



Universidad
Zaragoza

TRABAJO FIN DE GRADO

**MONITORIZACIÓN DE LA PROFUNDIDAD
ANESTÉSICA Y NOCICEPCIÓN**

***MONITORING OF ANESTHETIC DEPTH AND
NOCICEPTION***

Autora

María Vargas Escudero

Directores

Natividad Quesada Gimeno

Luis Alfonso Muñoz Rodríguez

FACULTAD DE MEDICINA ZARAGOZA

Departamento de Cirugía

2023

MONITORIZACIÓN DE LA PROFUNDIDAD ANESTÉSICA Y NOCICEPCIÓN

Monitoring of Anesthetic depth and nociception

Tabla de contenido

1. RESUMEN/ABSTRACT	2
2. CLAVE/KEYWORDS	2
3. OBJETIVOS	2
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	3
4.1. TABLA DE ABREVIATURAS	4
5. RESULTADOS.....	5
Anestesia: conceptos clave	5
Despertar intraoperatorio: Consciencia, conexión y reactividad	6
Monitorización de la profundidad anestésica	9
Método de valoración subjetiva	10
Método de valoración objetiva	11
BIS	12
Entropía	13
PSA 4000 (analizador del estado del paciente o SEDLine monitor)	14
Narcotrend.....	15
Monitoreo del estado cerebral [CSM].....	16
Snap Monitor II	17
A-Line AEP Monitor/ 2	17
Monitorización continua de la concentración de anestésico al final de la espiración	18
Conox monitor índices(qCON).....	19
Tabla resumen de monitores para la profundidad anestésica	20
Monitorización de la nocicepción	21
Uniparámetro	21
Índice de nocicepción analgésica (ANI)	21
Conductancia de la piel	23
Pupilometría	24
Monitoreo del reflejo flexor nociceptivo (NFR)	25
Dos parámetros	26
sPI Surgical pleth index (índice de pletismo quirúrgico)	26
Conox monitor índices (qNOX).....	27
Multiparámetro	27
Índice NOL (nociception level index).....	27
Tabla resumen de monitores de la nocicepción.	29
6. CONCLUSIONES	30
7. BIBLIOGRAFÍA	30

1. RESUMEN/ABSTRACT

El objetivo principal de la anestesia es permitir la realización de cirugías por medio de una analgesia, sedación profunda y relajación muscular adecuada; todo ello manteniendo un buen estado fisiológico en el paciente, por lo podemos decir que la misión es mantener al paciente en un etapa III quirúrgica.

En una cirugía, es de vital importancia la seguridad anestésica de la misma y un buen control de los parámetros ayuda a evitar efectos adversos que derivan de un mal manejo anestésico, estos van desde hiper/hipotensión arterial hasta la muerte, pasando por hipoxia, isquemia... Este control se obtiene mediante el uso de diferentes métodos los cuales nos ayudan a monitorizar de forma estimada al paciente durante las diferentes fases de la anestesia.

The main objective of anesthesia is to allow surgeries to be performed through analgesia, sedation and adequate muscle relaxation, all this while maintaining a good physiological state in the patient, so we can say that the mission is to keep the patient in a stage III of anesthesia.

In a surgery, it is of vital importance the anesthetic safety of the same and a good control of these parameters helps to avoid many adverse effects that derive from poor anesthetic management, these range from hyper/hypotension to death, through hypoxia, ischemia ... This control is obtained through the use of different methods which help us to monitor the patient in an estimated way during the different phases of anesthesia.

2. CLAVE/KEYWORDS

Monitoreo de profundidad anestésica, nocicepción, anestesia general, conciencia, BIS, entropía, PSA 400, Narcotrend, CSM, monitoreo del estado cerebral, monitor Snap II, concentración anestésico al final de la espiración, qCON, ANI, conductancia de la piel, pupilometría, sPI, qNOX, NOL

Monitoring anesthetic depth, nociception, general anesthesia, awareness, BIS, entropy, PSA 400, Narcotrend, CSM, brain status monitoring, Snap monitor, end-tidal anesthetic concentration, qCON, ANI, skin conductance, pupilometry, sPI, qNOX, NOL

3. OBJETIVOS

En esta revisión se expondrán los diferentes métodos actuales que podemos encontrar en el día a día para poder realizar un manejo adecuado de la profundidad anestésica y de la nocicepción, así como una explicación de cómo se realiza una lectura de estos.

El propósito es exponer el conocimiento actual sobre el tema así como identificar diferentes situaciones que pueden ayudar a guiar la anestesia haciéndola más segura.

La especialidad de anestesia es de reciente aparición, y gracias a ella las cirugías y las intervenciones han tenido un cambio radical. Los cuatro pilares en los que esta especialidad trabaja a la hora de hablar de anestesia general son : hipnosis, analgesia, relajación muscular y protección neurovegetativa.

Con ayuda de una buena monitorización podemos guiar el proceso para que sea óptima la intervención realizada, ayudar a minimizar riesgos, dosis de medicamentos y de efectos secundarios, esta monitorización se realizaba antiguamente tan solo con medidas subjetivas como es la frecuencia cardiaca, presión arterial... estas se siguen tomando pero no son las únicas. Hoy en día usamos además monitores durante las intervenciones quirúrgicas para estimar el nivel de hipnosis/profundidad anestésica (BIS, entropía, PSA 400, Narcotrend, CSM, monitoreo del estado cerebral, Snap monitor, concentración anestésico al final de la espiración..). También existen monitores cuyo objetivo es el cálculo del nivel de nocicepción los cuales pueden tomar uno, dos o varios parámetros que a través de un algoritmo obtienen un índice numérico que nos estima este nivel (ANI, conductancia de la piel, pupilometría, NFR, sPI, qNOX, NOL)

4. MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda bibliográfica en diferentes bases de datos como son Pubmed, Cochrane, así como la web UpToDate, google académico y la base de datos de la universidad AlcorZe

Al inicio se empezó con una búsqueda sobre la historia general de la anestesia con la base de AlcorZe y con los términos “anestesia fundamentos ” junto con el criterio de que se encontrasen esas palabras en el título del artículo.

Tras esa revisión, se realizó una serie de búsquedas en las distintas bases mencionadas con el objetivo de obtener una visión general del tema. Al inicio se usaron criterios de exclusión como: menores de 5 años. En esta búsqueda se usó la siguiente terminología: “monitoring” “ anesthetic” “Depth” “nociception” y a estos términos también se les estableció un criterio de búsqueda, como [Title/Abstract]. Tras un cribado de la primera búsqueda se realizó otra eliminando la exclusión de 5 años

Con esta misma metodología se buscó los diferentes términos restantes “general anesthesia” “ awareness” y también con cada uno de los monitores a investigar “BIS”, “entropy”... etc

La web Cochrane fue usada con el objetivo de evidenciar el conocimiento sobre los temas más estudiados actualmente, aquí se realizaron dos búsquedas: “prevention of awareness” y “bispectral index” con el criterio también de Title/Abstract

Principalmente las búsquedas tanto de las bases como de los monitores se basaron en Pubmed, y si no eran satisfactorias se pasaba a otra base de datos. Se excluyó varios artículos en idiomas no controlados, y se incluyeron varios artículos en inglés, español y uno en alemán. No se filtró por tipo de artículo debido a la escasez de estudios de revisiones bibliográficas y meta-análisis

También se han añadido publicaciones a las que en algunos artículos hacían referencia como origen de ciertos monitores.

4.1. TABLA DE ABREVIATURAS

Alaris A-Line Arx Index	AAI
Acelerómetro	ACE
Agentes bloqueadores neuromusculares	NMBA
Cerebral state index	CSI
Cerebral state monitor	CSM
Concentración de anestésico al final de la espiración	CAM
Concentración al final de la espiración	ETAC
Electroencefalograma	EEG
Electrocardiograma	ECG
Electromiograma	EMG
Entropía de estado	ES
Entropía de respuesta	RE
Fotopletismografía /Onda de pulso pletismográfica	PPG/ PPGA
Combined index of stimulus and analgesia	CISA
Índice Biespectral	BIS
Índice del estado del paciente	SPI /PSI
Índice nocicepción analgesica	ANI
Indice pupilar del dolor	PPI
Niveles de profundidad anestésica	NPA
Nociception Level Index	NOL
Observer Assessment of Alertness/Sedation	OASS
Potencial evocado auditivo	AEP
Rapid eye movement (movimientos oculares rápidos)	REM
Reflejo de dilatación pupilar	PRD
Reflejo flexor nociceptivo	NFR
Richmond agitation sedation scale	RASS
Sistema nervioso central	SNC
Sociedad americana de anestesiología	ASA
Surgical Pleth Index	SPI
Unidad de cuidados intensivos	UCI
Unidad de cuidados post-anestesia	PACU

5. RESULTADOS

Anestesia: conceptos clave

El descubrimiento de la anestesia fue un cambio radical para la historia de la medicina pues modificó de manera absoluta la cirugía como se conocía, pues gracias a ella se permitió realizar dicho procedimiento sin dolor ni reacciones adversas, dando confort al enfermo y favoreciendo la actuación del cirujano ⁽¹⁾. Podemos decir que dentro de la anestesia general encontramos 4 pilares fundamentales: hipnosis, analgesia, relajación muscular y protección neurovegetativa.⁽¹⁾

Dentro de la anestesia nos encontramos diferentes modalidades, como lo son la anestesia local, regional y general (figura 1). Solo la general cumple los pilares anteriormente mencionados, y las demás solo cumplen parte de ellos.

Figura 1: Tipos de anestesia ⁽¹⁾	
<i>Anestesia local</i>	Bloquean de forma transitoria la conducción nerviosa originando una pérdida de las funciones autónomas
<i>Anestesia locorregional</i>	Adecua la anestesia a determinadas regiones anatómicas corporales (hay 2 tipos: anestesia de neuroeje y bloqueo de nervios periféricos)
<i>Anestesia general</i>	Es un estado reversible de inconsciencia que la caracteriza por control fisiopatológico de las funciones vitales, hipnosis, amnesia, analgesia y relajación muscular. Por ello es necesario mantener las funciones vitales artificialmente
<i>Tabla de elaboración propia pero con información del libro Aliaga Font L . et. Al. ⁽¹⁾</i>	

Dentro del proceso anestésico general encontramos 4 etapas, las cuales fueron establecidas por Arthur E. Guedel con el fin de cuantificar la intensidad de depresión que sufre el SNC. A su vez, la etapa 3 se divide en 4 planos los cuales caracterizan mejor el nivel de depresión (figura 2), y es aquí donde se realizan la mayoría de intervenciones quirúrgicas ⁽¹⁾⁽²⁾

Figura 2: Etapas de la profundidad anestésica y planos de la 3ª etapa ⁽¹⁾⁽²⁾	
<i>Etapa 1: analgesia.</i>	Comienza con el inicio anestesia hasta cuando el paciente pierde la conciencia (aquí se observa amnesia, analgesia y sedación completa)
<i>Etapa 2: delirio.</i>	Por bloqueo de las neuronas inhibitorias el paciente experimenta excitación e inconsciencia. aquí se aumenta el riesgo tanto de vómitos como de laringoespasma y arritmias.
<i>Etapa 3: anestesia quirúrgica.</i>	Plano 1: Hay una leve relajación de la musculatura somática pero se mantienen los movimientos oculares. Plano 2: movimientos oculares abolidos y respiraciones irregulares. Plano 3: relajación de la musculatura abdominal dando lugar a respiraciones diafragmáticas. Plano 4: parálisis de la actividad intercostal, contracciones diafragmática y dilatación pupilar amplia
<i>Etapa 4: parálisis bulbar</i>	Se puede llegar a producir parada cardiorrespiratoria, coma y muerte.
<i>Tabla de elaboración propia pero con información d del libro Aliaga Font L et. Al. ⁽¹⁾ y el artículo de Castellanos-Olivares, A. et.al. ⁽²⁾</i>	

Encontramos dos grandes objetivos dentro de la anestesia general: el control de los riesgos y el confort máximo de los enfermos tanto intraoperatoriamente como postoperatoriamente. Es por ello que se ha de realizar una monitorización adecuada del estado anestésico, así como adecuar la anestesia a cada paciente ⁽¹⁾ pues hay una gran cantidad de factores a tener en cuenta (edad, género, IMC...) y para adecuarlos se usan diferentes métodos que objetivan dicho estado/profundidad anestésica del paciente de los cuales hablaremos más adelante.

