pacientes com feridas crônicas, uma nova 2D-FlexRuler esterilizada era utilizada para demarcar o limite anatômico da borda da ferida.

Na Figura 1A a 2D-FlexRuler está posicionada e em contato com a lesão por deiscência abdominal. A Figura 1B mostra a comparação entre o primeiro (linha externa) e o quarto registro (linha interna) quando as folhas centimetradas foram sobrepostas.

Ao obter as dimensões C e L, a estimativa da área da ferida pode ser feita através de uma fórmula baseada no retângulo e corrigida pelo coeficiente elipsoidal de Kundin ($C \times L \times 0,785$). Uma estimativa manual da área da figura pode ser feita contando o total dos quadrados de 1,0 cm² e os fragmentos. Uma tarefa mais difícil é a estimativa do perímetro da ferida.

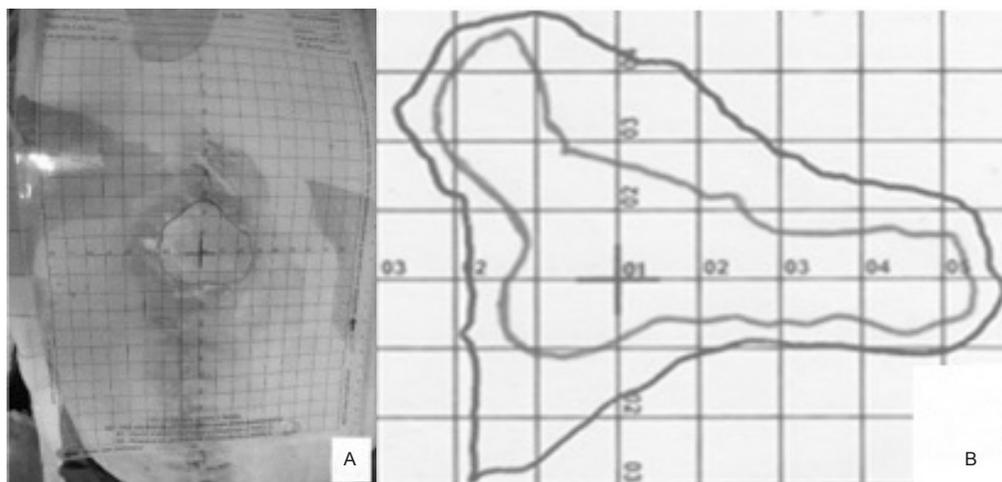


Figura 1 - 2D-FlexRuler. Curitiba, PR, Brasil, 2017

A porcentagem de contração da área da ferida ao longo do período semanal (COi) pode ser calculada considerando-se a área da superfície da ferida no tempo de monitoramento inicial (S0) e a área da superfície da ferida na semana de monitoramento (Si) pela equação 1.

$$COi = 100(S0-Si)/S0 \quad (\text{Equação 1})$$

Para melhorar a estimativa espacial automática de feridas, em relação à área e perímetro, as imagens demarcadas na régua podem ser digitalizadas, armazenadas e transferidas para serem usadas sequencialmente com métodos auxiliares, como *softwares* e programas de processamento de imagens, como: Digimizer⁽²¹⁾, Klonk⁽²²⁾ e Matlab⁽²³⁾.

O *software* de análise de imagem Digimizer (MedCalc Software bvba, Ostend, Bélgica) é um pacote de *software* para análise de imagem que permite medições manuais precisas de um objeto. Suporta radiografias, micrografias e todo o tipo de imagens nos arquivos de formato jpg, gif, tiff, bmp, png, wmf, fem e *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM). As imagens também podem ser giradas, invertidas e filtradas. Através deste *software* foi possível a obtenção da área e perímetro usando uma imagem digitalizada da 2D-FlexRuler. Uma calibração deve ser realizada informando ao *software* o que é 1,0 cm no eixo horizontal ou no eixo vertical, já que a régua possui uma grade centimetrada e cada quadrado equivale a 1,0 cm² perfeito na régua proposta.

