

# Enseñanza de habilidades quirúrgicas: teorías educativas relevantes (primera parte)

Miguel Ángel Gaxiola-García<sup>1,†</sup>, Beatriz Hatsue Kushida-Contreras<sup>2,§</sup>, Melchor Sánchez-Mendiola<sup>3,\*Δ</sup>.

Facultad de Medicina



## Resumen

**Introducción:** No se cuenta con una definición precisa de educación quirúrgica globalmente aceptada. Las teorías o marcos teóricos educativos que sustentan la enseñanza de la cirugía se encuentran fragmentados y dispersos, sin formar parte de un modelo integrado que permita su abordaje holístico con rigor académico.

**Objetivo:** Obtener una aproximación de los conceptos y teorías utilizados en educación quirúrgica, que potencialmente puedan ser incluidos en un modelo integrador.

**Método:** Se realizó una revisión panorámica (*scoping review*) de la literatura sobre educación quirúrgica y sus marcos teórico-conceptuales, se determinaron relaciones entre conceptos cuando fue pertinente. El análisis se estructuró de la siguiente forma: retos de la educación quirúrgica, paradigmas educativos, programas estructu-

rados vs. no estructurados, características de un mentor quirúrgico efectivo, teoría cognitiva del aprendizaje en la sala de operaciones, taxonomías para enseñanza y aprendizaje de la cirugía, modelo de novato a experto, y modelos para enseñanza quirúrgica.

**Resultados:** Los conceptos que fundamentan la educación de la cirugía son múltiples; su aplicación y utilidad han sido demostradas en contextos de aprendizaje tanto médicos como no médicos. La utilización de estos conceptos o modelos durante la enseñanza por parte del mentor, le proporcionan esquemas que facilitan la evaluación y en su caso, la modificación de las estrategias. La fundamentación teórica de la enseñanza quirúrgica permite migrar de programas basados en tiempo o carga de trabajo arbitrarios hacia experiencias de aprendizaje planeadas y moduladas.

<sup>1</sup> Hospital Infantil de México "Federico Gómez", Cd. Mx., México.

<sup>2</sup> Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga", Cd. Mx., México.

<sup>3</sup> División de Estudios de Posgrado, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. Mx., México.

ORCID ID:

<sup>†</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3431-5150>

<sup>§</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3027-3707>

<sup>Δ</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9664-3208>

Recibido: 10-octubre-2021. Aceptado: 13-diciembre-2021.

\*Autor para correspondencia: Melchor Sánchez-Mendiola. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México. Ave. Universidad 3000. C.U. Coyoacán. Cd. Mx., México. 04510. Teléfono: 5556228713.

Correo electrónico: [melchorsm@unam.mx](mailto:melchorsm@unam.mx)

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

**Conclusiones:** Existen recursos teóricos que pueden ser utilizados en el espectro completo de la educación quirúrgica, desde la selección del aprendiz de cirugía hasta el desempeño autónomo del profesional de la especialidad. El uso de estos conceptos o teorías permite lograr una enseñanza quirúrgica de mayor calidad, limitando la acción del azar en el aprendizaje.

**Palabras clave:** Cirugía; educación quirúrgica; modelos educativos; marcos conceptuales; teorías.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Teaching surgical skills: relevant educational theories (part one)

### Abstract

**Introduction:** There is no globally accepted precise definition of surgical education. Educational theories and theoretical frameworks that support the teaching of surgery are fragmented and scattered, without being part of an integrated model that allow a holistic approach with academic rigour.

**Objective:** To obtain an approximation of the concepts and theories used in surgical education that can potentially be included in an integrative model.

**Methods:** A scoping review of the literature about surgical education and its theoretical-conceptual frameworks was carried out, relationships between concepts were

determined when appropriate. The analysis was structured as follows: challenges of surgical education, educational paradigms, structured vs. unstructured programs, characteristics of an effective surgical mentor, cognitive theory of learning in the operating room, taxonomies for teaching and learning of surgery, novice to expert model, and models for surgical teaching.

**Results:** The concepts that support the teaching of surgery are multiple; its application and utility have been demonstrated in medical and non-medical learning contexts. The use of these concepts or models by mentors provide schemes that facilitate the assessment and, when appropriate, the modification of teaching strategies. The theoretical grounding of surgical teaching allows migrating from programs based on arbitrary time periods or workloads to planned and modulated learning experiences.

**Conclusions:** There are theoretical resources that can be used in the whole spectrum of surgical education, from the selection of the surgical apprentice to the autonomous performance of the experienced surgical professional. The use of these concepts or theories makes it possible to achieve quality surgical teaching, limiting the effects of chance in learning.

**Keywords:** Graduate medical education; surgery; educational models; conceptual frameworks; theories.

This is an Open Access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad no existe una definición, consensuada o aceptada globalmente, de educación quirúrgica; esta ha sido descrita como “un proceso que inicia con un periodo de formación sólido y que debe ir seguido de educación médica continua de alta calidad y de por vida”<sup>1</sup>. En cambio, sí existen algunas aproximaciones para definir *formación o entrenamiento quirúrgico*. Un ejemplo de definición es “la producción de un profesional competente y que demuestra las habilidades cognitivas, técnicas y

personales necesarias para satisfacer las necesidades de la sociedad” en el contexto de la cirugía<sup>2</sup>.

Podemos ver, a partir de esta sutil diferencia terminológica (educación frente a formación), la noción del desarrollo de habilidades psicomotoras. De manera similar, algunos autores distinguen entre la enseñanza de la medicina y la enseñanza de la clínica, catalogando a esta última como “enseñanza y aprendizaje centrados en, y generalmente involucrando directamente a, los pacientes y sus problemas”<sup>3</sup>. El contexto de la enseñanza y el aprendizaje

en un ambiente quirúrgico plantea circunstancias aún más particulares y específicas: la adquisición óptima de conocimientos y habilidades quirúrgicas requiere la interacción sintonizada entre el maestro, el alumno y el entorno<sup>4</sup>.

A pesar de la gran cantidad de publicaciones generadas en las últimas décadas sobre educación en profesiones de la salud, son escasos los trabajos que intentan agrupar y analizar con secuencia metodológica y aproximación académica las diversas teorías, marcos teóricos y conceptuales directamente relevantes a las disciplinas quirúrgicas, por lo que se decidió realizar el presente trabajo en un intento inicial de sistematizar la literatura pertinente al tema, para en una fase posterior elaborar un modelo integrador que surja de la gran cantidad de modelos y paradigmas disponibles en la literatura. En virtud de lo extenso de los resultados, se presentará el trabajo en dos partes.

## MÉTODO

Para este trabajo se eligió la metodología de revisión panorámica (en inglés *scoping review*), también conocida en español como revisión de alcance, sistemática exploratoria, entre otros descriptores<sup>5</sup>. Este tipo de síntesis de la literatura ha tenido un auge importante en los últimos años, y es apropiado para los objetivos del presente trabajo, en el sentido de que no hay una pregunta específica como en la revisiones sistemáticas o metaanálisis tradicionales, sino que pretende proporcionar un panorama general del tema a abordar, para de ahí avanzar a preguntas específicas, generar hipótesis, y abrir opciones de investigación en el área. Este estudio siguió las pautas descritas en la guía PRISMA-SCr (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews*)<sup>5</sup>.

Se realizó una búsqueda de la literatura en la base de datos MEDLINE a través de la plataforma de PubMed, sin límite de fechas. Se utilizaron los siguientes términos de búsqueda: *Surgical educator characteristics, Surgical Education Models, Learning theories, Taxonomies for teaching/learning, Motivation, Cognitive load, Simulation, Deliberate practice, Learning curve, Technology enhanced surgical education, Basic/Advanced surgical skills, Basic learner vs advanced learner, Objective assessment/Subjective*

*assessment, Dedicated skills facility, Dry lab/Wet lab/ Patient simulation lab, Exposition (workload, number of cases), y Training time*. Se excluyeron artículos que no correspondieran al contexto de enseñanza de la cirugía. También se identificaron las publicaciones relevantes contenidas en las referencias de los artículos, las cuales fueron exploradas manualmente. Se incluyeron para análisis aquellos documentos que describieran el uso de los conceptos enumerados en ámbitos de enseñanza de la cirugía. Fueron excluidas aquellas publicaciones que abordaran los conceptos de manera superficial o tangencial y que no permitiera extraer sus definiciones claras.