Los anestésicos actúan sobre todo el cerebro, tanto a nivel cortical como a nivel subcortical e incluso medular. Todo aquello que tenga que ver con la conciencia se procesa a nivel cortical, mientras que los procesos no conscientes como podrían ser la nocicepción y la memoria implícita vienen de un proceso subcortical, por otro lado la medula se encarga de la respuesta motora al dolor ⁽³⁾. Teniendo en cuenta esto, no es de extrañar que se requiera un estudio de ambas partes para llevar un estudio adecuado del paciente.

Una inadecuada monitorización del paciente puede dar lugar a una gran variedad de problemas tanto intra como post operatorios. Podemos encontrarnos ante dos situaciones: una sobredosificación donde encontraremos problemas tales como comas farmacológicos, retraso en el despertar, prolongación de la ventilación mecánica y aumento en la estancia en UCI... todo ello da lugar a un aumento de la moribimortalidad del paciente ⁽⁴⁾. Una infradosificación donde veremos desadaptación del paciente, agitación, retirada del tubo endotraqueal e incluso despertares intraoperatorios ⁽⁴⁾⁽⁵⁾. Este último concepto es de gran importancia y hay que saber de su existencia pues se considera un problema relevante ya que conlleva bastantes complicaciones en el paciente.

Despertar intraoperatorio: Consciencia, conexión y reactividad

La ASA (Sociedad Americana de Anestesiología) ha definido el concepto de despertar intraoperatorio como: “cuando el paciente se vuelve consciente durante el proceso realizado bajo anestesia general y consecuentemente tiene recuerdos de dicho evento” ⁽⁶⁾.

Al tratarse de una entidad muy subjetiva, la base del diagnóstico reside en el propio paciente, en lo que nos refiera, y para ello se han decretado varios modelos de entrevistas para su evaluación ⁽⁷⁾ pero ninguno se ha estandarizado. Un ejemplo de entrevista es la de Brice, la cual se basa en la realización de 4 simples preguntas: ¿Qué fue lo último que recuerda antes de irse a dormir? ¿Qué fue lo primero que te acuerdas de cuándo despertaste? ¿Puedes recordar algo entre estos períodos? ¿Usted soñó durante la operación? Hay otro cuestionario, modificado por Moerman y colaboradores (figura 3) , donde además de estas preguntas, se le realizan otras a los días para ver si tiene recuerdos tardíos, aunque esto conlleva en ocasiones la creación de falsos recuerdos ⁽⁷⁾

Figura 3: Cuestionario de Brice modificado por Moerman. (7)(8)	
<p><u>Preguntas realizadas a todos los pacientes</u></p> <p>¿Qué es lo último que recuerda antes de dormirse para su operación?</p> <p>¿Qué es lo primero que recuerda al despertarse después de la operación?</p> <p>¿Recuerda algún evento entre los dos?</p> <p>¿Qué es lo más desagradable que recuerda de su operación y anestesia?</p>	<p><u>Preguntas adicionales a quienes reportaron consciencia:</u></p> <p>¿Qué percibió: sonidos, sensaciones táctiles, percepciones visuales, dolor y parálisis?</p> <p>¿Sintió algo en su boca o tráquea?</p> <p>¿Qué pasó por su mente?</p> <p>¿Usted cree que estaba soñando?</p> <p>¿Cuánto tiempo duró?</p> <p>¿Trató de alertar a alguien?</p> <p>¿Cómo fue su estado mental antes de la operación?</p> <p>¿Ha tenido consecuencias debido a su despertar?</p> <p>¿Informó lo sucedido al personal del Hospital?</p> <p>¿Ha cambiado su opinión respecto a la anestesia?</p>
<p><i>Tabla obtenida de los artículos realizados por Santa Fe de Bogotá, F. et al⁽⁷⁾ y Jacquens, A⁽⁸⁾</i></p>	

Tras su diagnóstico y con el fin de estandarizar estudios futuros y ayudar a la interrelación que pueda existir entre el evento y las complicaciones que puedan suceder, Mashour Ga. realizó una propuesta de clasificación (clasificación de Michigan), donde separa claramente 6 clases de sujetos. (figura 4)⁽⁷⁾

Figura 4: Instrumento de clasificación de Michigan del despertar intraoperatorio. (7)
Clase 0: No recuerdos
Clase 1: Percepción auditiva aislada
Clase 2: Percepción táctil (manipulación quirúrgica, tubo orotraqueal)
Clase 3: Dolor.
Clase 4: Parálisis (sensación de no poder moverse, hablar o respirar)
Clase 5: Parálisis y dolor. Designación adicional de D por distrés, la cual fue incluida para los pacientes que reportaron terror, ansiedad o sensación de muerte inminente.
Modificado: Mashour GA, Esaki RK, Tremper KK, Glick DB, O'Connor M, Adivan MSA. Novel classification instrument for intraoperative awareness events. <i>Anesth Analg</i> 2009.

Los factores de riesgo tienen una gran amplitud pues van desde las técnicas de aplicación de los anestésicos, hasta el proceso quirúrgico y/o contexto y las características inherentes del paciente ⁽⁹⁾ (figura 5). El despertar intraoperatorio es más frecuente en la inducción y el despertar de la anestesia general, con esto podemos deducir que una prolongación de la inducción dará lugar a un aumento del riesgo de aparición del cuadro ⁽⁹⁾. Se ha de destacar que el uso de una anestesia muy ligera puede ser la causante de hasta un 87% de los casos ⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾

Figura 5: Factores de riesgo despertar intraoperatorio ⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽⁷⁾⁽¹¹⁾	
<i>Aplicación de anestésicos</i>	La anestesia intravenosa total se ha asociado a un aumento del riesgo de despertar intraoperatorio en comparación con la anestesia volátil
<i>Proceso quirúrgico y/o. contexto</i>	Urgente o de emergencia, un tránsito rápido entre la inducción al primer corte quirúrgico, situaciones en las que se necesita una reducción del anestésico(, insuficiencia cardíaca, trauma, hipovolemia..) ⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽⁷⁾ Tipo de cirugía: cardíaca y obstétrica (gran parte de casos) ⁽¹¹⁾
<i>Características inherentes del paciente</i>	La edad (en relación a la CAM) ⁽⁷⁾ , el haber experimentado antes un despertar intraoperatorio ⁽⁹⁾⁽¹¹⁾ , resistencias al anestésico, abuso crónico de sustancias (alcohol, opioides, benzodiazepinas), el tratamiento con algunos medicamentos que inducen al citocromo p 450 3a (barbitúricos, fenitoína, carbamazepina y glucocorticoides) ⁽⁹⁾⁽⁷⁾
<i>Tabla de elaboración propia</i>	

Los casos más severos suceden cuando el paciente se acuerda de eventos que han sucedido durante el proceso anestésico y cuentan que han sufrido parálisis, dolor, sensación de muerte inminente ... ⁽⁹⁾. Aun así, se trata de un suceso raro, según reportan varios estudios analizados suele ocurrir entorno al 0,1 a 0,2 % de la población quirúrgica general ⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾ y haciendo referencia a los casos relacionados con dolor o pánico en EEUU, estos se estimaron en torno a un 10% de despertares intraoperatorios ⁽⁶⁾

Y ¿cuáles son las complicaciones que acarrear los despertares intraoperatorios?, pues no se trata de una cosa banal, ya que puede dar lugar a secuelas psicológicas, tanto tempranas (78%) donde se encuentran las pesadillas, los trastornos del sueño... ⁽⁷⁾, como tardías (22%) las cuales tienen relación con eventos más significativos: ansiedad, pensamientos constantes de muerte ⁽⁷⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾. El estrés postraumático es también un cuadro clínico de gran importancia cuando hablamos de despertares intraoperatorios y hay pacientes más propensos a su desarrollo como bien nos indica el análisis realizado por Mejía, M. et al (mujeres, niños con experiencias traumáticas previas, pacientes con trastornos de temperamento, y aquellos que tengan una disfunción social)

Para comenzar a entender un poco mejor este fenómeno hemos de conocer estos 3 términos pues son de gran valor: conciencia (tanto conectado como desconectada), conexión y reactividad. Entonces, podemos definir el estado de "conciencia de la anestesia" como un estado de conciencia conectada con el medio ambiente. ⁽¹²⁾

En realidad, hay dos tipos de despertares intraoperatorios: los que simplemente son eso, despertares, y otros en los que se mantienen un recuerdo explícito, de estos últimos son los que más control hay que tener pues son los que mayor cantidad de efecto tienen sobre el paciente. ⁽¹²⁾

Hablando de la consciencia, debemos destacar que no necesita estar solapada con el resto de los conceptos, y es por ello, que debemos mantener un control de la misma. La diferencia entre estos conceptos se puede ver claramente si observamos por ejemplo las fases del sueño:

- En vigilia: hayamos los 3 conceptos (conciencia, conexión y reactividad)
- REM : se está consciente pero NO reactivo ni conectado al entorno
- No REM: ninguno de los 3 se encuentra

Sabiendo estos conceptos, hemos de tener en cuenta que en algunos estudios, concretamente en uno mencionado en el artículo de Warner, D. S. et al en el que se realiza una investigación sobre si la respuesta espontanea se puede disociar de la consciencia conectada, y en ella, tras el análisis de 13 artículos concluyen que a pesar de la ausencia de respuesta espontanea puede que el paciente se encuentre en un estado de consciencia conectada. Por ende, este parámetro no nos resulta útil a la hora de la monitorización sobre la profundidad anestésica, dejando únicamente la consciencia y la conexión ya que la respuesta no es un buen equivalente de la consciencia conectada ⁽¹²⁾

Entonces, el paso principal a realizar en el proceso anestésico es reducir la experiencia quirúrgica por medio de la supresión de la consciencia ⁽¹²⁾ con ayuda de la anestesia general, ya que administra fármacos hipnóticos (Intravenoso, inhalatorio o ambos) para asegurar la inconsciencia, amnesia, analgesia y relajación muscular del paciente ⁽¹³⁾ Entonces podemos concluir que hay 2 claves para evitar la consciencia intraoperatoria: la monitorización y la medicación ⁽⁶⁾⁽¹²⁾. La monitorización recae sobre tres pilares principales: concentración espiratoria de gas halogenado (ETAC), bloqueo de la unión neuromuscular con NBM Y la monitorización cerebral con EEG procesado o no ⁽⁹⁾. Pero como punto negativo encontramos que al tratarse de una situación poco frecuente, no se ha podido evidenciar la efectividad del monitor BIS a la hora de hablar de consciencia intraoperatoria. ⁽¹⁰⁾

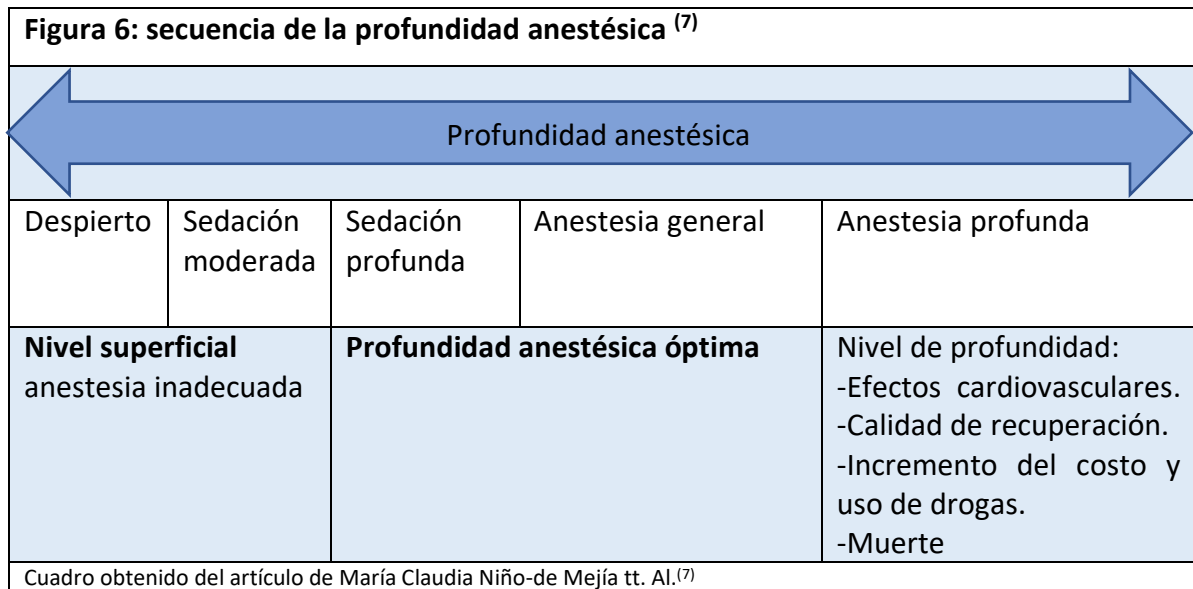
Monitorización de la profundidad anestésica