O *software* Klonk *Image Measurement*, produzido em Cheyenne, WY, EUA, é uma ferramenta planimétrica para medir ângulos, comprimentos e áreas em superfícies. Originalmente projetado para pesquisa médica, também pode ser aplicável para engenharia e design. Pode-se trabalhar com uma grande variedade de formatos de imagens digitalizadas ou importadas, como arquivos DICOM, objetos vetoriais, quadros de arquivos de vídeo e formato de câmera RAW. Neste

estudo, a determinação da área e do perímetro da ferida foi realizada exatamente da mesma forma descrita no *software* Digimizer.

Klonk foi escolhido como o padrão de referência para este estudo, após a comparação de seus resultados em um experimento onde três figuras diferentes foram medidas milimetricamente e manualmente.

Matlab, produzido em Mathworks, Natick, Massachusetts, EUA, é um *software* de computação de alto desempenho com uma linguagem de programação focada em computação numérica, gráfica e técnico-científica.

Para determinar a área da ferida, foi implementado um algoritmo usando a seguinte sequência básica demonstrada na Figura 2.

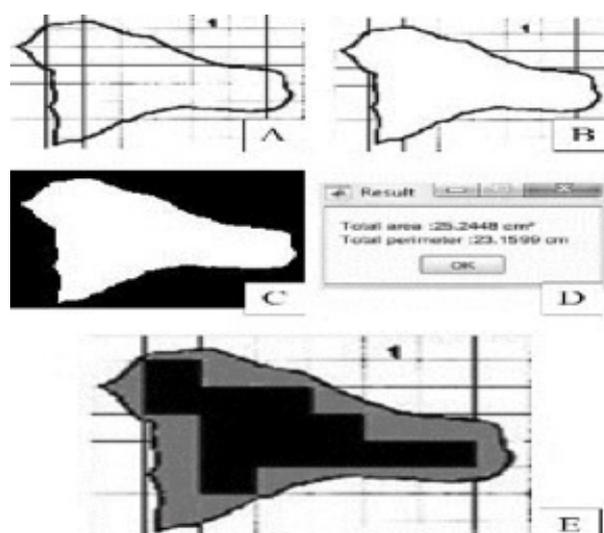


Figura 2 - Imagens Matlab para obter o valor da área da ferida demarcada. Curitiba, PR, Brasil, 2017

A imagem original da ferida registrada pela 2D-FlexRuler foi escaneada e convertida em uma imagem em preto e branco, contendo a linha centimetrada demarcada tanto no exterior quanto no interior do registro da borda da ferida (Figura 2A).

Os marcadores retilíneos da linha centimetrada foram excluídos do interior das bordas detectadas da ferida (Figura 2B).

Após este momento, o exterior é "pintado" com pixels pretos (Figura 2C). A fronteira interna da ferida permanece para criar uma região branca fechada. A área da ferida é estimada integrando o número e a geometria (dimensões horizontais x verticais) dos pixels brancos nessa área branca fechada. O perímetro é calculado usando o conceito de adjacência entre pixels brancos e pretos. Novamente, considerando a geometria de pixels na área de borda onde os pixels brancos pertencem à imagem e os pixels pretos pertencem ao plano de fundo.

A Figura 2D demonstra 25,2448 cm² sendo o valor da área da ferida demarcada e 23,1599 cm o valor do perímetro.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná sob nº 1.606.668 e Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) nº 56627116.4.0000.5547. Os dados coletados foram tratados de acordo com as normas de sigilo médico editadas pelo Conselho Federal de Medicina e pela Comissão de Ética em Pesquisa da UTFPR.

O estudo seguiu o guia da Rede Equator, intitulado *Revised Standards for Quality Improvement Reporting Excellence* (SQUIRE 2.0).

Resultados

Os pacientes selecionados foram 11 homens e 11 mulheres, com idade média de 62 anos, na faixa etária de 34 a 77 anos. Nove pacientes (40,9%) eram diabéticos tipo 2. As feridas (n = 32) acompanhadas foram, em maior proporção, úlceras crônicas vasculares dos membros inferiores (53,8%). Também foram encontradas feridas neuropáticas do pé diabético com deiscência e déficit cicatricial pós-amputação (25,6%) e lesão por pressão (12,8%). Das feridas avaliadas, 82% tinham menos de 50,0 cm², 2,5% entre 51,0 e 150,0 cm², 5,12% entre 151,0 e 250,0 cm² e 10,25% tinham superfície maior que 251,0 cm².

