

Den Schmerz sichtbar machen

Einsatz des Analgesia Nociception Index® während einer einseitig totalen Hüftendoprothesen Operation

Kristina Eigner BscN

NDS HF Anästhesiepflege

Kurs H19

Spital Limmattal

Datum der Abgabe: 07.04.2021

“Gentleman, this is no humbug.”
(John Collins Warren, 1846)

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Fragestellung	1
1.3	Abgrenzungen.....	1
2	Bearbeitung und Beantwortung der Fragestellung	2
2.1	Das vegetative Nervensystem	2
2.1.1	Aufbau des vegetativen Nervensystems	2
2.1.1.1	Sympathisches Nervensystem	2
2.1.1.2	Parasympathisches Nervensystem	3
2.1.2	Aufgaben des vegetativen Nervensystems	3
2.2	Das vegetative Nervensystem und Anästhesie.....	3
2.3	Pharmakologie des vegetativen Nervensystems.....	4
2.4	Nozizeption und Schmerz	4
2.5	Messung der Nozizeption und Schmerz.....	5
2.6	Der Analgesia Nociception Index®.....	6
2.6.1	Einsatzmöglichkeiten des ANI®.....	7
2.6.2	Einflüsse, Grenzen und Nutzungsbeschränkungen des ANI®.....	7
2.7	Fallbeispiel mit Einsatz des ANI®	7
2.7.1	Anästhesieverlauf.....	9
2.8	Interpretation des ANI®	9
2.9	Interpretation des Fallbeispiels.....	9
2.10	Konklusion des Fallbeispiels	11
3	Kritische Würdigung der Ergebnisse	11
3.1	Installation des ANI® am wachen Patienten.....	11
3.2	ANI® während der Atemwegsmanipulation.....	11
3.3	Einwirkung der Remifentanyl® TCI auf ANI®m.....	12
3.4	Einsatz und Auswirkungen der Opioid-Analgetika.....	12
3.5	Einsatz und Auswirkungen des Muskelrelaxans.....	12
3.6	Extubation in Konfrontation mit ANI®m	12
3.7	Sensitivität und Spezifität des ANI®	13
3.8	Postoperatives Outcome im Aufwachraum	13
4	Schlusswort	13
4.1	Konsequenzen für die Praxis	13
4.2	Persönliche Stellungnahme	14
5	Literaturverzeichnis	15
6	Abbildungsverzeichnis	16
7	Tabellenverzeichnis.....	16
8	Anhang	17
8.1	Selbstständigkeitserklärung	17
8.2	Einverständniserklärung für den Einsatz des ANI®	18
8.3	Pocket-Guide ANI®	19

1 Einleitung

Zur verbesserten Lesbarkeit wurde in dieser Diplomarbeit die männliche Geschlechtsform gewählt, die Angaben beziehen sich selbstverständlich auf Angehörige aller Geschlechter.

1.1 Ausgangslage

Laut der Weltschmerzorganisation IASP (International Association for the Study of Pain, 2020) wird Schmerz «als ein unangenehmes Sinnes- und Gefühlserlebnis, das mit einer tatsächlichen oder drohenden Gewebeschädigung verknüpft ist oder mit Begriffen einer solchen Schädigung beschrieben wird» definiert. Im Zentrum medizinischer Aufgaben steht unter anderem die Schmerztherapie. Während einer Allgemeinanästhesie ist es nicht möglich, das Ausmass des Schmerzes zu erfragen, auch eine Einschätzung dessen kann schwerfallen (Medasense Biometrics Ltd., 2020, S. 1). Hingegen ist eine kontinuierliche Überwachung der Sedierung und Muskelrelaxation möglich. Die Überprüfung einer Reaktion auf verschiedene Reize während einer Operation ist vom Ausmass der Analgesie oder der Antinozizeption abhängig (Schneider, 2015, S. 31ff). Neben der Bewusstlosigkeit gilt die Analgesie als ein essenzielles Puzzleteil in der Allgemeinanästhesie. Schmerz ist ein bewusstes Erlebnis, welches unter adäquater Sedierung und somit adäquater Bewusstlosigkeit nicht auftreten kann. Hingegen findet die Nozizeption statt, sprich neuronale Vorgänge der Wahrnehmung und Verarbeitung schmerzhafter Reize. Für eine bestmögliche Analgesie bedarf es eines kontinuierlichen Monitorings der Balance zwischen Nozizeption und Antinozizeption (von Dincklage, 2015, S. 758ff). Dies stellt die Forschenden bis heute vor Herausforderungen.

Eine Imbalance zwischen Nozizeption und Antinozizeption hat unerwünschte intraoperative Bewegungen oder vegetative Reaktionen zur Folge (Schönherr, 2016, S. 3ff). Eine unzureichende Analgesie könnte die Chancen einer intraoperativen Wachheit mit Schmerzwahrnehmung erhöhen (Bischoff & Rundshagen., 2011, S. 1ff). Gruenewald et al. (2013, S. 1024ff) behaupten, dass eine analgetische Überdosierung möglicherweise signifikante Auswirkungen auf das Outcome des Patienten haben könnte. Von Dincklage (2015, S. 758ff) bekräftigt dies und schreibt über verlängerte Aufwachzeiten und die damit verbundenen Kosten und Auswirkungen von medikamentösen Nebenwirkungen. Daher ist eine valide Methode zur Messung und Beurteilung der Nozizeption und dadurch einer Optimierung der Analgesie wünschenswert. Ein Lösungsansatz zur Abschätzung der Analgesie könnte die Messung der Aktivität des autonomen Nervensystems sein (Dümmler, 2016, S. 1ff). Auf diesem Prinzip beruht der Analgesia Nociception Index® (ANI®) der Firma M-doloris Medical Systems (2018). Er umfasst als nicht-invasive Methode eine neue und kostengünstige Bewertung des parasympathischen Tonus als Mass für Nozizeption. Am Spital Limmattal steht dieser ANI® zur Verfügung. Gegenwärtig findet dessen Einsatz zurückhaltend statt. Dies gab der Autorin den Anreiz mit Hilfe eines Fallbeispiels diese Diplomarbeit zu erstellen. Zudem ist es ihr ein Anliegen, dass der Einsatz des ANI® am Spital Limmattal häufiger stattfindet und dadurch eine Erweiterung des Fachwissens rund um das Thema ANI®.

1.2 Fragestellung

Welche Erkenntnisse zeigt der Einsatz des ANI® in der Anästhesieführung: Was ist zu beachten und welche Grenzen weist das Gerät auf?

1.3 Abgrenzungen

Die Diplomarbeit konzentriert sich auf stressinduzierte Signale während einer schmerzhaften Operation in Allgemeinanästhesie und somit auf die Entstehung von nozizeptivem Schmerz. Dies grenzt alle anderen Arten von Schmerz aus. Die Autorin beleuchtet einzig das vegetative Nervensystem, dessen Aufbau und Funktion. Darin

inkludiert sind der Sympathikus und der Parasympathikus, ausgegrenzt wird das enterische Nervensystem. Die Physiologie der Nozizeption und die Schmerzentstehung werden erklärt. Die Funktion des ANI[®] wird beschrieben und somit ausschliesslich das sympathovagale Gleichgewicht (Nozizeption – Antinozizeption). Die Autorin äussert sich einzig zu den im Fallbeispiel eingesetzten Medikamenten im Zusammenhang mit dem ANI[®]. Im Vordergrund steht ein erwachsener Patient unter Allgemeinanästhesie ohne zusätzliche Regionalanästhesie während einer schmerzhaften Operation. Für die Diplomarbeit ist es sinnvoll nur eine Operation mit dem ANI[®] zu begleiten, um eine wissenschaftliche Vergleichsuntersuchung auszuschliessen. Dabei steht im Rahmen des Fallbeispiels das Setting einer orthopädischen Operation im Vordergrund. Eine Abgrenzung zum postoperativen Setting findet statt. Die Frage nach dem Schmerz-Outcome des Patienten im Aufwachraum kann im Rahmen der Diplomarbeit nur teilweise beantwortet werden.

2 Bearbeitung und Beantwortung der Fragestellung

2.1 Das vegetative Nervensystem

Das vegetative oder auch autonome Nervensystem (VNS) unterliegt als unwillkürliches System dem peripheren Nervensystem (Larsen, 2016, S 13ff). Das VNS koordiniert und innerviert die Tätigkeiten der inneren Organe sowie Kreislauf, Atmung, Verdauung, Stoffwechsel, Ausscheidung, Wärme- und Energiehaushalt. Im Wesentlichen dafür zuständig ist die glatte Muskulatur der Eingeweide, Gefässe des Herzens sowie die der inneren Organe. Diese Funktionen können nur unwillkürlich beeinflusst werden (Mutschler, Schaible & Vauper, 2007, S. 796ff). Das VNS unterliegt in der Anästhesie einer wichtigen Rolle, da es durch Anästhetika und andere während der Narkose zugeführte Medikamente beeinflusst wird (Larsen, 2016, S. 14ff).

2.1.1 Aufbau des vegetativen Nervensystems

Im Aufbau des VNS wird der sympathische und der parasympathische Anteil sowie das enterische Nervensystem unterschieden. Der Sympathikus übernimmt dabei den aktivierungsfördernden Anteil, während der Parasympathikus den aktivierungshemmenden Anteil übernimmt. Die Informationsweiterleitung über organische Zustände erfolgt über Afferenzen (aufsteigende Bahnen) ins zentrale Nervensystem, das Gehirn und Rückenmark (ZNS). Hier werden Informationen verschaltet und über Efferenzen (absteigende Bahnen) zurück zum Organ geschickt. Zur Signalübertragung stehen Neurotransmitter wie die Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin (NA) sowie Acetylcholin (Ach) zur Verfügung (Mutschler et al., 2007, S.796 ff).