El balance entre dos factores como lo son la dosis y el estímulo quirúrgico es de lo que depende la profundidad anestésica ⁽⁷⁾. Para alcanzar un estado optimo se ha de conseguir administrar de forma segura una cantidad suficiente de anestésico la cual permita mantener la inconsciencia del paciente, sin comprometer su estado fisiológico ⁽⁷⁾. Entendemos la anestesia general como un compromiso constante y progresivo de la consciencia, causada por los efectos depresores sobre el sistema nervioso autónomo de fármacos anestésicos que son usados de manera creciente, lo cual acompaña también a una de pérdida de memoria y movimientos voluntarios ante los estímulos quirúrgicos. ^{(7) (14)}

Hoy día los monitores más conocidos son: la entropía, el índice biespectral (BIS) y el SEDline, todos ellos se consideran métodos no invasivos pues basan su medición en la lectura de EEG. Dicha lectura tendrá como resultado un valor numérico que varía del 0 al 100, y estos valores en los que nos indiquen si nuestro paciente se encuentra despierto (100) o en anestesia profunda (0) ⁽¹⁵⁾

Aunque en estos últimos años, los avances y la investigación de la profundidad anestésica se han visto modificados pues su enfoque ha pasado a estar en la determinación de los efectos de los fármacos sobre el cerebro y cómo medirlos. ⁽⁷⁾

Los objetivos incluyen evitar la profundidad anestésica excesiva, que se ha asociado con el desarrollo de un trastorno neurocognitivo posoperatorio y otros resultados adversos, así como evitar la conciencia con el recuerdo después de la anestesia (figura 6)⁽⁷⁾



Método de valoración subjetiva

La experiencia del médico anestesista, junto con los signos clínicos del paciente y monitores anestésicos, es lo que se utiliza en la práctica clínica rutinaria para monitorear anestesia general. ⁽¹³⁾

Aunque aparte de la anestesia general, existen otros momentos en los que es necesario también realizar una medición de sedación en el paciente hospitalizado, a los cuales no se les va a realizar ningún tipo de intervención quirúrgica. Para realizar una medida adecuada de su profundidad se usan diferentes escalas, existen más de 30 descritas y en todas se valora la conciencia ante estímulos externos. Dentro de la gran amplitud existentes hay dos que son las más extendidas: la escala Ramsay (figura 7) y la escala RASS (Richmond Agitation-Sedation Scale) (Figura 8), siendo esta última específica para pacientes en UCI. ⁽⁴⁾

Figura 7: Escala de sedación de Ramsay⁽⁴⁾

1. Paciente ansioso y agitado
2. Paciente colaborador, orientado y tranquilo
3. Paciente dormido, que obedece a órdenes
4. Paciente dormido, con respuestas a estímulos auditivos intensos
5. Paciente dormido, con respuestas mínimas a estímulos
6. Paciente dormido, sin respuestas a estímulos

Adaptada de Ramsay M, et a ⁽⁴⁾

Figura 8: Escala RASS de sedación-agitación (de Richmond)⁽⁴⁾
[+4] Combativo. Ansioso, violento
[+3] Muy agitado. Intenta retirarse los catéteres, el tubo oro traqueal, etc.
[+2] Agitado. Movimientos frecuentes, lucha con el respirador
[+1] Ansioso. Inquieto, pero sin conducta violenta ni movimientos excesivos
[0] Alerta y tranquilo
[-1] Adormilado. Despierta a la voz, mantiene los ojos abiertos más de 10 seg
[-2] Sedación ligera. Despierta a la voz, no mantiene los ojos abiertos más de 10 seg
[-3] Sedación moderada. Se mueve y abre los ojos a la llamada, no dirige la mirada
[-4] Sedación profunda. No responde a la voz, abre los ojos a la estimulación física
[-5] Sedación muy profunda. No respuesta a la estimulación física
Adaptada de Sessler CN et al. ⁽⁴⁾

En la valoración durante una cirugía, la lectura de parámetros somáticos como lo son la respuesta motora y los cambios en el patrón respiratorio, y signos autónomos como la taquicardia, hipertensión, lagrimeo, sudoración, midriasis... han sido usados para el control de la dosis anestésica administrada. Pero estos tiene un gran defecto pues la presencia de diferentes fármacos como los bloqueantes neuromusculares, betabloqueantes, relajantes musculares y calcio antagonistas, pueden dar lugar a fallos y alejarse de la realidad dando lugar a una sobredosificación o infradosificación, lo cual resultaría en la aparición de efectos adversos como el explicado anteriormente , el despertar intraoperatorio. Es más, muchos de los que refieren haber sufrido este evento no presentaban estos signos de superficialidad. Sabiendo esto, se puede considerar que estas medidas no son útiles indicadores de la profundidad hipnótica de la anestesia. ⁽¹³⁾
⁽⁷⁾⁽¹⁰⁾⁽⁴⁾

Por estos motivos los métodos cuantitativos de monitorización de la concentración de anestésicos o de la profundidad anestésica han ganado espacio en la práctica y son más apropiados para la prevención del despertar intraoperatorio. ⁽⁷⁾ frente aquellos que basan su estudio en las constantes vitales del paciente o mediante escalas clínicas de sedación. Esto no implica que estén en desuso pues algunas siguen teniendo su peso en la práctica clínica diaria.

Método de valoración objetiva

Por el número de errores que dan simplemente el uso de parámetros subjetivos, se ha puesto especial interés en la incorporación de instrumentos que derivan de la interpretación encefalografía, los cuales son calculados en tiempo real durante todo el proceso quirúrgico. ⁽¹⁴⁾⁽⁴⁾ , entre ellos encontramos monitores como: el BIS, Entropía, SEDLine o PSA, Narcotrend, Cerebral State Monitor [CSM], Snap Monitor. También se han investigado monitores que incluyan potenciales evocados o ambos parámetros como son A-Line AEP Monitor/ 2. ⁽⁴⁾

BIS

El monitor BIS (imagen 1), es hoy en día el más usado e investigado que hay en la actualidad, mide el índice biespectral (BIS) el cual de trata del resultado de la integración de varios subparámetros (dominio del tiempo, frecuencia y biespectro) (figura 9) derivados de distintos análisis del EEG además incluye también un índice de EMG y de tasa de supresión del EEG ⁽¹⁴⁾⁽⁴⁾. Ya que su valor está basado en la actividad cerebral podemos considerar entre sus ventajas la disminución de la incidencia del consumo anestésico, lo que conlleva una rápida recuperación. ⁽¹⁴⁾



Figura 9: subparámetros BIS	
<i>Tiempo</i>	El enfoque principal está en el cambio de voltaje de la señal EEG a lo largo del tiempo ⁽¹⁶⁾
<i>Frecuencia</i>	La atención se centra en el espectro de potencia de las señales EEG (es decir, la distribución de potencia o amplitud en varias frecuencias). ⁽¹⁶⁾
<i>Bispectro</i>	Mide la correlación de fase de las ondas obtenidas por el análisis de Fourier** entre las diferentes frecuencias. ⁽¹⁷⁾
**Análisis de Fourier: análisis que genera un espectro de frecuencias que corresponde a un sencillo histograma de amplitudes en el dominio de la frecuencia. ⁽¹⁷⁾	
<small>Tabla de elaboración propia</small>	

Esto hace que el monitor permita valorar de forma objetiva los efectos de los anestésicos sobre la actividad cerebral y dosificarlos de forma apropiada según la estimulación quirúrgica y las condiciones del paciente. ⁽²⁾ Pero se ha de enfatizar en el hecho de que se trata de un reflejo de la actividad cerebral y no de la concentración de un fármaco sedante. Por ello se ha de considerar varias situaciones en las que el EEG pueda verse afectado de base, como ejemplo: variantes como el sueño natural, enfermedades neurológicas, encefalopatía, isquemia cerebral, hipotermia, patrones de bajo voltaje genéticamente determinados y algunos fármacos anestésicos (un ejemplo clásico es la ketamina la cual por activación del EEG puede dar lugar a un incremento paradójico del BIS), también puede verse afectado por factores independientes como la hemodinámica, la temperatura, la colocación del dispositivo....⁽²⁾

El monitor BIS conta de un sensor que posee cuatro electrodos numerados, que se sitúa en la frente del paciente, concretamente en la región frontotemporal ⁽⁴⁾ aunque ya existen nuevos que poseen 6 y monitorizan ambos hemisferios cerebrales (Sensor Bilateral®). Dicho sensor consta de 6 electrodos con los que se monitorizan ambos hemisferios cerebrales. Este último, nos informaría de la asimetría de la actividad los hemisferios y nos mostraría una monitorización continua de la actividad del EEG mediante 4 canales, en lugar de un único canal ⁽⁴⁾

Los valores obtenidos pueden oscilar entre 0 -100 siendo 100 despierto y 0 actividad cerebral mínima. Los recomendados para la anestesia quirúrgica varían de 40-60 ⁽¹⁴⁾⁽⁴⁾.

De manera inmediata y continua, este índice cuantifica aproximadamente el efecto hipnótico o sedante de los diferentes fármacos que se emplean para la sedación.⁽⁴⁾ Dentro del análisis encontramos rangos os cuales nos ayudan a identificar las fases del paciente, desglosando estos valores encontramos que:

- 1) > 90 despierto, memoria intacta
- 2) 65-85 sedación
- 3) 40-60 anestesia general
- 4) < 40 anestesia excesivamente profunda
- 5) tendencia a la isoelectricidad.⁽¹⁴⁾

En ciertas ocasiones puede ser complicado o incluso imposible la colocación del sensor, pero en la revisión realizada por Puente Barbas J.A. et al, en la cual se concluye que en casos de complicaciones para el uso del sensor en la estándar, la posición que más se asemeja es la posición nasal infraorbitaria aunque también se recalca que a pesar de ser la zona más estudiada se ha de continuar dicha investigación respecto a su uso. ⁽¹⁸⁾

A pesar de sus limitaciones el índice bispectral es el líder definitivo en el mercado pues es el más validado en publicaciones científicas y por ende es justo considerarlo como el monitor de referencia más apropiado para medir la profundidad anestésica⁽¹⁹⁾

La web cochrane presenta varios artículos en los cuales valida el uso del BIS, concretamente se leyó el realizado por Sharon R Lewis et. Al . , este estudio concluyó que en la anestesia guiada por BIS se vio una reducción en el riesgo de conciencia intraoperatoria y una mejora en los tiempos de recuperación temprana en comparación con pacientes que fueron monitoreados con signos clínicos.⁽¹⁰⁾

Entropía

Al igual que los métodos anteriormente mencionados, la entropía tiene de base el EEG, su medición se debe a la relación directa dada entre la actividad cerebral y la asincronía, complejidad, variabilidad e irregularidad (entropía) del EEG⁽⁷⁾⁽¹⁶⁾. Este cambio se debe a los agentes anestésicos usados pues estos dan lugar a una reducción de la actividad cerebral dando lugar una señal menos irregular. ⁽¹⁶⁾

Hay dos parámetros principales a estudiar: (figura 10)

- Entropía de respuesta (RE): tiene un rango que varía de 0 a 100 siendo 0 EEG suprimido y 100 sujetos despiertos. Este parámetro se basa en las señales de frecuencias altas (de 0,8Hz hasta 47Hz), es el parámetro que refleja la actividad de los músculos faciales, y por ende el de reacción rápida. Es importante conocer que a la hora de tener una actividad actividad electromiografía aumentada (posiblemente causada por una analgesia inadecuada) , esta será la entropía que responda. ⁽¹⁶⁾⁽⁷⁾
- Entropía del estado (ES): 91 en sujetos despiertos y 0 en EEG suprimidos. Se basa en el las señales de frecuencias más bajas (de 0.8 Hz hasta 32 Hz) y es un parámetro más contante y sólido, este se considera el reflejo de la actividad cortical del paciente⁽¹⁶⁾⁽⁷⁾

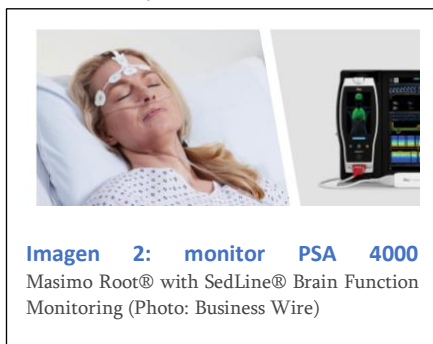
Figura 10: Resultados e interpretación de los resultados del monitor de entropía.
(7)

	Preinducción con el paciente en estado basal	Profundidad anestésica adecuada para la cirugía	Fin de la cirugía y anestesia
<i>Entropía del Estado</i>	89-91	50-63	85
<i>Entropía de respuesta</i>	98	34-52	96
Cuadro obtenido del artículo de María Claudia Niño-de Mejía tt. Al. ⁽⁷⁾			

Para observar la clara diferencia entre el uso de signos clínicos u otros métodos para procedimientos anestésicos se hizo una revisión sistemática de 11 ensayos en la revisión realizada por Aryeh Shander, MD et al. concluyeron que con el uso de la entropía hubo una reducción del tiempo de despertar después de suspender la anestesia general (reducción media de 5,42 [IC 95 %, 2,08–8,77] minutos)⁽¹⁶⁾.