De los artículos seleccionados, se estructuró el análisis de los mismos en los siguientes apartados: retos de la educación quirúrgica, paradigmas educativos, programas estructurados vs. no estructurados, características de un mentor quirúrgico efectivo, teoría cognitiva del aprendizaje en la sala de operaciones, taxonomías para enseñanza y aprendizaje de la cirugía, modelo de novato a experto, y modelos para enseñanza quirúrgica.

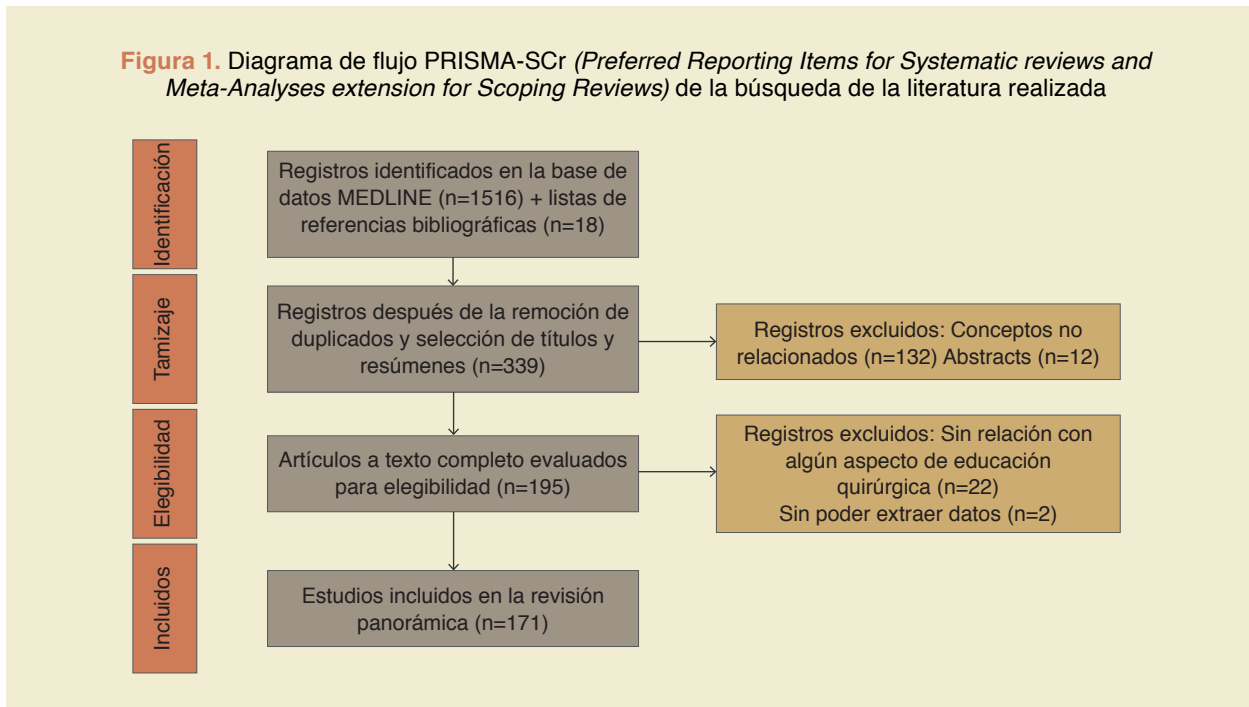
## RESULTADOS

La búsqueda arrojó 1,516 estudios potenciales en la literatura, publicados entre enero de 1980 y enero de 2021. De estos, se incluyeron 171 estudios que cumplieran con los criterios de elegibilidad (**figura 1**).

### 1) Retos de la educación quirúrgica

Además de las exigencias extraordinarias para la enseñanza durante la pandemia<sup>6</sup>, factores como las restricciones en horas de trabajo y exposición a casos, los recursos limitados, la necesaria adaptación a los avances tecnológicos, y el aumento en las expectativas de los pacientes, presentan un claro desafío al modelo de aprendizaje tradicional utilizado en la formación quirúrgica<sup>7</sup>. Aunado a ello, los planes de estudio presentan diferencias, a veces grandes, entre regiones, sistemas educativos y países<sup>8</sup>. Sin embargo, una formación adecuada idealmente debe ocurrir en el contexto de principios teóricos basados en evidencia, y los efectos de aquella deben evaluarse utilizando resultados relevantes<sup>9</sup>. Estos y otros desafíos para la educación quirúrgica, también interpretables como áreas de oportunidad, se resumen en la **tabla 1**<sup>10,11</sup>.

**Figura 1.** Diagrama de flujo PRISMA-SCr (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews*) de la búsqueda de la literatura realizada



**Tabla 1.** Desafíos para la educación quirúrgica identificados en la literatura

• Horas de trabajo reducidas	• Carencia de teoría educativa sólida
• Recursos limitados	• Múltiples métodos de evaluación
• Adaptación a la tecnología	• Heterogeneidad de programas
• Brecha tecnológica	• Necesidad de correlación/predicción

## 2) Paradigmas educativos

Usualmente explorado en circunstancias más generales, el concepto de “aprendizaje de adultos” es solo uno de los muchos aspectos de la educación quirúrgica que pueden constituir tanto principios como componentes de un modelo educativo más amplio. Por ejemplo, un enfoque autodirigido del aprendizaje en el que el ritmo se autorregula y se centra en las necesidades del alumno, se conoce como *heutagogía*; este enfoque se basa en gran medida en el uso de la tecnología y maximiza la autonomía del alumno<sup>12</sup>.

Un paradigma educativo puede entenderse como una representación de los insumos, procesos y resultados involucrados en la enseñanza y el aprendizaje; todos estos elementos se interrelacionan a través de los conceptos y conexiones de una teoría. Algunos de los paradigmas educativos aceptados en la educación médica incluyen: conductismo, cognitivismo, cons-

tructivismo cognitivo, constructivismo social, humanismo y paradigma transformativo<sup>13</sup>. El diseño de la experiencia educativa, así como los roles de educador y alumno se ven afectados por el paradigma elegido. Tradicionalmente, la formación quirúrgica se sitúa en el espectro del conductismo; la repetición y la carga de trabajo entendidos como componentes de un proceso de aprendizaje efectivo. Existen algunas desventajas al basar la enseñanza únicamente sobre este paradigma: una tensión elevada para los educandos y la inhibición de la curiosidad, especialmente después de enfrentar complicaciones<sup>14</sup>. Por otro lado, la teoría constructivista también se aplica a la formación quirúrgica, ya que es más probable que los alumnos adquieran una habilidad práctica cuando la relacionan con experiencias adquiridas anteriormente<sup>15</sup>. Adicionalmente, en relación con la teoría social cognitiva encontramos conceptos

muy valiosos tales como la práctica deliberada, la carga cognitiva y la capacidad de atención<sup>16</sup>. Una aplicación concreta de un paradigma educativo o teoría del aprendizaje a la cirugía es el *entrenamiento cognitivo* para el desarrollo de habilidades técnicas<sup>17</sup>.

### 3) Programas estructurados vs. no estructurados

Aunque no existe una definición clara de un programa de residencia quirúrgica “estructurado”, se han establecido al menos algunas características: un programa estructurado se basa en objetivos de aprendizaje diseñados para abarcar la totalidad de la especialidad e incluir estrategias de evaluación (formativa y sumativa). Además de esto, hay algún tipo de “cronograma” y el nivel de competencia del aprendiz se determina individualmente<sup>18</sup>. Es importante enfatizar que un programa explícito de clases o la asignación de las rotaciones de los residentes y la programación de las guardias intrahospitalarias no son suficientes para que un programa de residencia se considere estructurado.