Todos os pacientes tiveram a limpeza e o preparo do leito das suas feridas com solução de PHMB (polihexametileno biguanida). Quando houve a necessidade de desbridamentos para remoção dos tecidos desvitalizados, estes foram realizados antes da obtenção das métricas e fotografias. Na sequência foram utilizados agentes tópicos e terapias tópicas que continham princípios ativos para controle ou eliminação do biofilme como PHMB gel, prata e cadexômero iodo. Não houve queixa por parte dos indivíduos da pesquisa de dor incapacitante nas feridas crônicas durante a aplicação da régua para o decalque dos limites anatômicos no uso dos agentes tópicos ou das terapias tópicas preconizadas.

As oito feridas que tiveram os limites anatômicos registrados durante três semanas consecutivas, obtendo-se quatro leituras, foram denominadas subconjunto A. As 24 feridas que foram acompanhadas por duas semanas consecutivas, obtendo-se três leituras, foram denominadas subconjunto B.

As imagens digitalizadas da 2D-FlexRuler foram manipuladas em todos os três métodos auxiliados por computador buscando a estimativa dos parâmetros espaciais. Quando três métodos computacionais são comparados entre eles, nenhuma diferença significativa foi notada. Os resultados dessa comparação usaram o coeficiente de correlação de Pearson entre os três métodos. O fator de correlação entre os métodos auxiliados por computador apresentou o Klonk como referência com o valor 1, Digimizer e Matlab com os valores de 0.999 e 0.998, respectivamente.

Quando a 2D-FlexRuler foi utilizada, gerou a possibilidade de se obter uma área aproximada por estimativa manual, contando o quadrado completo mais o parcial de 1,0 cm². Na Figura 2E, treze quadrados cheios de negro de 1,0 cm² estão completamente cercados pela área da ferida demarcada. Além disso, foi possível com um pequeno esforço contar a área parcial, totalizando cerca de 11,8 cm² dos outros quadrados formados pela área cinza. Isto produziu uma área de 24,8 cm².

Para a mesma ferida da Figura 2, a Tabela 1 ilustra a diferença entre a estimativa manual, as técnicas auxiliadas por computador, as práticas tradicionais e aplicação do coeficiente elipsoidal de Kundin. As diferenças são relativas ao valor Klonk, aqui considerado o padrão.

Tabela 1 - Resultados comparativos com o Klonk como padrão. Curitiba, PR, Brasil, 2017

Técnica empregada	Área (cm ²)	Diferença (%)
Klonk*	24,57	Standard*
Estimativa manual	24,80	+0.94
Digimizer	24,34	-0.94
Matlab	25,24	+2.23
Paquímetro e Kundin	32,67 (6.5 x 6.4 x 0.785)	+32.97
Régua tradicional	37.5 (5.0 x 7.5)	+52.63

*Valor padrão Klonk

A Tabela 2 apresenta os erros dos métodos quando comparados com o método de referência escolhido (Klonk).

As feridas do subconjunto B foram usadas com o subconjunto A para compararmos a estimativa de área dos métodos com o método de Klonk. Os resultados desses erros médios relativos são de 2.86% para Matlab, 96,78% para régua rígida, 141,8% para o paquímetro de Vernier e 188,58% para o escalímetro.

Tabela 2 - Erros percentuais entre os métodos tradicionais para medição de feridas e as análises por *softwares*. Curitiba, PR, Brasil, 2017

Feridas	Digimizer	Matlab	Paquímetro Kundin	Régua rígida Kundin
A	1.44	-2.60	-1.78	-16.07
B	2.63	5.41	-24.01	-25.66
C	1.88	0.99	-62.72	-38.86
D	3.76	-0.80	-195.16	-195.16
E	0.99	-2.75	-32.15	-32.98
F	0.94	-0.73	-35.12	0.45
G	3.00	-0.31	-16.71	-30.90
H	-6.60	-6.06	8.54	-18.44
Erro Médio %	1.01%	-0.86%	-44.89%	-44.70%

A Figura 3 exemplifica seis áreas de feridas do subconjunto A que foram normalizadas, usando estimativa de área auxiliada por computador pelos três métodos computacionais⁽²¹⁻²³⁾.

As curvas na Figura 3 mostram a tendência de redução das áreas das feridas a partir da segunda leitura (entre primeira e segunda semanas de monitoramento).