2.1.1.1 Sympathisches Nervensystem

In den Seitenhörnern des Rückenmarks befinden sich die Zellkörper der präganglionären sympathischen Neuronen. Sie entspringen dabei den thorakalen und lumbalen Segmenten, daher wird der Sympathikus auch als *thorakolumbales* System bezeichnet (Mutschler et al., 2007, S.796 ff). Die Neuriten verlassen das Rückenmark durch die Vorderwurzel und ziehen von dort zu den sympathischen Ganglien. Postganglionär verlaufen die unterschiedlichen Nervenfasern dann unter Anderem zu den Organen. An beiden Seiten der Wirbelsäule sind die Ganglien miteinander verbunden und bilden den Grenzstrang. Das Ziel des Sympathikus ist es den Körper in Aktionsbereitschaft zu versetzen. Der Parasympathikus steht ihm als Gegenspieler gegenüber, er ist in Ruhephasen aktiv. Als sympathisches Ganglion gilt das Nebennierenmark (NNM) dem Sympathikus dazugehörig. Es besteht aus postganglionären Neuronen, welche durch präganglionäre Neuriten aktiviert werden. Das NNM setzt Hormone wie die Katecholamine Adrenalin und NA frei. (Larsen, 2016, S. 14ff).

2.1.1.2 Parasympathisches Nervensystem

Der Parasympathikus entspringt dem Hirnstamm und sakralen Segmenten und wird auch *kraniosakrales* System benannt (Mutschler et al., 2007, S.796 ff). Als wichtigster parasympathischer Nerv gilt der Nervus vagus (10. Hirnnerv). Die Ganglien im parasympathischen System liegen dicht bei den Organen. Dieser periphere Anteil besteht je aus zwei Nervenzellen, welche untereinander mit Synapsen verbunden sind. Das erste Neuron verläuft zum Ganglion hin, das zweite, welches im Ganglion liegt, wird als postganglionäre Nervenfasern bezeichnet. Als Transmitter im parasympathischen System ist prä- und postganglionär das Ach zuständig (Larsen, 2016, S. 18).

2.1.2 Aufgaben des vegetativen Nervensystems

Die Innervation des Sympathikus oder Parasympathikus erfolgt auf das Zielorgan jeweils antagonistisch. Bei Aktivierung des Sympathikus steigt die Herzfrequenz (HF) sowie das Herzzeitvolumen (HZV), gleichzeitig sinkt die Darmtätigkeit. Mit Hilfe der Afferenzen ins ZNS entstehen so vegetative Regelkreise: Eine Blutdruckerhöhung führt reflektorisch über Pressosensoren zu einer parasympathischen Gegenregulation über den Nervus vagus am Herzen, daher kommt es zu einer Freisetzung von Acetylcholin und einer Bradykardie. Wird ein Parasympatholytikum (beispielsweise Atropin®) angewendet, wird diese Gegenregulation abgeschaltet und somit nimmt auch die HF und das HZV durch NA zu (Mutschler et al., 2007, S. 705ff). Die Informationsübertragung erfolgt durch Transmitter: präganglionär sorgt Ach über cholinerge Rezeptoren für die Übertragung. Postganglionär wird im sympathischen System NA über adrenerge Neurone verschaltet (Mutschler et al., 2007, S. 797ff). *Tabelle 1* zeigt einige der rezeptorvermittelten Wirkungen von Adrenalin, NA und Ach auf vegetative Zielorgane.

Zielorgan	Sympathikus (inkl. Rezeptor)	Parasympathikus
Auge	$\alpha 1$: Mydriasis	Miosis
Blutgefässe	$\alpha 1$: Vasokonstriktion $\beta 2$: Vasodilatation (nur Adrenalin)	Vasodilatation
Herz	$\beta 1$: HF steigernd Allgemein: positiv inotrop, bathmotrop, dromotrop, chronotrop und lusitrop	HF senkend Negativ chronotrop, dromotrop und inotrop
Lungen	$\beta 2$: Bronchodilatation	Bronchokonstriktion
Haut	Schweisssekretion	
Magen-Darm-Trakt	Verminderte Darmbewegungen und Sekretion von Magensaft	Vermehrte Darmbewegung und Sekretion von Magensaft
Männliche Sexualorgane	Ejakulation	Erektion
Speicheldrüsen	$\alpha 1$: vermehrte Sekretion (mukös)	Vermehrte Sekretion (serös)
Nebennierenmark	Vermehrte Katecholamin Sekretion	

Tabelle 1: Wichtigste Auswirkungen des Sympathikus und Parasympathikus (vgl. Larsen 2016, S.13ff; Mutschler et al., 2007, S. 797ff)

2.2 Das vegetative Nervensystem und Anästhesie

Sympathische und parasympathische Auswirkungen sowie deren Schwankungen können in Allgemeinanästhesie als Anzeichen für vegetative Reize interpretiert werden. Diese physiologischen Variablen können als Korrelate für beispielsweise Schmerzentscheidung (Nozizeption) herangezogen werden. Die Erfassungen der Parameter (HF, Blutdruck und Temperatur) und des Atemmusters (inklusive Atemfrequenz) während einer Allgemeinanästhesie dienen nicht ausschliesslich zur Überwachung der Hämodynamik. Veränderungen dieser Parameter werden des Weiteren, zur Interpretation von stressinduzierten Signalen während beispielsweise einer Operation herangezogen. Schwankende Reaktionen dieser Parameter werden als sympathische Aktivität verstanden und könnten auf ein Schmerzentsprechen hindeuten. Die Beurteilung und Einschätzung

dieser Variablen erfolgen subjektiv (Funcke et al., 2007, S. 272). Eine Allgemeinanästhesie neigt dazu, das VNS zu unterdrücken. Viele der angewendeten Medikamente interagieren direkt oder indirekt mit dem System, den Rezeptoren und Organen des VNS. Anästhetika unterdrücken teilweise das VNS, indem sie die Variabilität der Messungen verringern, die aufgrund des Gleichgewichts zwischen dem sympathischen und dem parasympathischen System auftreten. Beispielsweise kann die Herzratenvariabilität (HRV) durch ein potentes Opioid unterdrückt werden sowie den Sympathikotonus senken (Hemmings & Egan, 2019, S. 277ff). Unter Allgemeinanästhesie korrelieren Schmerz und Nozizeption nicht, da einerseits die Schmerzempfindung ausgeschaltet ist, aber andererseits operative Stimuli nozizeptive Vorgänge erzeugen. Diese gewebeschädigenden Reize werden als physiologischer Nozizeptorschmerz beschrieben (Mutschler et al., 2007, S.708ff).

2.3 Pharmakologie des vegetativen Nervensystems

Mimetika haben eine imitierende Wirkung des VNS, sie wirken wie ein Überträgerstoff und werden oft während einer Allgemeinanästhesie eingesetzt. *Lytika* hingegen können den Überträgerstoff oder seine Wirkung hemmen. Je nach Wirkmechanismus haben diese Substanzen eine direkte oder indirekte Wirkung auf das VNS. Direkt wirkende reagieren mit dem Rezeptor erregend (agonistisch) oder sind blockierend (antagonistisch) (Larsen, 2016, S.13ff).

2.4 Nozizeption und Schmerz

Laut Mutschler et al. (2007, S. 706ff) bezeichnet Nozizeption die Weiterleitung von Aktionspotenzialen in nozizeptiven Neuronen und die Verarbeitung schmerzhafter Reize innerhalb des nozizeptiven Systems. Das nozizeptive System gehört zu den sensorischen Fasern des VNS (Meissner, 2015, S. 1). Eine Reizung dieses Systems verursacht die subjektive Empfindung *Schmerz* (Mutschler et al., 2007, S. 706ff). Am Beginn dieses Prozesses stehen die Nozizeptoren. Nozizeptoren sind freie Nervenendigungen von nicht-myelinisierten (C-Fasern) beziehungsweise dünn-myelinisierten Axonen (A δ -Fasern). Nozizeptoren befinden sich in unterschiedlichsten Geweben des Körpers und können durch thermische, chemische oder mechanische Reize erregt werden. Für den schnellen, stechenden *ersten* Schmerz sind die A δ -Fasern verantwortlich. Die C-Fasern stehen für den dumpfen *zweiten* Schmerz. Über periphere Enden gelangen die Reize über die hintere Spinalwurzel entlang des Rückenmarks (Tractus spinothalamicus) ins ZNS (siehe *Abbildung 1*). Dort findet im somatosensorischen Kortex schlussendlich eine bewusste Schmerzwahrnehmung statt (Beck et. al., 2002, S. 29ff).

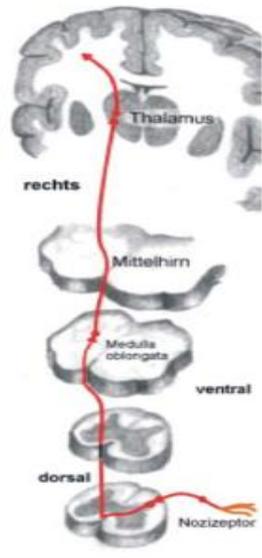


Abbildung 1: Darstellung der aufsteigenden Schmerzbahn

Hier am Beispiel des spinothalamischen Traktes: es zeigt die nozizeptiven Afferenzen, welche im Hinterhorn des Rückenmarks enden. Hier bilden sie synaptische Verbindungen mit sekundären Neuronen, deren Axone in afferente Bahnen projizieren. Durch die Mittellinien-Kreuzung erfolgt die Verarbeitung der erworbenen Signale kontralateral. Das Ziel liegt im Thalamus, von hier aus gelangen die Signale zum Kortex (Schmerzverarbeitung) (vgl. Mutschler et al., 2007, S. 702ff).