Algunas asociaciones quirúrgicas implementan programas educativos estructurados a nivel nacional (por ejemplo, Reino Unido) que promueven la evaluación de habilidades técnicas y no técnicas. Estos programas de residencia intentan evaluar a los cirujanos en sus tareas diarias utilizando sistemas de calificación con evidencia de validez, permitiendo un nivel altamente estandarizado de formación quirúrgica<sup>8</sup>.

La educación planificada conduce a lo que en círculos especializados se conoce como “calmanización”: los efectos de las reformas propuestas por el cirujano Sir Kenneth Charles Calman, con el objetivo de reestructurar la formación de los cirujanos utilizando una vía de formación más corta, más estructurada y más organizada para que la competencia clínica independiente se pueda lograr de una forma más rápida<sup>19</sup>. De manera interesante, cuando los alumnos y el profesorado evalúan el grado de “estructura” de un programa de residencia por separado, pueden surgir algunas diferencias en sus percepciones<sup>21</sup>. La **tabla 2** muestra algunas características de un programa estructurado de formación quirúrgica.

### 4) Características de un mentor quirúrgico efectivo

Aparentemente, aquellos involucrados en el contexto actual de la educación quirúrgica son capaces de identificar cuando están “trabajando con un gran maestro”; sin embargo, las características de este maestro no están claramente delineadas<sup>21</sup>. Los rasgos deseables de un profesor de cirugía se han descrito desde el punto de vista de estudiantes y educadores. Algunas de estas características, según la investigación realizada por Swendiman et al.<sup>22</sup>, se resumen en la **tabla 3**. Otros reportes han identificado rasgos de una enseñanza quirúrgica efectiva y susceptible de intervenciones específicas para desarrollo docente. Aunque algunos de estos rasgos se basan en com-

**Tabla 2.** Características sugeridas de un programa estructurado de formación quirúrgica

• Objetivos de aprendizaje explícitos	• Formato basado en módulos
• Evidencia de modelos educativos	• Clases y conferencias programadas
• Gran componente de simulación	• Soporte tecnológico
• Evaluación formativa con validez	• Programa de desarrollo docente
• Evaluación sumativa con validez	• Plan de estudios basado en métricas
• Evaluación de habilidades no técnicas	• Evaluación de habilidades psicomotoras

**Tabla 3.** Características de un profesor quirúrgico efectivo (adaptado de Swendiman, referencia 22)

• Brinda excelente atención médica	• Amor por la profesión
• Promueve la enseñanza individual	• Desea ser un modelo a seguir
• Realza el aprendizaje multimodal	• Fomenta la seguridad psicológica
• Acepta la autonomía del aprendiz	• Acepta la responsabilidad
• Preocupado por la educación	• Acoge la colegialidad

ponentes algo etéreos como la “inspiración”, otros enfatizan aspectos relativamente objetivos como el liderazgo, la realimentación, el uso de un marco de enseñanza estructurado y el conocimiento de la tecnología<sup>21-24</sup>.

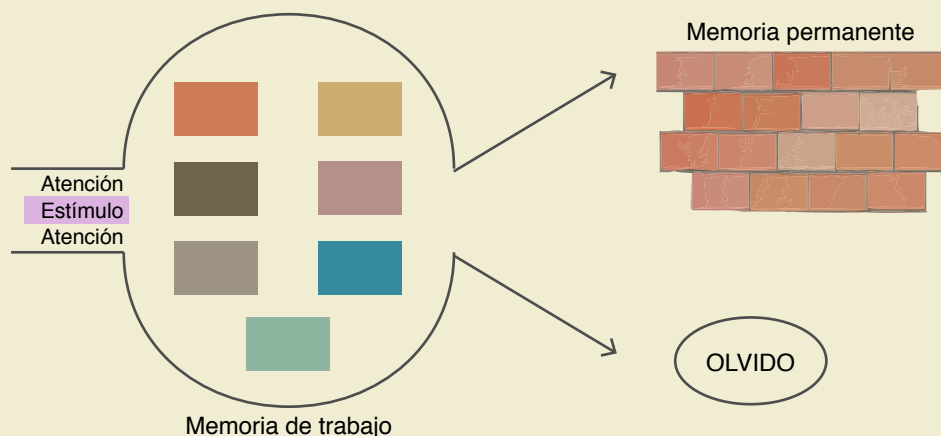
### 5) Teoría cognitiva del aprendizaje en la sala de operaciones

**Carga cognitiva.** Las interacciones de una persona con el entorno, decidiendo qué estímulos suprimir y sobre qué estímulos actuar, se pueden esquematizar como un sistema de procesamiento de información<sup>25</sup>. Una vez que nuestro aparato sensorial detecta un estímulo dado, este puede descartarse, si no es relevante, o procesarse a través de la memoria de trabajo (MT) (también denominada *memoria a corto plazo*) provocando una serie de respuestas, que a su vez pueden modificar el estímulo de entrada<sup>26</sup>. La información permanece en la MT mientras realizamos la tarea correspondiente; estos datos pueden almacenarse en la memoria a largo plazo o perderse. El flujo de información desde la MT a la memoria a largo plazo (permanente) depende de los enlaces que se efectúen con una información ya almacenada<sup>27</sup>. Aparte del espacio disponible en la MT, el número de tareas realizadas simultáneamente es limitado (“siete más o menos dos unidades de información”)<sup>28</sup>; por lo tanto, la atención es primordial

para el aprendizaje y el desempeño adecuados. De acuerdo con la Teoría Cognitiva del Aprendizaje, una nueva tarea se aprende más fácilmente cuando se presta toda la atención; los distractores significan que una carga cognitiva extraña ocupa espacio en la memoria de trabajo<sup>29</sup>.

Teniendo en cuenta la capacidad limitada de nuestra memoria de trabajo, la dificultad de aprendizaje en el quirófano es fácil de entender cuando este entorno desafía al estudiante con “tareas y distracciones múltiples, situaciones urgentes y de crisis, participantes diversos y decisiones de alto riesgo que requieren acciones rápidas y respuestas precisas”, generando una gran carga cognitiva<sup>4</sup>. La enseñanza y el aprendizaje se ven beneficiados al reducirse la carga cognitiva externa. Esto se puede lograr proporcionando al alumno una variedad de esquemas, instrucciones, algoritmos, protocolos explícitos y auxiliares similares<sup>16</sup>. Tales elementos pragmáticos constituyen una implementación concreta del currículo en un escenario real, una transición de la teoría a la práctica; también implican una aproximación al desarrollo curricular, la enseñanza directa, el entorno de aprendizaje y la metacognición<sup>30,31</sup>. Cuando algunos pasos son automatizados, la necesidad de atención disminuye y la memoria de trabajo gana espacio libre, dando la oportunidad de avanzar en la adquisición de habilidades<sup>16</sup> (**figura 2**).