En el estudio realizado por Soto et. Al. se observó que con suplementación de sevoflurano con >65 % de N2O durante la anestesia (con aumento de la MAC de 1,3+/- 0.05 a 2.2 +/- 0.10) se obtuvo un descenso significativo en los datos de la entropía a medida que se aumentaba la profundidad anestésica. En el momento en el que se redujo la concentración de sevoflurano solamente, tanto el BIS como la Entropía aumentaron a pesar del mantenimiento de la profundidad anestésica, esto indica un efecto de concentración variable entre los volátiles y el N2O.⁽²⁰⁾

PSA 4000 (analizador del estado del paciente o SEDLine monitor)



El PSA (imagen 2) a través del PSI que es obtenido a través de cuatro canales individuales de EEG (EEG multicanal), es capaz de recoger información de ambos hemisferios cerebrales. Para obtener dicha información en la versión original se se recogían los datos de las posiciones frontal posiciones frontal, central y occipital (PSAarray) en cambio actualmente (PSAarray2) solo se seleccionan las posiciones frontal y temporal. ^{(16) (21) (13)}

El índice del Estado del paciente (PSI) es el parámetro que mide esta prueba, sus valores varían de cero a 100 según el estado del paciente (siendo 100 despierto y 0 una suspensión completa del EEG), Las guías dicen que el rango óptimo es entre 25 y 50. ⁽¹⁶⁾

Para obtener este parámetro se usa un algoritmo PSA-4000, cuyos detalles fueron proporciconados por Drover et al., dicho algoritmo combina varios aspectos del electroencefalograma como pueden ser cambios de potencia en diferentes canales de frecuencia y en la inhibición y sincronización de las señales de diferentes regiones del cerebro ^{(16) (13)(21)}

Los datos obtenidos en el artículo de GN Schmidt et al, detectaron que en relación con la estimación de la concentración anestésica, no se conocen estudios que hayan

examinado la relación entre esta y el PSI. ⁽²¹⁾ y que en relación a la valoración de signos clínicos de sedación, los investigadores Chisholm et al. si que fueron capaces de mostrar una conexión cercana ($r=-0.8$) entre PSA y OAAS(Escala de Evaluación de Alerta/Sedación (Observer Assessment of Alertness/Sedation: OAAS). ⁽²¹⁾

GN Schmidt et al también hace referencia a un estudio multicéntrico con 306 pacientes donde se comparó el PSI con una administración de anestesia estandarizada según aspectos clínicos durante la anestesia con propofol, alfentanilo y óxido nitroso. Se obtuvo como resultado un consumo de propofol significativamente menor y un tiempo de recuperación más corto, con un traslado más rápido a la sala de recuperación el control de la anestesia después del PSI (PSI entre 25 y 50, 15 min antes del final de la operación entre 50 y 60) ⁽²¹⁾

La limitación principal encontrada fue la demostrada por Soto et al., demostraron que tras una aplicación adicional de óxido nitroso durante la anestesia continua con sevoflurano, el PSI no tuvo cambios significativos, lo cual sugiere que el PSI no puede representar adecuadamente el componente analgésico de la anestesia general. ⁽²¹⁾⁽²²⁾

Narcotrend

Su base también es el estudio del EEG, pero a diferencia del resto el narcotrend analiza datos de patrones sin procesar.

Hay dos medidas a conocer para el cálculo de la profundidad con este método:

- Etapa Narcotrend : va desde la A (despierto) a las F (anestesia profunda) siendo concretamente esta su clasificación:
 - A-Despierto
 - B-sedado
 - C-anestesia superficial
 - D-anestesia general
 - E-anestesia general con hipnosis profunda,
 - F-anestesia general con supresión de descargas

Para definir las etapas utiliza la naturaleza discontinua del análisis del EEG, utilizando el logaritmo de múltiples variables estadísticas inespecíficas. ⁽¹⁶⁾⁽⁷⁾

- Índice narcotrend: es la transformación en valores numéricos de las etapas del narcotrend de acuerdo a la profundidad anestésica (0-100, EEG no detectado a despierto respectivamente). ^{(16) (7)}

Monitoreo del estado cerebral [CSM]

Se trata de un monitor de EEG que se lanzó en 2004 de bajo coste para medir la profundidad anestésica ⁽¹⁹⁾. En este caso analiza solamente un único canal electroencefalográfico. El dispositivo consta de 3 electrodos que se colocan desde la línea media hacia la región mastoidea (positivo – referencia - negativo es el orden de colocación) ⁽⁷⁾⁽²¹⁾

La escala de valores que se obtiene es similar a la del BIS, su rango es del 0-100 y los valores recomendados son 40-60 ⁽¹⁹⁾. El CSM, además del CSI, proporciona el porcentaje de suspensión de ondas del EEG (BS%) e indica la impedancia de los electrodos, la calidad de la señal y proporciona valores de electromiografía (EMG, rango de 75-85 Hz), ⁽⁷⁾⁽²¹⁾, estos parámetros analizados se ven claramente en la siguiente figura (figura 11)⁽²¹⁾. La ventana de los principales parámetros es de 5-30 mins así como la señal del EEG, los resultados obtenidos se evalúan según el siguiente cuadro (figura 12) ⁽⁷⁾

Como conclusión del estudio realizado por Hoymork S. C. et al dice que:” el monitor de estado cerebral fue una alternativa satisfactoria al BIS para el seguimiento hipnótico efecto en el 87% de nuestros pacientes. En el 13% de los Pacientes, CSI mostró

valores que indicaban un despertar a pesar del sueño clínico, todos correctamente identificados con el BIS.” También aclaran que su estudio se realizó con las primeras versiones del CSM, mientras que el monitor BIS se ha sometido varias revisiones ⁽¹⁹⁾⁽⁶⁾. Pero en definitiva el CSI se asemeja al BIS, pues muestra patrones similares en anestesia sin relajación muscular y funciona como otros monitores de anestesia durante la inducción de Propofol⁽¹³⁾. Si entramos a considerar otros aspectos dentro de uso de uno u otro monitor, podemos plantear el conflicto económico pues en comparación el Monitor del

Figura 11: Algoritmo de monitor de estado cerebral. CSI cerebral. (21)

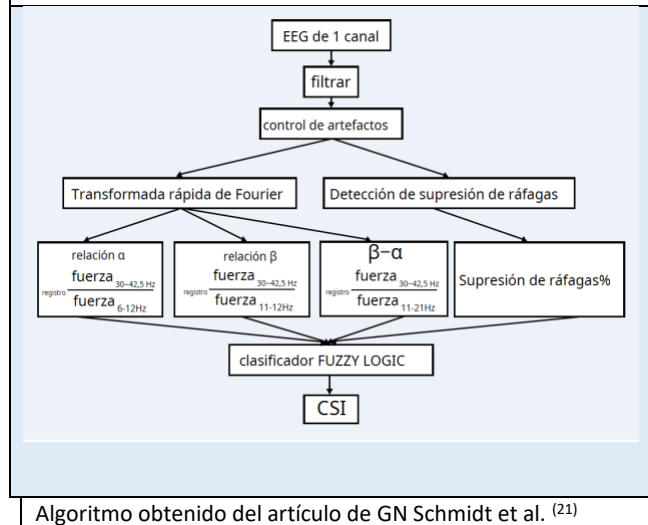


Figura 12: Interpretación de resultados del monitoreo del estado cerebral (CSM).

90-100	Despierto
80-90	Sedado
60-80	Anestesia superficial o sedación
40-60	Rango adecuado para anestesia quirúrgica
10-40	Anestesia profunda, frecuentemente acompañada de supresión de descargas
0-10	CSM es menor de 3, EEG es isoelectrico

Cuadro obtenido del artículo de María Claudia Niño-de Mejía tt. Al.⁽⁷⁾

estado cerebral es más barato que el BIS (4.500 monitor + 15 electrodos BIS , 3000 monitor +2 electrodos CSM, datos 2006 Noruega) ⁽¹⁹⁾

Por otro lado, tanto para la reducción del consumo anestésico, el tiempo de despertar, como para los despertares intraoperatorios no se han encontrados datos significativos, en comparación con el BIS que sí los ha demostrado. ⁽¹⁹⁾⁽²¹⁾

Snap Monitor II

En el 2002 salió este monitor, lo cual lo hace relativamente nuevo ⁽¹³⁾⁽²³⁾ sus valores son calculados en base a aquellos que el índice SNAP (Potencial de acción de nervios sensoriales) da, por medio de un único canal de EEG ⁽¹³⁾ Para obtener los valores se usa un algoritmo el cual evita incluir parámetro/frecuencias que van de los 40-80 HZ pues son los que puedan ser contaminados por la actividad muscular o ruidos ambientales. ⁽²³⁾

En este caso no podemos realizar intercambio de índices entre el BIS y el Snap Monitor II pues comparaciones entre ambos monitores concluyen que existe una desviación significativa entre ellos. ⁽¹³⁾

En los estudios realizados en torno a este monitor, se ha observado que el índice SNAP retorna a la línea base antes del despertar. Por el contrario, el BIS permanece por debajo de esta línea base en ese mismo momento, esto nos sugiere que el SNAP puede ser más sensible a la recuperación no intencional de la conciencia. ⁽¹³⁾⁽⁷⁾

Si queremos comparar valores entre el BIS y el SNAP, podríamos decir que el rango desde 58 – 70 son asumidos equivalentes con el rango del índice BIS de 40 – 60 ⁽¹³⁾

A-Line AEP Monitor/ 2

Este dispositivo, puede proporcionar un método el cual ayuda a estimar la profundidad anestésica por medio de la medición del potencial evocado auditivo (AEP), el nuevo monitor (AEP Monitor A-Line) es mucho más rápido y además convierte una curva compleja a un índice numérico, el índice AAI. ^{(13) (24)} (Figura 12) ⁽¹³⁾

Figura 12: Valor del AAI según el NPA

<u>AAI</u>	<u>Estado clínico</u>
60-100	Despierto
25-60	Anestesia ligera
15-25	Anestesia general
0-15	Anestesia profunda

Cuadro obtenido del artículo de Dr. C. Antonio Salgado Castillo *AI*. ⁽²⁰⁾

Para obtener las señales de estos potenciales se necesitan: un par de auriculares y 3 electrodos, tanto para enviar un estímulo acústico definido como para recibir las señales que se generan en el EEG. ⁽¹³⁾

La colocación de estos electrodos se hace en el mastoides izquierdo (electrodo negativo), medio frontal (electrodo positivo) y frontal izquierdo (electrodo de referencia), una vez colocados se envía un estímulo acústico de 65 decibeles (dB (durante 2 milisegundos y con una frecuencia de repetición de 9 Hz)) a través de los

auriculares. Tras la obtención de las señales, estas se procesan en el monitor aplicando el modelo autorregresivo (ARX) para luego ser transformadas en el índice AAI. ^{(13) (24)}.

