



## Medición del área de heridas para el análisis temprano del factor predictivo de cicatriz\*


Adriano Antonio Mehl<sup>1</sup>

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


Bertoldo Schneider Jr<sup>1</sup>

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

Fabio Kurt Schneider<sup>1</sup>

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

Bruno Henrique Kamarowski De Carvalho<sup>2,3</sup>

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

**Objetivo:** evaluar el uso de la regla 2D-FlexRuler como herramienta facilitadora para el cálculo temprano del factor predictivo de cicatrices en heridas crónicas. **Método:** estudio descriptivo con enfoque cuantitativo, experimental, longitudinal y prospectivo. La muestra consistió en 22 pacientes ambulatorios. Se analizaron 32 heridas crónicas. Los bordes de la herida fueron identificados y dibujados en 2D-FlexRuler. Los cálculos de las áreas de heridas crónicas se obtuvieron por métodos manuales, tradicionales, por *software* y algoritmo Matlab. Estas áreas se compararon entre sí para determinar la eficiencia de la regla propuesta en relación con los métodos tradicionales. **Resultados:** el cálculo del área de la herida por el método tradicional y el coeficiente de Kundin muestran errores promedio superiores al 40%. La estimación manual del área con 2D-FlexRuler es más precisa en relación con los métodos de medición tradicionales, que se consideraron descalificados cuantitativamente. Al ser comparados con el método de referencia, es decir, el *software* Klonk, los datos obtenidos por 2D-FlexRuler arrojaron un error de menos del 1,0%. **Conclusión:** la regla 2D-FlexRuler es una plataforma métrica confiable para obtener los límites anatómicos de las heridas crónicas. Facilitó el cálculo del área de la herida bajo monitoreo y permitió obtener el factor predictivo de cicatriz de heridas crónicas con precocidad en dos semanas.

**Descriptores:** Cicatrización de Heridas; Heridas y Lesiones; Herida Quirúrgica; Precisión de la Medición Dimensional; Pesos y Medidas; Programas Informáticos.





\* Artículo parte de la tesis de doctorado "Estudo comparativo entre progressão de feridas de diabéticos e não diabéticos utilizando nova tecnologia de avaliação vulnerária", presentada en la Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

<sup>1</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

<sup>3</sup> Becario del Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil.

### Cómo citar este artículo

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>. mes   día   año

URL

## Introducción

Las heridas pueden clasificarse en agudas y crónicas<sup>(1)</sup>. Las heridas agudas son aquellas que muestran una respuesta inflamatoria controlada, respondiendo de manera predecible al tratamiento recomendado. No presentan problemas de cicatrización, que generalmente se produce dentro de las tres semanas de haberse producido<sup>(2)</sup>.

Las heridas crónicas se definen como aquellas que no progresaron en las fases ordenadas y superpuestas de curación, que son 1) hemostasia e inflamación, 2) proliferación y 3) maduración y remodelación. Permanecen estacionarias en la fase inflamatoria, a pesar del manejo adecuado de la herida<sup>(2-4)</sup>.

En este caso, el proceso de curación no ocurre en el período esperado y de manera ordenada para restaurar la integridad anatómica y funcional de los tejidos lesionados<sup>(2-3,5)</sup>. Después del daño tisular inicial, varios factores pueden contribuir al retraso en el proceso de curación, ya sea debido a la gravedad de la lesión o al mal estado de salud del paciente<sup>(6)</sup>. Entre los factores relacionados con el déficit de cicatrices se encuentran aquellos considerados sistémicos, como el envejecimiento, la desnutrición, la diabetes, las enfermedades crónicas, la enfermedad arterial periférica, la anemia falciforme, la vasculitis, el uso de medicamentos como los corticosteroides<sup>(6)</sup>. Los factores locales incluyen isquemia, edema e infección de la herida<sup>(3)</sup>.

No existe un consenso preestablecido para definir la cronicidad, pero las heridas que no muestran una reducción en sus dimensiones pasado el período de 2 a 4 semanas probablemente se vuelvan crónicas<sup>(2)</sup>.

Los principales grupos de heridas crónicas de origen no quirúrgico son las úlceras vasculares de las extremidades inferiores, las úlceras neuropáticas, como las de pacientes diabéticos y las lesiones por presión<sup>(3,5,7)</sup>.

Las heridas quirúrgicas pueden considerarse agudas cuando la curación es por primera intención y pueden volverse complejas y crónicas cuando presentan complicaciones tales como dehiscencia e infección, que requieren curación por segunda intención<sup>(4,7)</sup>.

El déficit de cicatriz de las heridas crónicas, quirúrgicas y no quirúrgicas está relacionado con el mantenimiento de la actividad inflamatoria prolongada<sup>(8-9)</sup> resultante de la infiltración abundante de neutrófilos, la presencia de altos niveles de citocinas proinflamatorias, especies reactivas de oxígeno y metaloproteinasas<sup>(3)</sup>. Esto puede suceder debido a un proceso infeccioso local, que tiene una incidencia superior al 53%<sup>(10)</sup> en las heridas crónicas, así como por una biopelícula bacteriana<sup>(11)</sup> presente entre el 60% y el 90% de los casos de heridas crónicas<sup>(8-9,11-12)</sup>.