**Figura 2.** Teoría cognitiva del aprendizaje. La atención capta los estímulos, los cuales son procesados en la memoria de trabajo; dependiendo del uso que se les confiera, estos pasan a la memoria permanente o son olvidados (adaptado de Young et al., referencia 30)



**Práctica deliberada.** Se ha definido como “una repetición de tareas enfocada en mejorar el desempeño, sirviéndose de retroalimentación y orientación”<sup>16</sup>. Esta definición es insuficiente, ya que no toma en cuenta el concepto de “control consciente”, necesario para realizar modificaciones intencionales<sup>32</sup>. En su enfoque original, la práctica deliberada abordaba la cantidad de tiempo dedicado a la repetición<sup>33</sup>. Los medios masivos de comunicación, las redes sociales, y un libro muy popular de Malcolm Gladwell<sup>34</sup> ayudaron a difundir el concepto de las 10,000 horas de práctica necesarias para convertirse en un experto. Esta afirmación, aunque popular y fácil de entender, carece de una base suficientemente sólida para tomarla como una cifra generalizable. Se ha pedido a maestros quirúrgicos de renombre internacional que señalen la cantidad de tiempo necesario para lograr “maestría quirúrgica”, la respuesta común fue el momento en que se convirtieron en profesores asistentes<sup>35</sup>. Este logro equivaldría a formarse como especialista quirúrgico, seguir formándose como subespecialista, completar una alta especialidad y, finalmente, trabajar durante varios años bajo la supervisión de un cirujano con más experiencia. Se ha estimado que el tiempo necesario para alcanzar el estado de cirujano maestro o experto es de entre 15,000 y 20,000 horas<sup>36</sup>. A pesar de esta teórica cantidad de tiempo, la práctica deliberada puede intervenir en el proceso educativo, potenciarlo y acortar las curvas de aprendizaje<sup>33,36-38</sup>. De forma importante, la realimentación y las oportunidades de repetición son esenciales para que la práctica se considere deliberada<sup>39</sup>.

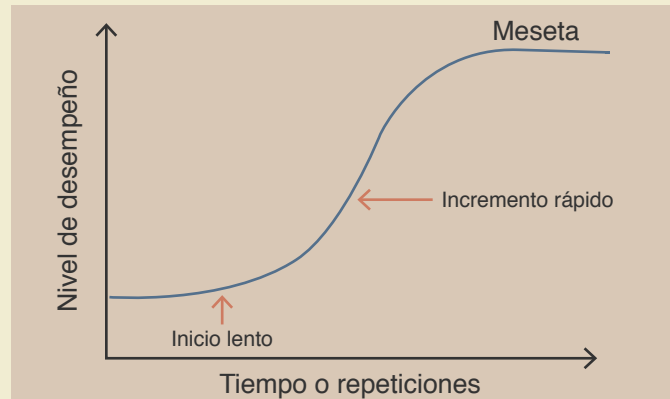
**Motivación y autorregulación.** La motivación, la razón detrás de una acción, se ha definido como “el proceso de instigar y mantener un comportamiento dirigido a un objetivo”<sup>40</sup>. Para explicar y modelar este valioso concepto se ha recurrido tanto a perspectivas filosóficas como a postulados de la neurocognición<sup>41-43</sup>. La motivación intrínseca es el deseo auténtico de involucrarse en una actividad, por la actividad misma, sin esperar beneficios específicos. La motivación extrínseca significa que razones externas al individuo lo mueven a involucrarse en una actividad; estas razones externas pueden considerarse recompensas<sup>44</sup>. Los elementos de la ecuación

resultante son la probabilidad de éxito percibida, la tendencia a evitar el fracaso y el valor asignado al resultado<sup>45</sup>. Para mantener la motivación es necesario emplear estrategias<sup>46</sup>; por ejemplo, en los residentes de cirugía, se ha demostrado que la motivación intrínseca disminuye cuando se enfrentan a un programa de entrenamiento duro y prolongado<sup>41</sup>.

La autorregulación requiere de establecer metas y estrategias, así como recurrir a memoria, planificación, síntesis, conceptualización y evaluación; es decir, se sirve de la metacognición para monitorizar su progreso y garantizar que este se mantenga<sup>42</sup>. Las emociones (p. ej., alegría, esperanza, frustración, ansiedad) involucradas en este proceso, también son propensas a modificarse<sup>45</sup>. El comportamiento de los estudiantes autorregulados puede ser la clave para una carrera próspera y gratificante, ya que estos “tienen las herramientas para mejorar su desempeño y el de los miembros de su equipo a lo largo de toda su carrera profesional”<sup>47</sup>.

**Curvas de aprendizaje.** Originalmente, las curvas de aprendizaje se estudiaron en relación con los costos de fabricación de aviones; se observó que a medida que aumentaba el número de unidades fabricadas, la cantidad de tiempo invertido para producir una unidad individual disminuía a un ritmo uniforme. A partir de ahí la aplicación del concepto pasó por la industria militar y hacia aplicaciones más generales; en ocasiones recibiendo otros nombres como curva de progreso, de práctica, de mejora y de experiencia<sup>48</sup>. Debe destacarse que el concepto rara vez se escucha fuera del ámbito de las habilidades procedimentales. La curva de aprendizaje es una representación de la evaluación del desempeño; la velocidad y la forma del aprendizaje son consistentes: el aprendizaje comienza lentamente, aumenta rápidamente y luego se ralentiza cuando se logra el dominio de la habilidad<sup>49</sup>. Las variables involucradas suelen ser el tiempo o el número de repeticiones (carga de trabajo) en comparación con un resultado declarado más o menos objetivamente (velocidad, rendimiento, duración de la estancia intrahospitalaria, complicaciones, sobrevida, transfusiones de sangre). Por lo general, cuanto más tiempo se dedique o más repeticiones se realicen, mejor será el resultado (resultados más deseables, resultados menos

**Figura 3.** Curva de aprendizaje típica. El nivel de desempeño alcanzado está relacionado de manera directa con el tiempo invertido o el número de repeticiones realizadas. El inicio es relativamente lento hasta que la familiaridad o el esfuerzo confieren un incremento rápido; típicamente el profesional llega a una meseta que refleja su desempeño máximo (adaptado de Pusic et al., referencia 50)



indeseables). Un aspecto importante de la representación es el ritmo de progreso y el nivel de dominio, este último generalmente se establece de manera arbitraria, pero coincidente con una línea plana o meseta sin una mejoría adicional: el rendimiento máximo alcanzable en el contexto de aprendizaje dado<sup>50</sup>. En la educación médica las curvas de aprendizaje usualmente muestran un aumento sigmoideo en el desempeño en relación con el tiempo dedicado a la actividad en cuestión, seguido de una tasa de aprendizaje que se desacelera negativamente<sup>49</sup>. Una observación importante es que la forma general de las curvas de aprendizaje en la educación quirúrgica es similar a la “curva de rendimiento” descrita en la literatura general sobre habilidades motoras<sup>51</sup>, y que afirmar que un estándar difícil de alcanzar tiene una “curva de aprendizaje pronunciada” es un nombre inapropiado, ya que esto significaría una rápida adquisición de habilidades, generalmente porque el procedimiento es simple<sup>52</sup> (figura 3).

## 6) Taxonomías para enseñanza y aprendizaje en cirugía

**Taxonomía de Bloom.** Dado que algunas tareas son más difíciles de aprender que otras, se han intentado categorizar los diferentes tipos de información y las operaciones a las que pueden ser objeto. La taxonomía de Bloom, publicada en 1956, contiene seis

categorías de habilidades cognitivas: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación. Algunos autores dividen las categorías en habilidades de orden inferior, requieren menos procesamiento cognitivo, y habilidades de orden superior que requieren un aprendizaje más profundo y un mayor grado de procesamiento cognitivo<sup>53</sup>. Con un enfoque sobre objetivos de aprendizaje, más que en categorías, la taxonomía de Bloom fue revisada permitiendo formular preguntas o instrumentos de evaluación apropiados para cada nivel. Los seis niveles de la taxonomía revisada son: *recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear*<sup>54</sup>. Puesto que estas categorías se refieren a la cognición, la aplicación al contexto psicomotor no es tan sencilla. Algunas adaptaciones a la taxonomía de Bloom se ocupan de la codificación física de la información, es decir, el movimiento y las actividades o procedimientos utilizados para expresar o interpretar información o conceptos. El dominio psicomotor se encarga de utilizar las habilidades motoras y coordinarlas.