Nebst der zentralen Schmerzwahrnehmung im Gehirn kommt es am Ort der Reizung zur lokalen Entzündungsreaktion. Mediatoren wie Histamin, Serotonin und Prostaglandin werden freigesetzt. Es folgt die zusätzliche Aktivierung des Sympathikus. Adrenalin und NA werden ausgeschüttet und verursachen einen Blutdruckanstieg sowie eine Tachykardie. Die Nozizeptoren selbst unterstützen den lokalen Entzündungsprozess. Dies kann zu einer Sensitivierung der Nozizeptoren führen. Durch die stetige Überbeanspruchung der Nozizeptoren kann eine Hyperalgesie (übermässige Schmerzempfindlichkeit- und Reaktion) oder Allodynie (übermässige Schmerzempfindlichkeit bei nicht-schmerzhaften Reizen) entstehen. Als Hemmstoffe operativ erzeugter nozizeptiver Schmerzen wirken hier unter anderem Analgetika aus der Klasse der nicht-steroidalen Antiphlogistika (Ibuprofen® oder Diclofenac®) (Hemmings & Egan, 2019, S. 311ff). Gleichzeitig zur Nozizeption verlaufen die endogenen antinozizeptiven Mechanismen. Dem sogenannten inhibitorischen antinozizeptiven System unterliegen endogene Opioiden (Endomorphine). Sie wirken an μ - δ - und κ -Rezeptoren, welche an nozizeptiven Neuronen des Rückenmarks des Hirnstamms und supraspinal vorkommen (Mutschler et al., 2006, S. 720).

2.5 Messung der Nozizeption und Schmerz

Von Dincklage (2015, S. 759) benennt das klinische Standardmonitoring als ein passives Verfahren zur Erfassung von schmerzhaften Reizen. Auch Ledowski (2019, S. 312ff) schreibt über die Schwierigkeit der Quantifizierung der Nozizeption. Um die analgetische Tiefe oder die Reaktion auf chirurgischen Stress während einer Allgemeinanästhesie zu bestimmen, können vegetative Reaktionen des Kreislaufs (Veränderungen des Blutdrucks oder der HF) zum Zwecke der Überwachung verwendet werden. Voraussetzung dafür ist die Verschiebung der sympathovagalen Balance hin zu einer vegetativen Stressreaktion (Freye, Gabitz & Latasch, 2000, S. 71; Ledowski, 2019, S. 313ff). Es gilt als ein Lösungsansatz, Monitoringsysteme anzuwenden, die die Aktivierung des vegetativen Nervensystems analysieren können und Schmerzen objektivierbarer machen. Zur Messung der Nozizeption benötigt es einen Einblick in das vegetative Nervensystem. Bisher basieren solche Monitoringsysteme auf ein oder zwei der erwähnten Parameter. Als alleiniger multiparametrischer Ansatz gilt derzeit der Nozizeptions-Level Index (NOL™). *Tabelle 2* zeigt einen Einblick in aktuell verfügbare Schmerz- und Monitoringsysteme (Ledowski, 2019, S. 312ff) und einen Auszug ihrer Erkenntnisse dazu auf.

Gerät	Messprinzip	Erkenntnisse
<i>Nozizeptionsmonitoringsysteme</i>		
Analgesia Nociception Index (ANI®)	Elektrokardiogramm	<ul style="list-style-type: none"> Vorhersage hämodynamischer Ereignisse werden kontrovers diskutiert (Boselli, Logier, Bouvet & Allaouchiche, 2015, S. 981ff; Boselli, Bouvet, Begou, Torkmani & Allaouchiche, 2015, S. 291ff) Womöglich falsch negative Vorhersage zu Operationsende beim Fehlen von klinisch relevanten Schmerzen (Boselli et al., 2014, S. 717ff) Vermutlich gestört durch Medikamente welche die HF beeinflussen (Gruenewald, 2013, S. 1026ff)
StressDetector	Hautleitfähigkeit (HLF)	<ul style="list-style-type: none"> Änderungen in der Körpertemperatur könnten Ergebnisse verfälschen (von Dincklage 2015, S. 759)
Surgical Pleth Index (SPI)	Pulsplethysmografie	<ul style="list-style-type: none"> Durch die Anzahl der Schwankungen neigt dieser Index dazu überwiegend falsch hohe Werte zu liefern (Ledowski, 2019, S. 312ff)
Nozizeptions Level Index (NOL™)	HF, HRV, HLF, Pulswelle, periphere Temperatur und Bewegungen	<ul style="list-style-type: none"> Misst Nozizeptions-Veränderungen bei unterschiedlicher Remifentanyl®-Konzentration zuverlässig Korrelation mit erhöhter Analgetika Dosierung (Medasense Biometrics Ltd., 2021)

Schmerzmonitoringsysteme

Pupillen-Dilatationsreflex	Reflex-Pupillometrie nach elektrischem Stimulus	<ul style="list-style-type: none"> • Vielversprechende Ergebnisse (beeinflusst durch Anästhesietiefe), jedoch sehr umständliche Methode (Ledowski, 2019, S. 312ff) • Beeinflussung der Ergebnisse bei Gabe von Parasympatholytika (von Dincklage, 2015, S. 759ff)
Nozizeptiver Flexorenreflex	Reflex-Elektromyogramm nach elektrischem Stimulus	<ul style="list-style-type: none"> • Ungenügende Forschungslage für die intraoperative Anwendung (Ledowski, 2019, S. 312ff) • Gestörte Ergebnisse durch Muskelrelaxantien (von Dincklage, 2015, S. 759ff)

Tabelle 2: Überblick der Schmerz- und Nozizeptionsmonitoringsysteme (vgl. Ledowski, 2019, S. 312ff; von Dincklage, 2015, S. 759)

2.6 Der Analgesia Nociception Index®

Der ANI® steht für eine *real-time* Quantifizierung der Aktivität des parasympathischen Nervensystems anhand einer konstanten Messung des parasympathischen Tonus ($p\Sigma$). Es ist eine neue innovative Methode intraoperativen Stress zu objektivieren durch die Messung der Herzratenvariabilität (HRV) im Zusammenhang mit dem parasympathischen Tonus (Dümmler, 2016, S. 3ff). Dem VNS unterliegend führt dieser Tonus bei jedem Atemzyklus zu einem vorübergehenden Abfall der HF, welche anhand eines normalen Atemmusters über die entsprechende Amplitude gemessen werden kann (= HRV). Die HRV beschreibt diese zyklischen Veränderungen der HF, welche aufgrund des VNS nicht konstant ist. Die HRV kann durch operativen Stress beeinflusst werden (Gruenewald et al., 2003, S. 1025) und unterliegt dem Einfluss des Sympathikus und Parasympathikus (Dümmler, 2016, S. 3ff). Durch die Analyse der Schwankungen der HRV spiegelt sich die Aktivität des sympathischen und parasympathischen Nervensystems wider (Mdoloris Medical Systems, 2018). Rasche Tonusveränderungen zeigen sich direkt über den Leitungsweg des Nervus Vagus, welcher vom Hirnstamm ausgehend die Verbindung mit den afferenten Stimuli der bronchialen Dehnungsrezeptoren ist. Somit erzeugt jeder Atemzyklus eine sofortige Information über den unmittelbaren $p\Sigma$ durch die Messung der Atemmuster-Amplitude. Das Atemmuster wird über das EKG durch die Detektion des Zeitintervalls der aufeinanderfolgenden R-Zacken gemessen. Der ANI® steht somit als ein objektiver Indikator für das Vorhandensein und das Ausmass von Nozizeption. Der vorherrschende Parasympathikotonus spiegelt indirekt das Analgesieniveau eines narkotisierten Patienten wider, solange dieses nicht durch andere Faktoren beeinträchtigt wird (Dümmler, 2016, S. 3ff). Der ANI® wird in Form eines Index von 0-100 dargestellt. Die Berechnungen basieren auf der HRV. Für den ANI® wurden entsprechende EKG-Elektroden entwickelt, um Informationen über den QRS-Komplex zu erhalten. Eine Messung erfolgt innert 64 Sekunden und stellt die Regelmässigkeit des $p\Sigma$ gegenüber des sympathischen Tonus dar (Mdoloris Medical Systems, 2018, S. 11ff). Die Berechnung erfolgt sekundlich und wird durch zwei Zeitperioden ermittelt: Ein Durchschnittswert über zwei und einer über vier Minuten. Der Monitor zeigt somit zwei Werte an: m = Patienten-Tendenz Mittelwert und i = momentaner $p\Sigma$. Die Interpretation dieser Werte können hilfreich sein, um hämodynamischen Reaktionen während einer Operation vorzubeugen, beispielsweise einen Blutdruck- und/oder Herzfrequenzanstieg. Der Monitor zeigt dies anhand einer Kurve an, ein Kurvenanstieg steht für hohe Zahlen und somit parasympathische Aktivitäten. Eine Senkung der Kurve zeigt tiefere Werte als sympathische Aktivität an. Optimale Werte während einer Allgemeinanästhesie liegen zwischen 50-70, Werte kleiner als 30 sind laut dem Hersteller Mdoloris Medical Systems (2018) Hinweise auf eine hämodynamische Reaktion. Schmerzfreie, wache Patienten haben einen $p\Sigma$ 90-100 (Gruenewald et al., 2003, S. 1025). Während einer Allgemeinanästhesie bezieht sich der Wert auf eine angemessene Analgesie, also eine

ausreichende Antinozizeption. Das bedeutet, dass die parasympathische Aktivität, gegenüber der sympathischen Aktivität überwiegt (Mdoloris Medical Systems, 2018).

2.6.1 Einsatzmöglichkeiten des ANI®

Das Monitoringsystem kann an wachen und bewusstlosen erwachsenen oder pädiatrischen Patienten eingesetzt werden. Betagte Menschen, die empfindlich auf Opiatüberdosierung reagieren, gelten laut dem Hersteller Mdoloris Medical Systems (2018) als Zielpublikum, um Risiken wie Bradykardien und Hypotonien zu vermeiden. Bei Patienten, die nicht kommunikationsfähig oder bettlägerig sind, kann der Einsatz des ANI® nützlich erscheinen. Mdoloris Medical Systems (2018, S. 6ff) beschreiben den Einsatz bei adipösen Patienten als wertvoll. Aufgrund des höheren Verteilungsvolumens könnte die Opiatdosis um 30-60% reduziert werden. Auch bei Operationen länger als drei Stunden, kann der ANI® hilfreich sein, um die Opiat-Titration individuell anzupassen. Das Spital Limmattal gilt als einziges schweizerisches Spital welches den ANI® einsetzt.

2.6.2 Einflüsse, Grenzen und Nutzungsbeschränkungen des ANI®

Verschiedenste Organe werden durch den Parasympathikus gesteuert und umgekehrt unterliegt dieser auch dem Einfluss anderer Organe. Generell gelten die Beschränkungen der Messungen des ANI® bei sämtlichen Situationen, die den parasympathischen Tonus beeinflussen. *Tabelle 3* zeigt einige Beispiele dazu auf.