Las biopelículas son consorcios complejos<sup>(8)</sup> de ecosistemas microbiológicos mixtos, formados por

poblaciones desarrolladas a partir de una o más especies bacterianas principalmente, pero también por hongos, virus y protozoos<sup>(12)</sup>. Esta microbiota forma una sustancia polimérica tridimensional extracelular que puede cubrir la superficie de las heridas, comprometiendo la cicatrización<sup>(11-12)</sup> y ayudando a comprender el comportamiento recalcitrante de las heridas crónicas<sup>(9)</sup>, especialmente en pacientes diabéticos, ancianos e inmovilizados<sup>(12)</sup>.

Alrededor de 234 millones de cirugías se realizan en todo el mundo cada año. Un estudio retrospectivo basado en datos del Registro de Heridas de EE. UU., indicó que el 20,8% de todos los tipos de heridas están representadas por heridas quirúrgicas que no sanaron, con un costo promedio de tratamiento para la cicatrización de heridas de US\$ 3.927<sup>(7)</sup>. Este es un ejemplo de cómo puede aumentar el costo del tratamiento de heridas quirúrgicas con déficit de cicatrices, debido a la complejidad y al mayor tiempo de seguimiento ambulatorio<sup>(7)</sup>.

A menudo disfrazada de una condición comórbida, la herida crónica representa un círculo vicioso y una epidemia silenciosa que afecta a una gran fracción de la población mundial<sup>(5)</sup>. Impone una carga significativa y a menudo subestimada para el individuo, el sistema de salud y la sociedad en su conjunto<sup>(3,5)</sup> debido al costo significativo de la asistencia médica y la duración del tratamiento<sup>(1,13)</sup>.

Las heridas crónicas tienen un impacto significativo en la salud y la calidad de vida de los pacientes<sup>(1)</sup> y sus familias. Causan dolor, pérdida de función y movilidad, depresión, angustia y ansiedad, vergüenza y aislamiento social, cargas financieras, hospitalizaciones prolongadas, morbilidad crónica y muerte<sup>(5)</sup>.

La evaluación y la documentación de las heridas deben ser confiables para que los profesionales de la salud hagan un mejor diagnóstico<sup>(14)</sup>, cuantifiquen efectivamente los beneficios y los resultados de los enfoques terapéuticos utilizados<sup>(6)</sup>, identifiquen con mayor riesgo a quienes corren el riesgo de no curarse de heridas, lo cual es importante para el paciente<sup>(14)</sup>.

Los métodos para evaluar heridas agudas y crónicas, quirúrgicas o no quirúrgicas, incluyen medir el área, el volumen y el perímetro<sup>(15)</sup>. Cada uno de ellos tiene fortalezas y limitaciones que conducen a su uso variado en diferentes contextos clínicos.

Sin embargo, estimar el área de la herida multiplicando el eje lineal más grande, es decir, la longitud L por el eje más grande perpendicular de borde a borde, esto es, el mayor ancho perpendicular A al área de la herida, es probablemente el método más popular entre los profesionales de la salud<sup>(15-16)</sup>. Pero esta estimación utilizando el área rectangular más pequeña contenida en una herida puede sobrestimar el valor real en un 40%<sup>(16)</sup>. Para minimizar el error de este cálculo sobrestimado, el área de la herida se puede determinar usando una

geometría elipsoidal<sup>(16-17)</sup>. Este enfoque supone la elipse cerrada más grande en la herida y este cálculo se puede obtener multiplicando el área del rectángulo (L x A) por 0,785 ( $\pi/4$ ).

Sin embargo, se puede obtener una forma más precisa de evaluar la cicatrización de heridas al controlar el porcentaje de reducción del área durante un período determinado<sup>(16)</sup>.

Varios estudios<sup>(6,14,16,18)</sup> han demostrado la importancia de la evaluación continua de la herida, particularmente en las primeras 2 a 4 semanas de tratamiento, que demuestran una correlación entre el porcentaje de reducción en el área de la superficie de la herida y el progreso tratamiento<sup>(14-16)</sup>. Una reducción porcentual en el área de la herida del 10% al 15% por semana de tratamiento predice la curación<sup>(19)</sup>. La reducción del 25% en el área de la herida dentro de las dos semanas de tratamiento<sup>(20)</sup> o una reducción en el área de la herida del 20% al 40% dentro de las dos o cuatro semanas de tratamiento ha demostrado ser un predictor adecuado de curación y un reflejo de efectividad del tratamiento<sup>(16)</sup>. Se recomienda reevaluar los procedimientos clínicos si la herida no reduce el área de la superficie en más del 40% en cuatro semanas<sup>(14)</sup>.