**Taxonomía de Simpson.** Este modelo incluye siete categorías: *percepción, preparación, respuesta guiada, mecanismo, respuesta compleja, adaptación y originación*. Este esquema puede entenderse como una serie de pasos lógicos y continuos: la realización de una tarea motora requiere conciencia de la



**Figura 4.** Taxonomías de Bloom clásica y revisada, y taxonomía psicomotora de Simpson. Se observan los niveles y correspondencias de las taxonomías de Bloom clásica y revisada. Puede verse una jerarquización de las actividades psicomotoras (adaptada de Adams, referencia 53; Raman, referencia 55 y Sawyer et al., referencia 56)



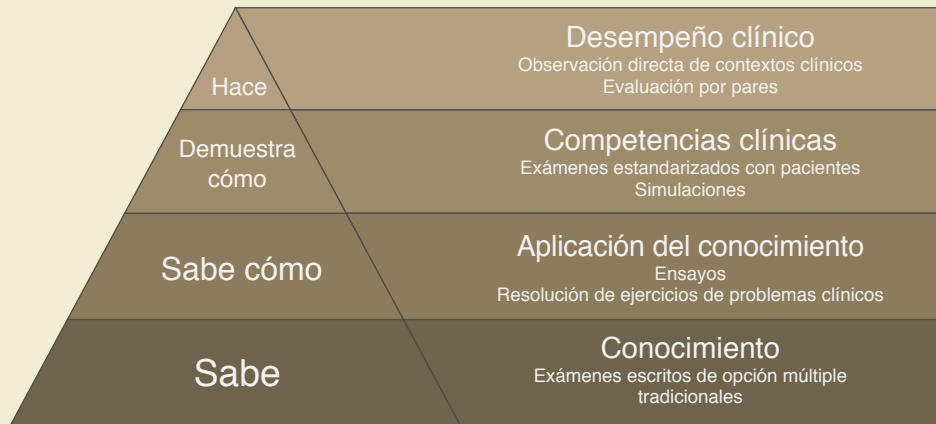
misma (percepción), proveniente de la estimulación sensorial que dicta las acciones y herramientas necesarias (preparación) requeridas para realizar un procedimiento. Cuando un profesor está presente para entrenar al alumno (respuesta guiada), se lleva a cabo la instrucción y la realimentación y, después de un cierto número de sesiones o repeticiones, la habilidad motora se automatiza en el alumno (mecanismo). Si el alumno adquiere competencia, la habilidad aprendida se realiza de manera eficiente y sin errores (respuesta compleja) y en etapas más avanzadas será posible modificar la habilidad motora para satisfacer las necesidades inherentes a diferentes problemas (adaptación). El diseño de nuevas habilidades procedimentales se encuentra en el nivel superior de habilidades (originación)<sup>55,56</sup>. Se han diseñado otras taxonomías similares, algunas con diferencias mínimas y otras con diferencias importantes con respecto a la descripción original. La taxonomía de Dave se publicó en 1970; las etapas o categorías descritas son: *imitación, manipulación, precisión, articulación y naturalización*<sup>57</sup>. La taxonomía de habilidades psicomotoras de Harrow, publicada en 1972,

comprende seis niveles; estos son: *movimientos reflejos, movimientos fundamentales básicos, habilidades perceptivas, habilidades físicas, movimientos hábiles y comunicación no discursiva*. La **figura 4** muestra la representación de la taxonomía clásica y revisada de Bloom, así como la taxonomía del dominio psicomotor de Simpson.

**Pirámide de Miller.** Fue propuesta por George Miller en 1990 como un marco para evaluar la competencia clínica<sup>58</sup>. En la base de la pirámide encontramos el conocimiento (*sabe*), seguido de la competencia (*sabe cómo*), el desempeño (*muestra cómo*) y la acción (*hace*)<sup>59</sup>. La pirámide de Miller proporciona recomendaciones sobre evaluación que están estrechamente relacionadas a la complejidad de la habilidad en cuestión<sup>60</sup>. Esto se basa en la idea de que la evaluación de la práctica real es más compleja, y puede representar el desempeño de rutina de manera más confiable que las evaluaciones realizadas para los niveles inferiores de la pirámide<sup>59,61,62</sup>.

Se han propuesto modificaciones al modelo; p.ej. agregar un nivel en la parte superior para la repre-

**Figura 5.** Pirámide de Miller. Se muestran los niveles habituales de la pirámide de Miller, así como su correspondencia en contextos clínicos con ejemplos de instrumentos para evaluación (adaptado de Miller, referencia 58)



sentación de la identidad o la identidad profesional: “es”<sup>62</sup>. El clásico nivel superior que representa el desempeño real “hace” también se puede modificar agregando un nivel de “hacen” para evaluar la capacidad de ser parte de un equipo efectivo<sup>63</sup>. Otros han propuesto reflejar “cualidades más allá de la competencia observada” agregando “es de confianza” en el nivel superior<sup>64</sup>. La pirámide de Miller se ha utilizado ampliamente para orientar la evaluación sumativa y formativa en educación quirúrgica; su principal ventaja es la relevancia explícita de los niveles de “muestra cómo” y “hace”, de obvia importancia en cirugía, ya que proporcionan una evaluación basada en el desempeño mediante el análisis de acciones en contexto real<sup>19,65</sup> (**figura 5**).

### 7) De novato a experto

El proceso de adquisición de conocimientos y la adquisición de habilidades se han estudiado desde varias perspectivas; la mayoría de las teorías sólidas sobre aprendizaje han establecido explícitamente la evolución del alumno.

**Fitts & Posner.** Este modelo clásico para esquematizar el desempeño se publicó en 1967, consta de tres fases. En la primera fase, *cognitiva*, el alumno debe

adquirir el componente cognitivo relacionado con la habilidad en cuestión, es decir, el conocimiento teórico. El propósito de la fase *asociativa* es la mejora en la efectividad y familiarización con aspectos menos comunes de la tarea que pueden constituir desafíos inesperados. En la fase final, *autónoma*, el alumno ha llegado al punto en el que puede realizar la tarea sin necesidad de supervisión<sup>66</sup>. Se ha postulado que, a medida que el aprendiz avanza a través de las fases, su experiencia y práctica son mayores y las demandas de memoria de trabajo son menores<sup>67</sup>. Este modelo de adquisición de habilidades motoras por fases es ampliamente aceptado en el entrenamiento quirúrgico; la forma más fácil de conceptualizarlo es en la enseñanza de habilidades simples, p. ej. hacer un nudo<sup>68,69</sup>.

**Aprendizaje experiencial de Kolb.** Este modelo de aprendizaje se publicó formalmente en 1984; se puede esquematizar como un ciclo continuo de “aprender haciendo”: *experiencia, observación, pensamiento y acción*<sup>70</sup>. Se ha interpretado también como: *experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa*<sup>71</sup>. El concepto en el que “el conocimiento se crea a través de la transformación de la experiencia” es la base de los progra-

mas de educación quirúrgica actuales: el residente aprende las habilidades cognitivas y físicas requeridas a un cirujano al pasar tiempo en el hospital, experimentando el tratamiento de los pacientes de una manera totalmente inmersiva<sup>72</sup>.

**Dreyfus & Dreyfus.** Este modelo establece los criterios necesarios para avanzar en una categoría ascendente de desempeño: *novato, principiante avanzado, competente, proficiente, y experto*<sup>73</sup>. Algunos autores han criticado esta segmentación arbitraria<sup>74</sup>. Las categorías de este modelo sugieren que el profesor deja gradualmente el control de las acciones en el quirófano al aprendiz. El léxico del modelo se puede adaptar y correlacionar con otros modelos; p. ej. la taxonomía del desarrollo de habilidades psicomotoras de Simpson y Harrow<sup>56</sup>. Una característica del modelo es el establecimiento de criterios explícitos para el avance de una categoría a otra; esto debe hacerse para cada habilidad enseñada. Además, basado en el paradigma educativo constructivista, este modelo se utiliza a menudo como marco teórico para la creación de centros de simulación y laboratorios de destrezas: el estudiante practica en un entorno simulado mientras progresa de cirujano novato a competente<sup>69</sup>. El modelo de adquisición de habilidades de Dreyfus y Dreyfus es un esquema popular que admite adaptaciones; p. ej. algunos autores han agregado la categoría “maestro”<sup>75</sup>.

