



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

HOSPITAL REGIONAL DE ALTA ESPECIALIDAD DEL BAJÍO

**“ DESARROLLO DE ENFOQUES COMPUTACIONALES PARA
PREDECIR LA OCURRENCIA DE HERNIA
INCISIONAL EN PACIENTES POSTOPERADOS DE
LAPAROTOMÍA POR LÍNEA MEDIA”**

**TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALIDAD EN
CIRUGÍA GENERAL**

**PRESENTA
DR. JUAN RAMÓN VARELA REYNA**

**TUTOR DE TESIS
DR. EDGARD EFREN LOZADA HERNANDEZ**



LEON GUANAJUATO OCTUBRE DE 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Título de la tesis:

“DESARROLLO DE ENFOQUES COMPUTACIONALES PARA PREDECIR LA OCURRENCIA DE HERNIA INCISIONAL EN PACIENTES POSTOPERADOS DE LAPAROTOMÍA POR LÍNEA MEDIA”

Dr. Edgard Efren Lozada Hernandez

Investigador en ciencias médicas tipo “C” HRAEB

Tutor de Tesis

Dr. Luis Montiel Hinojosa

Profesor Titular del Curso de Especialidad en Cirugía General

Dr. Juan Ramón Varela Reyna

Residente del cuarto Año de Cirugía General del HRAEB

Autor de Tesis

Dedicatoria:

A mis padres y hermanos, quienes siempre me apoyaron

A mi futura esposa que siempre cree en mi

Agradecimientos :

A mi compañero y amigo Diego Hinojosa y a mi asesor metodológico quien siempre fue paciente y buen maestro

ÍNDICE

Resumen.	5
Antecedentes.	8
Justificación.	23
Planteamiento del problema.	24
Hipótesis.	25
Objetivos.	25
Material y métodos.	26
Análisis estadístico.	30
Resultados.	31
Discusión.	38
Conclusiones.	38
Bibliografía.	39

RESUMEN

Las hernias de la pared abdominal representan un serio problema de salud pública en el mundo, según el reporte del SINAIS (Sistema Nacional de Información en Salud) en el 2008 se reportaron 150,000 egresos hospitalarios por esta patología, lo cual significa que afecta del 10-15 % de la población general. Existiendo poblaciones vulnerables con una mayor incidencia de esta patología. La hernia incisional esta relacionada con la intervención quirúrgica abdominal realizada ya sea de manera urgente o programada y existen factores que favorecen su aparición, es fundamental para todo el profesional quirúrgico conocer las bases fisiológicas y anatómicas de la cavidad abdominal.

La prevención de IH y conocer las diferentes técnicas para su implementación, tiene que ser parte de la práctica de cualquier especialista que realice laparotomía actualmente (ginecólogo, urólogo, cirujano vascular etcétera) y no ser solo campo del cirujano general.

En la actualidad a pesar de las dudas que genera su uso, la malla es considerado el mejor medio de profilaxis, el uso de la malla es más costoso, afecta la distensibilidad de la cavidad abdominal, se asocia a dolor crónico además de que pueden infectarse, y si esto sucede requieren de un tiempo mayor hospitalario; aunado a esto aún no está del todo claro su uso en cavidades contaminadas, de ahí que su empleo debe estar limitado a pacientes de alto riesgo, de acuerdo con el balance entre riesgo y beneficio que justifique su implementación.

Hasta el momento se han descrito 30 factores relacionados con el desarrollo de una hernia, sin embargo, ninguno de los scores clínicos actuales es útil para predecir esta complicación, lo que ha hecho que el uso de malla no se generalice. Además, hoy en día ningún score de diagnóstico utiliza las mediciones tomográficas de la cavidad que han demostrado por separado ser predictores adecuados de hernia incisional, lo cual representa un recurso valioso a explotar en el pronóstico. En este momento existen 10 escalas pronósticas para predecir la hernia incisional, sin embargo, en ninguna se utilizan técnicas computacionales que han demostrado tener mejor desempeño en la predicción de diversos padecimientos, ya que actualmente solo se han implementado técnicas estadísticas estándar.

MATERIALES Y METODOS

Mediante técnicas de aprendizaje supervisado se generaron modelos para la predicción de hernia incisional posoperatoria partiendo de las diferentes variables

Para tratar los datos desbalanceados, durante el desarrollo del trabajo se colectarán mayor número de muestras de la clase minoritaria. Alternativamente, para un mejor balance de los datos se emplearán técnicas de re-muestreo del conjunto de datos. Algunas de estas técnicas a considerar son: submuestreo aleatorio y sobremuestreo aleatorio.

Se evaluó un grupo de 1087 pacientes bajo seguimiento ya postoperados de laparotomía, y se identificaron pacientes que tienen hernia incisional.

RESULTADOS

En el análisis univariado fueron las variables: edad, género, cirugía de colon, Cirugía de urgencia, tos, infección de sitio quirúrgico, cirugía previa, IMC, tener un estoma y tener antecedente de patología oncológica las que tuvieron asociación con la presencia de hernia incisional.

Al hacer ajuste con regresión logística múltiple se observó esta asociación solo en las variables: Edad, cirugía de urgencia, infección de sitio quirúrgico, cirugía previa, e IMC. Ambos resultados de estas variables fueron tomadas en cuenta para participar en los distintos modelos.

Se realizaron 3 modelos para determinar cual clasificaba de manera más precisa la ocurrencia de esta complicación y poder ser usado como herramienta diagnóstica.

En el análisis de regresión logística múltiple fueron cinco variables asociadas a esta complicación: cirugía previa, edad, IMC, infección de sitio quirúrgico y la cirugía de urgencia todas ellas con una asociación positiva. Figura 1

El modelo resultante fue: **Riesgo de Hernia Incisional** = Intercepto (0.0214) + Cirugía previa (3.36) + Edad (1.01) + IMC (1.06) + Infección de sitio quirúrgico (3.96) + Urgencia (1.271)

CONCLUSIONES

Se analizaron un total de 1082 pacientes operados de laparotomía por línea media, estos pacientes fueron operados entre enero del 2010 y diciembre del 2016 y

entraron al protocolo al cumplir los dos años de posoperados de acuerdo con las guías de la Asociación Europea de Hernia.

Se excluyeron 296 pacientes debido a que fallecieron antes de cumplir el periodo de seguimiento, el expediente estaba incompleto o no terminaron por diversas causas el seguimiento.

En total entraron a los modelos 789 pacientes de ellos 161 presentaron hernia incisional con una incidencia del 20.4%.

En la revisión de la literatura se presentan en las diferentes clasificaciones 70 variables relacionadas a la presencia de hernia incisional, descartamos en el análisis bibliográfico primero las variables repetidas en las escalas y luego aquellas que en dos o mas escalas no presentaron diferencia estadística significativa, de ahí que terminamos analizando en nuestra base de datos 14 variables.

PALABRAS CLAVES

Hernia, línea media laparotomía, Prevención de hernia.

AUTORES

- Juan Ramon Varela Reyna
- Edgard Efrén Lozada Hernández

ANTECEDENTES

INTRODUCCIÓN

Las hernias de la pared abdominal representan un serio problema de salud pública en el mundo, según el reporte del SINAIS (Sistema Nacional de Información en Salud) en el 2008 se reportaron 150,000 egresos hospitalarios por esta patología, lo cual significa que afecta del 10-15 % de la población general. Existiendo poblaciones vulnerables con una mayor incidencia de esta patología. La hernia incisional esta relacionada con la intervención quirúrgica abdominal realizada ya sea de manera urgente o programada y existen factores que favorecen su aparición, es fundamental para todo el profesional quirúrgico conocer las bases fisiológicas y anatómicas de la cavidad abdominal.

Anatomía.

El abdomen o la cavidad abdominal es un espacio rodeado por la pared abdominal, forma la mayor parte de la cavidad abdominopélvica y está situada entre el diafragma y el estrecho superior de la pelvis. El abdomen, visto exteriormente, está limitado en sentido craneal por el orificio inferior del tórax, mediante una línea curva que, partiendo del apéndice xifoides, sigue el reborde condrocostal hasta la apófisis transversa de la duodécima vértebra dorsal; en sentido caudal, por una línea que pasa por las crestas ilíacas, los arcos crurales y el pubis (ver Figura 1) [1].

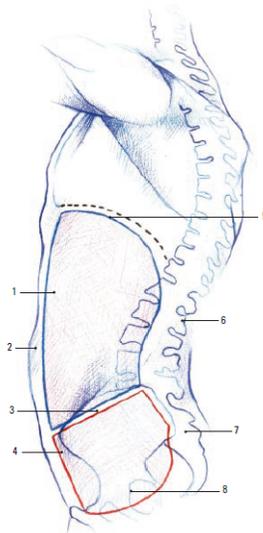


Figura 7. Corte sagital del abdomen. 1- Cavidad abdominal. 2- Pared abdominal. 3- Estrecho superior de la pelvis. 4- Sínfisis del pubis. 5- Diafragma. 6- Vértebra lumbar. 7- Sacro. 8- Cavidad pélvica.

La pared abdominal cuenta con nueve capas: piel, tejido subcutáneo, fascia superficial, músculo oblicuo externo, músculo oblicuo interno, músculo transverso del abdomen, fascia endoabdominal o transversal, tejido adiposo y areolar extraperitoneal o preperitoneal, y peritoneo (Ver Figura 2) [2,3].