El porcentaje de reducción en el área de una herida se puede usar para distinguir entre una herida con potencial de curación o no<sup>(16)</sup> y también como una herramienta importante para distinguir entre regímenes de tratamiento efectivos e ineficaces<sup>(6,14,16,18)</sup>.

Existen varias tecnologías para medir heridas, tanto *hardware* como *software*<sup>(14,18)</sup>. Desde un punto de vista clínico, estas tecnologías tienen altos costos, lo que impide su fácil acceso<sup>(15)</sup>.

Estas tecnologías y enfoques deben tener en cuenta que muchas heridas tienen bordes irregulares, que requieren la identificación correcta de los límites anatómicos de la herida, reconociendo la flexibilidad del tejido de la cavidad o herida profunda, así como las curvaturas naturales del cuerpo humano<sup>(16)</sup>.

Un método estandarizado para medir heridas, en ausencia o minimización de la variabilidad y subjetividad del usuario, permitiría una documentación precisa y confiable que se pueda comparar en diferentes contextos clínicos<sup>(14,16,18)</sup>.

Este artículo presenta una nueva propuesta de una regla polimérica transparente, de bajo costo, bidimensional (2D), esterilizable por óxido de etileno, que se utilizará para mediciones de heridas y registro de datos en un entorno quirúrgico o no quirúrgico.

Sin embargo, existe una gran variabilidad en la literatura sobre cuántas semanas se deben calcular las áreas de la herida<sup>(6,14-16,18-20)</sup> en busca del factor predictivo de cicatriz. Algunos autores mencionan que

en dos semanas de monitoreo del área de heridas crónicas ya es posible obtener un factor predictivo para la cicatrización<sup>(16,19-20)</sup>.

El objetivo de este estudio fue evaluar el uso de la regla 2D-FlexRuler como herramienta facilitadora para el cálculo temprano del factor predictivo de cicatrices en heridas crónicas.

## Método

Este es un estudio descriptivo con un enfoque cuantitativo, experimental, longitudinal y prospectivo.

Se evaluaron pacientes con heridas que, de forma espontánea o por derivación, buscaron atención en la clínica de heridas y pie diabético. La fase de reclutamiento tuvo como objetivo obtener un mínimo de 30 heridas crónicas para la investigación. Las heridas con más de 04 semanas de evolución<sup>(2)</sup> se consideraron crónicas, independientemente de su origen no quirúrgico o quirúrgico.

De acuerdo con la demanda y la evaluación de cada caso, los pacientes con heridas crónicas seleccionados por el investigador fueron invitados a continuar el protocolo de investigación. Recibieron orientación, leyeron y firmaron los Términos de Consentimiento Libre e Informado (TCLE) y la autorización para usar la imagen.

Se observaron los siguientes criterios para la inclusión de individuos en la investigación: hombres y mujeres; adultos mayores de 18 años de edad; pacientes con heridas crónicas no quirúrgicas tales como úlceras vasculares crónicas de las extremidades inferiores, lesiones por presión y úlceras neuropáticas y heridas quirúrgicas crónicas con complicaciones postoperatorias como dehiscencia; no diabéticos y diabéticos tipo I o tipo II sometidos a tratamiento y seguimiento médico; lúcido y orientado, verbalizando, caminando o usando una silla de ruedas, camilla de transporte o necesidad de soportes externos (bastón, muleta o andador) y pacientes con lesiones de la médula espinal.

Para los criterios de exclusión de los individuos en la investigación, se observó lo siguiente: pacientes sedados, inconscientes, comatosos u obnubilados; portadores de enfermedades crónicas debilitantes; psiquiátrico con dificultad en la verbalización; en ventilación mecánica o en necesidad de cualquier tipo de asistencia externa, incluso si es temporal; con marcapasos externo; insuficiencia cardíaca congestiva; enfermedad renal crónica con hipotensión de diálisis; insuficiencia coronaria severa; historia de convulsiones; heridas con exposición de placa de metal, varilla de metal, tornillo de metal o alambre de metal; fijador externo en la extremidad con la herida; sometidos a quimioterapia o radioterapia; pulso de corticosteroides; en uso crónico de medicamentos

antiinflamatorios no hormonales; enfermedad tiroidea sin monitorización adecuada; usando apósitos especiales que por alguna razón no se pueden quitar; fumadores, alcohólicos y consumidores de drogas; malas condiciones de higiene.

En total, se identificaron 32 heridas crónicas en un grupo de 22 pacientes diabéticos y no diabéticos elegibles para esta investigación, ya que cumplían con los criterios de inclusión. Por lo tanto, hubo pacientes con más de una herida crónica.

La recopilación de datos se realizó entre mayo de 2016 y marzo de 2017 en una clínica para heridas y pie diabético en Curitiba-Paraná, Brasil, debidamente adecuada para recibir pacientes con heridas.