En el estudio realizado por S. Alpiger en el 2005 se concluye que: “el monitor AEP A-Line puede indicar la profundidad de anestesia necesaria para condiciones de intubación aceptables en un 90 % durante la inhalación de sevoflurano combinado con nitroso óxido y fentanilo.” Pero también dicen que un mejor predictor de las condiciones de intubación frente al AAI es la concentración de sevoflurano al final de la espiración. ⁽²⁴⁾

Monitorización continua de la concentración de anestésico al final de la espiración

Cuando se usan anestésicos halogenados podemos realizar el control continuo de las concentraciones de los anestésicos inhalados y exhalados al final de la espiración (ETAC). El uso de anestésicos inhalatorios permite evaluar si la concentración del fármaco inhalado está cerca del valor deseado de concentración alveolar mínima (MAC) y esto nos puede disminuir el riesgo de despertar con consciencia intraoperatoria. ^{(25) (26)}

Pero ¿Qué es lo que nos permite esta evaluación? Los anestésicos halogenados poseen tres propiedades que constituyen la razón fundamental para controlar los ETAC: la curva pronunciada de la respuesta a las dosis de anestésicos volátiles, el efecto leve que tienen los opioides en esta relación y la facilidad para controlar su concentración de manera continua. ⁽²⁶⁾

El valor seleccionado como un umbral adecuado es ETAC <0,7 MAC para el agente anestésico seleccionado (con este valor es muy poco probable que el paciente esté consciente) pero a valores superiores no se sabe si la hipnosis y la amnesia se logran consistentemente. ^{(25) (26)}

Cuando usamos MAC tenemos un margen de seguridad que nos permite evitar los despertares intraoperatorios pues las necesidades para la supresión del movimiento suelen ser más alto que el MAC para la supresión de la conciencia o memoria. Para realizar ajustes relativamente rápidos para una profundidad anestésica deseada, podemos hacer uso de los agentes de inhalación con baja solubilidad en sangre como lo son el sevoflurano y el desflurano. ⁽²⁵⁾

Pero hay que destacar que este monitor presenta varias limitaciones como monitor de la profundidad anestésica pues el MAC se asocia con respuestas de movimiento las cuales si se ha usado un NMBA se encuentran disminuidas o ausentes. También para el uso de MAC hace falta tener en cuenta la variabilidad individual (edad, la farmacogenética, la temperatura y otros factores) pues varía según estos datos, además de que no podemos hacer uso de ella cuando administramos agentes intravenosos ⁽²⁵⁾

Pero a pesar de sus inconvenientes es muy recomendado usar esta medición pues ayudaría a evitar consciencia intraoperatoria inadvertida (en especial si se usan relajantes musculares y el vaporizador no se ha encendido o está vacío), también es posible que la concentración seleccionada en el vaporizador no sea la correspondiente con las concentraciones del anestésico al final de la espiración (riesgo de infra o

sobredosificación). Además, las medidas propuestas para la disminución del flujo de gases frescos con el objetivo de reducir los residuos y la contaminación dan lugar a un aumento de la complejidad para el control de relación entre la concentración alveolar suministrada y la real (a más bajo es el flujo de gases frescos, mayor es la diferencia entre los ajustes del vaporizador y las concentraciones de anestésicos inhalados) este problema se subsana si se usa un monitor de anestésicos halogenados, pues detecta esta diferencia. ⁽²⁶⁾

Conox monitor índices(qCON)

Es un monitor que presenta dos parámetros diferentes (qCON y qNOX), en este caso nos fijaremos en el qCON pues mide el nivel de conciencia. ⁽²⁷⁾ (imagen 3)

Este parámetro vincula a diferentes componentes espectrales del EEG con diferentes aspectos de la hipnosis (momento pérdida de conciencia, concentraciones hipnóticas, escalas de nivel de alerta/sedación) a través de un modelo cuadrático. ⁽²⁸⁾

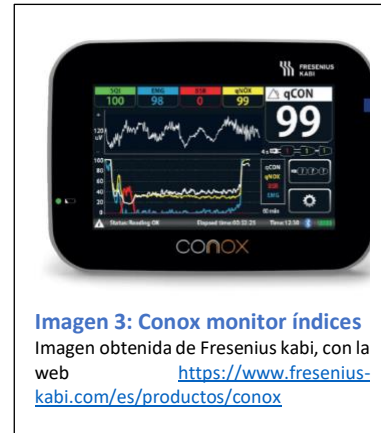


Imagen 3: Conox monitor índices

Imagen obtenida de Fresenius kabi, con la web <https://www.fresenius-kabi.com/es/productos/conox>

Un valor de cero indica actividad isoelectrica en el EEG, por ende, una suspensión del 100%, es decir no hay actividad cortical detectada, y un valor de 99 es conciencia completa ⁽²⁸⁾⁽²⁹⁾.

qCON ha demostrado tener una correlación relativamente buena con otras medidas como el índice de BIS ⁽²⁷⁾⁽²⁹⁾⁽³⁰⁾. En un estudio reciente realizado por T. Pantalacci1 et. Al., vieron correlación moderada entre el qCON y MAC, dicha relación era una relación significativa negativa lineal, el estudio dice:” El estudio actual muestra que el uso de un desflurano con objetivo MAC de 0,8 a 1,2, corresponde a un objetivo adecuado para la hipnosis correcta, el qCON proporciona unos valores intraoperatorio comprendidos entre 40 y 60, lo que puede sugerir que qCON constituye un indicador útil del nivel de hipnosis, aunque esto debería estudiarse más a fondo.”⁽³¹⁾

Se ve afectado por medicamentos como los relajantes musculares, pero aun así se recomienda se trata de un índice reacciona de manera sensible y predecible a la dosis anestésicas y la situación clínica. ⁽²⁹⁾

Tabla resumen de monitores para la profundidad anestésica

Tabla resumen de monitores para a profundidad anestésica.			
<u>Monitores</u>	<u>Herramienta medida</u>	<u>Rango de valores</u>	<u>Valores de referencia</u>
<i>BIS</i>	-EEG -Índice de EMG -Tasa de supresión del EEG	0 (Casi sin actividad el EEG) <40 (Anestesia excesivamente prof.) 40-60 (Anestesia general) 65-85 (Sedación) 90-100 (Despierto)	40-60
<i>Entropía</i>	EEG (La medición se debe a la relación directa dada entre la actividad cerebral y la asincronía, complejidad, variabilidad e irregularidad (entropía) del EEG)	RE: 0 (suspensión del EEG) 100 (Despierto) ES: 0 (suspensión del EEG) 91 (Despierto)	RE: 50-63 ES: 34-52
<i>PSA 4000 (analizador del estado del paciente o SEDLine monitor)</i>	EEG multicanal (combinan en su algoritmo aceptos como cambios de potencia en diferentes canales de frecuencia y en la inhibición y sincronización de las señales de diferentes regiones del cerebro)--PSI	PSI: 0 (Suspensión del EEG) 100 (Despierto)	25-50
<i>Narcotrend</i>	EEG (Datos de patrones sin analizar)	Etapas Narcotrend: A (Despierto) B (Sedado) C (Anestesia superficial) D (Anestesia general) E (Anestesia general con hipnosis profunda) F (Anestesia general con supresión de descargas) Índice Narcotrend: 0 (Suspensión del EEG) 100 (Despierto)	Etapas: E Índice Narcotrend: 35-65
<i>Monitoreo del estado cerebral [CSM]</i>	Un canal EEG --CSI	CSI: 0 (Suspensión del EEG) 100 (Despierto)	40-60
<i>Snap Monitor II</i>	Un canal EEG --índice SNAP	Índice SNAP: 0 (Suspensión del EEG) 100 (Despierto)	58-70
<i>A-Line AEP Monitor/ 2</i>	EEG y potencial evocado auditivo (AEP) -- AAI	AAI: 0-15 (Anestesia profunda) (siendo 0 silencio bioeléctrico) 15-25 (Anestesia general) 25-60 (Anestesia ligera) 60-100 (Despierto)	15-25
<i>Monitorización continua de ETAC</i>	Control continuo de las concentraciones de los anestésicos inhalados y exhalados al final de la espiración (ETAC).	MAC del agente seleccionado	<0,7 MAC
<i>Conox monitor índices (qCON)</i>	EEG (diferentes aspectos espectrales y diferentes aspectos de la hipnosis como el momento pérdida de conciencia, concentraciones hipnóticas, escalas de nivel de alerta /sedación a través de un modelo cuadrático.	0 (Suspensión del EEG) 99 (Despierto)	40-60
<i>Realización propia</i>			

Monitorización de la nocicepción

En el apartado anterior veíamos uno de los pilares fundamentales de la anestesia general, la hipnosis y su valoración; ahora vamos a enfocarnos en la monitorización de la nocicepción.

El concepto de nocicepción lo conocemos, el proceso neurológico que se produce en consecuencia a estímulos nocivos, este concepto lo podemos confundir con el dolor, pero este último hace referencia a la percepción consciente del daño, por lo que en una persona inconsciente no puede ser utilizado.

Su evaluación durante anestesia general es un proceso muy complejo, el objetivo de esta monitorización es saber si se está infra o sobre dosificando al paciente con fármacos analgésicos, esto se intenta realizar a través de métodos no invasivos pero a la vez objetivos. Así se ayuda a evitar resultados indeseados, pues ambos extremos dan lugar a efectos secundarios negativos para el paciente⁽³²⁾, como por ejemplo dolor posoperatorio, aumento del consumo analgésico postoperatorio.... También seremos capaces de tener un mejor control sobre la analgesia del paciente que con los datos basales de respuestas autónomas como la presencia de lagrimeo, taquicardia, la presión arterial....

Varios monitores están ya disponibles mientras otros están siendo desarrollados y todos ellos usan algoritmos⁽³³⁾ que usan datos obtenidos gracias a la interpretación de respuestas que nuestro sistema autónomo (tanto simpático como parasimpático) ⁽³²⁾ presenta tras un estímulo (aunque también se ha de destacar la existencia de un parámetro que no lo usa (qNOX)). Hay varios modos de observar estas respuestas pues podemos usar índices donde se observe solo un parámetro, dos o varios.

Uniparámetro

Índice de nocicepción analgésica (ANI)

Durante la anestesia general una de las formas de medir el nivel de respuesta parasimpática reflejada en el ECG es el índice de nocicepción analgésica (ANI) (imagen 4). Para cuantificar el tono parasimpático usan la arritmia sinusal respiratoria (variaciones breves y rápidas de la frecuencia cardíaca que induce cada ciclo respiratorio), esta variabilidad refleja la respuesta del Sistema nervioso autónomo pues aumenta cuando predomina el parasimpático y disminuye con la respuesta simpática.

Así pues, cada ciclo respiratorio se asocia a un aumento de la frecuencia cardíaca de origen vagal, viéndose reflejado en el ECG como un acortamiento del intervalo R-R durante la inspiración (pudiendo ser unidimensional o multidimensional si se registran



Imagen 4 Monitor ANI

Imagen obtenida de la web <https://www.its-salud.com/producto/monitor-tono-para-simpatico-ani/>

series de RR). Por tanto el ANI refleja la distancia RR del ECG, la amplitud de la onda y la frecuencia respiratoria y ventilatoria ⁽²⁸⁾⁽³⁴⁾.

Este monitor detecta varias frecuencias de onda, y según cual sea podemos indicar que sistemas son los que actúan. Encontramos 3 categorías principales, las de muy baja frecuencia (VLF: 0.004-0.04 Hz), baja frecuencia (LF: 0.04-0.15 Hz) y alta frecuencia (HF: 0.15-0.40 Hz)(Figura 13), en el caso de detectar un predominio parasimpático, en ausencia de nocicepción, predomina el patrón respiratorio de variación (HF) es por ello que es el que buscamos reflejar. ⁽³⁴⁾⁽²⁸⁾⁽³⁵⁾

Figura 13: Valores de frecuencias de onda y la actividad que reflejan ⁽³⁴⁾

<i>Muy baja frecuencia</i>	VLF: 0.004-0.04 Hz	Actividad de termorregulación y del sistema endocrino.
<i>Baja frecuencia</i>	LF: 0.04-0.15 Hz	Actividad modulada por tono simpático y al tono parasimpático, así como barorrefleja
<i>Alta frecuencia</i>	HF: 0.15-0.40 Hz	Actividad del tono parasimpático, fundamentalmente relacionada con la ASR

Tabla obtenida del artículo de Funcke, S., et al. ⁽³⁴⁾

Por el contrario, si aparece ansiedad o nocicepción durante la intervención el patrón HF se pierde y da lugar al LF pues refleja hiperactividad simpática (la cual no es visible en el HF). Es este fenómeno el que se ve en el monitor ANI, que por algoritmos transforma esta variabilidad en cifras y tendencias, cuyos valores varían entre 0-100 siendo el rango óptimo indicado es de 50-70 (el valor obtenido es la media de los últimos 4 minutos). Cuando se presentan valores inferiores indica una posible respuesta hemodinámica en los próximos minutos por infradosificación de la analgesia y valores superiores una sobredosificación de analgesia ^{(28) (34)}.