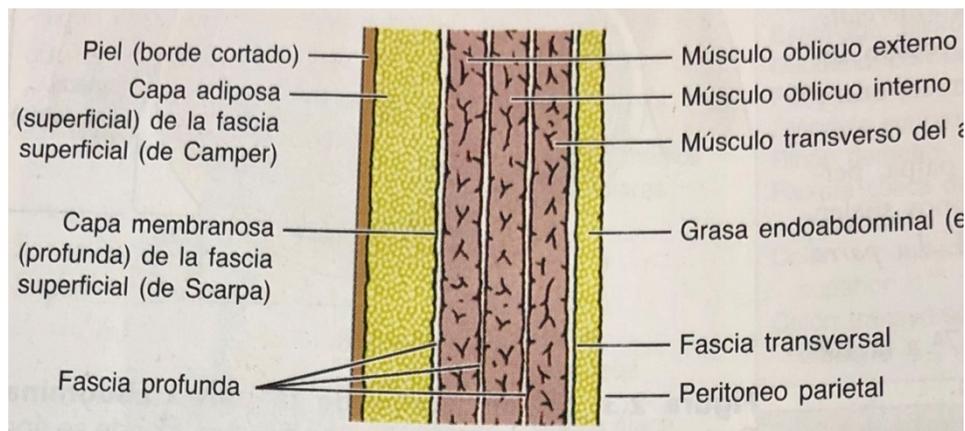


Figura 2. Capas de la pared abdominal.

Los músculos de la pared anterolateral y anterior del abdomen son la única parte móvil, lo que determina la movilidad y resistencia del abdomen y es el sitio de interés

en la formación de hernias incisionales, estos llegarán a formar lo que se conoce como línea alba.

ESTRUCTURAS MUSCULARES

La musculatura anterior y lateral de la pared abdominal está compuesta por tres capas, con los fascículos de cada músculo dirigido de manera oblicua a ángulos diferentes para crear un envoltorio fuerte para los contenidos abdominales.

Existen cinco músculos en la pared anterolateral del abdomen: tres planos (músculos oblicuos externo e interno y el músculo transverso) y dos verticales (músculo recto y el músculo piramidal).

Puede considerarse que la pared anterior del abdomen tiene dos partes: una porción antero externa compuesta de los músculos oblicuos externo e interno y transverso del abdomen, y una media constituida por los músculos rectos del abdomen y piramidal (Ver Figura 3) [4-9].

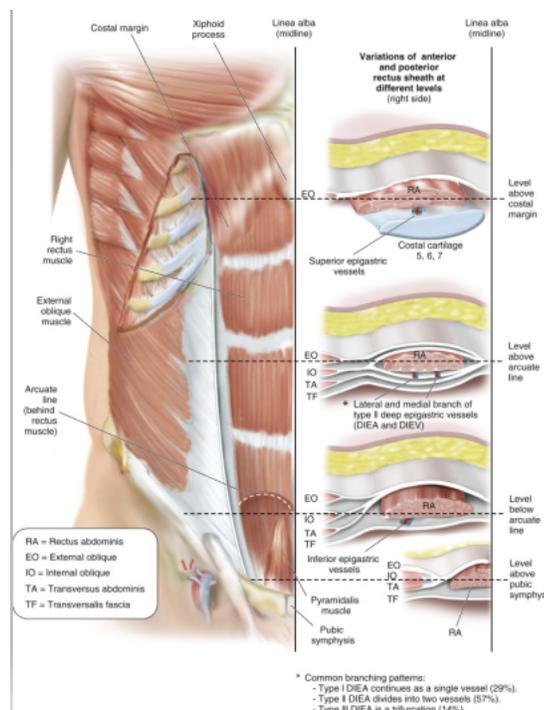


Figura 3. Músculos antero externos de la cavidad abdominal.

LÍNEA ALBA

La línea alba mantiene íntimamente unidos los músculos rectos del abdomen cerca de la línea media anterior (ver Figura 4) [4-9].

Es un rafe mediano fibroso formado por el entrecruzamiento de los músculos anchos del abdomen y las fibras tendinosas del recto abdominal incorporadas a ellos. Se extiende desde el xifoideas al pubis y corresponde al surco medio del abdomen. Su ancho varía en la parte craneal y caudal. Cranealmente, desde el xifoideas hasta 3 cm por debajo del ombligo, es membranosa y aumenta de ancho en sentido caudal, que llega hasta 2 cm en el ombligo. Luego disminuye bruscamente, adoptando una forma lineal con aspecto de prisma de borde posterior.

Cranealmente, se inserta en la cara ventral del xifoideas. Caudalmente, se fija por el ligamento suprapúbico ventral a la vertiente y cara anteriores del pubis y de la sínfisis, y por el ligamento suprapúbico dorsal o *admiculum lineae albae* (pie posterior de la línea blanca), en la vertiente posterior del pubis y el ligamento pectíneo o de Cooper. Sus ramas limitan una fosita con un pelotón adiposo y la rama suprapúbica de la epigástrica.

Constitución

En la región supraumbilical: en el 60 % la línea de decusación es triple, una medial y dos laterales, entre las hojas dorsal y ventral de la vaina; en el 30 % es única en la cara ventral y única en la dorsal y en 10 % es única en la cara ventral y triple en la dorsal.

En la región infraumbilical, la decusación es única. A nivel umbilical las fibras siguen un trayecto en 8. Las fibras tendinosas de todas las capas de la hoja ventral y dorsal se entrecruzan con las del lado opuesto (Ver Figura 5) [1].

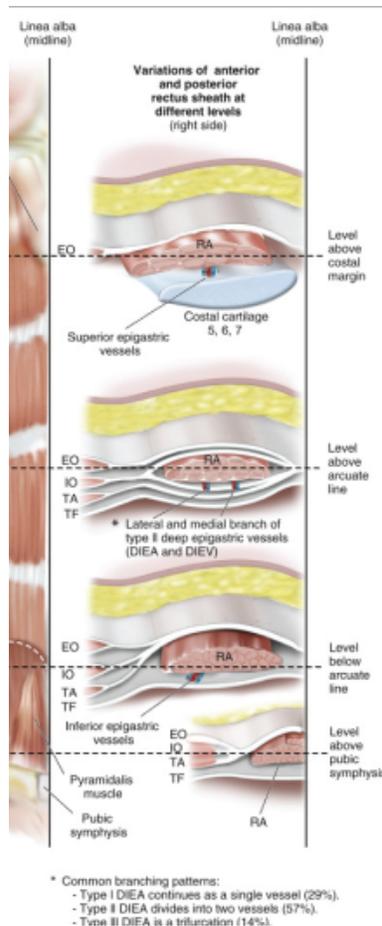


Figura 4. Línea alba constitución.

La línea alba es una de las vías de acceso más habituales en la cirugía abdominal, y también el punto más frecuente de hernia quirúrgica. La separación de los rectos está relacionada con la fuerza de la línea alba. En aquellos menores de 45 años, se consideraba diástasis una separación superior a 10 mm entre los dos músculos rectos superiores al ombligo, a 27 mm en el anillo umbilical, y a 9 mm inferiormente al ombligo. En los mayores de 45 años, los valores correspondientes eran de 15 mm, 27 mm y 14 mm, respectivamente [5].

Laparotomía

Se define como laparotomía a la incisión hecha en la pared abdominal con el objeto de explorar los órganos intraabdominales y retroperitoneales [10].

La laparotomía de acuerdo con la indicación médica para la cual sea realizada se divide en: exploratoria, terapéutica, etapificadora y recientemente agregada a esta división la laparotomía para control de daños y la laparoscopia. Estas definiciones son diferentes a una laparotomía programada para un tratamiento específico como colecistectomía, apendicetomía, etcétera. La variedad de intervenciones que pueden realizarse sobre los órganos contenidos en la cavidad abdominal es tan amplia que existen numerosas formas diferentes de acceder a ellos, de acuerdo con esto se divide en: laparotomía media, paramedia, transversal, oblicua y abdominotorácica (Ver Figura 5) [10].

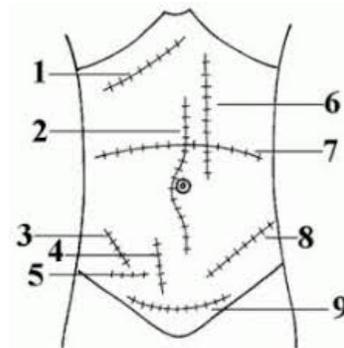


Figura 5. Incisiones abdominales más usadas. 1. Kocher 2. Línea media 3. Mc Burney 4. Paramedia derecha 5. Rocky Davis 6 Paramedia izquierda 7. Trasversa bilateral 8. Gybson 9 Pfannenstiel

El abordaje más común usado en cirugía abierta ya sea programado o de urgencia es la laparotomía por línea media (LM) Figura 5 marcado como 2, ya que permite un abordaje rápido y con menor sangrado además se puede extender y permite una mejor exposición y comodidad para el cirujano. En Estados Unidos de América se calcula que se realizan cerca de 2 millones de laparotomías al año.

Como todo procedimiento médico este abordaje no está exento de complicaciones aun cuando el hallazgo en una laparotomía sea negativo, estas se dividen en inmediatas y tardías y se muestran en la Tabla 1 [11,12].

Tabla 1. Complicaciones posquirúrgicas en laparotomía media.

Inmediatas	Tardías
Íleo paralítico	Adherencias
Colección y absceso intraabdominal	Hernia incisional.
Infección de sitio quirúrgico	Dolor crónico.
Dehiscencia o eventración de la pared abdominal	
Atelectasia	
Fistula enterocutánea.	