Entre los criterios que se usaron para suspender o finalizar la investigación se encontraba la no adaptación del paciente a las rutinas de evaluación, la necesidad de amputar la extremidad afectada por la herida y la muerte. Ninguna de estas situaciones ocurrió.

De las 32 heridas crónicas, ocho fueron seguidas durante tres semanas consecutivas y 24 fueron seguidas durante dos semanas consecutivas.

Las evaluaciones de los pacientes se programaron regularmente desde el principio hasta el final del período de seguimiento propuesto y se realizaron de acuerdo con el procedimiento estándar proporcionado en los protocolos del estudio.

En las mediciones de todas las heridas, se usó una regla transparente, bidimensional, flexible de un centímetro, llamada 2D-FlexRuler, que se desarrolló para registrar los límites anatómicos de las heridas. Para obtener datos métricos por métodos tradicionales, se utilizaron herramientas métricas rígidas como la escala metálica triangular y un calibrador Vernier tipo 125MEB-6/150 (Starrett, Itu, São Paulo, Brasil).

El investigador ofreció gratuitamente todos los materiales para apósitos y 2D-FlexRuler, ya estériles. Realizó todas las evaluaciones clínicas ambulatorias, los cambios de apósito y las preparaciones del lecho de la herida siendo monitoreados, y la documentación semanal de las mediciones también de forma gratuita. Para el monitoreo fotográfico, se usó una cámara fotográfica, que se colocó perpendicular a las heridas a una distancia focal de aproximadamente 50 centímetros entre la lente del equipo y el lecho de la herida. Todos los métodos utilizados en las mediciones fueron documentados fotográficamente. A lo largo del período de recolección, el investigador siempre obtuvo las fotografías con una cámara digital de la marca GE, número de serie X010061977, modelo X5, 14,1 megapíxeles, con *zoom*

óptico de 15X y *zoom* digital de 5,7X (*zoom* combinado 85,5X), con el modo flas deshabilitado. Este monitoreo permitió el análisis, en cualquier momento, de los valores obtenidos referidos principalmente al área y perímetro de la herida evaluada.

La 2D-FlexRuler (Figura 1) tiene la innovación y el diferencial de estar compuesta por dos láminas transparentes no adherentes superpuestas, esterilizables por óxido de etileno, suministradas en un sobre estéril, que debe romperse solo en el momento del uso. La hoja a cuadros mide 22,0 cm x 17,0 cm con divisiones de un centímetro en ejes verticales y horizontales, formando cuadrados de 1,0 cm<sup>2</sup> sobre un área de medición total de 374,0 cm<sup>2</sup> por regla (Figura 1).

La segunda hoja, totalmente transparente, sin centímetro, es la que entra en contacto con la herida y se desecha de acuerdo con las reglas apropiadas y actuales.

Debido a que se desarrolló específicamente en tamaño A4, esta regla ya tiene perforaciones que permiten almacenarla en soportes físicos. También puede ser escaneada, fotografiada y digitalizada. El 2D-FlexRuler le permite visualizar correctamente los posibles límites anatómicos de la herida (lecho, borde, margen), incluso si la herida se encuentra en una región altamente curva. Con un marcador permanente o un bolígrafo simple, los límites de la herida que lo acompaña se pueden dibujar en la hoja exterior. Además, la 2D-FlexRuler tiene una regla accesoria extraíble con un borde atraumático de 300 mm x 22 mm incorporada en su faz derecha. Esta regla accesoria puede usarse sin riesgo de daño tisular para determinar la profundidad de la cama y, en consecuencia, el volumen de la herida y para ayudar en la lectura métrica utilizando una escala también en milímetros.

Para cada semana de monitorización de pacientes con heridas crónicas, se utilizó una nueva 2D-FlexRuler estéril para marcar el límite anatómico del borde de la herida.

En la Figura 1A, el 2D-FlexRuler está posicionado y en contacto con la lesión debido a la dehiscencia abdominal. La Figura 1B muestra la comparación entre la primera (línea externa) y el cuarto registro (línea interna) cuando las hojas de centímetros se superponen.

Al obtener las dimensiones L y A, el área de la herida puede estimarse utilizando una fórmula basada en el rectángulo y corregida por el coeficiente elipsoidal de Kundin ( $L \times A \times 0,785$ ). Se puede hacer una estimación manual del área de la figura contando el total de cuadrados y fragmentos de 1,0 cm<sup>2</sup>. Una tarea más difícil es estimar el perímetro de la herida.