Beispiel	Begründung	ANI®-Kurve
Rhythmusstörungen länger als neun Minuten (Arrhythmien)	Es wird ein Sinusrhythmus benötigt	Nicht interpretierbar
Apnoen, Bradypnoe	Ein Atemzug führt zum Absinken der Atemfrequenz und damit reflektorisch zu einem Abfall der HRV	Abfall
Atropin®	Die anticholinerge Wirkung hemmt den Sinusknoten und den Einfluss des Nervus Vagus	Anstieg, Werte 20 Minuten nicht interpretierbar
Ephedrin®	Sympathomimetika	Abfall, Werte 10 Minuten nicht interpretierbar
Catapresan®	Sympatholytika	Anstieg
Remifentanyl®	Opioid	Anstieg
Betablocker	Sympatholytika	Anstieg
Ketamin®	NMDA Antagonist	Anstieg

Tabelle 3: Beeinflussende Faktoren auf die Bewertung des ANI® (vgl. Mdoloris Medical Systems, 2018, S.4ff)

Die Differenzen der Reaktion des ANI® sind von der pharmakokinetischen Seite des Medikaments wie der Halbwertszeit zu betrachten. Propofol® und Anästhesiegase (Desfluran®, Sevofluran® oder Isofluran®) haben keinen Einfluss auf den ANI® (Mdoloris Medical Systems, 2018, S. 4ff). Wenn es um den Nachweis sowohl schmerzhafter Reize als auch klinischer Marker vegetativer Reaktionen geht, können die ANI®-Werte laut Funcke et al. (2017, S. 265ff) mehreren Störfaktoren (hormonelle oder metabolische) unterliegen und individuell abweichen.

2.7 Fallbeispiel mit Einsatz des ANI®

Für die Durchführung dieser Allgemeinanästhesie mit Einsatz des ANI® ist im Anhang (8.2) die Einverständniserklärung ersichtlich. Aus Datenschutzgründen wurde der Name des Patienten abgeändert.

Herr Müller, 64-jähriger ASA 1 (Bucher, 2020) Patient am Spital Limmattal unterzog sich im November 2020 einem elektiven Eingriff. Geplant war eine einseitige Hüftendoprothese

aufgrund einer schmerzhaften Coxarthrose. Herr M. hat keine Vorerkrankungen, keine bekannten Allergien und Noxen. Herr M. erhielt keine Prämedikation. Als Anästhesieverfahren wurde die total intravenöse Anästhesie (TIVA) und als Applikationsart die target controlled infusion (TCI) gewählt. Die TCI ist eine Form der Anästhesie, bei der die zu infundierende Rate so gesteuert wird, dass die gewünschte Konzentration im Blut und am Wirkort (Gehirn) rasch erreicht und beliebig lang aufrechterhalten werden kann (Bruhn, Röpcke & Bouillon, 2002, S. 547). Als Anästhetikum wurde Disoprivan (Propofol®) mit dem Protokoll nach Schnider und als Opioid Remifentanyl (Ultiva®) mit dem Protokoll von Minto (Minto, Schnider & Schafer, 1997) eingesetzt. Herr M. erhielt eine Einleitungs-dosis via TCI von 6mcg Disoprivan und 2,5mcg Remifentanyl mit anschliessenden konstanten Plasmaspiegeln zur Aufrechterhaltung der Narkose. Zusätzlich wurde das Opioid Fentanyl® (Initialbolus 0,15mg) und das nicht depolarisierende Muskelrelaxans Esmeron (Rocuronium®) mit einem Erstbolus von 50mg injiziert. Herr M. wurde schonend intubiert und die Beatmung erfolgte in einem druckkontrollierten Beatmungsmodus mit Volumengarantie (Peyn & Rutten, 2002) und einem endtidalen Kohlendioxid (etCO₂) zwischen 4,6 und 5,3 kilo Pascal (kPa). Nebst dem nicht invasiven Standardmonitoring: 5-Kanal-EKG mit Herzfrequenz-Ableitung (HF), nicht-invasiver Blutdruckmessung (BD) in mmHg und Sauerstoffsättigung (SpO₂) erhielt Herr M. nach dem Legen einer peripheren Venenverweilkanüle (PVK) die Klebeelektroden für die Ableitungen des ANI®. Die intraoperative Datenaufzeichnung erfolgte schriftlich mittels Anästhesieprotokoll zur Dokumentation der Vitalparameter sowie der ANI®-Werte. Zudem wurden relevante Reaktionen des Patienten dokumentiert, beispielsweise Bewegungen oder Veränderungen im Atemmuster. Herr M. erhielt isotone Kristalloide über je zwei PVK, es erfolgte eine kontinuierliche Temperaturmessung mittel transösophagealer Sonde und er erhielt einen Relaxometer «TOF_{scan}®» zur Messung neuromuskulärer Blockaden und/oder der neuromuskulären Erholung (IDMED, 2019). Die Verabreichung aller Medikamente erfolgte intravenös. Die Operationsdauer lag von Beginn der Anästhesieeinleitung bis Extubation bei drei Stunden und 45 Minuten, insgesamt von Patientenannahme bis zur Verabschiedung im Aufwachraum bei vier Stunden und 10 Minuten. *Abbildung 2* zeigt ein Diagramm über den anästhesiologischen Verlauf. Die Beschreibung der Events (1) bis (24) auf der Zeitachse ist unter 2.7.1 einsehbar.

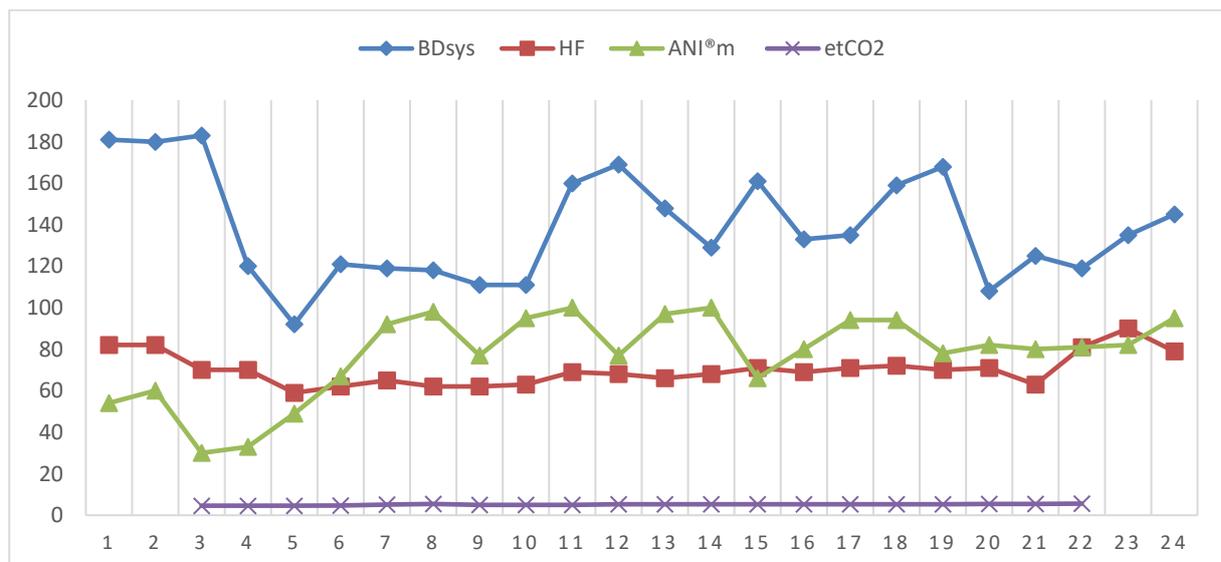


Abbildung 2: Anästhesieverlauf mit wichtigen Events

2.7.1 Anästhesieverlauf

(1) Zeigt den Patienten *wach*, ohne zusätzlichen schmerzhaften Stimulus, in Rückenlage vor Beginn der Einleitung (2) Fentanyl®-Bolus mit anschliessender Präoxygenierung für drei Minuten mit 100% FiO₂ und einem 10 Liter Flow (3) Herr M. wird intubiert durch konventionelle Laryngoskopie mit McIntosh-Spatel Grösse 4 und einem Tubus Grösse 7.5 (4) Reaktion nach einer unter Sicht durchgeführten Intubation mit einer Schweregradbeurteilung von 1 nach Cormack & Lehane (Krage, et al., 2010, S. 220). Anschliessend erfolgte die Beatmung, gezeigt wird hier (lila) der erste etCO₂-Wert (5) 15 Minuten nach Intubation, 10mg Ephedrin® (6) 30 Minuten nach Intubation (7) Einfahrt in den Operationssaal mit einer circa einminütigen Apnoe-Phase aufgrund der Dekonnektion mit der Beatmungsmaschine in der Einleitungskoje (8) Hautdesinfektion durch Operateur (9) Hautschnitt: 0.1mg Fentanyl®, Steigerung des Ce_{remi} von 2 auf 3mcg/min und repetitiver Gabe von Rocuronium® aufgrund eines TOF_{ratio} von 100% (10) 20 Minuten nach Schnitt (11) 24 Minuten nach Schnitt, Einsatz der Knochensäge des Chirurgen (12) 30 Minuten nach Schnitt, 0.1mg Fentanyl® (13) 45mcg Catapresan® (Clonidin) und wiederholter Bolus 0.1mg Fentanyl® (14) 44 Minuten nach Schnitt (15) 56 Minuten nach Schnitt, Einsatz chirurgischer Instrumente (Hammer und Fräse), wiederholte Gabe von 30mcg Catapresan® (16) 65 Minuten nach Schnitt (17) 79 Minuten nach Schnitt (18) 90 Minuten nach Schnitt, 1. Repositionsversuch, Herr M. erhält 45mcg Catapresan® und 4mg Morphin® (19) 2. Repositionsversuch (20) 105 Minuten nach Schnitt, Beginn mit der Fasziennaht und lokaler Infiltration von 60mg Ropivacain®, 10mg Ephedrin® intravenös (21) 123 Minuten nach Schnitt, letzte Hautnähte, Stoppen der TCI, 4mg Ondansetron® (22) Beendigung der chirurgischen Aktivität. Initiation der anästhesiologischen Ausleitung mit Umstellung auf eine druckunterstützende Beatmung, um den Patienten in seinen Atembemühungen zu unterstützen und einen Atemantrieb durch Steigerung des etCO₂ zu geben (23) Erfüllung der Extubationskriterien und anschliessende Extubation, Herr M. atmet spontan ohne Atemhilfe (24) sechs Minuten nach Extubation im Aufwachraum, verbale Verneinung von Schmerzen durch Herr M.