### 8) Modelos para enseñanza quirúrgica

El concepto de “modelo” para la educación se ha entendido a veces como una guía para la implementación curricular<sup>72,76-78</sup>, así como el patrón de interacciones que ocurren entre el maestro y el alumno, es decir, un modelo de instrucción<sup>79</sup>. Por otro lado, un modelo puede entenderse como una teoría con un alcance más definido: un modelo es descriptivo, mientras que una teoría es tanto explicativa como descriptiva<sup>80</sup>.

#### **Modelo tradicional del aprendiz (Osler y Halsted).**

El modelo aún predominante para la adquisición de habilidades en la práctica quirúrgica se basa en la observación repetida, además de aumentar los grados de responsabilidad y autonomía, mientras que la exposición cambia de procedimientos sim-

ples a complejos. Dicho enfoque produce heterogeneidad en la competencia técnica lograda entre los aprendices cuando la carga de trabajo y el tiempo dedicado a ese tema son variables<sup>81</sup>. Este modelo, en funcionamiento desde el siglo XVIII, requiere de algunas condiciones: (a) alto volumen de casos y oportunidades de repetición, (b) mentores quirúrgicos capacitados, y (c) horas de trabajo prolongadas para lograr esta exposición a los casos<sup>82</sup>.

Este tipo de enseñanza fue el utilizado en las primeras residencias médicas en los Estados Unidos, un sistema importado desde Alemania, donde el modelo del “aprendiz” fue formalizado. William Osler (1849-1919) en el Hospital Johns Hopkins promovió la interacción de uno o más residentes con diferentes grados de competencia (aprendices) y trabajando en estrecho contacto con uno o más asistentes (maestros o mentores)<sup>83</sup>. William Halsted (1852-1922) adoptó este sistema para la cirugía; en su opinión, consistía en un sistema de formación piramidal donde la mitad de los aprendices eran despedidos cada año hasta la graduación, la cual era determinada por el profesor generalmente después de ocho años; todos los estudiantes eran hombres<sup>84</sup>. Como se puede ver, el azar (o la oportunidad) determina la cantidad de exposición a procedimientos complejos, así como simples; esta dependencia del tiempo da como resultado un curso de formación prolongado en el que la evaluación final de la competencia o la experiencia operativa es de calidad subjetiva<sup>85</sup>. Este método de entrenamiento quirúrgico a menudo se recuerda con la máxima de “ve uno, haz uno, enseña uno”<sup>86</sup>. Su difusión y vigencia es general, por ejemplo, en el Reino Unido, donde la práctica de la cirugía se remonta al menos 2,000 años y a pesar de existir una fuerte tradición de sociedades científicas dedicadas a la medicina y la cirugía<sup>87</sup>, las residencias quirúrgicas se han basado en el modelo del “aprendiz”<sup>60</sup>; tal vez pueda afirmarse lo mismo en la mayoría de los países. Las limitaciones del modelo del aprendiz se resumen en la **tabla 4**.

### CONCLUSIONES

Como se comentó al inicio del artículo, por la extensión de los resultados se dividió en dos partes. En la segunda parte se continuará con la descripción de los resultados relativos a los siguientes apartados:

**Tabla 4.** Limitaciones del modelo del aprendiz en educación quirúrgica

• Variabilidad en habilidades logradas	• Sin planificación curricular
• Tasas considerables de deserción	• Requisitos de graduación arbitrarios
• Depende de la oportunidad (azar)	• Competencia en vez de cooperación
• Requiere gran cantidad de tiempo	• Entornos de alto riesgo y estrés
• Evaluaciones subjetivas	• No orientado a metas

modelos no tradicionales de educación quirúrgica; estrategias tecnológicas para la educación quirúrgica: simulación, aprendizaje en línea, redes sociales; evaluación en educación quirúrgica; programas estructurados. Se concluirá con una discusión de los hallazgos de la revisión y sus implicaciones para la enseñanza de la cirugía en países como México.

A guisa de conclusiones iniciales de esta primera parte, podemos decir que existen recursos teóricos que pueden ser utilizados en el espectro completo de la educación quirúrgica, desde la selección del aprendiz de cirugía hasta el desempeño autónomo del profesionalista de la especialidad. El uso de estos conceptos o teorías permite lograr una enseñanza quirúrgica de mayor calidad, limitando la acción del azar en el aprendizaje.

### CONTRIBUCIÓN INDIVIDUAL

- MÁGG: concepción y diseño del trabajo, marco teórico, análisis e interpretación de datos, redacción y revisiones sustanciales.
- BHKC: diseño del trabajo, marco teórico, análisis e interpretación de datos, revisiones sustanciales.
- MSM: concepción y diseño de la obra, análisis e interpretación de datos, redacción y revisiones sustanciales.

### AGRADECIMIENTOS

Ninguno.

### PRESENTACIONES PREVIAS

Ninguna.

### FINANCIAMIENTO

Ninguno.

### CONFLICTOS DE INTERESES

Ninguno.

### REFERENCIAS

1. Peracchia A. Presidential Address: Surgical education in the third millennium. *Ann Surg.* 2001;234(6):709-12. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1422129/>
2. Pellegrini CA. Surgical education in the United States 2010: Developing intellectual, technical and human values. *Updates Surg.* 2012;64(1):1-3. doi:10.1007/s13304-011-0113-4
3. Ramani S, Leinster S. AMEE guide no. 34: Teaching in the clinical environment. *Med Teach.* 2008;30(4):347-64. doi:10.1080/01421590802061613
4. Sullivan ME. Applying the science of learning to the teaching and learning of surgical skills: The basics of surgical education. *J Surg Oncol.* 2020;122(1):5-10. doi:10.1002/jso.25922
5. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, et al. PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation. *Ann Intern Med.* 2018;169(7):467-73. doi:10.7326/M18-0850
6. Khan S, Mian A. Medical education: COVID-19 and surgery. *Br J Surg.* 2020;107(8):e269. doi:10.1002/bjs.11740
7. Lin J, Reddy RM. Teaching, Mentorship, and Coaching in Surgical Education. *Thorac Surg Clin.* 2019;29(3):311-20. doi:10.1016/j.thorsurg.2019.03.008
8. Fritz T, Stachel N, Braun BJ. Evidence in surgical training-A review. *Innov Surg Sci.* 2019;4(1):7-13. doi:10.1515/iss-2018-0026
9. Bjerrum F, Thomsen ASS, Nayahangan LJ, Konge L. Surgical simulation: Current practices and future perspectives for technical skills training. *Med Teach.* 2018;40(7):668-75. doi:10.1080/0142159X.2018.1472754
10. Grigorian A, Sicklick JK, Kingham TP. International surgical residency electives: A collaborative effort from trainees to surgeons working in low- and middle-income countries. *J Surg Educ.* 2014;71(5):694-700. doi:10.1016/j.jsurg.2014.03.003
11. Dauphine C, Neville AL, Moazzez A, et al. Can Deficiencies in Performance Be Identified Earlier in Surgical Residency? An Initial Report of a Surgical Trainee Assessment of Readiness Exam. *J Surg Educ.* 2018;75(6):e91-e96. doi:10.1016/j.jsurg.2018.07.030
12. Moore RL. Developing lifelong learning with heutagogy: contexts, critiques, and challenges. *Distance Educ.* 2020; 41(3):381-401. doi:10.1080/01587919.2020.1766949
13. Baker L, Wright S, Mylopoulos M, Kulasegaram K, Ng S. Aligning and Applying the Paradigms and Practices of Education. *Acad Med.* 2019;94(7):1060. doi:10.1097/ACM.0000000000002693