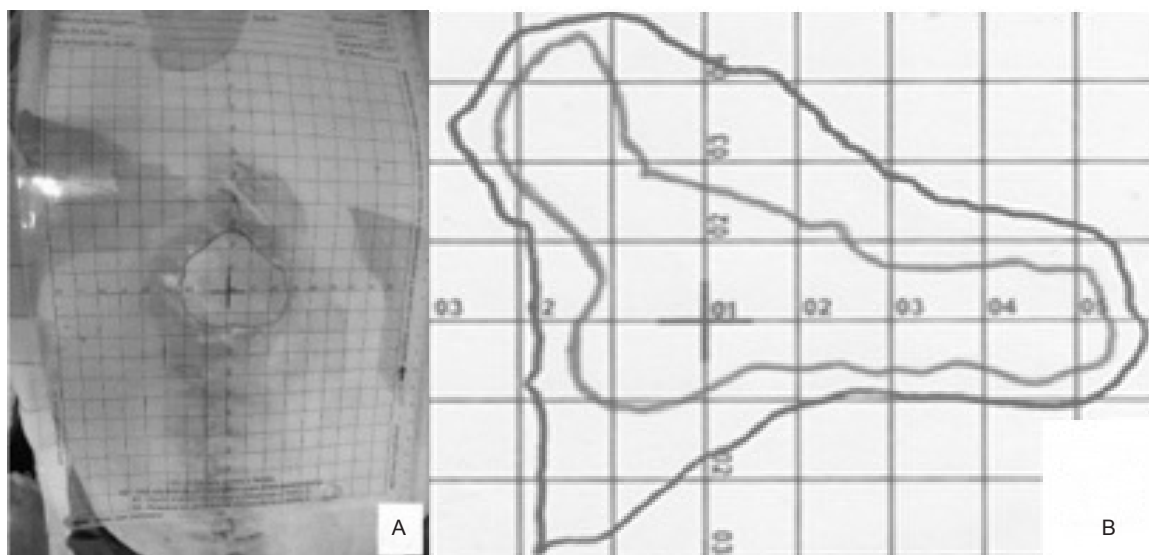


Figura 1 - 2D-FlexRuler. Curitiba, PR, Brasil, 2017

El porcentaje de contracción del área de la herida durante el período semanal (COi) se puede calcular considerando el área de la superficie de la herida en el tiempo de monitoreo inicial (S0) y el área de la superficie de la herida en la semana de monitoreo (Si) por la ecuación 1.

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

Para mejorar la estimación espacial automática de las heridas, en relación con el área y el perímetro, las imágenes marcadas en la regla pueden digitalizarse, almacenarse y transferirse para usarse secuencialmente con métodos auxiliares, como *software* y programas de procesamiento de imágenes, como: Digimizer<sup>(21)</sup>, Klonk<sup>(22)</sup> e Matlab<sup>(23)</sup>.

El *software* de análisis de imágenes Digimizer (MedCalc Software bvba, Ostende, Bélgica) es un paquete de *software* para análisis de imágenes que permite mediciones manuales precisas de un objeto. Admite radiografías, micrografías y todo tipo de imágenes en los archivos jpg, gif, tiff, bmp, png, wmf, fem y *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM). Las imágenes también se pueden rotar, invertir y filtrar. A través de este *software* fue posible obtener el área y el perímetro usando una imagen escaneada de 2D-FlexRuler. Se debe realizar una calibración informando al *software* qué es 1,0 cm en el eje horizontal o en el eje vertical, ya que la regla tiene una cuadrícula de centímetros y cada cuadrado es igual a 1,0 cm<sup>2</sup> perfecto en la regla propuesta.

El *software* Klonk *Image Measurement*, producido en Cheyenne, WY, EE. UU., es una herramienta planimétrica para medir ángulos, longitudes y áreas en superficies. Originalmente diseñado para investigación médica, también puede aplicarse en ingeniería y diseño. Puede trabajar con una amplia variedad de formatos de imágenes escaneadas o importadas, como archivos DICOM, objetos

vectoriales, marcos de archivos de video y formato de cámara RAW. En este estudio, la determinación del área y el perímetro de la herida se realizó exactamente de la misma manera que se describe en el *software* Digimizer.

Klonk fue elegido el estándar de referencia para este estudio, después de comparar sus resultados en un experimento en el que se midieron tres figuras diferentes milimétrica y manualmente.

Matlab, producido en Mathworks, Natick, Massachusetts, EE. UU., es un *software* informático de alto rendimiento con un lenguaje de programación centrado en la computación numérica, gráfica y técnico-científica.

Para determinar el área de la herida, se implementó un algoritmo usando la siguiente secuencia básica que se muestra en la Figura 2.