2.8 Interpretation des ANI®

Laut Mdoloris Medical System (2018), gibt es mehrere Möglichkeiten die Ergebnisse des ANI® zu interpretieren. Mutmassend ist, dass der ANI® die hämodynamische Reaktivität während einer Allgemeinanästhesie vorhergesagt. Dazu würde es jedoch eine konstante chirurgische Stimulation benötigen, um alle Reaktionsepisoden durch eine Absenkung des p Σ bereits zehn Minuten früher in Zusammenhang zu bringen. Schwellenwerte für diese Vorhersagbarkeit sind jedoch noch nicht etabliert. Bisherige Studien zeigen jedoch, dass:

- Bei Werten zwischen 50-70 einen Eintritt einer Episode hämodynamischer Reaktionen während darauffolgender zehn Minuten unwahrscheinlich ist
- Werte die kleiner als 50 sind, den Eintritt einer Episode hämodynamischer Reaktionen sehr wahrscheinlich macht

Grundsätzlich gilt, dass Werte unter 50 eine bestehende Nozizeption aufweisen und das Entstehen einer hämodynamischen Reaktion innerhalb zehn Minuten wahrscheinlich ist. Die Wahrscheinlichkeit liegt hier bei 80% bei einem Abfall der Kurve auf unter 40. Diese Information kann für den Anästhesieführenden nützlich sein, um Entscheidungen zur Antinozizeption zu treffen und hämodynamische Reaktionen zu vermeiden. Im Gegensatz korrelieren Werte über 70 mit einer Überdosierung der Analgetika sehr wahrscheinlich (Mdoloris Medical Systems, 2018).

2.9 Interpretation des Fallbeispiels

Zur Vereinfachung der Auswertung der Ergebnisse richten sich sämtliche p Σ -Werte nach dem ermittelten m-Wert (ANI®_m = Mittelwert der Tendenz). Das Fallbeispiel beschreibt einen Patienten, der keine zusätzlichen Medikamente, die auf das VNS wirken könnten als Dauermedikation einnimmt. Auch Krankheiten wie arterielle Hypertonie oder Diabetes

mellitus konnten ausgeschlossen werden. Daher kann davon ausgegangen werden, dass der ANI® nicht durch metabolische Störfaktoren verfälscht wurde.

Herr M. zeigte im Wachzustand in Rückenlage einen ANI®m von 54. Auf Nachfrage verneinte er Schmerzen. Dieser Wert zeigt nach Meinung von Gruenewald et al. (2003, S. 1025f) eine sympathische Aktivität, die auch laut Mdoloris Medical Systems (2018) nicht der eines schmerzfreien wachen Patienten entspricht. Bei Verabreichung des Fentanyl®-Bolus konnte ein Anstieg des ANI®m auf 60 beobachtet werden bei gleichbleibender HF. Dies könnte eine analgetische Entlastung darstellen oder auch als Artefakt wegen der Veränderungen im Atemmuster aufgrund der Präoxigenierung interpretiert werden. Es könnte auch die Fentanyl®-Dosis in Frage gestellt werden. Vermutliche hätte eine höhere Dosierung dem niedrigen ANI®m entgegengewirkt, wobei dessen Beurteilung erst zwanzig Minuten nach Injizierung gewertet werden darf und diese Zeit bei anästhesiologischer Einleitung nicht abgewartet werden kann. Mit der anästhesiologischen Induktion wurde eine Abnahme des ANI®m aufgrund der schmerzhaften Laryngoskopie beobachtet. Die HF fiel von 82 auf 70 durch die sympathikolytischen Wirkungen der Medikamente und damit auch einer depressiven Wirkung auf parasympathische Aktivitäten (vagolytische Wirkung). Dies kann die Reduktion der HRV und damit der ANI®m auf 30 erklären. Unmittelbar nach erfolgreicher Intubation verharrte der ANI®m und die HF auf vorherigen Werten, der BD zeigte jedoch einen ersten Abfall. Dies erklärt sich aufgrund der Sympathikolyse. Es folgt die kontrollierte Beatmung und die Gabe von Ephedrin®, einem nicht-selektivem Sympathomimetikum mit Wirkung am Sinusknoten (compendium.ch, 2020). Mögliche Auswirkungen auf den Übergangszustand von der spontanen Atmung über Apnoe (inklusive Laryngoskopie und Intubation) bis hin zur kontrollierten Beatmung auf ANI®m können hier nicht weiter interpretiert werden. Hämodynamische Veränderungen zeigten indes 30 Minuten nach Intubation einen deutlichen Anstieg des BD (vermutlich durch die Gabe von Ephedrin®) und der HF von 59 auf 67. Zwischen dem Einleitungsende und der Einfahrt von der Koje in den Operationssaal lagen circa 30 Minuten aufgrund einer Verzögerung der vorherigen Operation. In dieser Zeit wurden bei Herr M. keine nozizeptiven oder stressbedingten Stimuli ausgeführt. Dies hatte zur Folge, dass ANI®m von 49 auf 92 anstieg und somit den ersten parasympathischen Wert zeigte. Die lange Wartezeit bis zum Operationsbeginn hatte zur Folge, dass Rocuronium® nach dem chirurgischen Hautschnitt erneut verabreicht wurde. Während der kurzen Apnoephase bei Einfahrt in den Operationssaal zeigte ANI®m den Wert von 92 welcher kurz vor Hautschnitt bis 98 stieg. Der erste eindrückliche ANI®m mit 77 war direkt bei Hautschnitt ersichtlich, da HF und BD keine Veränderung zeigten. Es folgte die Gabe von Fentanyl® und die Erhöhung der TCI-Remifentanyl®-Konzentration, mit dem Ergebnis des ANI®m von 92, nach zwanzig Minuten. Die kumulative Wirkung des Fentanyl® hatte womöglich zur Folge, dass 24 Minuten nach Hautschnitt keine Veränderungen des ANI®m (100) stattgefunden haben. Ein erster Repositionsversuch der neu implantierten Hüftendoprothese durch die Chirurgen zeigte einen systolischen BD (BDsys) von 168, der ANI®m zeigte dies zwei Minuten verzögert auf (94 → 78). Zusätzlich zu den notwendigen Medikamenten für eine Allgemeinanästhesie erhielt Herr. M. intraoperativ periphere Nicht-Opioid Analgetika und α2-Agonisten. Diese können in ihrer unter anderem antinozizeptiven Wirkung die Messungen des ANI® beeinträchtigen und falsch positive oder falsch negative ANI®m hervorgerufen haben. Beispielsweise hat trotz der wiederholten Gabe von Catapresan® der BD anhaltend hohe Werte gezeigt (169), ANI®m jedoch keine sympathische Reaktion (72), trotz intensiver Schmerzreize chirurgischer Tätigkeiten (Einsatz der Knochensäge). Dies kann als Zeichen einer adäquaten Analgesie gedeutet werden. Nach der Gabe eines Gramms Novalgin® zeigte ANI®m unmittelbar einen Anstieg von 77 auf 95. Entgegen der typischen Nebenwirkung mit einem BD-abfall, zeigte Herr M. einen konstanten BDsys bis zur nächsten vermutlich schmerzhaften Intervention der Chirurgen (2.Repositionsversuch). Vermutlich durch seinen eher längeren Wirkungseintritt konnte die Verabreichung von Perfolgan® keine Erkenntnisse zeigen. Da gewissermassen gleichzeitig vier Milligramm Morphin verabreicht wurden, zeigte ANI®m keine Abweichung und blieb bei 94. Auch die HF war unbeeinträchtigt bei 71-72. Relativ zu Beginn der Operation erfolgte die Gabe des

nicht-steroidalen Antirheumatikums Tora-Dol[®], dessen Wirkung ebenfalls Einfluss auf das nozizeptive System hat.

Bezüglich dem etCO₂ können nur wenige Aussagen getätigt werden. Ein Anstieg von 4.6 auf 5.1 konnte während der Apnoephase und der Einfahrt in den Operationssaal verzeichnet werden. Darauf folgende Werte blieben überwiegend konstant bei 5.3 kPa und scheinen so keine zusätzliche Konstante in der Interpretation der ANI[®]-Werte zu geben.

2.10 Konklusion des Fallbeispiels

Der Einsatz des ANI[®] während einer Allgemeinanästhesie hat unterschiedliche Erkenntnisse gezeigt. Einerseits kann es ein unangenehmes Gefühl sein, sich einem Gerät zu widmen und auch versuchen nach dessen Aussagekraft zu handeln, ohne dessen klaren Nutzen zu verstehen. Andererseits könnte die korrekte Interpretation auch eine Hilfestellung in der Anästhesieführung sein. Der ANI[®] kann keine alleinige Aussagekraft über die analgetische Abdeckung eines Patienten in Allgemeinanästhesie haben. Vielmehr benötigt es die Erfahrung und das Fachwissen einer anästhesiologischen Fachperson, um *eine gute* Anästhesie durchzuführen. Über 150 Studien wurden bereits durchgeführt, um unterschiedliche Erkenntnisse rund um den ANI[®] zu gewinnen. Beispielsweise sind Funcke et al. (2017, S. 276ff) der Meinung, dass sich der ANI[®] besser eignet zur Erkennung von Nozizeption als vegetative Reaktionen wie HF und BD-schwankungen. Boselli et al. (2014, S. 217ff) berichten über die Vorhersagemöglichkeit von postoperativen Schmerzen. Die Hilfestellung durch den ANI[®] besteht in der Bewertung der analgetischen Komponente der Anästhesie und hat damit einen Einfluss auf die Narkoseführung.