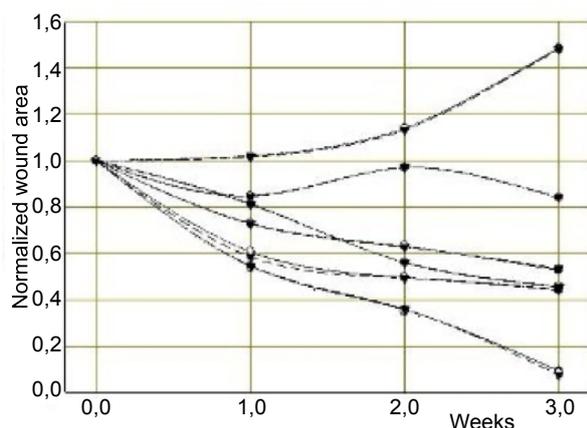


Figura 3 - Monitoramento normalizado das áreas das feridas do subconjunto A em três semanas. Curitiba, PR, Brasil, 2017

A curva superior foi uma exceção e mostra o comportamento de uma ferida que, mesmo recuperando o volume de tecido perdido, apresenta área crescente por flexibilidade dos tecidos da ferida profunda após desbridamento⁽¹⁶⁾. O mesmo processo ocorreu na segunda curva, mas houve na sequência a recuperação da tendência de redução da área entre a segunda e terceira semanas.

Discussão

Para a estimativa manual, a 2D-FlexRuler é muito mais relevante em relação aos métodos tradicionais de medição. É flexível, esterilizável e permite o registro de feridas em superfícies curvas. A estimativa manual resumida na Tabela 1, quando comparada com o método

de referência, i.e., o *software* Klonk resultou em um erro menor que 1,0%.

Embora o método da régua tradicional (paquímetro, escalímetro e do coeficiente elipsoidal de Kundin) tenha poder preditivo para avaliação qualitativa do potencial de cicatrização, erros médios maiores do que 40% são encontrados, conforme Tabela 2, o que fragiliza o uso desse método em análises quantitativas. Esta magnitude de erro já havia sido relatada na literatura⁽¹⁶⁾.

Os *softwares* Klonk e Digimizer e o algoritmo Matlab apresentaram um fator de correlação de Pearson de pelo menos 0,998 entre si. Nos *softwares* Klonk e Digimizer, porém, os limites da imagem devem ser editados pelo usuário, necessitando de um esforço adicional e certa habilidade para obtenção da estimativa apropriada. Por outro lado, os algoritmos de processamento de imagem adicionais implementados no Matlab mostraram 0,998 fator de correlação de Pearson, efetuando a detecção da borda de forma autônoma e, portanto, não adicionando esforço do usuário para demarcar o limite da ferida.

Ao usar o conjunto maior de 32 feridas, com pacientes acompanhados por duas semanas e três obtenções de valores métricos, o erro médio relativo das áreas estimadas foi de 2,86% para análises Matlab, 96,78% para régua rígida, 141,8% para o paquímetro de Vernier e de 188,58% para o escalímetro, levando à conclusão de que eles são qualitativamente úteis, mas quantitativamente desqualificados.

As limitações do estudo em relação ao uso da 2D-FlexRuler encontraram-se principalmente na obtenção do traçado de feridas altamente exsudativas e circunferenciais dos membros inferiores. Cuidados específicos como reduzir a quantidade de exsudato nas feridas para evitar o deslizamento entre o leito da ferida e a folha "B" da 2D-FlexRuler durante a obtenção dos limites da ferida foram necessários. A utilização do paquímetro e do escalímetro na mensuração de feridas também trouxe algumas dificuldades técnicas, pois estes instrumentos são rígidos, o que dificultou a obtenção dos dados das feridas em regiões com curvaturas anatômicas.

Reitera-se a necessidade de monitorização contínua da ferida crônica cirúrgica e não cirúrgica, em diabéticos e não diabéticos. Encorajamos o uso da taxa percentual de redução da área da ferida obtida já nas primeiras duas semanas consecutivas de tratamento como fator preditivo da cicatrização de feridas crônicas, em diabéticos e não diabéticos, conforme descrito na literatura^(16,19-20). Assim, ajustes na terapia das feridas crônicas podem ser realizados com maior precocidade visando a obtenção de melhores resultados e menor índice de complicações.

