

**4. Workshop
Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin vom
26. bis 27. März 2003 in
Karlsruhe**



„Assistenzsystem für die Narkoseführung“

R. Kähler, R. Friedrich
Institut für Antriebstechnik und Mechatronik, Universität Rostock, Rostock, Deutschland
E-Mail: ralf.kaehler@mbst.uni-rostock.de

O. Simanski, B. P. Lampe
Institut für Automatisierungstechnik, Universität Rostock, Rostock, Deutschland

R. Hofmockel, B. Pohl
Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie, Universität Rostock, Rostock,
Deutschland

Copyright: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Band: AUTOMED 2003 - 4 . Workshop "Automatisierungstechnische Methoden
und Systeme für die Medizin"
Editors: U. Voges, G. Bretthauer
ISSN: 0947-8620
Pages: 46-47

Assistenzsystem für die Narkoseführung

R. Kähler¹, O. Simanski², R. Hofmockel³, B. Pohl³, R. Friedrich¹, B.P. Lampe²

¹Universität Rostock, Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Institut für Antriebstechnik und Mechatronik, A.-Einstein-Straße 2, 18057 Rostock

²Universität Rostock, Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Institut für Automatisierungstechnik, Richard-Wagner-Straße 31, 18119 Rostock

³Universität Rostock, Medizinische Fakultät, Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie, Schillingallee 55, 18057 Rostock

ralf.kaehler@mbst.uni-rostock.de

EINLEITUNG

Das Ziel der modernen Kombinationsnarkosen besteht darin, die einzelnen Komponenten Hypnose, Analgesie und Muskelrelaxation gezielt durch Medikamente wie Hypnotika, Analgetika und Relaxantien zu steuern. Deshalb ist ein gezieltes Monitoring erforderlich.

Nach den Empfehlungen der "International Task Force on Anaesthesia Safety" sollten sowohl ein Monitoring der Anästhesietiefe als auch der neuromuskulären Funktionen zum Monitoring während der Anästhesie gehören [Pasch1998]. Nachfolgend wird das entwickelte System zur Messung und Regelung der neuromuskulären Blockade und der Narkosetiefe skizziert, es soll den Anästhesisten bei der Narkose unterstützen und die Teilbereiche der Sicherstellung einer adäquaten Narkosetiefe und Muskelrelaxation automatisieren.

MESSUNG UND REGELUNG DER NEUROMUSKULÄREN BLOCKADE

Traditionell wird in Abhängigkeit vom Grad der Muskelentspannung, nachfolgend auch als neuromuskuläre Blockade bezeichnet, die erforderliche Menge an Muskelrelaxans in Form von Bolusgaben injiziert.

Durch die Einführung immer kürzer wirkender Muskelrelaxantien einerseits und verlängerter Operationszeiten andererseits ist ein Übergang von der Bolusinjektion zur kontinuierlichen Applikation der Relaxantien unter bestimmten Bedingungen erforderlich geworden und somit eine Regelung der Muskelrelaxation indiziert. Eine wesentliche Voraussetzung dafür ist die klinisch praktikable und sichere Überwachung der neuromuskulären Blockade. Aus diesem Grund wurde besonderer Wert auf die Entwicklung der Messtechnik gelegt. Für die Durchführung einer quantitativen Messung der neuromuskulären Blockade sind nach [Hofmockel1997] folgende Punkte von entscheidender Bedeutung

- die Auswahl des Stimulationsortes und des untersuchten Muskels
- der Einsatz eines qualitativ hochwertigen Stimulators
- die Wahl eines geeigneten Stimulationsmusters

- die Wahl des Messverfahrens.

Für das neuromuskuläre Monitoring kann jeder oberflächlich gelegene periphere motorische Nerv und der von diesem Nerv innervierte Muskel als Stimulationsort Anwendung finden. Der Nervus ulnaris ist als Stimulationsort heute am weitesten verbreitet. Er innerviert unter anderem den Musculus interosseus dorsalis DI, von dem die Messsignale abgenommen werden können, und bewirkt das Anziehen des Daumens in Richtung Hohlhand. Vorteilhaft bei dieser Methode ist die freie Zugänglichkeit der Hand während der Operation. Die Stimulations Elektroden sind entlang des Nervus ulnaris relativ problemlos zu platzieren.

Der zu verwendende Stimulator muss monophasische Rechteckimpulse mit Impulsdauern von 200-300µs bei Stromstärken von 50-80mA erzeugen können, um das Auftreten spontaner Aktionspotentiale zu vermeiden und eine direkte Muskelstimulation zu verhindern.

Für die geregelte Muskelrelaxation wurde eine T1-Stimulation eingesetzt. Dabei wird im Abstand von 12 s der Nerv stimuliert und die Reaktion des innervierten Muskels registriert. Ausgangspunkt und Referenzwert der Messung ist das Signal vor Medikamentenapplikation. Dieses wird als 100% T1-Signal und somit 0% neuromuskuläre Blockade definiert. Gegenüber anderen Stimulationsmethoden hat die T1-Stimulation den Vorteil der Anwendbarkeit bis zu Blockaden von 90-95%.

Für die Registrierung der neuromuskulären Blockade stehen neben dem Verfahren der Kraftmessung z.B. am Daumen, der sogenannten Mechanomyographie (MMG), die Messung der Beschleunigung des Muskels mit Hilfe von Beschleunigungssensoren, die Acceleromyographie (AMG) zur Verfügung. Weiterhin können die vor Muskelkontraktion auftretenden Muskelaktionspotentiale mittels Elektroden erfasst werden, wie Abb. 1 zeigt. Dieses Verfahren wird als Elektromyographie (EMG) bezeichnet.