3 Kritische Würdigung der Ergebnisse

3.1 Installation des ANI[®] am wachen Patienten

Chanques et al. (2017, S. 814ff) haben in ihrer diagnostischen Studie wache Patienten auf der Intensivstation untersucht. Sie fanden nur geringe Assoziationen zwischen schädlichen Reizen und den Veränderungen in den ANI[®]-Werten. Sie kamen zu dem Schluss, dass der ANI[®] nur schwache Fähigkeiten besitzt, um offensichtliche Schmerzen zu erkennen.

Chanques et al. (2017, S. 814) behaupten daher, dass der Einsatz des ANI[®] an wachen Patienten möglicherweise nicht geeignet ist. Dies spiegelt auch die Situation bei Herr M. wider. Trotz seiner verbalen Verneinung von Schmerzen, interpretierte der ANI[®] bei ihm im wachen Zustand eine sympathische Aktivität die als das Vorhandensein von Schmerz verstanden werden kann. Auch wenn die Werte mit 54 dies nur sehr knapp bestätigten.

3.2 ANI[®] während der Atemwegsmanipulation

Während der Atemwegsmanipulation konnten Sriganesh, Theerth, Reddy, Chakrabarti & Rao (2019, S. 103ff) signifikante Rückgänge von ANI[®]m mit einer Zunahme von HF und BDsys trotz klinisch akzeptabler Tiefe der Anästhesie und Analgesie, beobachten. Auch Ledowski (2019, S. 323f) stellte ähnliche Befunde nach Intubation fest.

Herr M. zeigte nach Intubation den ANI[®]m von 60 auf 30-33 fallen. Eine Apnoephase (die während einer Intubation vorhanden ist) kann jedoch einen verfälschten Aussagewert des ANI[®]m verursachen. Es fehlen Daten über die Länge der Apnoephase, die dazu nötig wäre. Bisher untersucht wurde diese ausschliesslich bis zu 30 Sekunden (Sriganesh et al. 2019, S. 103ff). Bezüglich der Auswirkungen bestimmter Faktoren, welche eine Intubation betreffen: Cormack Lehane Grad, Erfahrungen des Intubierenden und der Dauer der Laryngoskopie, haben Sriganesh et al. (2019, S. 103ff) festgestellt, dass weitere Feldforschung nötig ist. Diese nicht zu vernachlässigenden Parameter, könnten gewissermassen zu erhöhten nozizeptiven Reizen führen. Sriganesh et al. (2019, S. 103ff) sind sich einer negativen linearen Korrelation zwischen ANI[®]m und systemischer Hämodynamik während der Intubation sicher. Sie behaupten, dass der ANI[®] als Überwachungs-Monitoringsystem hilft, das Ausmass der Schmerzen während der

anästhesiologischen Induktion und die Angemessenheit der Analgesie zu objektivieren im Gegensatz zu Veränderungen der HF und des BD.

3.3 Einwirkung der Remifentanyl® TCI auf ANI®m

Funcke et al. (2017, S. 275ff) schreiben über die begrenzten Vorhersagewerte des ANI® unter zunehmender Dosierung des Remifentanyl®. Die Resultate des ANI® waren in ihrer Studie jedoch spezifisch und empfindlich auf schmerzhaftes Stimulationen. Bei Herr M. wurde einmalig die Konzentration der Remifentanyl®-TCI nach Hautschnitt erhöht. Eine konstante Konzentration ermöglichte somit keine weiteren zusätzlichen Auswirkungen auf die Interpretation der ANI®m.

3.4 Einsatz und Auswirkungen der Opioid-Analgetika

Eine ANI®-geführte intraoperative Verabreichung von Opioid-Analgetika konnte in mehreren Studien wenige schlüssige Ergebnisse erzielen (Upton, Ludbrook, Wing & Sleigh, 2017, S. 84). Auch bei Herr M. beeinflusste ANI®m nicht vollständig die Anästhesieführung. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die Autorin wenig Erfahrung im Umgang mit dem ANI® besitzt. Le Gall et al. (2019, S. 35ff) schlussfolgern, dass obwohl ANI® die Opiatgabe reduzieren kann, dies nachfolgend nicht zu signifikanten Verringerungen der bekannten Opiatnebenwirkungen führt. Bei Herr M. konnten keine Anzeichen unmittelbarer Nebenwirkungen von Opioiden festgestellt werden (beispielsweise einer postoperativen Atemdepression, Apnoen oder eines Shiverings als Zeichen einer Remifentanyl®-Überdosierung). Sriganesh et al. (2019, S. 103ff) stellten fest, dass eine konventionelle Dosis eines potenten Opioid-Analgetikums (2µg/kg Körpergewicht Fentanyl®) unzureichend ist, um die durch ANI® beurteilte nozizeptive Reaktion auf beispielsweise die Intubation werten zu können. Die ANI®m bei Herr M. bekräftigt dies, aufgrund der anhaltenden parasympathischen Aktivität nach erfolgter Intubation. Auch subjektiv kann die Autorin aus eigener Erfahrung bei orthopädischen Eingriffen behaupten, dass eine Initialdosis von 0.25 – 0.3mg Fentanyl® nötig wäre, um erste schmerzhaftes Stimuli zu unterdrücken.

3.5 Einsatz und Auswirkungen des Muskelrelaxans

Rocuronium® ist ein nicht-depolarisierendes Muskelrelaxans aus der Gruppe der Aminosteroide welches an der motorischen Endplatte auf nikotinerge Ach-Rezeptoren wirkt. Zudem wirkt es postgangliolär an den parasympathischen Endigungen. Diese Wirkung könnte ANI®m beeinträchtigt haben, welche bei Herr M. jedoch nicht gewertet wurde. Hierzu konnte keine Literatur gefunden werden.

3.6 Extubation in Konfrontation mit ANI®m

Boselli et al. (2014, S. 717) haben in ihrer prospektiven Beobachtungsstudie die unmittelbare Schmerzreaktion von Patienten nach der Extubation untersucht. Dabei hat ANI®m keine deutlichen Werte für sympathische Reaktion gezeigt. Es zeigte sich eine negative Beziehung zwischen dem bei Erregung durch Vollnarkose vor der Extubation und dem gemessenen ANI®m, sowie den unmittelbaren postoperativen Schmerz bei Ankunft im Aufwachraum. Boselli et al. (2014, S. 716) erwähnen zudem eine Signifikanz der Korrelation zwischen den Messungen des ANI® während und unmittelbar nach der Extubation und der damit verbundenen Schmerzintensität. Bei Herr M. konnte diese Korrelation nicht festgestellt werden, da ANI®m keine niedrigen Werte angezeigt hat. Ob dies auf eine ausreichende Analgesie hindeutet, kann nur vermutet werden. Herr M. benötigte keine Aufhebung der Muskelrelaxation aufgrund einer TOF_{ratio} von 100%. Die Literatur empfiehlt bei Einsatz von Rocuronium den spezifischen Antagonisten Bridion® (Suggammadex). Upton et al. (2017, S. 88f) schreiben, dass durch die Gabe von Suggammadex für die vollständige Muskelerholung kein Einfluss auf das VNS genommen

wird und daher Interferenzen mit den ANI[®]-Werten vor Extubation vermieden werden können.

3.7 Sensitivität und Spezifität des ANI[®]

Über die Bewertung der vorhersagenden Werte machten Boselli und Bouvet et al. (2015, S. 291ff) die Aussage, dass die Sensitivität und auch Spezifität des ANI[®] hoch seien. Diese Studie kann kritisch hinterfragt werden, da sie auf der Homepage des Herstellers MDoloris Systems (2018) zu finden ist und ein Interessenskonflikt besteht. Um hämodynamische Veränderungen innert fünf Minuten vorhersagen zu können, verglichen Boselli und Bouvet et al. (2015, S. 291ff) dies mit der Narkosetiefe anhand eines Bispektralen Index (BIS). Ihre prospektive Studie zeigt eine vorhersagende Wahrscheinlichkeit in den Veränderungen der ANI[®]m von 83 – 88 (bei ANI[®]m <55) Prozent auf. Im Fallbeispiel dieser Diplomarbeit konnten im Hinblick auf die Sensitivität und Spezifität des ANI[®]m unterschiedliche Aussagen getroffen werden. Es müssten Vergleichsuntersuchungen stattfinden, um signifikante Ergebnisse zu zeigen. Insgesamt schätzt die Autorin die Vorhersagekraft des ANI[®] bei Herr M. als wenig sensitiv und spezifisch ein.

3.8 Postoperatives Outcome im Aufwachraum

Die postoperative Nachsorge von Herr M. konnte nicht im grossen Umfang weiterverfolgt werden. Die Literatur zeigt, dass sich die Forschenden unschlüssig über den Vorteil des ANI[®] in Bezug auf das postoperative Outcome sind. Yan, An & Feng (2017, S. 635) haben in ihrer randomisierten Crossover-Studie die Korrelation zwischen ANI[®] und einer visuellen analogen Schmerzskala bei Patienten ohne Einfluss von Hypnotika postoperativ untersucht. Sie konnten keine statistische Signifikanz bezüglich eines relevanten Zusammenhangs zwischen den ANI[®]-Werten und akuten postoperativen Schmerzen zeigen. Yan, An & Feng (2017, S. 635f) schlussfolgern, dass es noch ein langer Weg sein wird, um Parameter zu suchen, die Schmerzen objektiv widerspiegeln. Ramos-Luengo, Pallares & Merino (2020, S. 3ff) haben an 63 Patienten untersucht, wie der Zusammenhang zwischen dem Einsatz des ANI[®] und der Verweildauer im Aufwachraum aussieht. Sie fanden heraus, dass intraoperative ANI[®]-Werte >50 meist mit einem kürzeren Aufenthalt im Aufwachraum verbunden waren. Mit diesen Ergebnissen konnten sie zeigen, dass sich die Länge der gesamten Hospitalisation um 11 Prozent verkürzte. Ramos-Luengo et al. (2020, S. 3ff) behaupten, dass eine adäquate Kontrolle nozizeptiver Stimuli zu einer verbesserten Erholung beiträgt.