O estudo demonstrou que a régua 2D-FlexRuler contribui com simplicidade, segurança, baixo custo e como uma documentação confiável e reproduzível para medição

manual de feridas. O valor unitário foi de cerca de 1,0 dólar norte-americano¹, o qual pode ser muito menor se uma produção em escala for considerada. Pode ser usada em crianças e adultos, em pacientes ambulatoriais, hospitais ou serviços de assistência domiciliar, entre outros.

Os dados obtidos com esta régua podem ser armazenados diretamente nos registros médicos e podem ser facilmente digitalizados.

Testes estatísticos sobre a progressão da cicatrização poderão ser mais confiáveis com os dados métricos obtidos com a metodologia, estimulando a pesquisa que necessita de mensuração evolutiva e comparativa das feridas das mais variadas causas e complexidades.

É prevista a aplicação da 2D-FlexRuler em Medicina Legal através da análise de lesões em vítimas de agressões ou em lesões *post mortem*.

A estimativa da área assistida por computador foi implementada com menor complexidade quando a 2D-FlexRuler foi utilizada, pois a mesma é centimetrada já servindo como gabarito dimensional para os *softwares* de imagem.

O uso da 2D-FlexRuler na laserterapia de baixa intensidade também é possível para a indicação e delimitação dos quadrantes que indicaram os pontos de aplicação do laser no tratamento de feridas.

O algoritmo desenvolvido do Matlab é simples e pode ser implementado em dispositivos portáteis, como câmeras e smartphones, para contribuir enormemente para uma avaliação inicial e fidedigna da ferida e de acompanhamento dos pacientes.

Conclusão

A régua 2D-FlexRuler é uma plataforma métrica confiável para a obtenção da imagem dos limites anatômicos de feridas crônicas. Facilita o cálculo da área da ferida sob monitoramento, o que permitiu obter o fator preditivo cicatricial de feridas crônicas com precocidade, em duas semanas, com resultados mais exatos do que os obtidos com os métodos tradicionais. Pode ser digitalizada e usada como uma nova ferramenta na prática clínica e na pesquisa de feridas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação (CPGEI) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Os

autores agradecem ao Comitê de Ética e Pesquisa da UTFPR. Os autores agradecem a todos os voluntários que participaram da pesquisa.

Referências

1. Smith F, Sharp A. Undertaking a person-centred assessment of patients with chronic wounds. *Nurs Stand*. 2019 Sep;34(10):77-82. doi: 10.7748/ns.2019.e11305.
2. Martinengo L, Olsson M, Bajpai R, Soljak M, Upton Z, Schmidtchen A, Car J, Järbrink K. Prevalence of chronic wounds in the general population: systematic review and meta-analysis of observational studies. *Ann Epidemiol*. 2019 Jan; 29:8-15. doi: 10.1016/j.annepidem.2018.10.005.
3. Zhao R, Liang H, Clarke E, Jackson C, Xue M. Inflammation in Chronic Wounds. *Int J Mol Sci*. 2016 Dec;17(12):2085. doi: 10.3390/ijms17122085.
4. Rahim K, Saleha S, Zhu X, Huo L, Basit A, Franco OL. Bacterial contribution in chronicity of wounds. *Microb Ecol*. 2017 Apr;73(3):710-21. doi: 10.1007/s00248-016-0867-9.
5. Järbrink K, Ni G, Sönnnergren H, Schmidtchen A, Pang C, Bajpai R et al. Prevalence and incidence of chronic wounds and related complications: a protocol for a systematic review. *Syst Rev*. 2016 Sep;5(1):152. doi: 10.1186/s13643-016-0329-y.
6. Iqbal A, Jan A, Wajid MA, Tariq S. Management of Chronic Nonhealing Wounds by Hirudotherapy. *World J Plast Surg*. [Internet]. 2017 Jan [cited Feb 25, 2020]; 6(1):9-17. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/PMC5339604>
7. Borges EL, Pires JF Júnior, Abreu MNS, Lima VLA, Silva PAB, Soares SM. Factors associated with the healing of complex surgical wounds in the breast and abdomen: retrospective cohort study. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*. 2016 Oct;24:e2811. doi: 10.1590/1518-8345.1398.2811. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.1398.2811>
8. Omar A, Wright JB, Schultz G, Burrell R, Nadworny P. Microbial biofilms and chronic wounds. *Microorganisms*. 2017 Mar;5(1):9. doi:10.3390/microorganisms5010009.
9. Ead JK, Snyder RJ, Wise J, Cuffy C, Jafary H, Fischborn K. Is PASH syndrome a biofilm disease?: A case series and review of the literature. *Wounds*. [Internet]. 2018 Aug [cited Feb 25, 2020]; 30(8):216-23. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30212364>
10. Hurlow J, Blanz E, Gaddy JA. Clinical investigation of biofilm in non-healing wounds by high resolution microscopy techniques. *J Wound Care*. 2016 Sep;25(Suppl 9):S11-22. doi: 10.12968/jowc.2016.25.Sup9.S11.
11. Kucisec-Tepes N. The role of antiseptics and strategy of biofilm removal in chronic wound. *Acta Med*