14. Sadideen H, Alvand A, Saadeddin M, Kneebone R. Surgical Experts – Born or Made ? *Int J Surg.* 2013;11:773-8.
15. Sadideen H, Kneebone R. Practical skills teaching in contemporary surgical education: How can educational theory be applied to promote effective learning? *Am J Surg.* 2012; 204(3):396-401. doi:10.1016/j.amjsurg.2011.12.020
16. Tseng J. Learning theories and principles in surgical education and technical learning. *J Surg Oncol.* 2020;122(1):11-4. doi:10.1002/jso.25936
17. Wallace L, Raison N, Ghumman F, Moran A, Dasgupta P, Ahmed K. Cognitive training: How can it be adapted for surgical education? *Surg.* 2017;15(4):231-9. doi:10.1016/j.surge.2016.08.003
18. Drossard S. Structured surgical residency training in Germany: An overview of existing training programs in 10 surgical subspecialties. *Innov Surg Sci.* 2019;4(1):15-24. doi:10.1515/iss-2018-0033
19. Memon MA, Brigden D, Subramanya MS, Memon B. Assessing the Surgeon's Technical Skills: Analysis of the Available Tools. *Acad Med.* 2010;85(5):869-80. doi:10.1097/ACM.0b013e3181d74bad
20. Hoffmann H, Oertli D, Mechera R, et al. Comparison of Canadian and Swiss Surgical Training Curricula: Moving on Toward Competency-Based Surgical Education. *J Surg Educ.* 2017;74(1):37-46. doi:10.1016/j.jsurg.2016.07.013
21. Dickinson KJ, Bass BL, Pei KY. The Current Evidence for Defining and Assessing Effectiveness of Surgical Educators: A Systematic Review. *World J Surg.* 2020;44(10):3214-23. doi:10.1007/s00268-020-05617-9
22. Swendiman RA, Hoffman DI, Bruce AN, Blinman TA, Nance ML, Chou CM. Qualities and Methods of Highly Effective Surgical Educators: A Grounded Theory Model. *J Surg Educ.* 2019;76(5):1293-302. doi:10.1016/j.jsurg.2019.02.011
23. Sutton PA, Beamish AJ, Rashid S, Elsey E, Mohan HM, O'Regan D. Attributes of excellent surgical trainers: An analysis of outstanding trainers. *Int J Surg.* 2018;52(October 2017):371-5. doi:10.1016/j.ijsu.2017.10.007
24. Dean B, Jones L, Garfjeld Roberts P, Rees J. What is Known About the Attributes of a Successful Surgical Trainer? A Systematic Review. *J Surg Educ.* 2017;74(5):843-50. doi:10.1016/j.jsurg.2017.01.010
25. Vidal F, Meckler C, Hasbroucq T. Basics for sensorimotor information processing: Some implications for learning. *Front Psychol.* 2015;6(FEB):1-14. doi:10.3389/fpsyg.2015.00033
26. Klink PC, Jeurissen D, Theeuwes J, Denys D, Roelfsema PR. Working memory accuracy for multiple targets is driven by reward expectation and stimulus contrast with different time-courses. *Sci Rep.* 2017;7(1):1-13. doi:10.1038/s41598-017-08608-4
27. Cowan N. What are the differences between long-term, short-term, and working memory? *Prog Brain Res.* 2008;169:323-38. doi:10.1016/S0079-6123(07)00020-9
28. Miller GA. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychol Rev.* 1956;63(2):81-97. doi:10.1037/h0043158
29. Babchenko O, Garland CB, Bentz ML, Poore SO. Psychological Theory as It Applies to Surgical Training. *Ann Surg.* 2019;269(5):812-4. doi:10.1097/SLA.0000000000003180
30. Young JQ, O'Sullivan PS, Ruddick V, Irby DM, Cate O Ten. Improving Handoffs Curricula: Instructional Techniques from Cognitive Load Theory. *Acad Med.* 2017;92(5):719. doi:10.1097/ACM.0000000000001664
31. Sewell JL, Maggio LA, ten Cate O, van Gog T, Young JQ, O'Sullivan PS. Cognitive load theory for training health professionals in the workplace: A BEME review of studies among diverse professions: BEME Guide No. 53. *Med Teach.* 2019;41(3):256-70. doi:10.1080/0142159X.2018.1505034
32. Ericsson KA. Deliberate practice and the acquisition and maintenance of expert performance in medicine and related domains. *Acad Med.* 2004;79(10 Suppl.):70-81. doi:10.1097/00001888-200410001-00022
33. Ericsson KA, Krampe RT, Tesch-Römer C. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychol Rev.* 1993;100(3):363-406. doi:10.1037/0033-295X.100.3.363
34. Gladwell M. *Outliers THE STORY OF SUCCESS.* Little, Brown and Company; 2008.
35. Clifford Y Ko et al. What is the 'best' method of surgical training? *Arch Surg.* 1998;133(I):900-3.
36. Purcell Jackson G, Tarpley JL. How long does it take to train a surgeon? *BMJ.* 2009;339(November):1062-4. doi:http://dx.doi.org.ezproxy.auckland.ac.nz/10.1136/bmj.b4260
37. Hashimoto DA, Sirimanna P, Gomez ED, et al. Effect of deliberate practice on learning and surgical performance: a randomized control trial. *J Am Coll Surg.* 2013;217(3):S118.
38. Verrier ED. The Elite Athlete, the Master Surgeon. *J Am Coll Surg.* 2017;224(3):225-35. doi:10.1016/j.jamcollsurg.2016.11.004
39. Anders Ericsson K. Deliberate Practice and Acquisition of Expert Performance: A General Overview. *Acad Emerg Med.* 2008;15(11):988-994. doi:10.1111/j.1553-2712.2008.00227.x
40. Schunk DH. *Learning Theories. An Educational Perspective;* 2012.
41. Dath D, Hoogenes J, Matsumoto ED, Szalay DA. Exploring how surgeon teachers motivate residents in the operating room. *Am J Surg.* 2013;205(2):151-5. doi:10.1016/j.amjsurg.2012.06.004
42. Schunk DH, DiBenedetto MK. Motivation and social cognitive theory. *Contemp Educ Psychol.* 2020;60(December 2019):101832. doi:10.1016/j.cedpsych.2019.101832
43. Eccles JS, Wigfield A. From expectancy-value theory to situated expectancy-value theory: A developmental, social cognitive, and sociocultural perspective on motivation. *Contemp Educ Psychol.* 2020;61(May):101859. doi:10.1016/j.cedpsych.2020.101859
44. Kunanithaworn N, Wongpakaran T, Wongpakaran N, et al. Factors associated with motivation in medical education: A path analysis. *BMC Med Educ.* 2018;18(1):1-9. doi:10.1186/s12909-018-1256-5
45. Harley JM, Pekrun R, Taxer JL, Gross JJ. Emotion Regulation in Achievement Situations: An Integrated Model.