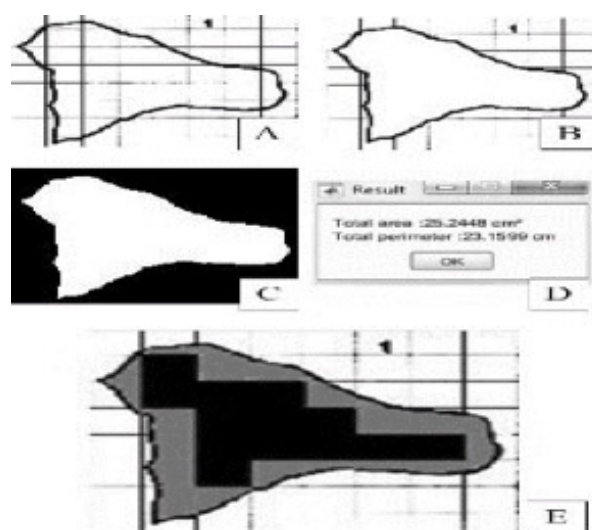


Figura 2 - Imágenes de Matlab para obtener el valor del área de la herida demarcada. Curitiba, PR, Brasil, 2017

La imagen original de la herida registrada por 2D-FlexRuler se escaneó y se convirtió en una imagen en blanco y negro, que contenía la línea centimetrada



demarcada tanto fuera como dentro del registro del borde de la herida (Figura 2A).

Los marcadores rectilíneos de la línea de centímetros fueron excluidos del interior de los bordes detectados de la herida (Figura 2B).

Después de este momento, el exterior está "pintado" con píxeles negros (Figura 2C). El borde interno de la herida permanece para crear una región blanca cerrada. El área de la herida se estima integrando el número y la geometría (dimensiones horizontales x verticales) de los píxeles blancos en esta área blanca cerrada. El perímetro se calcula utilizando el concepto de adyacencia entre píxeles blancos y negros. Nuevamente, considerando la geometría de píxeles en el área del borde donde los píxeles blancos pertenecen a la imagen y los píxeles negros pertenecen al fondo.

La figura 2D muestra 25,2448 cm<sup>2</sup> con el valor del área de la herida demarcada y 23,1599 cm el valor del perímetro.

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación que involucra seres humanos en la Universidad Tecnológica Federal de Paraná con el número 1.606.668 y el Certificado de Presentación para el Apreciación Ética (CAAE) No. 56627116.4.0000.5547. Los datos recopilados fueron tratados de acuerdo con las reglas de confidencialidad médica sugeridas por el Consejo Federal de Medicina y el Comité de Ética de Investigación de UTFPR.

El estudio siguió la guía de Red Equator, titulada *Revised Standards for Quality Improvement Reporting Excellence (SQUIRE 2.0)*.

## Resultados

Los pacientes seleccionados fueron 11 hombres y 11 mujeres, con una edad promedio de 62 años, en el rango de edad de 34 a 77 años. Nueve pacientes (40,9%) eran diabéticos tipo 2. Las heridas (n = 32) acompañadas que estaban en una mayor proporción fueron úlceras vasculares crónicas de las extremidades inferiores (53,8%). También se encontraron heridas neuropáticas del pie diabético con dehiscencia y déficit de cicatrices después de la amputación (25,6%) y lesiones por presión (12,8%). De las heridas evaluadas, el 82% tenía menos de 50,0 cm<sup>2</sup>, 2,5% entre 51,0 y 150,0 cm<sup>2</sup>, 5,12% entre 151,0 y 250,0 cm<sup>2</sup> y 10,25% tenía una superficie mayor que 251,0 cm<sup>2</sup>.

Todos los pacientes se limpiaron y prepararon sus heridas con una solución de PHMB (polihexametileno biguanida). Cuando hubo necesidad de desbridamiento para eliminar los tejidos desvitalizados, estos se realizaron antes de obtener métricas y fotografías. Luego, se usaron agentes y terapias tópicos que contenían principios activos para el control o eliminación

de biopelículas tales como gel PHMB, plata y alcoxómero de yodo. No hubo quejas por parte de los individuos en el estudio de dolor incapacitante en heridas crónicas durante la aplicación de la regla para disminuir los límites anatómicos en el uso de agentes o terapias tópicos recomendadas.

Las ocho heridas que tuvieron sus límites anatómicos registrados durante tres semanas consecutivas, obteniendo cuatro lecturas, se llamaron subconjunto A. Las 24 heridas que se siguieron durante dos semanas consecutivas, obteniendo tres lecturas, se llamaron subconjunto B.

Las imágenes digitalizadas de 2D-FlexRuler fueron manipuladas en los tres métodos ayudados por computadora buscando la estimación de parámetros espaciales. Al comparar los tres métodos computacionales, no se observaron diferencias significativas. Los resultados de esta comparación utilizaron el coeficiente de correlación de Pearson entre los tres métodos. El factor de correlación entre los métodos asistidos por computadora presentó a Klunk como referencia con el valor 1, Digimizer y Matlab con los valores de 0.999 y 0.998, respectivamente.

Cuando se utilizó 2D-FlexRuler, generó la posibilidad de obtener un área aproximada por estimación manual, contando el cuadrado completo más el cuadrado parcial de 1,0 cm<sup>2</sup>. En la Figura 2E, trece cuadrados rellenos con 1,0 cm<sup>2</sup> negro están completamente rodeados por el área de la herida demarcada. Además, fue posible con un pequeño esfuerzo contar el área parcial que totaliza aproximadamente 11,8 cm<sup>2</sup> de los otros cuadrados formados por el área gris. Esto produjo un área de 24,8 cm<sup>2</sup>.