4 Schlusswort

4.1 Konsequenzen für die Praxis

Täglich wird das Ausmass der Analgesie während einer Allgemeinanästhesie durch die Anästhesieführenden überwiegend aufgrund der jeweiligen Erfahrungswerte und gleichzeitiger Interpretation der Vitalparameter und vegetativer Reaktionen bestimmt. Schmerzfreiheit ist wichtig, da unerwartete Bewegungen, sympathische Aktivität gefolgt von hämodynamischen Veränderungen relativ ausgeschlossen werden können. Andererseits könnte es vorteilhaft sein, beispielsweise die Opiatdosis auf das notwendige Mass einzuschränken, um einer postoperativen Hyperalgesie entgegenzuwirken. Nozizeptive und klinische Anzeichen einer stressinduzierten Aktivierung des sympathischen Systems werden durch Veränderungen der Vitalparameter gewertet und die Opiatdosis dementsprechend titriert. Obwohl der ANI[®] vorteilhafte Ansätze in der Anästhesieführung bieten kann, ist er dennoch nicht als ein spezifisches Überwachungs-Monitoringsystem zur exakten Darstellung der analgetischen Komponente einer Allgemeinanästhesie etabliert. Daher hat vor allem der multimodale Ansatz in der Schmerztherapie zunehmend einen hohen Stellenwert. Der ANI[®] kann nach Meinung der Autorin zur Ergänzung im Anästhesiealltag genutzt werden. In ihrem Mail vom 1. März 2021 benannten Mdoloris

Medical Systems den ANI® als äusserst wertvoll. Sie schrieben, dass der Hauptvorteil des ANI® darin liegt, dass er eine patientenadaptierte Analgesie ermöglicht. Sie erwähnen die Möglichkeit der Überprüfung über die Effektivität der peripheren Regionalanästhesie und empfehlen den Einsatz *für eine bessere Kontrolle* während einer opiatfreien Anästhesie. Sie schlussfolgern, dass es ein weites Einsatzspektrum gäbe.

ANI® kann eine etwas höhere Reaktivität als Vitalparameter besitzen, auch Mdoloris Medical Systems (2018) behaupten, dass der ANI® vorhersagende unerwünschte intraoperative hämodynamische Veränderungen aufzeigen kann. Letztlich liegt es am Anwender selbst, den tatsächlichen Nutzen zu beurteilen. Viele der erwähnten Studien schreiben über den Vorteil zum Einsatz des ANI®, keine konnte bisher eine tatsächliche klinische Relevanz beweisen (Ledowski, 2019, S. 319f). Von Dincklage (2015, S. 759) schreibt, dass reine Nozizeptionsmonitoringsysteme womöglich übermässige Analgesie nicht erfassen können. Finden keine nozizeptiven Vorgänge statt, kann es schwer sein zwischen adäquater oder überdosierter Analgesie zu unterscheiden. Die ausschliessliche Erfassung der Reaktionen des Körpers auf nozizeptive Stimuli, könnte eine analgetische Anpassung erst initiieren, wenn Nozizeption bereits eingetreten ist. Fraglich bleibt die Relevanz der Nozizeption im Vergleich zu vegetativen Reaktionen auch auf das Outcome des Patienten. Herr M. konnte nach eigener Aussage schmerzfrei im Aufwachraum verabschiedet werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass viele der erwähnten Studien zeigen, dass ein linearer Zusammenhang zwischen den ANI®-Werten und einer optimalen analgetischen Dosierung weiterer Forschung bedarf. Upton et al. (2017, S. 88) schreibt dazu, dass es optimale anästhesiologische Bedingungen benötigen würde sowie möglichst wenig Einfluss auf das VNS, wie beispielsweise durch Medikamente verursacht (Antiarrhythmika oder α -Agonisten).

4.2 Persönliche Stellungnahme

Meine persönlichen Erkenntnisse zum Einsatz des ANI® haben mir gezeigt, dass trotz vieler standardisierter Konzepte und Handlungsanweisungen, jeder einzelne Patient seine Individualität besitzt und demzufolge nicht immer in Standards passt. Eine automatisierte Anästhesie scheint Zukunftsdenken, daher ist eine quantitative Methode zur Überwachung der Nozizeption und somit der Analgesie wünschenswert. Für eine Routineanwendung des ANI® müsste mir der klinisch relevante Nutzen durch viele weitere Einsätze und bekräftigende Literatur noch verdeutlicht werden. Durch die Erstellung dieser Diplomarbeit und der Auseinandersetzung mit dem Thema und um meine Fragestellung beantworten zu können sammelte ich neue Erkenntnisse und erweiterte mein Fachwissen. Die Entstehung des Schmerzes sowie die Hintergründe zur Nozizeption sind mir nun umfassend bekannt. Es ist ein sehr komplexes und umfängliches Themengebiet. Mein erweitertes Wissen ermöglicht mir es meine Anästhesieführung zu verbessern. Des Weiteren sind mir die Hintergründe rund um den ANI® bekannt. Ich fühle mich sicherer im Umgang mit dem Gerät und kann und werde es im klinischen Alltag häufiger nutzen. Eines meiner Ziele mit dieser Diplomarbeit war es, meinen Kollegen das Wissen rund um den ANI® zu vermitteln. Mit der Erstellung meines Pocket Guides (siehe Anhang 8.3) kann ich dies nun tun. Der Pocket Guide kann auch eine Hilfestellung für Studierende sein, welche ihr Wissen zu den vorhandenen Geräten am Spital Limmattal erweitern wollen. Ich habe mich für die Erstellung des Pocket Guides entschieden, um in kurzer Zeit ein Verständnis für das Monitoringsystem zu geben. Ich könnte mir vorstellen, dass sein Einsatz dadurch häufiger zu Stande kommt. Dadurch kommt es zu mehr Erfahrung mit dem Gerät, welches uns möglicherweise zu einem vorrausschauenden Handeln anregt und dabei die Anästhesie ein Stück weit sicherer macht.

Schlussfolgernd, ist es wichtig anzumerken, dass der Stellenwert einer einzigen durchgeführten Narkose für diese Diplomarbeit mit dem noch wenig validierten Monitoringsystem ANI® zu relativieren ist. Daher habe ich versucht meine Ergebnisse und Erkenntnisse möglichst vorsichtig zu formulieren.

5 Literaturverzeichnis

- Beck, H., Martin, E., Motsch, J., & Schulte am Esch, J. (2002). *Schmerztherapie*. Deutschland: Georg Thieme.
- Bischoff, P., & Rundshagen, I. (2011). Awareness Under General Anesthesia. *Deutsches Ärzteblatt International* (108), S. 1-7.
- Boselli, E., Bouvet, L., Bègou, G., Dabouz, R., Davidson, J., Deloste, J.-Y., . . . Allaouchiche, B. (2014). *Prediction of immediate postoperative pain using the analgesia/nociception index: a prospective observational study*. *British Journal of Anaesthesia*. 112 (4) S. 715-21. doi: 10.1093/bja/aet407.
- Boselli, E., Bouvet, L., Bègou, G., Torkmani, S., & Allaouchiche, B. (2015). *Prediction of hemodynamic reactivity during intravenous anesthesia for suspension laryngoscopy using Analgesia/Nociception INDEX (ANI): a prospective observational study*. *Minerva Anestesiologica*, (81) S. 288-97.
- Boselli, E., Logier, R., Bouvet, L., & Allaouchiche, B. (2015). *Prediction of hemodynamic reactivity using dynamic variations of Analgesia/Nociception Index (ANI)*. *J Clin Monit Comp*. (30) S. 977-84. doi: 10.1007/s10877-015-9802-8.
- Bruhn, J., Röpcke, H., & Bouillon, T. (2002). *Target-Controlled Infusion (TCI): Die Verabreichung intravenöser Anästhetika mit computergesteuerten Spritzenpumpen (CME 9/02)*. *Anästhesiologie & Intensivmedizin* (43) S. 547ff.
- Bucher, M. (18. November 2020). *pschyrembel online*. Von <https://www.pschyrembel.de/ASA-Klassifikation/T00PG> abgerufen
- Chanques, G., Tarri, T., Ride, A., Prades, A., De Jong, A., Carr, J., . . . Jaber, S. (2017). *Analgesia nociception index for the assessment of pain in critically ill patients: a diagnostic accuracy study*. *British Journal of Anaesthesia*: 119 (4): S. 812-20.
- compendium.ch. (18. November 2020). Von <https://compendium.ch/product/1133936-ephedrin-hcl-bichsel-25-mg-5ml> abgerufen
- Dümmler, J. C. (2016). *Der Analgesie Nociception Index (ANI) während potenziell schmerzhafter und sympathikotoner Phasen von Operationen unter total intravenöser Anästhesie in der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde S. 1ff*. Deutschland: Medizinische Fakultät Kiel. S. 1ff.
- Freye, E., Grabitz, K., & Latasch, L. (2000). Bestimmung der analgetischen Tiefe während der Anästhesie. *Anästhesiologie & Intensivmedizin*, S. (41) 71-81.
- Gruenewald, M., Ilies, C., Schönherr, T., Fudickar, A., Höcker, J., & Bein, B. (2013). *Influence of nociceptive stimulation on analgesia nociception index (ANI) during propofol-remifentanyl anaesthesia*. doi: 10.1093/bja/aet019: *British Journal of Anaesthesia* 110 (6) S. 1024-30.
- Hemmings, H., & Egan, T. (2019). *Pharmacology and Physiology for Anesthesia Foundations and clinical application*. United States of America: Elsevier.
- IDMED. (18. November 2019). *idmed an eye on your patient*. Von [idmed.de: https://www.idmed.fr/de/relaxometer/](https://www.idmed.fr/de/relaxometer/) abgerufen
- Institut, B. (2020). *Duden GmbH*. Deutschland: Dudenverlag.
- International Association for the Study of Pain. (7. November 2020). <https://www.iasp-pain.org/>.
- Krage, R., van Rijn, C., van Groeningen, D., Loer, S., Schwarte, L., & Schober, P. (2010). *Cormack-Lehane classification revisited*. doi: 10.1093/bja/aeq136: *British Journal of Anaesthesia* 105 (2) S. 220-27.
- Larsen, R. (2016). Nervensystem. In R. Larsen, *Anästhesie und Intensivmedizin für die Fachpflege* (S. 13-25). Deutschland: Springer.
- Le Gall, L., David, A., Carles, P., Leuillet, S., Chastel, B., Fleuereau, C., . . . Ouattara, A. (2019). *Benefits of intraoperative Analgesia guided by the Analgesia Nociception Index (ANI) in bariatric surgery: A unmatched case-control study*. *Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine* 38 (1): S. 35-39. doi: 10.1016/j.accpm.2017.09.004.