Mit dem entwickelten System für die Messung der neuromuskulären Blockade können erstmals alle drei Messverfahren simultan unter ständiger Kontrolle der Sensormesswerte Anwendung finden.

Weiterführend wurde eine adaptive Regelung implementiert. Aufgrund des nichtlinearen und sehr stark variierenden Patientenverhaltens kommt ein adaptiver

Generalized Predictive Controller (GPC) zum Einsatz. Als Regelgröße wird die neuromuskuläre Blockade, gemessen mit EMG und AMG, genutzt. Stellwerte sind die zu applizierende Menge an Muskelrelaxans Mivacurium. Dazu wird um den angestrebten Arbeitspunkt einer 90%-igen neuromuskulären Blockade ein lineares Modell in autoregressive with external input (ARX)-Struktur online identifiziert und in jedem Abtastschritt dem GPC übergeben, der dann die erforderliche Menge an Muskelrelaxans berechnet, die anschließend mittels Spritzenpumpe dem Patienten appliziert wird [Simanski2002].

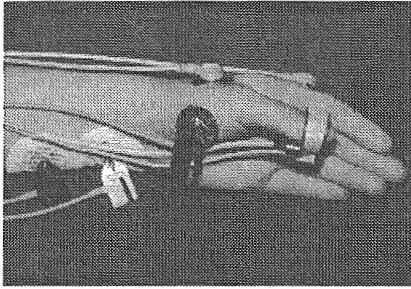


Abb. 1: Stimulation des Nervus ulnaris und Abnahme des EMG-Signals sowie des AMG-Signals mit 2 Sensoren am Daumen

MESSUNG UND REGELUNG DER NARKOSETIEFE

Da in Fachkreisen die Definition der Narkosetiefe noch immer strittig ist, gibt es für das Monitoring keine allgemeingültigen Richtlinien. Verschiedene Ansätze wurden in [Simanski2002] zusammengestellt. Gegenwärtig zeichnet sich ein Trend in Richtung Hirnstromanalyse ab. Mittels unterschiedlicher Techniken wird versucht, die Tiefe der Narkose zu klassifizieren. Weit verbreitet, da in den USA an einer Vielzahl von Patienten erfolgreich getestet, ist der BIS-Monitor, der eine Bispektralanalyse (BIS) der Hirnströme vornimmt und die Narkosetiefe in einem Index zwischen 0 und 100 abbildet, wobei 100 den Wachzustand charakterisiert. Je nach Operationstyp wird ein BIS-Wert zwischen 40 und 60 angestrebt. Neben dem BIS werden auch audioevozierte Potentiale mittlerer Latenz (MLAEP) für die Narkosetiefebeurteilung eingesetzt.

Das Assistenzsystem nutzt für das Monitoring der Narkosetiefe den BIS-Monitor A-2000 von Aspect. Die Regelung der Narkosetiefe erfolgt unter Einsatz eines Fuzzy-Reglers in PID-Struktur, der die erforderliche Menge an Hypnotikum Propofol berechnet, bevor diese über eine Spritzenpumpe dem Patienten appliziert wird.

ERGEBNISSE

Das entwickelte Assistenzsystem ist in Abb. 2 dargestellt und konnte erfolgreich an über 50 Patienten bei der Messung und Regelung der neuromuskulären Blockade und über 10 Patienten bei der Regelung der Narkosetiefe eingesetzt werden.

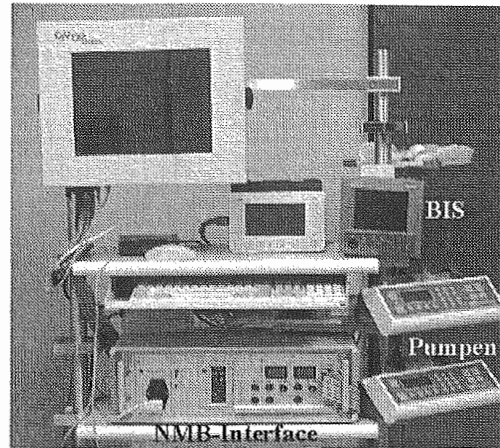


Abb. 2: Assistenzsystem bestehend aus dem NMB-Interface zur Erfassung der neuromuskulären Blockade mit Monitor, Sensoranschlussmöglichkeiten und integriertem, fernsteuerbarem Stimulator, BIS-Monitor und Spritzenpumpen.

Gegenwärtig wird das System um die Erfassung und Regelung weiterer anästhesierelevanter Daten, wie den Blutdruck oder Parameter zur Beurteilung der Analgesierung, erweitert.

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Das entwickelte Assistenzsystem gewährleistet eine adäquate Relaxation sowie Hypnose bei minimaler Medikamentenbelastung für den Patienten und geringem Arbeitsaufwand für den Anästhesisten.

DANKSAGUNG

Diese Forschungsarbeit wird seit mehreren Jahren in verschiedenen Projekten durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft gefördert.

LITERATURHINWEISE

[Hofmockel1997]

R. Hofmockel: Quantitatives neuromuskuläres Monitoring mit simultaner Anwendung der Mechano-, Elektro- und Acceleromyographie, Universität Rostock, Medizinische Fakultät, Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie, Habilitationsschrift, 1997

[Pasch1998]

T. Pasch „Standards, Richtlinien, Empfehlungen“ in W.F. List, H. Metzler, T. Pasch, eds: *Monitoring in Anästhesiologie und Intensivtherapie*. 2. Berlin Heidelberg New York : Springer-Verlag, 1998, Kapitel 1.6, S. 124–139

[Simanski2002]

O. Simanski: *Entwicklung eines Systems zur Messung und Regelung der neuromuskulären Blockade und der Narkosetiefe*, Universität Rostock, Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Institut für Automatisierungstechnik, Dissertation, 2002