Hernia incisional

Tanto la eventración o evisceración (EV), como la hernia incisional (HI) se consideran la complicación más frecuente asociada a una laparotomía, éstas implican una morbimortalidad importante, se considera que su presencia supera a la obstrucción intestinal e íleo en una relación 2:1, y es la principal causa también de reoperación por encima de las adherencias posquirúrgicas con una relación de 3:1, de ahí que la cirugía relacionada a esta complicación representa 100,000 reintervenciones al año en Estados Unidos de América [11]. En México representa la séptima causa de cirugía programada y cuarta de urgencia [12]. En la figura 6 se muestra un caso clínico de Hernia Incisional.



Figura 6. Hernia incisional en un paciente posoperado de laparotomía por línea media.

Una eventración (evisceración) se define como la separación de la fascia de la pared abdominal después de un evento quirúrgico, puede ser completa o parcial, con o sin salida de asas intestinales fuera de la cavidad abdominal. Esta ocurre en un 0.4-1.2% de los casos en cirugía electiva y hasta en un 12 % en cirugía de urgencia. La media de presentación clínica es de alrededor de 9 días posteriores al evento quirúrgico. El diagnóstico es clínico ante la presencia de líquido serosanguinolento por la herida además de vómito y dolor abdominal, al explorar la herida se encuentra disrupción de la aponeurosis. La mortalidad asociada a esta complicación según algunos autores alcanza hasta el 44% [12].

Hernia incisional es la pérdida de continuidad de la pared abdominal después del cierre quirúrgico, con la formación de un saco peritoneal y la protrusión de diferentes estructuras de la cavidad. Por estar asociada al sitio quirúrgico es considerada como iatrógena. Clínicamente se manifiesta por abultamiento en la región de la herida quirúrgica secundaria a un esfuerzo físico, así como la palpación de un defecto en la continuidad de la herida en la pared abdominal. El estándar de oro para su diagnóstico es la tomografía computada la cual muestra la zona de la disrupción, el tamaño y los órganos involucrados, el signo tomográfico que define una hernia es la separación en la distancia de los rectos la cual no debe de ser mayor a 25 mm [13].

La frecuencia de hernias incisionales a nivel mundial en los pacientes sometidos a laparotomía es del 10-15 % y el 80 % ocurren en el primer año después de la cirugía [10,13].

Factores de riesgo

Se describen múltiples factores de riesgo que participan en la aparición de esta complicación estos se dividen en factores controlables y no controlables.

Factores controlables:

Obesidad. La cual se encuentra en el 20 % de los pacientes.

Tipo de incisión: que es el factor más controlable por el cirujano, la incisión media tiene un riesgo 3 a 5 veces mayor de desarrollar hernia comparada con las transversales [14].

Heridas mayores de 18 cm.

Cierre de la herida: mediante puntos continuos, con una distancia entre los tejidos distancia que respete la regla 4:1, en bloque, tipo de sutura (monofilamento de absorción lenta o no absorbible el más recomendado es el PDS del 1) [15].

Factores no controlables:

- Infección de sitio quirúrgico
- edad
- Condiciones perioperatorias: Cáncer, Anemia, Ictericia, inmunosupresión. respiratorias (Atelectasia) y sepsis [15]

No existe un solo factor determinante en la aparición de esta complicación, su ocurrencia es multifactorial. Muchos de estos factores no son modificables al menos en cirugía de urgencia, por lo que la mayoría de los ensayos clínicos dirigidos a disminuir esta complicación están centrados en el papel que el cirujano puede tener en la misma.

Escalas pronósticas

En los diferentes ensayos clínicos y metaanálisis se mencionan estos factores de manera aislada y no se identifica el peso específico de cada factor o de su combinación en la aparición de la HI. En los últimos años, diversos grupos de autores desarrollaron estudios con el fin de determinar escores de riesgo de hernia incisional.

El primero fue llevado a cabo por Webster et al. que incluye 12 variables de las cuales la mitad se presentan en el posoperatorio lo que disminuye la capacidad de predicción [16]. Van Ramshorst et al. [17] y posteriormente validado por Gómez Díaz [18] propusieron una escala que determina la probabilidad de presentar una eventración; con el uso de esta escala ellos definen grupos de alto riesgo, ellos

encontraron que su modelo muestra un alto valor predictivo en el punto de corte de 6 o más puntos, pudiendo identificar que con este puntaje se presenta un 40 % de hernia incisional en el total de pacientes. Sin embargo, continúa siendo difícil su aplicación ya que dos de sus principales variables se presentan posoperatorias; la tos y la infección de sitio quirúrgico perdiendo valor predictivo con ello.

Recientemente dos grupos de autores Goodenough CJ et al. y Cherla DV desarrollaron una escala predictor llamada HERNIA Project esta escala es más sencilla de aplicar que las ya expuestas y toma en cuenta solo cuatro valores: el índice de masa corporal, antecedente de Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica, el antecedente de tener una laparotomía previa, y el hecho de que la cirugía sea del tipo mano asistida. Esta escala los divide en tres clases siendo aquellos con un puntaje superior a 6 de alto riesgo con una probabilidad de 55% de desarrollar hernia incisional y con un área bajo la curva del 87%, a parte tiene la ventaja añadida sobre las otras escalas que ninguna de sus variables se presenta en el posoperatorio [19,20].

Las dos escalas predictoras más usadas actualmente son la escala de Van Ramshorst y Hernia Project, estas escalas solo utilizan características clínicas del paciente sin tomar en cuenta características de la pared abdominal y fueron realizada con técnicas estadísticas menos robustas como regresión logística múltiple (ver Tabla 2) [21].

Tabla 2. Escalas Predictoras

Escala de Rotterdam	Riesgo
Variables	

Edad	
40-49	0.4
50-59	0.9
60-69	0.9
>70	1.1
Genero Hombre	1.1
Enfermedad Pulmonar obstructiva crónica (EPOC)	1.1
Ascitis	1.5
Ictericia	0.5
Anemia	0.7
Cirugía de urgencia	0.6
Tipo de cirugía	
Vía biliar	0.7
Esófago	1.5
Gastroduodenal	1.4
Intestino delgado	0.9
Intestino grueso	1.4
Vascular	1.3
Tos	1.4
Infección de herida	1.9
Hernia Project	1 x (IMC > 25 Kg/m ²) + 1 x (EPOC) + 5x (laparoscopia extendida) + 6 x (laparotomía) + 3 x (reoperación temprana)

Prevención de hernia incisional

La IH tiene una incidencia de 10-23%, la cual puede incrementarse hasta un 38% en grupos específicos de riesgo [22]. IH es causa importante de morbilidad (dolor) y puede tener un efecto negativo en la calidad de vida e imagen corporal de los pacientes [23]. El impacto económico substancial de esta condición se estima en más de 3 billones anuales, por lo que en los últimos años ha ganado mayor atención. La prevención de hernia incisional puede llevarse a cabo en diferentes formas, estas incluyen la prehabilitación, optimizar las técnicas de cierre y el reforzamiento de la pared abdominal con malla. La prehabilitación incluye control de la diabetes, dejar de fumar, perder peso y mejorar el estatus nutricional preoperatorio [24], aunque en cirugía de urgencia esto nos es posible. Por lo que actualmente las opciones para disminuir la incidencia de IH son la modificación de la técnica de cierre o el reforzamiento con el uso de malla profiláctica.

En cuanto a la modificación de la técnica de cierre, Khorgami (2013) propone el uso de suturas de retención con esto reporta una incidencia del 4 vs 13% al compararlo con el cierre habitual [25]. El estudio STITCH donde se analiza la técnica Small-Bites descrito por Deerenberg, encontró una incidencia del 21 contra el 13%, a un año de seguimiento al compararlo con la técnica habitual [24]. Thorup describe la estandarización de esta técnica en cirugía de urgencia, comparándola con una cohorte histórica disminuyendo la incidencia del 27-15% con diferentes tiempos de seguimiento entre ambos grupos, de 4 vs 2 años respectivamente [26]. A pesar de ser la técnica más estudiada con buenos resultados, Small-Bites aún no tiene muchos adeptos en la práctica del cirujano general [27]; aunque ha demostrado ser útil al disminuir la incidencia de esta complicación sus resultados son inferiores al compararse con el uso de malla profiláctica de manera global.

La malla profiláctica al ser colocada produce una intensa respuesta inflamatoria que resulta en la formación de un tejido fibroso denso con alta resistencia mecánica [28]. Múltiples ensayos clínicos y metaanálisis reportan su utilidad, con índices globales en la reducción de hernia del 4 al 10% al compararla con el cierre primario de la

laparotomía; sin embargo, su uso aun no puede generalizarse debido a que existen los siguientes puntos por aclarar:

- a) Falta de consenso sobre el sitio de colocación ideal de esta, reportando resultados diferentes de acuerdo con el sitio en donde se coloque.
- b) La elección de los pacientes es variable, sin poder homologar los criterios de inclusión, lo que hace difícil la elección de quienes son pacientes de alto riesgo y también dificulta la comparación de resultados de los diferentes estudios.
- c) El seguimiento de los pacientes no es similar, teniendo en cuenta que es un factor muy importante para determinar de manera objetiva la incidencia de IH.
- d) Las complicaciones posteriores al uso de la malla, no hay consenso, en relación con cuáles de ellas deberían reportarse y seguirse, pocos estudios, por ejemplo, reportan el dolor posoperatorio o la movilidad de la pared abdominal [23,28-35].
- e) Por último, están las condiciones de contaminación de la cavidad abdominal. La aplicación de la malla en hernias encuentra limitado su uso en las heridas contaminadas por el riesgo de infección posoperatoria, sin embargo, hay estudios que reportan el empleo de la malla en cavidad contaminada sin riesgo en el aumento de la infección de sitio quirúrgico [36-37]. La aplicación de la malla profiláctica en cavidad contaminada no parece limitar su utilidad, Kohler et al. reportan que el uso de la malla no aumenta el porcentaje de infección de sitio quirúrgico, sin embargo el tiempo de curación de la herida es mayor, aumentando morbimortalidad, costos y el dolor posquirúrgico [33].