Para la misma herida que en la Figura 2, la Tabla 1 ilustra la diferencia entre la estimación manual, las técnicas asistidas por computadora, las prácticas tradicionales y la aplicación del coeficiente elipsoidal de Kundin. Las diferencias son relativas al valor de Klunk, considerado estándar aquí.

Tabla 1 - Resultados comparativos con Klunk como estándar. Curitiba, PR, Brasil, 2017

Técnica empleada	Área (cm <sup>2</sup> )	Diferencia (%)
Klunk*	24,57	Standard*
Estimación manual	24,80	+0.94
Digimizer	24,34	-0.94
Matlab	25,24	+2.23
Pinza y Kundin	32,67 (6.5 x 6.4 x 0.785)	+32.97
Regla tradicional	37.5 (5.0 x 7.5)	+52.63

\*Valor estándar de Klunk

La Tabla 2 muestra los errores de los métodos en comparación con el método de referencia elegido (Klunk).

Tabla 2 - Errores porcentuales entre los métodos tradicionales para medir heridas y análisis de software. Curitiba, PR, Brasil, 2017

Heridas	Digimizer	Matlab	Pinza Kundin	Regla 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
Error Mediano %	1.01%	-0.86%	-44.89%	-44.70%

Las heridas del subconjunto B se usaron con el subconjunto A para comparar la estimación del área de los métodos con el método de Klunk. Los resultados de estos errores promedio relativos son 2,86% para Matlab, 96,78% para regla rígida, 141,8% para el calibrador de Vernier y 188,58% para la escala.

La Figura 3 ejemplifica seis áreas de heridas en el subconjunto A que se normalizaron, usando la estimación de área asistida por computadora usando los tres métodos computacionales<sup>(21-23)</sup>.

Las curvas en la Figura 3 muestran la tendencia a reducir las áreas de la herida desde la segunda lectura (entre la primera y la segunda semana de monitoreo).

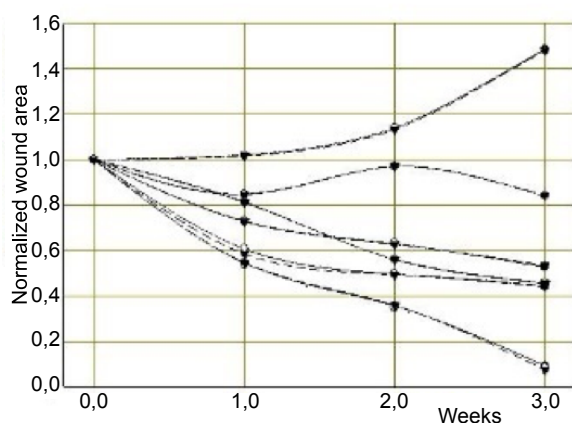


Figura 3 - Monitorización normalizada de las áreas de la herida del subconjunto A en tres semanas. Curitiba, PR, Brasil, 2017

La curva superior fue una excepción y muestra el comportamiento de una herida que, incluso recuperando el volumen de tejido perdido, presenta un área creciente debido a la flexibilidad profunda del tejido de la herida después del desbridamiento<sup>(16)</sup>. El mismo proceso ocurrió en la segunda curva, pero hubo una recuperación en la tendencia a reducir el área entre la segunda y la tercera semana.

## Discusión

Para la estimación manual, 2D-FlexRuler es mucho más relevante que los métodos de medición tradicionales. Es flexible, esterilizable y permite el registro de heridas en superficies curvas. La estimación manual resumida en la Tabla 1, en comparación con el método de referencia, es decir, el *software* Klunk resultó en un error de menos del 1,0%.

Aunque el método de regla tradicional (calibre, escala y coeficiente elipsoidal de Kundin) tiene poder predictivo para la evaluación cualitativa del potencial de curación, se encuentran errores medios superiores al 40%, como se muestra en la Tabla 2, lo que debilita el uso de este método en análisis cuantitativos. Esta magnitud de error ya había sido reportada en la literatura<sup>(16)</sup>.

El *software* Klunk y Digimizer y el algoritmo Matlab presentaron un factor de correlación de Pearson de al menos 0,998 entre sí. Sin embargo, en el *software* Klunk y Digimizer, los límites de la imagen deben ser editados por el usuario, lo que requiere un esfuerzo adicional y cierta habilidad para obtener la estimación adecuada. Por otro lado, los algoritmos de procesamiento de imágenes adicionales implementados en Matlab mostraron un factor de correlación de 0,998 Pearson, realizando detección de bordes de forma autónoma y, por lo tanto, sin agregar ningún esfuerzo del usuario para demarcar el límite de la herida.