El ANI ha demostrado ser de más valor a la hora de detectar estímulos dolorosos que los valores hemodinámicos tradicionales. Aún se necesitan más estudios para poder evaluar su relación con la concentración de opioides aunque en su artículo de revisión, Thomas Ledowski afirma que “la analgesia guiada por ANI puede reducir ligeramente el consumo intraoperatorio de opiáceos, no resultó en una reducción significativa de los efectos secundarios relacionados con los opioides”. También se necesita profundizar su estudio con el uso de bloqueos regionales y sedación con consciencia ⁽²⁸⁾ a pesar de que en algunos autores tampoco aconsejen su uso en pacientes (semi)conscientes, pues parece que ANI puede ser influenciado por las emociones y otros factores de confusión ⁽³⁵⁾

Hay ciertas limitaciones limitaciones como lo son las arritmias, los marcapasos, los fármacos vasoactivos, los betabloqueantes y las interferencias por electrocauterio y además, puede estar influido por respuestas autonómicas. Dentro de los medicamentos medicamentos que debemos de tener en cuenta pues afectan en los valores conocemos que en el caso de la efedrina el ANI invalido hasta pasados 10 minutos tras la administración, y lo mismo para la atropina pero en este caso necesitamos 20 minutos tras su administración. ⁽²⁸⁾

Uno de los puntos negativos, junto con el retraso de 4 minutos de los valores, es que este parámetro tiene una gran variabilidad interindividual por lo que presenta una baja reproducibilidad y tampoco es útil su cálculo mientras el paciente se encuentra en apnea para la intubación. ⁽²⁸⁾

Podemos concluir que ANI nos predice la respuesta hemodinámica y su etiología, y nos ayudará a hacer un buen uso de los fármacos intraoperatorios para bloquear el estímulo nociceptivo ⁽³⁴⁾. También se ha visto que un ANI-50 ha mostrado un VPN alto para la ausencia de dolor postoperatorio y dolor en la UCI ⁽³⁵⁾

Similar al ANI encontramos su versión adoptada, el monitor NIPE, para los pacientes menores de dos años (por su rango de frecuencia cardíaca) ⁽³⁴⁾.

Conductancia de la piel

El sistema nervioso simpático es el encargado de inervar las glándulas sudoríparas cutáneas de las palmas de las manos y plantas de los pies. Bajo un estímulo de este sistema, las glándulas se llenan de sudor y rápidamente se evapora a la superficie de la piel, dando lugar a una disminución de la resistencia y a un aumento de la conductancia, por lo que podemos deducir que estos cambios en la permeabilidad al agua de los conductos excretores nos permiten calcular los cambios rápidos del tono simpático. También se ha visto que la amplitud del pico de conductancia se relaciona directamente con la intensidad del estímulo. ⁽⁸⁾⁽³⁵⁾⁽³⁶⁾

Se calculan tres parámetros:

- ASCF (amplitud de fluctuaciones de la conductancia de la piel), la amplitud de los picos
- SCL (nivel de conductancia de la piel), refleja el tono simpático fuera de cualquier estimulación;
- NSCF (número de fluctuaciones de la conductancia de la piel) permite cuantificar el nivel de activación simpática bajo anestesia, es una combinación de los dos anteriores. ⁽⁸⁾

A través de dos electrodos se calcula la conductancia que hay entre estos tras aplicar una micro corriente en la superficie palmar (adultos) o plantar (neonatos) ⁽³⁵⁾ Un valor de NFSC >0.2 puede correlacionarse con dolor postoperatorio intenso y posiblemente también la nocicepción intraoperatoria. ⁽³⁵⁾

Hay muchos factores de confusión que pueden influir en la conductancia de la piel en sujetos despiertos (estado emocional, dolor...), así como un aumento de la concentración de opiáceos (como sucede en la anestesia general). Además, tampoco se ha evidenciado un beneficio clínicamente relevante derivado del uso perioperatorio de este monitor. ^{(35)(8) (3)}

Pero se ha de destacar que este índice, a diferencia de otros, tiene poca variabilidad interindividual, da una lectura continua y objetiva del paciente además de que se ha

demostrado su gran sensibilidad a la hora de detectar dolor y la respuesta a estímulos nociceptivos.⁽³⁶⁾ También se destaca su uso en pacientes con pocas habilidades para la comunicación del dolor⁽³⁾

Recientemente, este monitor se ha implementado para el cálculo de otro índice que explicaremos más adelante, el índice multiparámetro NOL.⁽³⁵⁾

Pupilometría

Nos ayuda en caso de sedoanalgesia moderada-profunda o anestesia general⁽³⁹⁾, este método no invasivo basa su evaluación en la dilatación del reflejo pupilar (PRD) la cual es inducida por estímulos nociceptivos por lo cual nos es útil para cuantificar el dolor y además sirve también para valorar los efectos farmacodinámicos de los opiáceos.⁽⁴⁰⁾

Por el control simpatico-vagal que tienen la contracción y dilatación pupilar, donde la dilatación pupilar o midriasis es proporcionada por el músculo liso dilatador de iris (inervado por el simpático, origen medular simpático⁽⁸⁾) el cual da lugar al índice de nocicepción. En cambio, la miosis o contracción pupilar es dada por el esfínter de iris (inervado por el sistema parasimpático (núcleo de Edinger- Westphal) por fibras colinérgicas) y este responde a la administración de opiáceos (se observaría el efecto farmacológico que se obtiene según la ocupación de los receptores opioides μ y κ en el sistema nervioso central.⁽³⁵⁾⁽³⁷⁾⁽³⁸⁾

La pupilometría (imagen 5) se ha considerado como un buen método para el control intraoperatorio de la nocicepción.⁽²⁸⁾⁽³⁵⁾, también se ha estudiado su uso en la predicción del dolor y dolor posoperatorio en PACU y dolor en UCI.⁽³⁵⁾

Este monitor presenta varios modos de operar y según cual utilices tiene estímulos diferentes:

- Modo 1: según el estímulo nocivo se evalúa el cambio de diámetro pupilar en un tramo de 60s.
- Modo 2: la variación del diámetro pupilar tras la exposición a un segundo de un flash de luz.
- Modo 3 y 4: llamado tetanus e índice pupilar del dolor (PPI), estos corresponden a los cambios en el diámetro pupilar tras la estimulación del nervio cubital.⁽²⁸⁾, el modo tetanus permite evaluar la nocicepción previa a la incisión quirúrgica⁽³⁷⁾⁽³⁹⁾



Imagen 5: videopupilometría

Imagen tomada de la web <https://anestesiario.org/2013/i-cafe-cientifico-de-gativ/>

- PPI: Su rango es de 0-10, siendo un valor bajo (1-2) una analgesia profunda y un valor alto (>7) una analgesia ligera o insuficiente.⁽³⁹⁾⁽²⁸⁾

Todos estos métodos son diferentes pues cambian el estímulo, su frecuencia, duración y su amplitud (constante, variable, desde 10 mA/s hasta 60mA) ⁽²⁸⁾.

Hay que tener en cuenta, como sucede en otros métodos, que existen parámetros que pueden afectar a nuestra medición como es el caso de ansiedad severa o ciertas drogas que pueden afectar al reflejo del diámetro pupilar⁽⁴⁰⁾

Uno de los estudios revela que la monitorización por pupilometría puede ayudar a reducir el consumo de opioides (remifentanilo), además de una reducción de morfina postoperatoria y del dolor a largo plazo; este estudio se basaba en una serie de casos estudiados durante cirugía ginecológica mayor, pero aun así se necesitan más estudios ⁽³³⁾⁽⁴¹⁾

Hay ciertas limitaciones pueden ser la iluminación, estados de confusión del paciente, lesiones intraoculares, cirugías oculares previas, fármacos/drogas, lesiones del nervio óptico o III par por fractura de la base del cráneo, hematomas intrapedunculares ⁽³⁸⁾, además hay que tener cierto cuidado con la córnea pues necesita su exposición para poder tomar la medida, lo cual implica que no sea una medida continua ⁽⁴¹⁾

También se ha demostrado que la pupilometría fue superior para detectar estimulación dolorosa frente a parámetros tradicionales también se vio que es más rápido ^{(40) (28)}

Monitoreo del reflejo flexor nociceptivo (NFR)

Es una alternativa diferente a los otros tipos de monitorización, como la pupilometría, pues este reflejo se visualiza a través de un reflejo de retirada, también conocido como reflejo RIII ⁽³⁵⁾. En este caso el estímulo se aplica sobre el nervio sural y su efecto se mide en el músculo bíceps femoral a través de un electromiograma. ⁽²⁸⁾

Nos permite observar el umbral de intensidad eléctrica que se necesita para dar lugar a un reflejo de retirada. Se trata de un reflejo de retirada polisináptico espinal que se provoca tras la activación de nervios nociceptivos aferentes delta. ⁽³⁵⁾ el cual nos permite un cuantifica el umbral de intensidad eléctrica requerido para provocar cambio en la actividad electromiográfica (indicador del nivel de analgesia) ⁽²⁸⁾⁽³⁵⁾

Mayor nivel de analgesia equivale a un aumento de la corriente necesaria para provocar el reflejo. Estudios han demostrado que el remifentanilo también afecta a este reflejo, pues a mayor dosis mayor es el umbral del reflejo. ⁽²⁸⁾

Este umbral puede verse aumentado por la administración de analgésicos y disminuido por la activación de neuronas sensoriales por la capsaicina ⁽⁴²⁾⁽³⁵⁾

Unas de las ventajas que se ha demostrado con este método es que ha demostrado superioridad a la hora de predicción del movimiento en comparación con las variables que utilizan EEG procesado⁽⁴²⁾⁽²⁸⁾

Este parámetro se ve afectado por el sexo, la edad, el peso y distintos factores fisiológicos del paciente, y se ve influido por el grado de bloqueo neuromuscular, la impedancia de la piel, las alteraciones de los nervios periféricos, las enfermedades musculares y el acceso a la zona de estimulación en la pierna ^{(42) (35)}

Este método necesita más estudios pues es su estudio perioperatorio es deficiente para juzgar el valor de NFR para uso clínico diario. ⁽³⁵⁾

Dos parámetros

SPI Surgical pleth index (índice de pletismo quirúrgico)

Este índice fue creado por el grupo Huiku et.al. en el 2007 tras investigar los efectos del estrés quirúrgico en diversos parámetros psicológicos en pacientes con concentraciones de opioides (remifentanilo) variables⁽⁴¹⁾. Basa su cálculo en la respuesta simpática cardíaca y vascular y usa parámetros no invasivos por medio del análisis de la forma de onda y el latido del corazón de la fotopletismografía en pulsioxímetros. ⁽⁴⁰⁾.

Se necesita la amplitud de la onda del pulso pletismográfica (PPGA) y el intervalo entre latidos (HBI), con esto dos parámetros se forman la siguiente ecuación:

$$SPI = 100 - (0.7 \times PPGA + 0.3 \times HBI) \quad (43)$$

Como resultado tenemos un rango que va de 0-100, en donde los valores superiores indican una inexistencia en la suspensión de la nocicepción, su rango óptimo es 20-50. Al igual que un valor menor de 50 sirve para asegurarnos un mantenimiento adecuado de la analgesia, otro valor que nos indica dicho control es evitar aumentos rápidos de más de 10 puntos en un periodo corto de tiempo. ^{(41) (40)}

No ha logrado superponerse a otras medidas como las variables hemodinámicas y aunque algunos estudios hacen mención a una reducción del consumo de opioides intraoperatorio y un acortamiento del tiempo de recuperación, otros han visto similitudes con otros parámetros por lo que no se puede concluir nada. ⁽⁴¹⁾⁽³⁵⁾. El estudio realizado por Sandra Funcke, MD et. al, concluye que a pesar de no ver una reducción en el consumo de opioides sí que se vio una bajada en el cortisol y ACTH. ⁽⁴⁴⁾

Su investigación en uso pediátrico es pobre ^{(3) (40)} aunque se han visto estudios donde se investiga la relación entre el SPI y la escala de dolor postoperatorio en pacientes de la unidad de cuidados post anestésicos (tanto en adultos como en niños).

Desafortunadamente tiene unas limitaciones muy establecidas: cualquier factor que altere el tono simpático, el estado del volumen intravascular, hipotermia, postura, fármacos antihipertensivos, atropina, marcapasos, nivel de conciencia y en aquellos pacientes despiertos la ansiedad y el estrés (no se ha considerado útil en estos sujetos). ^{(41) (40) (35)}.