De lo anterior, se puede deducir que actualmente no existe una recomendación generalizada para el empleo de malla, en cuanto a la profilaxis de hernia incisional se refiere, y solo deberían ser utilizadas en pacientes de alto riesgo de hernia incisional.

Medición de la cavidad abdominal por tomografía.

Actualmente las escalas predictoras consideran factores propios del paciente (edad, género, enfermedades que padece, índice de masa corporal) o asociados a la cirugía (urgencia, abordaje o el órgano por operar), sin embargo, en ninguna de las escalas asocian la probabilidad de ocurrencia de hernia a las características de la pared

abdominal. Estas medidas de la pared abdominal y de la línea alba son utilizadas para modificar la técnica de reparación de la hernia, pero no han sido tomadas en cuenta de manera profiláctica.

Love MW [38] reportan el uso del índice de separación de componentes, índice de anchura de musculo recto/anchura de la línea alba, medidos por tomografía computada, como predictores importantes de la necesidad de modificar la técnica de reparación de hernia a través de la relajación de los músculos rectos.

El índice de separación de componentes (ISC) [39] consiste en medir el ángulo formado entre la separación de componentes tomando como vértice la parte media de la aorta (Figura 7), luego el ángulo que resulta se divide entre 360 para tener un porcentaje de apertura.

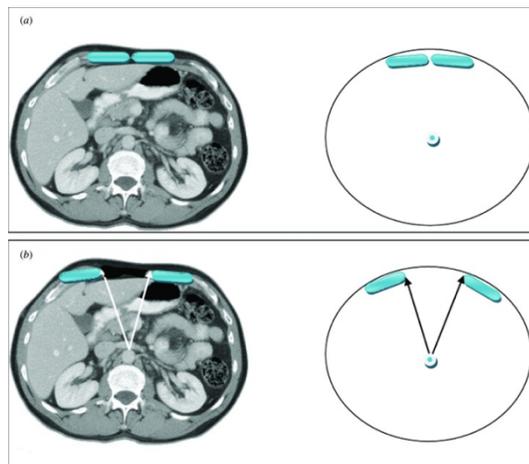


Figura 7. Índice de separación de componentes

El índice de anchura de músculo recto/anchura de la línea alba (IAMR/ALA) (Figura 8) consiste en dividir la anchura de la suma de la medición de los músculos rectos entre la anchura de la línea media.

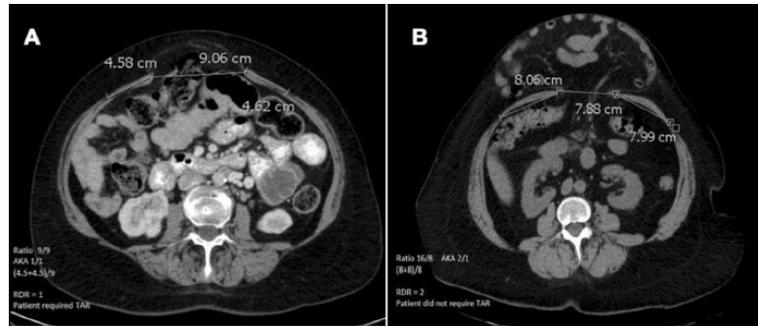


Figura 8. Índice IAMR/ALA

En este trabajo se analizaron un total de 342 pacientes, ellos encontraron que si el (IAMR/ALA) es mayor a 1.34 predice la probabilidad de hernia en un 76%. Así encontraron que [39]:

(IAMR/ALA) = <1 el 78.8% de los casos tendrán hernia

1.1-1.49 el 52 % de los casos tendrán hernia

1.5-1.99 el 32.1% de los casos tendrán hernia

> 2 el 10.8 por ciento de los pacientes tendrán hernia.

ISC: si es mayor a 0.146 predice la formación de hernia en un 76.3%

Aprendizaje automático

La gran cantidad de información que se procesa informáticamente en el entorno de la medicina la convierte en un campo ideal para el empleo de técnicas conocidas como Análisis Masivo de Datos (Big Data Analysis, BDA, por sus siglas en inglés) y Aprendizaje automático (Machine Learning, ML, por sus siglas en inglés), que pueden permitir en el futuro mejorar la capacidad de investigación clínica y dirigir de manera más precisa las terapias que se proporcionan a los pacientes.

Las herramientas de BDA y ML suponen una gran oportunidad para mejorar la gestión estratégica de las unidades, el manejo de casos clínicos concretos y la investigación clínica.

El ML es el nombre que se le da tanto a la disciplina académica, como al conjunto de técnicas que permiten a las computadoras emprender tareas complejas. Como disciplina académica, ML comprende elementos de matemáticas, estadística e

informática. El aprendizaje automático es el motor que ayudando a impulsar avances en el desarrollo de la inteligencia artificial.

Dos áreas que pueden beneficiarse de la aplicación del ML en el campo médico son el diagnóstico y el resultado o predicción [40,41]. Esto incluye una posibilidad para la identificación de alto riesgo de emergencias médicas, como recaídas o transición a otro estado de enfermedad. Los algoritmos de ML se han empleado con éxito para clasificar el cáncer de piel utilizando imágenes con una precisión comparable a la de un dermatólogo [42] y para predecir la progresión de prediabetes a diabetes tipo 2 utilizando datos de historia clínica electrónica [43].

El objetivo del estudio es utilizar las técnicas de aprendizaje automático, con la intención de desarrollar un modelo predictivo de la hernia incisional, en particular con pacientes sometidos a laparotomía por línea media, combinando las características clínicas del paciente descritas por las escalas de Rotterdam y Hernia Project, así como los índices tomográficos IAMR/ALA e ISC.

JUSTIFICACIÓN

La combinación de información de escores clínicos con las medidas tomográficas de la cavidad abdominal en conjunto con herramientas de ML, podrán ayudar a desarrollar enfoques computacionales capaces de predecir pacientes de alto riesgo, en los cuales se justificará modificar la técnica de cierre o colocar malla en pacientes con alto riesgo. Al disminuir el porcentaje de hernia incisional se mejora la calidad de vida del paciente, se reduce su mortalidad y la posibilidad de una nueva intervención, además de disminuir el costo asociado a su atención, que solo en EU se estima que por cada 1% de reducción en la incidencia de IH se ahorran 32 millones de dólares anuales.

Actualmente se calcula que el porcentaje de recidiva de hernia incisional es del 10% a 10 años, de ahí que identificar a estos pacientes desde el preoperatorio nos ayudará a determinar en quienes se justifica modificar la técnica quirúrgica.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La IH es la complicación más frecuente posterior a una laparotomía y la principal causa de reoperación de estos pacientes, para atender los síntomas asociados y su corrección quirúrgica.

La prevención de IH y conocer las diferentes técnicas para su implementación, tiene que ser parte de la práctica de cualquier especialista que realice laparotomía actualmente (ginecólogo, urólogo, cirujano vascular etcétera) y no ser solo campo del cirujano general.

En la actualidad a pesar de las dudas que genera su uso, la malla es considerado el mejor medio de profilaxis, el uso de la malla es más costoso, afecta la distensibilidad de la cavidad abdominal, se asocia a dolor crónico además de que pueden infectarse, y si esto sucede requieren de un tiempo mayor hospitalario; aunado a esto aún no está del todo claro su uso en cavidades contaminadas, de ahí que su empleo debe estar limitado a pacientes de alto riesgo, de acuerdo con el balance entre riesgo y beneficio que justifique su implementación.

Hasta el momento se han descrito 30 factores relacionados con el desarrollo de una hernia, sin embargo, ninguno de los scores clínicos actuales es útil para predecir esta complicación, lo que ha hecho que el uso de malla no se generalice. Además, hoy en día ningún score de diagnóstico utiliza las mediciones tomográficas de la cavidad que han demostrado por separado ser predictores adecuados de hernia incisional, lo cual representa un recurso valioso a explotar en el pronóstico. En este momento existen 10 escalas pronósticas para predecir la hernia incisional, sin embargo, en ninguna se utilizan técnicas computacionales que han demostrado tener mejor desempeño en la predicción de diversos padecimientos, ya que actualmente solo se han implementado técnicas estadísticas estándar.

¿Se por línea media por Desarrollo de enfoques computacionales? puede predecir la ocurrencia de hernia incisional en pacientes postoperados de laparotomía

HIPÓTESIS

Hipótesis nula:

El uso de las técnicas de aprendizaje automático, no permiten desarrollar un modelo predictivo de hernia incisional posoperatoria combinando las características clínicas

del paciente descritas por las escalas de Rotterdam y Hernia Project combinadas con los índices tomográficos IAMR/ALA e ISC.

Hipótesis alterna:

El uso de las técnicas de aprendizaje automático, sí permiten desarrollar un modelo predictivo de hernia incisional posoperatoria combinando las características clínicas del paciente descritas por las escalas de Rotterdam y Hernia Project combinadas con los índices tomográficos IAMR/ALA e ISC.

OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar enfoques computacionales útiles en la predicción de hernia incisional posoperatoria, mediante la combinación de las características clínicas del paciente descritas por las escalas de Rotterdam y Hernia Project, en conjunto con los índices tomográficos IAMR/ALA e ISC.