Al usar el conjunto más grande de 32 heridas, con pacientes seguidos durante dos semanas y obteniendo tres valores métricos, el error promedio relativo de las áreas estimadas fue de 2,86% para los análisis de Matlab, 96,78% para la regla rígida, 141,8 % para el calibrador de Vernier y 188,58% para la escala, lo que lleva a la conclusión de que son cualitativamente útiles, pero cuantitativamente descalificados.

Las limitaciones del estudio en relación con el uso de 2D-FlexRuler se encontraron principalmente en la obtención del rastreo de heridas altamente exudativas y circunferenciales de las extremidades inferiores. Fueron necesarias precauciones específicas, como reducir la cantidad de exudado en las heridas para evitar el deslizamiento entre el lecho de la herida y la hoja 2D-FlexRuler "B" durante la obtención de los límites de la herida. El uso de un calibrador y una escala para medir heridas también trajo algunas dificultades técnicas, ya que estos instrumentos son rígidos, lo que dificultó la obtención de datos sobre heridas en regiones con curvatura anatómica.

Se reitera la necesidad de un monitoreo continuo de las heridas crónicas quirúrgicas y no quirúrgicas en diabéticos y no diabéticos. Alentamos el uso de la tasa porcentual de reducción del área de la herida obtenida en las dos primeras semanas consecutivas de tratamiento como factor predictivo para la curación de

heridas crónicas en diabéticos y no diabéticos, como se describe en la literatura<sup>(16,19-20)</sup>. Por lo tanto, los ajustes en la terapia de heridas crónicas se pueden realizar con mayor precocidad para obtener mejores resultados y una menor tasa de complicaciones.

El estudio demostró que la regla 2D-FlexRuler contribuye con simplicidad, seguridad, bajo costo y como una documentación confiable y reproducible para la medición manual de heridas. El valor unitario fue de alrededor de US\$ 1,0<sup>1</sup>, que puede ser mucho más bajo si se considera la producción a escala. Se puede usar en niños y adultos, pacientes ambulatorios, hospitales o servicios de atención domiciliaria, entre otros.

Los datos obtenidos con esta regla pueden almacenarse directamente en los registros médicos y pueden digitalizarse fácilmente.

Las pruebas estadísticas sobre la progresión de la cicatrización pueden ser más confiables con los datos métricos obtenidos con la metodología, estimulando la investigación que requiere la medición evolutiva y comparativa de las heridas de las más variadas causas y complejidades.

La aplicación de 2D-FlexRuler en medicina forense está prevista mediante el análisis de lesiones en víctimas de agresiones o en lesiones *post mortem*.

La estimación del área asistida por computadora se implementó con menos complejidad cuando se utilizó el 2D-FlexRuler, ya que ya es centimetrado, ya sirve como plantilla dimensional para el software de imagen.

El uso de 2D-FlexRuler en la terapia con láser de bajo nivel también es posible para la indicación y delimitación de los cuadrantes que indicaron los puntos de aplicación del láser en el tratamiento de heridas.

El algoritmo desarrollado de Matlab es simple y puede implementarse en dispositivos portátiles, como cámaras y teléfonos inteligentes, para contribuir enormemente a una evaluación inicial y confiable de la herida y el seguimiento del paciente.

## Conclusión

La regla 2D-FlexRuler es una plataforma métrica confiable para obtener la imagen de los límites anatómicos de las heridas crónicas. Facilita el cálculo del área de la herida bajo monitoreo, lo que permite obtener el factor predictivo de cicatriz de las heridas crónicas con precocidad, en dos semanas, con resultados más precisos que los obtenidos con los métodos tradicionales. Se puede digitalizar y utilizar como una nueva herramienta en la práctica clínica y la investigación de heridas.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el Programa de Posgrado en Ingeniería Eléctrica e Informática (CPGEI) de la Universidad Federal de Tecnología de Paraná (UTFPR), la Coordinación de Mejora de Personal de Nivel Superior (CAPES) y el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq). Los autores desean agradecer al Comité de Ética e Investigación de UTFPR. Los autores desean agradecerle por todos los voluntarios que participaron en la investigación.

## Referencias

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

<sup>1</sup> Cotización en dólares estadounidenses al 31 de marzo de 2017: R\$ 3,1296.



- 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 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>

Recibido: 31.05.2019

Aceptado: 14.03.2020

Editor Asociado:  
Evelin Capellari Cárnio


**Copyright © 2020 Revista Latino-Americana de Enfermagem**  
Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY.

Esta licencia permite a otros distribuir, mezclar, ajustar y construir a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre que le sea reconocida la autoría de la creación original. Esta es la licencia más servicial de las ofrecidas. Recomendada para una máxima difusión y utilización de los materiales sujetos a la licencia.

Autor de correspondencia:

Adriano Antonio Mehl

E-mail: [adrianomehl@gmail.com](mailto:adrianomehl@gmail.com)

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