- Ledowski, T. (2019). *Objective monitoring of nociception: a review of current commercial solutions*. *British Journal of Anaesthesia*, 132 (2): S. 312-21. doi: 10.1016/j.bja.2019.03.024.
- Mdoloris Medical Systems. (2018). ANI Monitor V2 product brochure. Loos, Frankreich. *Medasense Biometrics Ltd.* (5. Februar 2021). Von <https://medasense.com/nol-index> abgerufen
- Meissner, W. (2015). *Akutschmerz Tachenbuch. Konzepte, Methoden. Praxis. 2. akt. und erw. Auflage*. Deutschland: Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- Minto, C., Schnider, T., & Shafer, S. (1997). Pharmacokinetics and pharmacodynamics of remifentanyl. II. Model application. *Anesthesiology* (86), S. 24-33.
- Mutschler, E., Schaible, H.-G., & Vaupel, P. (2007). *Anatomie Physiologie Pathophysiologie des Menschen*. Deutschland: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH.
- Peyn, T., & Rutten, F. (2012). *AutoFlow® Vereint die Vorteile freier Durchatembarkeit mit denen einer volumengesteuerten Beatmung*. Deutschland: Dräger Medical GmbH.
- Ramos-Luengo, A., Pallares, A., & Merino, F. (2020). *Usefulness of ANI (analgesia nociception index) monitoring four outpatient saphenectomy surgery outcomes: an observational study*. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. doi: org./10.1007/s10877-020-0049-1.
- Schneider, G. (2015). "Narkosetiefe" - Grenzen und Möglichkeiten. *Aktuelles Wissen für Anästhesisten* (41), S. 31-36.
- Schönherr, T. (2016. S. 10ff). *Einfluss nozizeptiver Stimuli auf den Analgesie Nozizeption Index während total intravenöser Anästhesie*. Deutschland: Universität Kiel.
- Sriganesh, K., Theerth, K., Reddy, M., Chakrabarti, D., & Rao, G. (2019). *Analgesia nociception index and systemic haemodynamics during anaesthetic induction and tracheal intubation: A secondary analysis of a randomised controlled trial*. *Indian Journal of Anaesthesia*, 63 (2): S. 100-05 doi: 10.4103/ija.IJA65618.
- Upton, H., Ludbrook, G., Wing, A., & Sleigh, J. (2017). *Intraoperativ "Analgesia Nociception Index" - Guided Fentanyl Administration During Sevoflurane Anesthesia in Lumbar Discectomy and Laminectomy: A Randomized Clinical Trial*. *Anesthetic Clinical Pharmacology*. 125 (1): S. 81-90. doi: 10.1213.ANE0000000000001984.
- von Dincklage, F. (2015). *Monitoring von Schmerz, Nozizeption und Analgesie unter Allgemeinaästhesie. Relevanz, aktueller wissenschaftlicher Stand und klinische Praxis*. *Der Anästhesist* (10), S. 758ff.
- Yan, Q., An, H., & Feng, Y. (2017). *Pain assessment in conscious healthy volunteers: a crossover study evaluating the analgesia/nociception index*. *British Journal of Anaesthesia*. 118 (4): S. 635-36.

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung der aufsteigenden Schmerzbahn	4
Abbildung 2: Anästhesieverlauf mit wichtigen Events	8

7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wichtigste Auswirkungen des Sympathikus und Parasympathikus	3
Tabelle 2: Überblick der Schmerz- und Nozizeptionsmonitoringsysteme	5
Tabelle 3: Beeinflussende Faktoren auf die Bewertung des ANI®	7

8 Anhang

8.1 Selbständigkeitserklärung

Studierende: Eigner Kristina

Titel der Diplomarbeit: Den Schmerz sichtbar machen. Einsatz des Analgesia Nociception Index (ANI®) während einer einseitig totalen Hüftendoprothese Operation

Selbständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass diese Diplom-/ Projektarbeit von mir selbständig erstellt wurde. Das bedeutet, dass ich keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel beigezogen und keine fremden Texte als eigene ausgegeben habe. Alle Textpassagen in der Diplom-/ Projektarbeit, die wörtlich oder sinngemäss aus Quellen entnommen wurden, sind als solche gekennzeichnet.

Datum: 7. April 2021

Unterschrift: 

Veröffentlichung und Verfügungsrecht

Die Z-INA verpflichtet sich, die Diplom-/ Projektarbeit gemäss den untenstehenden Verfügungen jederzeit vertraulich zu behandeln.

Bitte wählen Sie die Art der vertraulichen Behandlung:

<input checked="" type="checkbox"/>	Veröffentlichung ohne Vorbehalte
<input type="checkbox"/>	Keine Veröffentlichung

Datum: 07. April 2021

Unterschrift: 

8.2 Einverständniserklärung für den Einsatz des ANI®

spitallimmattal

Schlieren, 20.01.2021

Einverständniserklärung

Hiermit erteilen wir Kristina Eigner, Studierende Anästhesiepflege NDS HF am Spital Limmattal folgendes Einverständnis:

Den Einsatz und Gebrauch des nicht-invasiven Monitorings ANI® an einem Patienten während einer Allgemeinanästhesie im Rahmen eines Fallbeispiels für die Erstellung ihrer Diplomarbeit

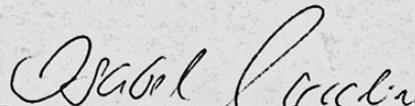
Bestätigt und zur Kenntnis genommen von



Kristina Eigner BscN
Studierende Anästhesiepflege NDS HF



Martin Schuster
Leiter Anästhesiepflege



Dr. med. Isabel Marcolino DESA, EDIC, OPM
Chefärztin Anästhesie und Intensivmedizin

8.3 Pocket-Guide ANI®



Medical Systems

Analgesia Nociception Index - ANI®

POCKET GUIDE

Einsatz

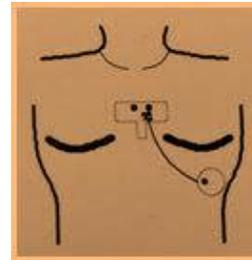
→ erwachsene Patienten
→ Kinder ab 2 Jahren
Überwacht den
parasympathischen Tonus ($p\Sigma$)
des vegetativen Nervensystems.

Installation

Der Monitor kann entweder auf
dem Tisch oder mit Hilfe eines
Fixierungssystem an einem
Infusionsständer installiert werden.

Hautelektroden

Die Elektroden bestehen aus zwei
miteinander verbundenen Teilen. Der
Sensor ist ebenfalls in zwei Teile
unterteilt (Klebefläche und leitfähiges
Gel). Benutzt werden die für den ANI®
eigens hergestellten Elektroden.



Aufkleben der Elektroden:

Der Bereich sollte haarlos sein. Die Elektroden sind für den Einmalgebrauch. Bei Hautrötung oder Hautausschlag müssen die Elektroden entfernt werden. Elektroden niemals auf Verletzungen platzieren. Maximaler Zeitraum für das Verbleiben der Elektroden auf der Haut beträgt 24 Stunden. Die Haltbarkeitsdauer der Elektroden soll beachtet werden.



Starten des ANI®
Der Monitor ist
Touchscreen
gesteuert. An der
unteren Mitte des
Bildschirms befindet
sich die Ein- und
Ausschalttaste.

Im Betrieb leuchtet die LED-Anzeige **grün**
auf, im Standby **orange**. Sobald der Monitor
mit dem Patienten verbunden ist, startet der
Berechnungsalgorithmus automatisch.
Die Ableitungen sind nun bei guter
Signalqualität einsehbar (Qualität wird in
Ampelfarben angezeigt).

Verbinden der abgehenden
Sensorkabel der Elektroden
mit dem Plastikträger des
Sensorkabels und
anschliessend mit dem
Monitor konnektieren.
Beachten des
Verschlussmechanismus:
niemals direkt an der
Elektrode ziehen.

Signalqualität
GRÜN = gut
GELB = mittel
ROT = schlecht



Pocket-Guide ANI® (Rückseite)



MDoloris Medical Systems

Analgesia Nociception Index - ANI®

POCKET GUIDE

Funktionsprinzip

Der ANI® ermöglicht durch Messung der respiratorischen Sinusarrhythmie (= physiologische Herzratenvariabilität) die Quantifizierung der Aktivität des autonomen Nervensystems. Die Herzratenvariabilität entspricht einer parasympathischen Komponente.

Einstellungsmöglichkeiten

- ✓ Sprache
- ✓ Schwellenwerte (50-70) erscheint als türkiser Balken am Monitor
- ✓ Ereignisse: Intubation/Extubation, Atemmuster, Husten, chirurgische Manipulation, Opiatgabe, Bewegungen, etc.)

Interpretation der Werte



Absacken der Kurve (**gelb**)= Reaktion auf einen schmerzhaften/stressauslösenden Reiz



Ansteigen der Kurve (**orange**)= parasympathische Werte

Reinigung

Den ANI®-Monitor nach Gebrauch wischdesinfizieren mit ethanolhaltigen Reinigungstüchern

Wartung: 1x jährlich
Keine Kalibrierung erforderlich

Störungen

Kein Signal: Sensoren austauschen

Mittlere/schlechte Signalqualität: Elektroden versetzen und «Auto-Aussteuerung» anwählen, um das EKG-Signal automatisch wiederherzustellen

AutorIn

Kristina Eigner BscN, Studierende Anästhesiepflege NDS HF

Schlieren, März 2021