Objetivos específicos

- Determinar la incidencia de hernia incisional en pacientes postoperados de laparotomía.
- Aplicar los escores diagnósticos clínicos de Rotterdam y Hernia Project en pacientes postoperados de laparotomía.
- Medir los escores tomográficos de IAMR/ALA e ISC en pacientes postoperados de laparotomía mediante el desarrollo de enfoques de visión computacional.
- Seleccionar las características clínicas que permitan desarrollar un modelo de predicción con mejor desempeño.
- Combinar las escalas clínicas y las mediciones tomográficas con el uso de las técnicas de ML útiles en la predicción de hernia incisional.
- Evaluar el desempeño del modelo de predicción de hernia incisional.

MATERIAL Y MÉTODOS

Tipo de estudio

Estudio de pruebas diagnósticas, retrospectivo, observacional y longitudinal

Sujetos de estudios:

Servicio de enfermedades del tracto digestivo del Hospital Regional de Alta Especialidad del Bajío, México. Pacientes postoperados de laparotomía por línea media entre enero del 2015 y diciembre del 2018. Se cuenta con un universo de 1087 pacientes de los cuales 197 tiene diagnóstico de hernia incisional.

Criterios de inclusión:

- Se incluyeron pacientes mayores de 18 años
- Sometidos a laparotomía por línea media, de manera urgente o programada, independientemente de su diagnóstico de fondo y considerados de alto riesgo, que completen con un seguimiento a 2 años.
- Aquellos en los que sea posible calcular el índice de Rotterdam y Hernia Project preoperatorio
- Aquellos pacientes que cuenten con tomografía preoperatoria y puedan medirse los índices tomográficos de IAMR/ALA e ISC

Criterios de exclusión:

- Se excluyeron a pacientes: embarazadas, aquellos que participaran en algún otro protocolo de cierre de pared, a los que se decidió manejar abdomen abierto al final de la cirugía, sino contaron con datos completos en el expediente para ser clasificados dentro de la escala de Rotterdam y Hernia Project, aquellos que no acudieron a sus controles posoperatorios y por último pacientes reintervenidos, a través de la misma herida por una situación diferente a la hernia incisional, que por lo tanto no cumplieran el seguimiento (2 años).

Variables

Incidencia de hernia incisional entre ambos grupos, con un seguimiento de 2 años posteriores al evento quirúrgico; esto se definirá, de acuerdo con el European Hernia Society: masa en la pared abdominal con o sin salida de vísceras o palpable en el sitio quirúrgico determinada por examen clínico.

Tabla 3. Operacionalización de las variables:

Tipo de variable	D e f i n i c i ó n operacional	Escala de medición	Medición.
Dependiente Hernia incisional	De acuerdo con el European Hernia Society: masa abdominal en la pared en el sitio de la cicatriz determinada por el examen clínico.	Nominal	Sí/No

V a r i a b l e independiente			
Escala de Rotterdam	Escala que mide parámetros clínicos pre y posoperatorios. Tabla 2.	Nominal	Alto riesgo P u n t a j e mayor a 6 Bajo riesgo p u n t a j e menor a 6
Escala Hernia Project	Escala que mide parámetros clínicos pre y posoperatorios. Tabla 2.	Nominal	Alto riesgo P u n t a j e mayor a 9 Bajo riesgo p u n t a j e menor a 9
C r i t e r i o s tomográficos índice IAMR/ALA	El índice de anchura de musculo recto/anchura de la línea alba (IAMR/ALA) consiste en dividir la anchura de la suma de la medición de los músculos rectos entre la anchura de la línea media.	Intervalo	<1 el 78.8% de los casos t e n d r á n hernia 1.1-1.49 el 52 % de los

Técnicas de aprendizaje automático

Mediante técnicas de aprendizaje supervisado se generaron modelos para la predicción de hernia incisional posoperatoria partiendo de las diferentes variables presentes en la Tabla 1.

Modelo 1: Este modelo utiliza para el aprendizaje las variables presentes en la tabla 1 excepto las extraídas mediante criterios tomográficos.

Modelo 2: Este modelo utiliza para el aprendizaje las variables presentes en la tabla 1 que contemplan solo las extraídas mediante criterios tomográficos.

Modelo 3: Utiliza las variables empleadas en el modelo 1 e incluye las extraídas mediante criterios tomográficos.

Métricas de evaluación: los modelos serán evaluados mediante las métricas de precisión, especificidad, sensibilidad, F1 y área bajo la curva (AUC, por sus siglas en inglés).

Para tratar los datos desbalanceados, durante el desarrollo del trabajo se coleccionarán mayor número de muestras de la clase minoritaria. Alternativamente, para un mejor balance de los datos se emplearán técnicas de re-muestreo del conjunto de datos. Algunas de estas técnicas a considerar son: submuestreo aleatorio y sobremuestreo aleatorio.

Se evaluó un grupo de 1087 pacientes bajo seguimiento ya postoperados de laparotomía, y se identificaron pacientes que tienen hernia incisional.

Desarrollo de algoritmos

Todo el procesamiento de datos se realizó utilizando código personalizado escrito en Python 3 (CreateSpace Inc., Scotts Valley, CA, EE. UU.) Con las bibliotecas numpy, pandas, pyreadstat, XGBoost, y optimización bayesiana. El análisis se realizó en una computadora personal con Intel Core de novena generación y tarjeta gráfica GeForce RTX 2070. El enfoque general utilizado en este estudio es el aprendizaje mecánico supervisado para la clasificación binaria. Elegimos utilizar un enfoque de árbol de decisión de clasificación utilizando Extreme Gradient Boosting (XGBoost), que permite un comportamiento no lineal en los predictores, probabilidades bien calibradas y regularización para lograr modelos parsimoniosos. Los hiperparámetros específicos que fueron optimizados pueden encontrarse en el código fuente. Se utilizó la optimización bayesiana para ajustar los hiperparámetros. El modelo se entrenó inicialmente con los 29 predictores. Luego, se seleccionaron las características más importantes a través de Explicaciones de Aditivos de Shapley (SHAP).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con ayuda del programa SPSS 25 para Windows se realizó estadística descriptiva para describir las características generales de la muestra. Las variables cualitativas se reportaron como frecuencia y porcentaje, las variables cuantitativas fueron sometidas a prueba de normalidad de Kolmogorov-smirnov con corrección de lilliefords, de cumplir con los criterios de normalidad se reportarán como media y desviación estándar de no cumplirlos se reportarán como mediana y percentil 25-75%. La muestra se dividió en dos grupos aquellos con hernia incisional y aquellos sin hernia incisional.

Mediante técnicas de aprendizaje supervisado se generaron modelos para la predicción de hernia incisional posoperatoria partiendo de las diferentes variables presentes en la Tabla 2.

Modelo 1: Este modelo utiliza para el aprendizaje las variables presentes en la tabla 2 excepto las extraídas mediante criterios tomográficos.

Modelo 2: Este modelo utiliza para el aprendizaje las variables presentes en la figura 7 que contemplan solo las extraídas mediante criterios tomográficos.

Modelo 3: Utiliza las variables empleadas en el modelo 1 e incluye las extraídas mediante criterios tomográficos.

Métricas de evaluación: los modelos fueron evaluados mediante las métricas de precisión, especificidad, sensibilidad, F1 y área bajo la curva (AUC, por sus siglas en inglés).

RESULTADOS

Se analizaron un total de 1082 pacientes operados de laparotomía por línea media, estos pacientes fueron operados entre enero del 2010 y diciembre del 2016 y entraron al protocolo al cumplir los dos años de posoperados de acuerdo con las guías de la Asociación Europea de Hernia.

Se excluyeron 296 pacientes debido a que fallecieron antes de cumplir el periodo de seguimiento, el expediente estaba incompleto o no terminaron por diversas causas el seguimiento.

En total entraron a los modelos 789 pacientes de ellos 161 presentaron hernia incisional con una incidencia del 20.4%.

En la revisión de la literatura se presentan en las diferentes clasificaciones 70 variables relacionadas a la presencia de hernia incisional, descartamos en el análisis bibliográfico primero las variables repetidas en las escalas y luego aquellas que en dos o más escalas no presentaron diferencia estadística significativa, de ahí que terminamos analizando en nuestra base de datos 14 variables.

Se dividió la muestra en dos grupos de acuerdo con si presentaban hernia incisional o no. Se analizó la asociación de estas 14 variables con la presencia de hernia incisional, y se realizó un análisis univariado y ajustado a la regresión múltiple, aquellos con valor de p menor a 0.1 y aquellas con un OR mayor a 1 y que el intervalo de confianza no incluyera a la unidad fueron los que participaron en el modelaje final. Tabla 1.

Análisis multivariado examinando la relación entre las variables perioperatorias y la presencia de hernia incisional.

Variable	IH n=161	Without IH n= 628	p	OR	IC al 95%
Age	52.37(14.41)	48.94(16.22)	0.009 *	1.014	1-1.02
Sex					
Fémale	98(60.9)	428(68.2)	0.07	0.87	0.56-1.34
Male	63(39.1)	200(31.8)			
Colon surgery	56(34.8)	141(22.4)	0.001	1.29	0.73-2.19
Chronic Pulmonar disease	4(2.5)	11(1.8)	0.54	1.62	0.42-6.15
Ascites	18(11.2)	37(5.9)	0.400	0.85	0.45-1.58
Jaundice	12(7.5)	37(5.9)	0.464	1.22	0.55-2.72
Anemia	20(12.4)	47(7.5)	0.045	1.64	0.85-3.17
Emergency surgery	55(34.2)	118(18.8)	0.0001	1.82	1.48-2.89
Cough	25(15.5)	37(5.9)	0.0001	1.38	0.69-2.75
Wound infection	55(34.2)	56(8.9)	0.0001	2.72	1.63-4.56
Previos surgery	126(78.2)	293(46.65)	0.00001	2.65	1.67-4.19
BMI	27.5(5.8)	25.79(4.8)	0.00001*	1.085	1.04-1.12
Ostomy	56(34.78)	124(19.74)	0.00001	1.13	0.65-1.98
Oncologic patient	110(68.3)	472(75.15)	0.07	0.744	0.44-1.25

Análisis bivariado y multivariado ajustado a regresión logística múltiple. *Media(DE) comparación t student grupos independientes. Variables cualitativas frecuencia(porcentaje) comparación χ^2 .