- Educ Psychol. 2019;54(2):106-26. doi:10.1080/00461520.2019.1587297
46. Pelaccia T, Viau R. Motivation in medical education. *Med Teach*. 2017;39(2):136-40. doi:10.1080/0142159X.2016.1248924
  47. Ericsson KA. Acquisition and maintenance of medical expertise: A perspective from the expert-performance approach with deliberate practice. *Acad Med*. 2015;90(11):1471-86. doi:10.1097/ACM.0000000000000939
  48. Louis E, Yelle. The learning curve: historical review and comprehensive survey. *Decis Sci*. 1979;10(2):302-28.
  49. Thompson BM, Rogers JC. Exploring the Learning Curve in Medical Education: Using Self-Assessment as a Measure of Learning. *Acad Med*. 2008;83(Supplement):S86-S88. doi:10.1097/ACM.0b013e318183e5fd
  50. Pusic M V, Boutis K, Hatala R, Cook DA. Learning Curves in Health Professions Education. *Acad Med*. 2015;90(8):1034-42. doi:10.1097/ACM.0000000000000681
  51. Rogers DA, Elstein AS, Bordage G. Improving continuing medical education for surgical techniques: Applying the lessons learned in the first decade of minimal access surgery. *Ann Surg*. 2001;233(2):159-66. doi:10.1097/00000658-200102000-00003
  52. Hopper AN, Jamison MH, Lewis WG. Learning curves in surgical practice. *Postgrad Med J*. 2007;83(986):777-9. doi:10.1136/pgmj.2007.057190
  53. Adams NE. Bloom's taxonomy of cognitive learning objectives. *J Med Libr Assoc*. 2015;103(3):152-3. doi:10.3163/1536-5050.103.3.010
  54. Magas CP, Gruppen LD, Barrett M, Dedhia PH, Sandhu G. Intraoperative questioning to advance higher-order thinking. *Am J Surg*. 2017;213(2):222-6. doi:10.1016/j.amjsurg.2016.08.027
  55. Raman M, Donnon T. Procedural skills education - Colonoscopy as a model. *Can J Gastroenterol*. 2008;22(9):767-70. doi:10.1155/2008/386851
  56. Sawyer T, White M, Zaveri P, et al. Learn, See, Practice, Prove, Do, Maintain: An Evidence-Based Pedagogical Framework for Procedural Skill Training in Medicine. *Acad Med*. 2015;90(8):1025-33. doi:10.1097/ACM.0000000000000734
  57. Sideeg A. Bloom's Taxonomy, Backward Design, and Vygotsky's Zone of Proximal Development in Crafting Learning Outcomes. *Int J Linguist*. 2016;8(2):158. doi:10.5296/ijl.v8i2.9252
  58. Miller GE. The assessment of clinical skills/competence/performance. *Acad Med*. 1990;65(9):S63-7. doi:10.1097/00001888-199009000-00045
  59. Norcini JJ. ABC of learning and teaching in medicine: Work based assessment. *BMJ*. 2003;326(7392):753-5. doi:10.1136/bmj.326.7392.753
  60. Hurreiz H. The evolution of surgical training in the UK. *Adv Med Educ Pract*. 2019;10:163-8. doi:10.2147/AMEP.S189298
  61. Norcini J, Burch V. Workplace-based assessment as an educational tool: AMEE Guide No. 31. *Med Teach*. 2007;29(9-10):855-71. doi:10.1080/01421590701775453
  62. Cruess RL, Cruess SR, Steinert Y. Amending Miller's Pyramid to Include Professional Identity Formation. *Acad Med*. 2016;91(2):180-5. doi:10.1097/ACM.0000000000000913
  63. Al-Eraky M, Marei H. A fresh look at Miller's pyramid: assessment at the 'Is' and 'Do' levels. *Med Educ*. 2016;50(12):1253-7. doi:10.1111/medu.13101
  64. Ten Cate O, Carraccio C, Damodaran A, et al. Entrustment Decision Making. *Acad Med*. 2020; Publish Ah. doi:10.1097/ACM.00000000000003800
  65. Sánchez Gómez S, Ostos EMC, Solano JMM, Salado TFH. An electronic portfolio for quantitative assessment of surgical skills in undergraduate medical education. *BMC Med Educ*. 2013;13(1):65. doi:10.1186/1472-6920-13-65
  66. DaRosa DA, Zwischenberger JB, Meyerson SL, et al. A theory-based model for teaching and assessing residents in the operating room. *J Surg Educ*. 2013;70(1):24-30. doi:10.1016/j.jsurg.2012.07.007
  67. Furley PA, Memmert D. The role of working memory in sport. *Int Rev Sport Exerc Psychol*. 2010;3(2):171-94. doi:10.1080/1750984X.2010.526238
  68. Reznick RK, MacRae H. Teaching Surgical Skills — Changes in the Wind. Cox M, Irby DM, eds. *N Engl J Med*. 2006;355(25):2664-9. doi:10.1056/NEJMra054785
  69. Mitchell EL, Arora S. How educational theory can inform the training and practice of vascular surgeons. *J Vasc Surg*. 2012;56(2):530-7. doi:10.1016/j.jvs.2012.01.065
  70. Kotsis SV, Chung KC. Application of the "see one, do one, teach one" concept in surgical training. *Plast Reconstr Surg*. 2013;131(5):1194-201. doi:10.1097/PRS.0b013e318287a0b3
  71. Yardley S, Teunissen PW, Dornan T. Experiential learning: AMEE Guide No. 63. *Med Teach*. 2012;34(2):e102-e115. doi:10.3109/0142159X.2012.650741
  72. Mavroudis CL, Tong J, Wirtalla C, et al. (Re)thinking the Residential in Residency: Modern Surgical Practice Continues to Move Away From the Inpatient Setting. *J Surg Educ*. December 2020. doi:10.1016/j.jsurg.2020.12.005
  73. Dreyfus SE. The five-stage model of adult skill acquisition. *Bull Sci Technol Soc*. 2004;24(3):177-81. doi:10.1177/0270467604264992
  74. Gobet F, Chassy P. Expertise and intuition: A tale of three theories. *Minds Mach*. 2009;19(2):151-80. doi:10.1007/s11023-008-9131-5
  75. Carraccio CL, Benson BJ, Nixon LJ, Derstine PL. From the educational bench to the clinical bedside: Translating the Dreyfus developmental model to the learning of clinical skills. *Acad Med*. 2008;83(8):761-7. doi:10.1097/ACM.0b013e31817eb632
  76. Schneider JR, Coyle JJ, Ryan ER, Bell RH, DaRosa DA. Implementation and Evaluation of a New Surgical Residency Model. *J Am Coll Surg*. 2007;205(3):393-404. doi:10.1016/j.jamcollsurg.2007.05.013
  77. Klingensmith ME, Awad M, Delman KA, et al. Early Results from the Flexibility in Surgical Training Research Consortium: Resident and Program Director Attitudes Toward Flexible Rotations in Senior Residency. *J Surg Educ*. 2015;72(6):e151-e157. doi:10.1016/j.jsurg.2015.05.007
  78. Drolet BC, Marwaha JS, Wasey A, Pallant A. Program Direc-

- tor Perceptions of the General Surgery Milestones Project. *J Surg Educ.* 2017;74(5):769-72. doi:10.1016/j.jsurg.2017.02.012
79. Gardner AK, Timberlake MD, Dunkin BJ. Faculty Development for the Operating Room: An Examination of the Effectiveness of an Intraoperative Teaching Course for Surgeons. *Ann Surg.* 2019;269(1):184-90. doi:10.1097/SLA.0000000000002468
80. Nilsen P. Making sense of implementation theories, models and frameworks. *Implement Sci.* 2015;10(1):1-13. doi:10.1186/s13012-015-0242-0
81. Angelo RL, Ryu RKN, Pedowitz RA, et al. A Proficiency-Based Progression Training Curriculum Coupled with a Model Simulator Results in the Acquisition of a Superior Arthroscopic Bankart Skill Set. *Arthrosc - J Arthrosc Relat Surg.* 2015;31(10):1854-71. doi:10.1016/j.arthro.2015.07.001
82. Walter AJ. Surgical Education for the Twenty-first Century: Beyond the Apprentice Model. *Obstet Gynecol Clin North Am.* 2006;33(2):233-6. doi:10.1016/j.ogc.2006.01.003
83. Franzese CB, Stringer SP. The Evolution of Surgical Training: Perspectives on Educational Models from the Past to the Future. *Otolaryngol Clin North Am.* 2007;40(6):1227-35. doi:10.1016/j.otc.2007.07.004
84. Potts JR. Shifting Sands of Surgical Education. *J Am Coll Surg.* 2018;227(2):151-62. doi:10.1016/j.jamcollsurg.2018.02.012
85. Shaharan S. Evaluation of surgical training in the era of simulation. *World J Gastrointest Endosc.* 2014;6(9):436. doi:10.4253/wjge.v6.i9.436
86. Kotsis S V, Chung KC. Application of See One, Do One, Teach One Concept in Surgical Training. *Plast Reconstr Surg.* 2013;131(5):1194-201.
87. Ribeiro BF, Chaplin S, Peel ALG, Treasure T, Leopard PJ, Jackson BT. Surgery in the United Kingdom. *Arch Surg.* 2001;136(9):1076-81. doi:10.1001/archsurg.136.9.1076