Conox monitor indices (qNOX)

Este monitor ya ha sido mencionado anteriormente, pues da lugar a dos valores separados : qCON (ya explicado) y el qNOX.⁽³⁵⁾ (imagen 3)

En este caso el qNOX tiene como objetivo reflejar la probabilidad de movimiento en respuesta a un estímulo nociceptivo. Nos proporciona un valor entre 0-99, resultado del estudio del electroencefalograma y electromiograma. Los valores acordados son: <40 indican muy baja probabilidad de respuesta, 40-60 baja y >60 alta probabilidad de respuesta al estímulo nociceptivo. ⁽³⁵⁾ ⁽²⁹⁾

Este monitor resulta atractivo pues no se ve afectado por otros factores limitantes que otros métodos sí ya que no depende de la actividad nerviosa autónoma (por ejemplo drogas vasoactivas); aun así hay que tener en cuenta medicamentos como los bloqueadores neuromusculares ya que estos alteran el electromiograma.

El estudio realizado por T. Pantalacci et al. en 2021 muestra que la relación entre el qNOX y ANI es de $r^2 = 0.07$, $p < 0.001$, lo cual implica una relación lineal negativa pobre pero algo significativa según su trabajo ⁽³¹⁾. Pero no hay evidencias suficientes cómo para afirmar cualquier conclusión sobre su uso en el ámbito clínico. ⁽³⁵⁾⁽²⁹⁾

Multiparámetro

Índice NOL (nociception level index)

Se trata de un índice multiparámetro cuya función es analizar señales autónomas que reflejan la respuesta fisiológica a estímulos nocivos ⁽⁴⁵⁾, el monitor que da lugar al índice NOL es el PMD-200 ⁽⁴⁵⁾ (Imagen 6)

Este monitor usa un dedil no invasivo y un sensor de un solo uso para obtener los parámetros necesarios los cuales son: fotopleletismografía (PPG), la respuesta de conductancia de la piel, la temperatura periférica y un acelerómetro (ACE) ⁽⁴⁵⁾ aunque de estos últimos parámetros no se conoce muy bien su rol ⁽²⁸⁾ A partir de estos el algoritmo NOL obtiene y analiza los parámetros y derivados fisiológicos que se relacionan con la nocicepción como son: frecuencia cardíaca, variabilidad de la frecuencia cardíaca (HF 0.15-0.4 HZ), amplitud de la onda del pulso, nivel de conductancia de la piel, fluctuaciones en la conductancia de la piel, temperatura de la piel, movimiento y sus varias derivadas⁽⁴⁵⁾ y a través del uso de la regresión no lineal de Random Forest se genera el índice NOL ⁽⁴⁶⁾



Imagen 6: Medasense PMD-200™ Objective Pain Monitoring System

Imagen obtenida de <https://www.prweb.com/releases/baxterventure/sjoins/medasenseseriesbfinancing/prweb13433919.htm>

Para correlacionar este índice con la fuerza del estímulo dispositivo y la concentración de opiáceos se usa un índice combinado llamado CISA (combined index of stimulus and analgesia) este índice CISA se trata de la variable observable ⁽⁴⁷⁾

Este valor se genera cada 5 segundos y su rango va de 0 a 100 y no tiene unidad. Para valorar que la analgesia sea profunda (baja activación del simpático) el valor debería tender a 0, pero no más bajo de 10 pues $NOL < 10$ durante más de 2 minutos sugiere analgesia excesiva, por el contrario. y $NOL > 25$ durante más de 2 minutos (no como respuesta a drogas simpaticomiméticas) nos debería hacer pensar en una respuesta nociceptiva alta y debería de considerarse la analgesia suplementaria. Entonces los valores recomendados son entre 10-25 durante el mantenimiento ⁽²⁸⁾⁽⁴⁵⁾

Entre las ventajas de este índice se ha encontrado que bajo anestesia general tiene mayor sensibilidad intraoperatoria y especificidad que la frecuencia cardíaca y la presión arterial principal a la hora de predecir la respuesta ante estímulos nociceptivos ⁽²⁸⁾. También se ha visto que durante la cirugía mayor abdominal se reportó un 30% menos de consumición de remifentanilo⁽²⁸⁾ pues tampoco se ve alterado este parámetro por su administración ^{(47) (45)}, además también se ha visto que mejora la estabilidad hemodinámica (reduciendo un 80% de los eventos hipotensivos durante la cirugía)⁽²⁸⁾ ⁽⁴⁵⁾, estos datos fueron observados también por el equipo de Fleur S. Meijer et al. y además indican que el dolor postquirúrgico y el consumo de opioides postquirúrgicos no se vieron modificados ⁽³³⁾. Otro estudio aleatorizado, en este caso el realizado por Virgine Sbeghen et al. concluye que a la hora de hablar de laringoscopias o laringoscopia + intubación se vió que el índice NOL era mejor que los parámetros hemodinámicos estándares, por lo que junto con la revisión de otros artículos se puede concluir que el índice NOL un buen parámetro para medir la nocicepción además de ser mejor que los parámetros hemodinámicos estándares como la frecuencia cardiaca, presión arterial...^{(35) (46)}

Por el contrario también se ha hecho mención al rango tan estrecho de valores recomendados (10-25) y que esto puede dar lugar a deficiencias como que los valores de escala NOL no estén bien ajustados a la administración farmacológica guiada con NOL ⁽²⁸⁾. También se necesitan profundizar estudios donde se aplique este índice en otras circunstancias como anestesia regional, local y sedación.

Tabla resumen de monitores de la nocicepción.

Tabla resumen de monitores de la nocicepción.				
<u>Monitores</u>		<u>Herramienta medida</u>	<u>Rango de valores</u>	<u>Valores de referencia</u>
<i>Uniparámetro</i>	Índice de nocicepción analgésica (ANI)	ECG, arritmia sinusal respiratoria (refleja la respuesta del Sistema nervioso autónomo)	0-100 A valores más altos de ANI representan un mayor nivel de act. parasimpática y posiblemente menos dolor/nocicepción	50-70
	Conductancia de la piel	Conductancia de la piel por intervención de glándulas sudoríparas (reflejo de los cambios rápidos del tono simpático)---ASCF, ACL, NSCF	NSCF	NSCF<0,2
	Pupilometría	Dilatación del reflejo pupilar (PRD) (control simpático-vagal)--PPI	PPI: 0-10 1-2 (analgésia profunda >7 analgesia ligera o insuficiente)	1-2
	Monitoreo del reflejo flexor nociceptivo (NFR)	Reflejo RIII (reflejo de retirada del bíceps femoral) medido en un EMG del nervio sural.	Mayor nivel de analgesia equivale a un aumento de la corriente necesaria para provocar el reflejo.	
<i>Dos parámetros</i>	sPI Surgical pleth index (índice de pletismo quirúrgico)	Tono simpático vascular periférico y tono cardíaco simpático (usa parámetros no invasivos por medio del análisis de la forma de onda y el latido del corazón de la fotopletismografía en pulsioxímetros)	0 (niveles que se aproximen a 0 es menor estrés) 100 (niveles que se aproximen a 100 equivalen a mayor estrés)	20-50
	Conox monitor índices (qNOX)	EMG y EEG	0-99 -<40 (muy baja probabilidad de respuesta al estímulo nociceptivo) -40-60 (baja) ->60 (alta probabilidad de respuesta)	
<i>Multiparámetro</i>	Índice NOL (nociception level index)	4 parámetros: -Respuesta galvánica de la piel (tono simpático) -Pletismografía de la onda de pulso (tono vascular simpático) -Temperatura -Acelerómetro Relacionados a través del índice CISA	CISA: 0-100 Debería tender a 0, pero no más bajo de 10 (NOL > 10 + de 2 mins. --> analgesia excesiva) (NOL > 25 + de 2 mins. --> considerarse la analgesia suplementaria)	10-25
<i>Realización propia</i>				

6. CONCLUSIONES

La monitorización de los pilares anestésicos es relativamente reciente, tradicionalmente se ha basado en los parámetros hemodinámicos, pero poco a poco los estudios para la monitorización se están extendiendo, así como su práctica clínica.

La monitorización de la profundidad anestésica además del uso de la CAM, se basa en el EEG procesado como en los monitores BIS, Entropía y SEDline, siendo el más conocido el Índice Biespectral. Con la utilización de los mismos se ha podido reducir la dosis de los fármacos hipnóticos

Gracias a estos monitores se ha podido reducir la dosis de fármacos hipnóticos dando lugar también a una reducción en el tiempo de despertar y de recuperación posquirúrgica, el único sitio donde no se ha podido evidenciar la efectividad de estos monitores es en la conciencia intraoperatoria pues su incidencia es escasa.

La monitorización de la nocicepción es aún más reciente y sus estudios son más escasos. El objetivo buscado de los parámetros derivados es el manejo idóneo de los opioides tanto intra como de manera postoperatoria, por sus efectos adversos y el mal control del dolor posoperatorio.

Los monitores de nocicepción basan sus medidas en los cambios que el SNA provoca ante los estímulos nociceptivos independientemente de la conciencia del sujeto. Estos monitores pueden valorar uno, dos o varios parámetros. El más reciente y el que más parámetros usa es el índice NOL, junto a este, está el ANI, y en ambos se han encontrado correlación con el balance intraoperatorio ente nocicepción y analgesia.

Aun así, la gran mayoría de los estudios concluyen que se necesita mayor profundidad en el estudio de estos monitores nociceptivos para afirmar su eficacia.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Aliaga Font L, Tornero Tornero C. Anestesia. [recurso electrónico] : fundamentos y manejo clínico [Internet]. Editorial Médica Panamericana; 2015 [cited 2023 Apr 28]. (Eureka Editorial Médica Panamericana). Available from: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=sso&db=cato9079a&AN=cbu.oai.folio.org.fs00001047.333fb3ff.9ae6.40ce.b282.d70c7c30302d&lang=es&site=eds-live&scope=site>
2. Castellanos-Olivares, A., Dulce, D., Rascón-Martínez, M., Héctor, D., Genis-Zárate, J., Petra, D., & Vásquez-Márquez, I. (2014). Revista Mexicana de Anestesiología Profundidad anestésica y morbimortalidad postoperatoria. *Supl. 1 Abril-Junio*, 37, 108–112. <https://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2014/cmas141ae.pdf>
3. Constant, I., & Sabourdin, N. (2015). Monitoring depth of anesthesia: From consciousness to nociception. A window on subcortical brain activity. In *Paediatric Anaesthesia* (Vol. 25, Issue 1, pp. 73–82). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/pan.12586>
4. Saboya Sánchez, S., Martín Vivas, A., Silva Obregón, J. A., Romera Ortega, M. Á., Chamorro Jambrina, C., la Torre Marco, I., & Camarero Jorge, E. (2009). Monitorización de la sedación profunda. El monitor BIS®. *Enfermería Intensiva*, 20(4), 159–166. [https://doi.org/10.1016/S1130-2399\(09\)73224-9](https://doi.org/10.1016/S1130-2399(09)73224-9)