23

En el análisis univariado fueron las variables: edad, genero, cirugía de colon, Cirugía de urgencia, tos, infección de sitio quirúrgico, cirugía previa, IMC, tener un estoma y tener antecedente de patología oncológica las que tuvieron asociación con la presencia de hernia incisional.

Al hacer ajuste con regresión logística múltiple se observó esta asociación solo en las variables: Edad, cirugía de urgencia, infección de sitio quirúrgico, cirugía previa, e IMC. Ambos resultados de estas variables fueron tomadas en cuenta para participar en los distintos modelos.

Se realizaron 3 modelos para determinar cual clasificaba de manera mas precisa la ocurrencia de esta complicación y poder ser usado como herramienta diagnostica.

En el análisis de regresión logística múltiple fueron cinco variables asociadas a esta complicacion: cirugía previa, edad, IMC, infección de sitio quirúrgico y la cirugía de urgencia todas ellas con una asociacion positiva. Figura 1

El modelo resultante fue: **Riesgo de Hernia Incisional** = Intercepto (0.0214) + Cirugía previa (3.36) + Edad (1.01) + IMC (1.06) + Infección de sitio quirúrgico (3.96) + Urgencia (1.271)

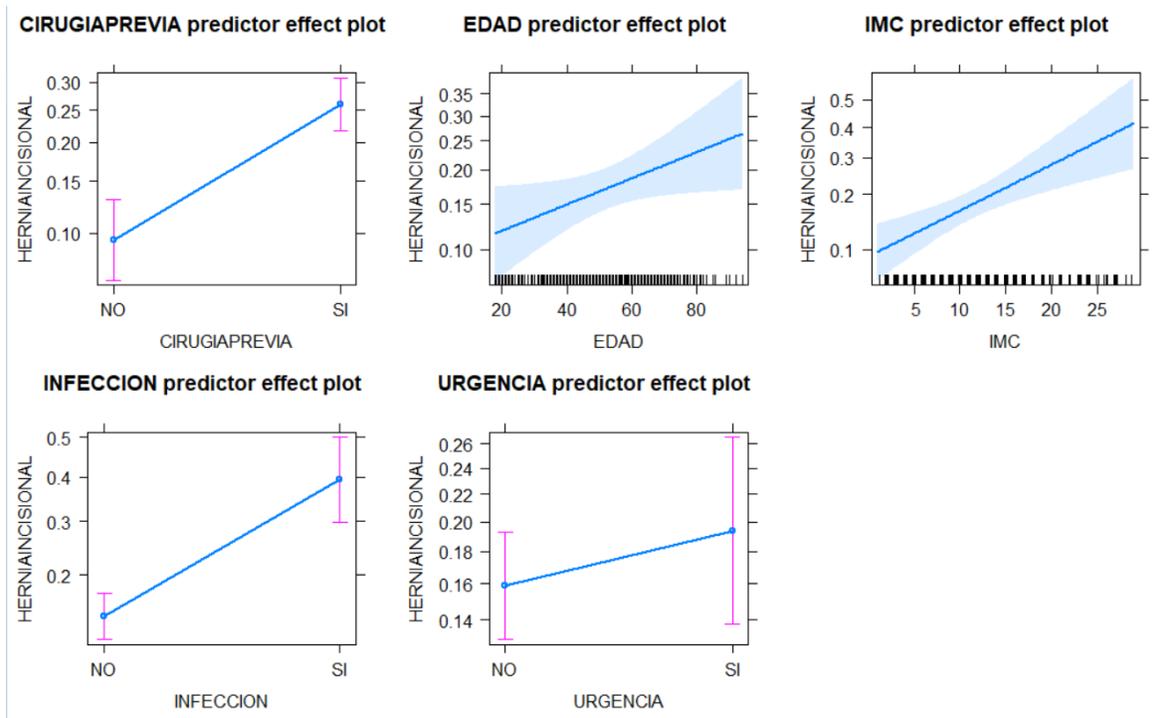
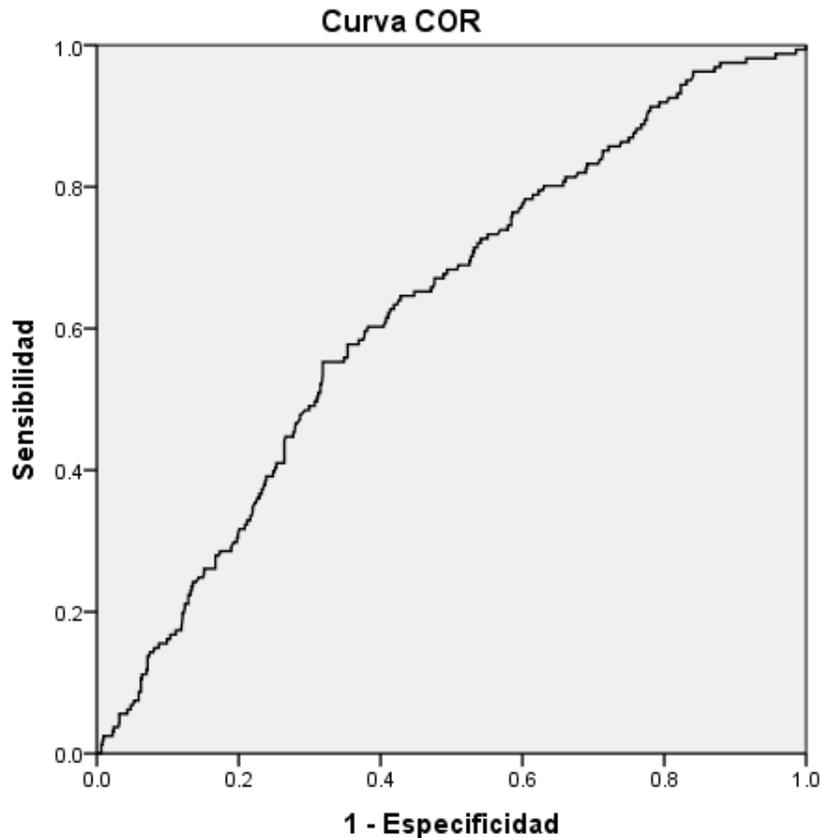


Figura 1. Variables asociadas a la presencia de hernia incisional.

Sin embargo, el modelo predictivo no fue adecuado con un área bajo la curva de 0.662 Figura 1.



Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

Área bajo la curva: modelo de regresión logística múltiple.

El segundo modelo desarrollado fue el de arboles de decisión, se introdujo este modelo debido a la gran relación matemática que tiene con el modelo que nosotros consideramos estándar que es XGBOOST. Para identificar y balancear los datos se realizaron datos de sobremuestreo clásico dirigidos al brazo de no hernia incisional, esto debido a la baja prevalencia de la complicación en la muestra.

Si presentas los siguientes factores: Infección: 13%

- Cirugía previa: 10%
- Tos: 7%
- Estoma: 3%
- IMC > 25: 2%

El riesgo de hernia incisional de del 35%, que ya se puede considerar como de alto riesgo de acuerdo con lo reportado en la literatura. Figura 3.

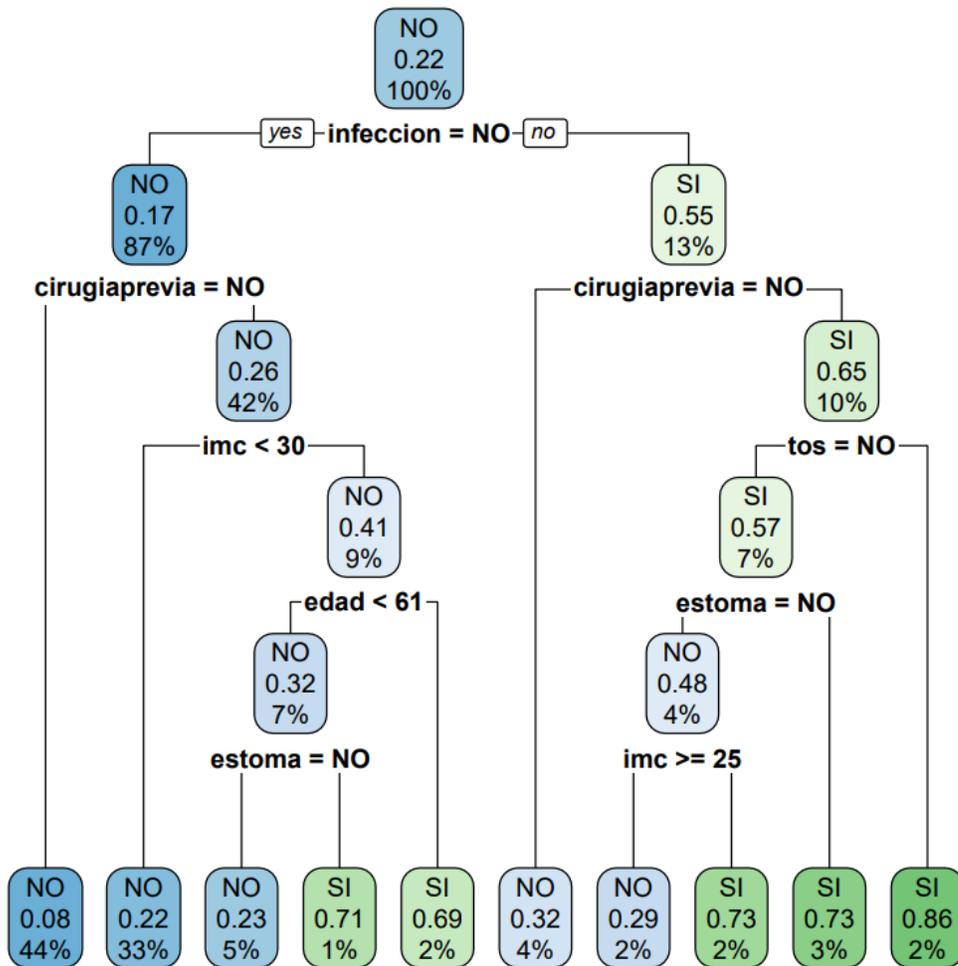


Figura 3. Árbol de decisión.