¹ Cotação do dólar norte-americano em 31 de março de 2017: R\$ 3,1296.

- Croatica. [Internet]. 2016 Mar [cited Feb 25, 2020]; 70(1):33-42. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27220188>
12. Skrlin J. Impact of biofilm on healing and a method for identifying it in the wound. *Acta Med Croatica*. [Internet]. 2016 Mar [cited Feb 25, 2020]; 70(1):29-32. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27220187>
13. Nicolaidis AN. The most severe stage of chronic venous disease: an update on the management of patients with venous leg ulcers. *Adv Ther*. 2020 Feb;37(Suppl 1):19-24. doi: 10.1007/s12325-020-01219-y.
14. Foltynski P. Ways to increase precision and accuracy of wound area measurement using smart devices: advanced app planimator. *PLoS One*. 2018 Mar;13(3):e0192485. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192485>.
15. Mutlak O, Aslam M, Standfield N. The influence of exercise on ulcer healing in patients with chronic venous insufficiency. *Int Angiol*. 2018 Apr;37(2):160-8. doi: 10.23736/S0392-9590.18.03950-0.
16. Khoo R, Jansen S. The evolving field of wound measurement techniques: a literature review. *Wounds*. [Internet]. 2016 Jun [cited Feb 25, 2020]; 28(6):175-81. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27377609>
17. Kundin JI. Designing and developing a new measuring instrument. *Perioper Nurs Q*. [Internet]. 1985 Dec [cited Feb 25, 2020]; 1(4):40-5. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3852330>
18. Dastjerdi HM, Töpfer D, Rupitsch SJ, Maier A. Measuring surface area of skin lesions with 2D and 3D algorithms. *Int J Biomed Imaging*. 2019 Jan; 2019:4035148. doi: 10.1155/2019/4035148.
19. Hingorani A, LaMuraglia GM, Henke P, Meissner MH, Loretz L, Zinszer KM et al. The management of diabetic foot: a clinical practice guideline by the Society for Vascular Surgery in collaboration with the American Podiatric Medical Association and the Society for Vascular Medicine. *J Vasc Surg*. 2016 Feb; 63(2 Suppl):3S-21S. doi: 10.1016/j.jvs.2015.10.003.
20. Parker CN, Finlayson KJ, Edwards HE. Ulcer area reduction at 2 weeks predicts failure to heal by 24 weeks in the venous leg ulcers of patients living alone. *J Wound Care*. 2016 Nov; 25(11):626-34. doi: 10.12968/jowc.2016.25.11.626.
21. Digimizer Image Analysis Software [Internet]. 2019 [cited Feb 25, 2020]. Available from: <https://www.digimizer.com/index.php>
22. Klonk Image Measurement [Internet]. 2015 [cited Feb 25, 2020]. Available from: <https://www.imagemasurement.com/>
23. Matlab [Internet]. 2016 [cited Feb 25, 2020]. Available from: <https://www.mathworks.com/help/matlab/language-fundamentals.html>

Recebido: 31.05.2019

Aceito: 14.03.2020

Editora Associada:
Evelin Capellari Cárnio

Copyright © 2020 Revista Latino-Americana de Enfermagem
Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons CC BY.

Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original. É a licença mais flexível de todas as licenças disponíveis. É recomendada para maximizar a disseminação e uso dos materiais licenciados.

Autor correspondente:
Adriano Antonio Mehl
E-mail: adrianomehl@gmail.com
 <https://orcid.org/0000-0003-1769-3897>