5. Gallardo-Hernández, A. G., Islas-Andrade, S., & Revilla-Monsalve, M. C. (2016). *Monitores de profundidad anestésica Robust control for propofol induced anesthesia based on Second-Order Sliding-Mode Control View project*. www.medigraphic.org.mx
6. Messina, A. G., Wang, M., Ward, M. J., Wilker, C. C., Smith, B. B., Vezina, D. P., & Pace, N. L. (2016). Anaesthetic interventions for prevention of awareness during surgery. In *Cochrane Database of Systematic Reviews* (Vol. 2016, Issue 10). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.10uapa02/14651858.CD007272.pub2>
7. María Claudia Niño-de Mejía, M. D., Janellys del C. Hennig, & Darwin Cohen M, M. D. *. (2011). El despertar intraoperatorio en anestesia, una revisión. *Revista Mexicana de Anestesiología*, 34, 274–285. <https://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2011/cma114h.pdf>
8. Jacquens, A., Simony, M., Besnard, A., Dupont, J., & Degos, V. (2023). Vigilancia de la profundidad de la anestesia general. *EMC - Anestesia-Reanimación*, 49(1), 1–18. [https://doi.org/10.1016/s1280-4703\(22\)47393-2](https://doi.org/10.1016/s1280-4703(22)47393-2)
9. Bullard, T. L., Cobb, K., & Flynn, D. N. (2023). Intraoperative And Anesthesia Awareness. *StatPearls*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK582138/>
10. Lewis, S. R., Pritchard, M. W., Fawcett, L. J., & Punjasawadwong, Y. (2019). Bispectral index for improving intraoperative awareness and early postoperative recovery in adults. In *Cochrane Database of Systematic Reviews* (Vol. 2019, Issue 9). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003843.pub4>
11. Ghoneim, M. M., Block, R. I., Haffarnan, M., & Mathews, M. J. (2009). Awareness during anesthesia: Risk factors, causes and sequelae: A review of reported cases in the literature. *Anesthesia and Analgesia*, 108(2), 527–535. <https://doi.org/10.1213/ane.0b013e318193c634>
12. Warner, D. S., Sanders, R. D., Tononi, G., Laureys, S., Sleigh, J. W., Ch, M. B. B., & Stat, F. R. C. A. (2012). *Unresponsiveness Unconsciousness*. <http://pubs.asahq.org/anesthesiology/article-pdf/116/4/946/256557/00000542-201204000-00034.pdf>
13. Antonio, C., Castillo, S., Arquímedes, C., Pedrón, M., Juan, B., & Zayas, A. ". (2016). Técnicas para el monitoreo de los niveles de profundidad anestésica. *MEDISAN*, 20(6), 820–833. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192016000600012&lng=es&nrm=iso&tlng=es
14. Saucedo Moreno, E. M., Alva Arroyo, N. V., Morales Gámez, J. L., Athié García, J. M., & Cortés Barenque, M. F. (2021). Uso de la monitorización de profundidad anestésica. *Acta Médica Grupo Ángeles*, 19(2), 190–194. <https://doi.org/10.35366/100441>
15. Escontrela Rodríguez, B., Gago Martínez, A., Merino Julián, I., & Martínez Ruiz, A. (2016). La entropía espectral en la monitorización de la profundidad de la anestesia. In *Revista Espanola de Anestesiología y Reanimacion* (Vol. 63, Issue 8, pp. 471–478). Elsevier Doyma. <https://doi.org/10.1016/j.redar.2015.07.005>
16. Shander, A., Lobel, G. P., & Mathews, D. M. (2018). Brain monitoring and the depth of anesthesia: Another goldilocks dilemma. *Anesthesia and Analgesia*, 126(2), 705–709. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002383>
17. Rodrigues Nunes, R., Revisión, A. de, Martins Miranda Chaves, I., César Garcia de Alencar, J., Benevides Franco, S., Gurgel Barbosa Reis de Oliveira, Y., & Guabiraba Abitbol de Menezes, D. (2012). Índice Bispectral y Otros Parámetros Procesados del Electroencefalograma: una Actualización. *Revista Brasileira de Anestesiologia*, 62. <https://www.scielo.br/j/rba/a/bL9cJNXH6MgmvyJSPPrkSv/?format=pdf&lang=es>
18. Barbas, P. J., SuayR, N., Ortega, G. C., Rodríguez, G. F., Dolor Madrid España Dirección para correspondencia, del, & Puente Barbas, A. (2018). Revista de Sanidad e las Fuerzas Armadas de España. Volumen 74. Número 2. Abril-Junio 2018. *Sanid. Mil*, 74(2), 1887–8571. <https://doi.org/10.4321/S1887-85712018000200005> <https://scielo.isciii.es/pdf/sm/v74n2/1887-8571-sm-74-02-00090.pdf>
19. Hoymork, S. C., Hval, K., Jensen, E. W., & Raeder, J. (2007). Can the cerebral state monitor replace the bispectral index in monitoring hypnotic effect during propofol/remifentanyl anaesthesia? *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 51(2), 210–216. <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.2006.01213.x>

20. Vachnadze, D. I., Akselrod, B. A., Guskov, D. A., & Goncharova, A. v. (2019). Anesthesia depth monitoring using alternative placement of entropy sensors: a prospective study. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 33(5), 871–876. <https://doi.org/10.1007/s10877-018-00238-z>
21. Schmidt, G. N., Müller, J., & Bischoff, P. (2008). Messung der narkosetiefe. In *Anaesthetist* (Vol. 57, Issue 1, pp. 9–36). <https://doi.org/10.1007/s00101-007-1294-6>
22. Coeckelenbergh, S., Richebé, P., Longrois, D., Joosten, A., & de Hert, S. (2022). Current trends in anesthetic depth and antinociception monitoring: an international survey. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 36(5), 1407–1422. <https://doi.org/10.1007/s10877-021-00781-2>
23. Hrelec, C., Puente, E., Bergese, S., & Dzwonczyk, R. (2010). SNAP II versus BIS VISTA monitor comparison during general anesthesia. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 24(4), 283–288. <https://doi.org/10.1007/s10877-010-9246-0>
24. Alpiger, S., Helbo-Hansen, H. S., Vach, W., & Ordning, H. (2005). Efficacy of A-line™ AEP monitor as a tool for predicting acceptable tracheal intubation conditions during sevoflurane anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*, 94(5), 601–606. <https://doi.org/10.1093/bja/aei111>
25. Sarah M Khorsand, & MD. (2023, February 28). *Maintenance of general anesthesia: Overview - UpToDate*. Maintenance of General Anesthesia: Overview. https://www.uptodate.com/contents/maintenance-of-general-anesthesia-overview?search=MANTENIMIENTO%20DE%20LA%20ANESTESIA%20GENERAL%20%20%20%20%20&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1
26. James H. Philip ME(E), MD, CCE, FACA, DABA, FASA, Jan Hendrickx, MD, & PhD. (2019). *La importancia de la monitorización de los anestésicos halogenados al final de la espiración como estándar de atención - Anesthesia Patient Safety Foundation*. La Importancia de La Monitorización de Los Anestésicos Halogenados al Final de La Espiración Como Estándar de Atención. <https://www.apsf.org/es/article/la-importancia-de-la-monitorizacion-de-los-anesteticos-halogenados-al-final-de-la-espiracion-como-estandar-de-atencion/>
27. Ledowski, T. (2019). Objective monitoring of nociception: a review of current commercial solutions. In *British Journal of Anaesthesia* (Vol. 123, Issue 2, pp. e312–e321). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2019.03.024>
28. Martinez-Vazquez, P., & Jensen, E. W. (2022). Different perspectives for monitoring nociception during general anesthesia. In *Korean Journal of Anesthesiology* (Vol. 75, Issue 2, pp. 112–123). Korean Society of Anesthesiologists. <https://doi.org/10.4097/kja.22002>
29. Rogozov, V., Vanek, T., Maly, M., Rocek, J., & Kacer, P. (2022). The nociceptive response during adult cardiac surgery measured by the qNOX index: A feasibility study. *Biomedical Papers*. <https://doi.org/10.5507/bp.2022.045>
30. Boselli, E., Fatah, A., Ledochowski, S., & Allaouchiche, B. (2023). Variations of qCON and qNOX during tracheal suction in ICU patients on sedation and curarization for SARS-CoV2 pneumonia: a retrospective study. In *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s10877-023-00998-3>
31. Pantalacci, T., Allaouchiche, B., & Boselli, E. (2023). Relationship between ANI and qNOX and between MAC and qCON during outpatient laparoscopic cholecystectomy using remifentanyl and desflurane without muscle relaxants: a prospective observational preliminary study. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 37(1), 83–91. <https://doi.org/10.1007/s10877-022-00861-x>
32. Anderson, T. A. (2020). Intraoperative Analgesia-Nociception Monitors: Where We Are and Where We Want To Be. In *Anesthesia and Analgesia* (Vol. 130, Issue 5, pp. 1261–1263). Lippincott Williams and Wilkins. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000004473>
33. Meijer, F. S., Niesters, M., van Velzen, M., Martini, C. H., Olofsen, E., Edry, R., Sessler, D. I., van Dorp, E. L. A., Dahan, A., & Boon, M. (2020). Does nociception monitor-guided anesthesia affect opioid consumption? A systematic review of randomized controlled trials. In *Journal of Clinical Monitoring and Computing* (Vol. 34, Issue 4, pp. 629–641). Springer. <https://doi.org/10.1007/s10877-019-00362-4>

34. Funcke, S., Sauerlaender, S., Pinnschmidt, H. O., Saugel, B., Bremer, K., Reuter, D. A., & Nitzschke, R. (2017). Validation of innovative techniques for monitoring nociception during general anesthesia: A clinical study using tetanic and intracutaneous electrical stimulation. *Anesthesiology*, 127(2), 272–283. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000001670>
35. Ledowski, T. (2019). Objective monitoring of nociception: a review of current commercial solutions. In *British Journal of Anaesthesia* (Vol. 123, Issue 2, pp. e312–e321). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2019.03.024>
36. Storm, H. (2008). Changes in skin conductance as a tool to monitor nociceptive stimulation and pain. In *Current Opinion in Anaesthesiology* (Vol. 21, Issue 6, pp. 796–804). <https://doi.org/10.1097/ACO.0b013e3283183fe4>
37. Abad-Gurumeta, A., Ripollés-Melchor, J., Casans-Francés, R., & Calvo-Vecino, J. M. (2017). Monitorización de la nocicepción, ¿realidad o ficción? *Revista Espanola de Anestesiología y Reanimacion*, 64(7), 406–414. <https://doi.org/10.1016/j.redar.2017.01.009>
38. Arevalo-Martinez, Y., Cortecero-Sabalza, E., Gil-Barrera, S., Angélica Morales-Núñez, M., Quintana-Pajaro, L., Moscote-Salazar, L. R., Morales-Núñez, A., Rafael, L., Luis, M.-S., & Moscote-Salazar, R. (2019). PUPILOMETRÍA: CONCEPTOS FISIOLÓGICOS Y CLÍNICOS APLICADOS AL PACIENTE NEUROCRÍTICO. *Revista Argentina de Neurocirugía*, 33, 47–51. <https://doi.org/10.1186/s13054>. <https://aanc.org.ar/ranc/files/original/b0e17841ee3207dc4e53ea307bac2dea.pdf>
39. Tapia Moreno, R., Yun Castilla, C., Moreno, T. R., & Castilla Monitorización, Y. C. (n.d.). *Monitorización instrumental de la analgesedación*. Retrieved April 28, 2023, from https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/13_monitorizacion_analgosedacion.pdf
40. Lim, B. G. (2019). Nociception monitoring tools using autonomic tone changes for intraoperative analgesic guidance in pediatric patients. *Anesthesia and Pain Medicine*, 14(4), 380–392. <https://doi.org/10.17085/apm.2019.14.4.380>
41. Ghanty, I., & Schraag, S. (2019). The quantification and monitoring of intraoperative nociception levels in thoracic surgery: A review. In *Journal of Thoracic Disease* (Vol. 11, Issue 9, pp. 4059–4071). AME Publishing Company. <https://doi.org/10.21037/jtd.2019.08.62>
42. Gruenewald, M., & Dempfle, A. (2017). Analgesia/nociception monitoring for opioid guidance: meta-analysis of randomized clinical trials. *Minerva Anestesiologica*, 83(2), 200–213. <https://doi.org/10.23736/S0375-9393.16.11602-5>
43. Huiku, M., Uutela, K., van Gils, M., Korhonen, I., Kymäläinen, M., Meriläinen, P., Paloheimo, M., Rantanen, M., Takala, P., Viertiö-Oja, H., & Yli-Hankala, A. (2007). Assessment of surgical stress during general anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*, 98(4), 447–455. <https://doi.org/10.1093/bja/aem004>
44. Funcke, S., Pinnschmidt, H. O., Wessler, S., Brinkmann, C., Beyer, B., Jazbutyte, V., Behem, C. R., Trepte, C., & Nitzschke, R. (2020). Guiding Opioid Administration by 3 Different Analgesia Nociception Monitoring Indices During General Anesthesia Alters Intraoperative Sufentanil Consumption and Stress Hormone Release: A Randomized Controlled Pilot Study. *Anesthesia and Analgesia*, 130(5), 1264–1273. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000004388>
45. Medasense Biometrics Ltd. (n.d.). Introducing the NOL[®] (Nociception Level) Index Algorithm A Technical Overview. In *MEDASENSE*. Retrieved April 21, 2023, from <https://medasense.com/wp-content/uploads/The-NOL-Index-Algorithm-White-Paper.pdf>
46. Sbeghen, V., Verdonck, O., McDevitt, J., Zaphiratos, V., Brulotte, V., Loubert, C., Tanoubi, I., Drolet, P., Belanger, M. E., Fortier, L. P., Godin, N., Guertin, M. C., Fortier, A., & Richebé, P. (2021). A randomized controlled trial comparing nociception level (NOL) index, blood pressure, and heart rate responses to direct laryngoscopy versus videolaryngoscopy for intubation: the NOLint project. *Canadian Journal of Anesthesia*, 68(6), 855–867. <https://doi.org/10.1007/s12630-021-01936-0>
47. Martini, C. H., Boon, M., Broens, S. J. L., Hekkelman, E. F., Oudhoff, L. A., Buddeke, A. W. illemijn, & Dahan, A. (2015). Ability of the nociception level, a multiparameter composite of autonomic signals, to detect noxious stimuli during propofol-remifentanil anesthesia. *Anesthesiology*, 123(3), 524–534. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000757>