Sin embargo el rendimiento diagnóstico y la capacidad predictiva del árbol es muy similar a lo presentado por el modelo de regresión logística múltiple con un área bajo la curva de 0.689 Figura 4.

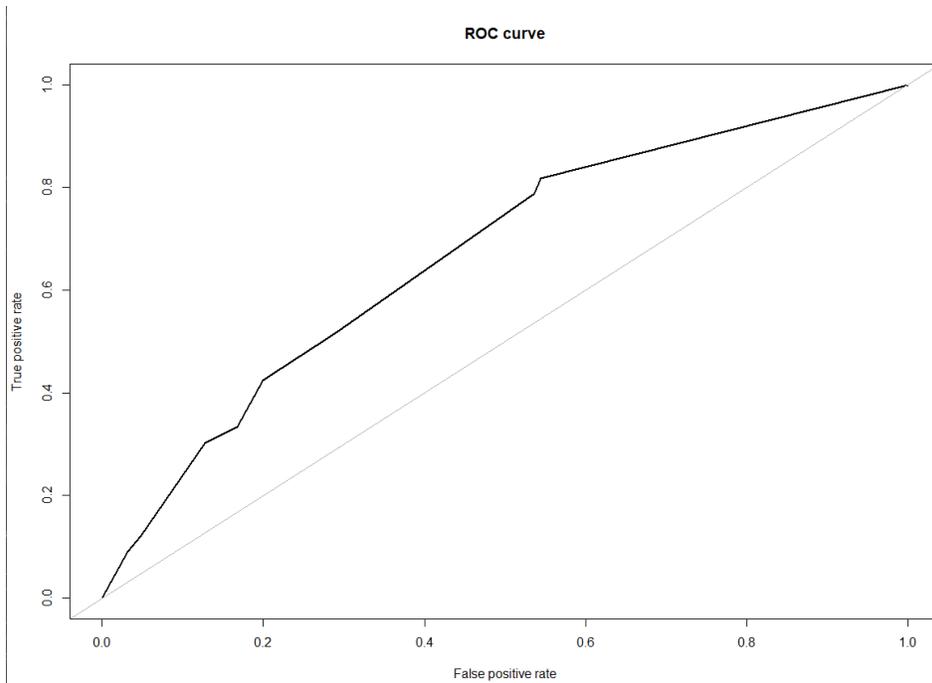


Figura 4. Área bajo la curva árbol de decisión. 0.689

El tercer modelo desarrollado fue utilizando inteligencia artificial con la técnica XGBoost, para esto la muestra se dividió en dos: una de entrenamiento que represento el 80% y otra de prueba que fue el 20% restante.

Se realizo la misma técnica de balanceo que en el árbol de decisión, clásica unilateral dirigida al grupo de no hernia incisional, el balanceo fue el siguiente:

Muestra de entrenamiento 0.80

0	1
489	133
78%	21%

622 pacientes

Balanceo

0	1
433	133
76%	24%

566 pacientes

Se trabajo el modelo con una profundidad del árbol de 4 y 1000 interacciones y con la velocidad de aprendizaje etha de 0.01, con el programa estadístico R.

Se calculo la importancia de las variables en el modelo Figura 5. Siendo el IMC, la presencia de infección de sitio quirúrgico, la edad el haber tenido cirugía previa y el genero masculino los principales predictores.

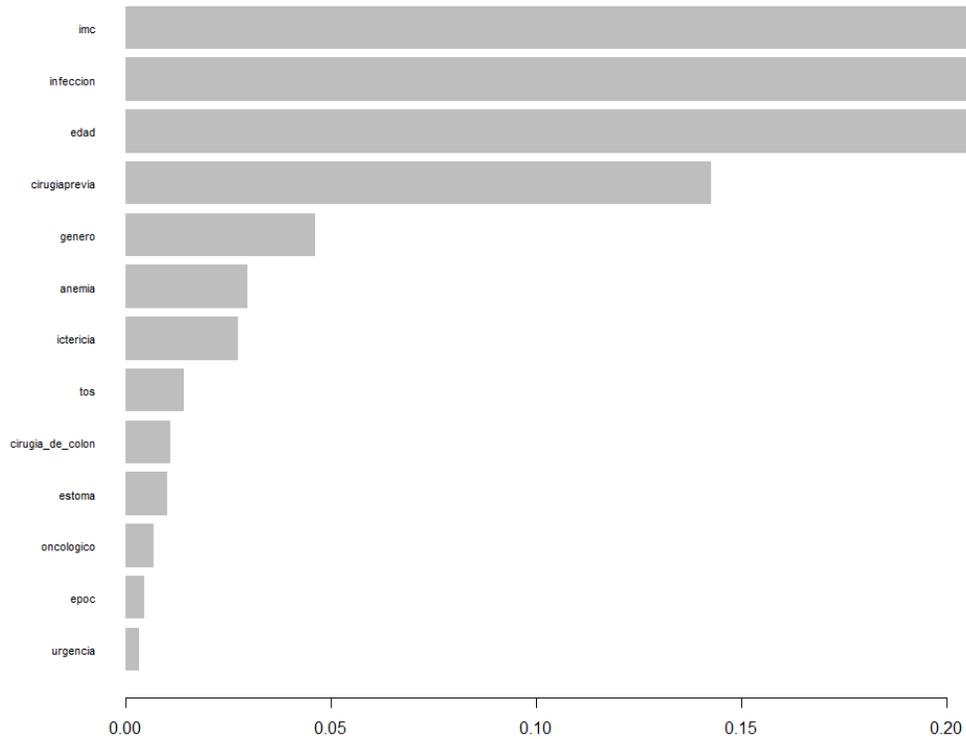


Figura 5. Importancia de las variables XGBoost.

El área bajo la curva del modelo fue de 0.82 considerado como un buen rendimiento diagnóstico. Y con las siguientes métricas de rendimiento:

Precisión: 0.8323 95% CI : (0.7669, 0.8856)

Mcnemar's Test P-Value : 0.03764

Sensitivity : 0.9424

Specificity : 0.2857

Pos Pred Value : 0.8675

Neg Pred Value : 0.5000

Prevalence : 0.8323

Detection Rate : 0.7844

Siendo este el modelo adecuado para ser usado en la base de datos de validación. Una vez hecho esto se construirá una salida para determinar la posibilidad de que los pacientes agregados a la base presenten o no esta complicación.

DISCUSION

La dehiscencia de la fascia abdominal ocurre en un 0.4% -3.5% posterior a las incisiones de laparotomía. Esta complicación postoperatoria conlleva un riesgo significativo de morbilidad y mortalidad del paciente. Las complicaciones que surgen de la dehiscencia fascial quirúrgica incluyen hernia incisional, evisceración, infección y la necesidad de una intervención quirúrgica adicional, la incidencia reportada de mortalidad después de la dehiscencia fascial varía ampliamente entre el 5% y el 50%. La identificación temprana de los pacientes con alto riesgo de complicaciones de la herida o dehiscencia fascial puede proporcionar información al cirujano que podría ayudar en la toma de decisiones con respecto al aumento del cierre fascial con suturas de retención o la colocación de malla absorbible o no absorbible, según la clasificación de la herida de la cirugía.

La búsqueda de la técnica de cierre de laparotomía óptima para la prevención de la dehiscencia fascial o la posterior hernia incisional ha persistido durante un siglo y continuará. Ha habido mucha atención en la literatura durante las últimas décadas con respecto a los aspectos técnicos del cierre fascial para prevenir la falla aguda de la herida (p. Ej., Tamaño de la mordida del tejido y relación entre la longitud de la sutura y la herida) . Al tiempo que se identifican los factores técnicos que influyen en el riesgo de dehiscencia fascial son esenciales para la prevención, tener un modelo de predicción utilizable puede aumentar la identificación y la intervención dirigida para pacientes de alto riesgo.

CONCLUSIONES

Las diferentes escalas que se han utilizado no han permitido modificar la conducta perioperatoria en cuanto al riesgo de desarrollar hernia incisional pues la mayoría de las variables son postoperatorias.

Se ha utilizado el machine learning en los pacientes postoperados de laparotomía línea media de nuestra unidad para identificar los diferentes factores de riesgo con hernia incisional. Este modelo puede cambiar la evaluación del riesgo perioperatorio e identificar a los pacientes con alto riesgo para cambiar las decisiones de los cirujanos en el manejo de sus pacientes.

BIBLIOGRAFIA.

1. Carbonell Tatay F y Moreno Egea A. Eventraciones y otras hernias de la cavidad abdominal. 1era Edicion. Asociación Española de Cirujanos; 2012.
2. Moore K.L, Dalley A. F. Anatomía con orientación clínica. 4ª ed. España: Panamericana; 2005.
3. Townsend CM Jr, Beauchamp RD, Evers BM, Mattox KL. Sabiston Tratado de Cirugía. 17a ed. España: Elsevier. 2005.
4. Torices E, Tort A. Anatomía y embriología de la pared abdominal. En: Aldrete J, León G, Morales JL. Tratado de cirugía general. 1ª ed. México: Manual moderno; 2003. P. 239-246.
5. Skandalakis JE, Skandalakis PN, Skandalakis LJ. Anatomía y técnicas quirúrgicas. 2ª ed. México: McGraw-Hill. 2003.
6. Richard H. Turnage, Jason Mizell y Brian Badgwell Sabiston. Tratado de cirugía, Capítulo 43, 1066-1091
7. Harvey Chim MD, Karen Kim Evans MD, Christopher J. Salgado MD y Samir Mardini MD, Atlas of Abdominal Wall Reconstruction, Chapter 1, 2-20
8. Mark W. Clemens y Charles E. Butler. Plastic Surgery: Volume 4: Lower Extremity, Trunk, and Burns, 12, 276-291.e2
9. Medina Ramírez O, Martínez Munive A. Hernias recurrentes y eventración posoperatoria. En: Consejo Mexicano de Cirugía General. Tratado de Cirugía General. Editorial Manual Moderno. México DF. 2009. p. 263-288.
10. Pelissier E, Armstrong O, Ngo P. Anatomía quirúrgica y vías de acceso del abdomen. EMC Elsevier Masson, Paris. 2011; 40-040: 1-40.
11. Dan H, Sell IV, De la Torre J et al. Open repair of ventral incisional hernias. Surg Clin N Am 88 (2008) 61-83.
12. Van't RM, De Vos Van S, Bonjer HJ, Jeekel J. Incisional hernia after repair of wound dehiscence: incidence and risk factors. Am Surg 2004; 70: 280-6.

13. Ramirez Barba EJ, Lozano R, Lara Lona E. Epidemiología de las hernias de la pared abdominal. En: Mayagoitia González JC, hernias de la pared abdominal. Tratamiento actual. 2 ed. Mexico; Editorial Alfil; 2009. p 9-11.
14. Halm A, Lip H, Schmitz PI. Incisional hernia after upper abdominal surgery: a randomised controlled trial of midline versus transverse incisions. *Hernia* 2009; 13: 275-80.
15. Lee Huu N, Mege D, Sielezneff B. Incidence and prevention of ventral incisional hernia. *Journal of visceral surgery* 2012;149:3-14.
16. Webster C, Neumayer L, Smout R, Horn S, Daley J, Henderson W, et al. Prognostic models of abdominal wound dehiscence after laparotomy. *J Surg Res.* 2003; 109:130-7.
17. Ramshorst G, Nieuwenhuizen J, Hop W. Abdominal wound dehiscence in adults: development and validation of a risk model. *World journal of surgery.* 2010. 34. 20-7.
18. Gómez CJ, Pere RC. Validación de un modelo de evisceración. *Cir Esp.* 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ciresp.2012.12.008>.
19. Goodenough CJ, Ko TC, Kao LS, Nguyen MT, Holihan JL, Alawadi Z et al. Development and validation of a risk stratification score for ventral incisional hernia after abdominal surgery: Hernia expectation rates in intraabdominal surgery (The HERNIA Project). *J Am Col Surg.* 2015; 220: 405-413.
20. Cherla DV, Moses ML, Mueck KM, Hannon C, Ko TC et al. External validation of the HERNIA score: An observational study. *J Am Coll Surg.* 2017;225: 428-434.
21. Lozada Hernandez EE, Gonzalez Gonzalez MA, Molina Rodriguez JF, Obregon Moreno E, Jiménez Herevia AE, Cano Rosas R. Comparison of Two Predictive Scores for the Development of Incisional Hernia. *Journal of Surgery.* Vol. 7, No. 6, 2019, pp. 188-193. doi: 10.11648/j.js.20190706.17
22. Deerenberg EB, Harlaar JJ, Steyerberg EW, et al. Small bites versus large bites for closure of abdominal midline incisions (STITCH): a double-blind, multicenter, randomized controlled trial. *Lancet* 2015; 386: 1254-1260.

23. Jairam AP, Timmermans L, Eker HH, et al. PRIMA Trialist group. Prevention of incisional hernia with prophylactic onlay and sublay mesh reinforcement versus primary suture only in midline laparotomies (PRIMA): 2-years follow-up of a multicenter, double blind, randomized controlled trial. *Lancet*. 2017; 390(10094): 567-576. doi: 10.1016/S0140-6736(17) 31332-6.
24. Harris HW, Hope WH, Adrales G, Andersen DK, Deerenberg E, et al., Contemporary concepts in hernia prevention: selected proceedings from the 2017 international simposium of prevention of Incisional Hernia. *Surgery* 2018. <http://doi.org/10.1016/j.surg.2018.02.020>.
25. Khorgami Z, Shoar S, Laghaie B, Aminian A, Araghi NH et al. Prophylactic retention sutures in midline laparotomy in high-risk patients for wound dehiscence: A randomized controlled trial. *J of Surgical Res*. 2013; 180: 238-243. Doi: 10.1016/j.jss.2012.05.012.
26. Thorup T, Tolstrup MB and Gögenur I. Reduced rate of incisional hernia after standardized fascial closure in emergency laparotomy. *Hernia* (2019) 23:341-346. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10029-019-01893-0>.
27. De Beaux AC. Abdominall Wall Closure. *BJS* 2019; 106:163-164. Doi: 10.1002/bjs.11081
28. Ponce LF, Manso JEF, Abud VL, Nogueira W, Martinez R. Sublay repair results in superior mesh incorporation and histological fibrogenesis in comparison to onlay and primary suture in a experimental rat model. *Hernia* (2018) 22:1089-1100. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10029-018-1808-y>.
29. Payne R, Aldwinckle J, Ward S. Meta-analysis of randomized trials comparing the use of prophylactic mesh to standard midline closure in the reduction of incisional herniae. *Hernia* 2017. 21:843-853.
30. San Miguel C, Melero D, Jimenez E, Lopez P et al. Long-term outcomes after prophylactic use of onlay mesh in midline laparotomy. *Hernia* (2018); 22:1113-1122. doi: <http://doi.org/10.1007/s10029-018-1833-x>.

31. Glauser PM, Brosi P, Speich B, Käser SA, Heigl A, et al. Prophylactic intraperitoneal onlay mesh following midline laparotomy-Long-term Results of a Randomized Controlled Trial. *World J Surg* 2019; 43(7): 1669-1675. Doi: 10.1007/s00268-019-04964-6
32. Caro-Tarrago A, Olona C, Millan M, Olona M, Espina B, Jorba R. Long-term results of a prospectiv randomized trial of midline laparotomy closure with onlay mesh. *Hernia* (2019) 23:335-340
33. Kohler A, Lavanchy JL, Lenoir U, Kurmann A, Candinas D, Beldi G. Effectiveness of prophylactic intraperitoneal mesh implantation for prevention of incisional hernia in patients undergoing open abdominal surgery A Randomized Clinical Trial. *JAMA surgery* 2019. 154(2):109-115
34. Lima HVG, Rasslan R, Novo FCF, Lima TMA, Damous SHB et al. Prevention of fascial dehiscence with onlay prophylactic mesh in emergency laparotomy: A randomized Clinical Trial. *J Am Coll Surg* 2020; 230:76-87. Doi: <http://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2019.09.010>
35. Fischer JP, Harris HW, Lopez Cano M, Hope WW. Hernia prevention: practice patterns and surgeons' attitudes about abdominal wall closure and the use of prophylactic mesh. *Hernia* (2019); 23:329-334. Doi: <http://doi.org/10.1007/s10029-019-01894-z>.
36. Warren J, Desai SS, Boswell ND, Hancock BH, Abbad H et al. Safety and Efficacy of synthetic Mesh for ventral hernia repair in a contaminated field. *J Am Coll Surg* 2020: 1-9
37. Dumanian GA, Lanier ST, Souza JM, Young MW, Mlodinow AS et al. Mesh Sutured repairs of contaminated incisional hernias. *The American Journal of Surgery* (2018). 216:267-273 Doi: <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2017.10.025>.
38. Love MW, Warren JA, Davis S, Ewing JA, Hall AM, Cobb WS, Carbonell AM. Computed tomography imaging in ventral hernia repair: can we predict the

need for myofascial release? *Hernia*. 2020 Apr 10. doi: 10.1007/s10029-020-02181-y. Epub ahead of print. PMID: 32277369.

39. Christy MR, Apostolides J, Rodriguez ED, Manson PN, Gens D, Scalea T. The component separation index: a standardized biometric identity in abdominal wall reconstruction. *Eplasty*. 2012;12:e17. Epub 2012 Mar 22. PMID: 22461951; PMCID: PMC3312684.
40. Sidey-Gibbons, J., Sidey-Gibbons, C. Machine learning in medicine: a practical introduction. *BMC Med Res Methodol* **19**, 64 (2019). <https://doi.org/10.1186/s12874-019-0681-4>
41. Cabitza F, Rasoini R, Gensini GF. Unintended Consequences of Machine Learning in Medicine. *JAMA*. 2017 Aug 8;318(6):517-518. doi: 10.1001/jama.2017.7797. PMID: 28727867.
42. Esteva A, Kuprel B, Novoa RA, Ko J, Swetter SM, Blau HM, Thrun S. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*. 2017;542(7639):115–8. <https://doi.org/10.1038/nature21056>.
43. Anderson J, Parikh J, Shenfeld D. Reverse Engineering and Evaluation of Prediction Models for Progression to Type 2 Diabetes: Application of Machine Learning Using Electronic Health Records. *J Diabetes*. 2016