

R. Likar¹ · M. Molnar¹ · W. Pipam¹ · W. Koppert² · B. Quantschnigg¹ · B. Disselhoff³ · R. Sittl²

¹Abteilung für Anästhesiologie und Intensivmedizin, LKH Klagenfurt

²Abteilung für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Schmerzzambulanz, Universität Erlangen

³Schwa-Medico, Medizinische Abteilung, Deutschland

Postoperative transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS)

Randomisierte, doppelblinde, plazebokontrollierte Pilotstudie bei Eingriffen im Schultergelenkbereich

Zusammenfassung

Fragestellung. Wir untersuchten, ob TENS postoperativ nach Schulteroperationen für 3 Tage angewendet eine bessere Schmerzlinderung hervorruft und/oder weniger Analgetikaverbrauch verglichen mit Plazebo bewirkt.

Methode. Die Studie wurde doppelblind, randomisiert, plazebokontrolliert durchgeführt. 30 Patienten wurden randomisiert 2 Gruppen zugeordnet. Die Verumgruppe erhielt TENS SM1 AKS 80 Hz, 6 mA und die Plazebogruppe TENS SM1 AKS 80 Hz, 0 mA. Präoperativ wurde der Schmerz mit der Hamburger Schmerzadjektivliste erhoben. Prämedikation und Narkoseführung waren standardisiert. TENS wurde bei den Patienten bis 8 h unmittelbar postoperativ und in den nächsten Tagen 5-mal täglich 45 min angewendet. Die Wirksamkeit wurde postoperativ anhand einer visuellen Analogskala (Ruhe, Belastung), der Hamburger Schmerzadjektivliste und dem postoperativen Analgetikaverbrauch evaluiert.

Ergebnisse. Die Werte der visuellen Analogskala in Ruhe und Belastung zeigten zwischen den Gruppen keinen signifikanten Unterschied. Der postoperative Analgetikaverbrauch von Morphinhydrochlorid in den ersten 24 h war zum Zeitpunkt 8 h postoperativ signifikant und zu den übrigen Zeitpunkten in der Verumgruppe deutlich niedri-

ger als in der Plazebogruppe. Der Score der sensorischen Sekundärskala (Schmerzschärfe, Schmerzrhythmik) der Hamburger Schmerzadjektivliste war in der Verumgruppe postoperativ gegenüber präoperativ signifikant geringer.

Schlussfolgerung. Wir konnten mit unserer Studie zeigen, dass TENS postoperativ bei Schulteroperationen angewendet einen deutlich geringeren Analgetikaverbrauch in den ersten 72 h und auch eine signifikante Besserung der sensorischen Sekundärskala hervorruft. TENS postoperativ angewendet ist eine einfache, wirksame Methode und ohne Nebenwirkungen.

Schlüsselwörter

TENS · Plazebokontrolliert · Postoperativ · Schulteroperationen

Traskutane elektrische Nervenstimulation (TENS) ist in den letzten Jahrzehnten bei der Behandlung von verschiedenen chronischen und akuten Schmerzzuständen sehr populär geworden. Hauptsächlich werden 2 unterschiedliche Stimulationsfrequenzen bei der TENS-Therapie gewählt.

1. Bei der konventionellen TENS werden hochfrequente Stromimpulse von 60–100 Hz verwendet, die über eine Stimulation von sensorischen Nervenfasern mit größerem Durchmesser den Einstrom nozizeptiver Reize ins Zentralnervensystem im Sinn der Gate-control-Theorie von Melzack u. Wall [23,39] mindern. Hochfrequente Stromimpulse verursachen aber auch die Freisetzung von dynorphinähnlichen Substanzen, welche über κ -Rezeptoren vermittelte analgetische Effekte verursachen [11].
2. Die akupunkturähnliche TENS-Frequenz von 3–5 Hz erhöht den Endorphinspiegel und moduliert die Neuropeptidfreisetzung im zentralen Nervensystem [18].

Es existieren sehr unterschiedliche Meinungen über die Effektivität der Anwendung von TENS in der akuten postoperativen Schmerztherapie. Folgende Empfehlung wird von der Health Care Policy and Research (AHCPR) für die akute Schmerztherapie gegeben: TENS ist effektiv in Bezug auf Schmerzlinderung.

Univ.-Doz. Dr. Rudolf Likar
Abteilung für Anästhesiologie und
Intensivmedizin, LKH Klagenfurt,
St. Veiter Straße 47, 9020 Klagenfurt, Österreich

R. Likar · M. Molnar · W. Pipam · W. Koppert
B. Quantschnigg · B. Disselhoff · R. Sittl

Postoperative transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in shoulder surgery (randomized, double blind, placebo controlled pilot trial)

Abstract

Background. The aim of this study was to determine whether 3 days of TENS therapy postoperatively after shoulder operations would result in better pain relief and/or reduced analgesic intake when compared to placebo.

Method. The study was carried out randomized, double-blind and placebo controlled.

Thirty patients were randomized to two groups. The verum group received TENS SM1AKS 80 Hz 6 mA and the placebo group received TENS SM1AKS 80 Hz 0 mA. The pain was assessed pre-operatively using the Hamburg Pain Adjective List. Premedication and Anesthesia were standardized. TENS was applied to the patients immediately postoperatively for 8 hours and then on the following days 5 times daily for 45 minutes.

The effectiveness was evaluated postoperatively using a visual analogue scale (rest, activity), the Hamburg Pain Adjective List and postoperative analgesic consumption.

Results. The visual analogue scale at rest and on activity showed no significant difference between the groups. Postoperative analgesic consumption of morphine hydrochloride in the first 24 hours was at time 8 hours postoperative significantly and at all other time points markedly less in the verum group compared to the placebo group. The sensory secondary scale score of the "Hamburg Pain Adjective List" was significantly lower postoperatively compared to preoperatively in the verum group.

Conclusion. We were able to show in this study that TENS applied postoperatively after shoulder surgery clearly reduced analgesic consumption in the first 72 hours. Furthermore there was a significant difference in the pain scores using the "Hamburg Pain Adjective List" in favour of the verum group. TENS applied postoperatively is a effective, simple modality with few side-effects.

Keywords

TENS · Placebo controlled · Postoperative · Shoulder surgery

und Verbesserung der körperlichen Funktion [1].

Die Ergebnisse sind teilweise widersprüchlich, da die Qualität der Untersuchungsmethoden in den klinischen Studien sehr unterschiedlich ist. Schulz et al. [32] konnten zeigen, dass nicht oder nur inadäquat randomisierte Studien den Behandlungseffekt über 40% und nicht doppelblinde Studien um 17% überbewerten können. Um eine klare Aussage zu treffen, sollten die Studien doppelblind randomisiert durchgeführt werden [14, 15].

Ziel der folgenden prospektiven, doppelblinden, randomisierten, plazebokontrollierten Studie bei orthopädischen Operationen im Schultergelenk war, nachzuweisen, dass TENS-Therapie mit unterschwelligen Reizen bei akuten Schmerzen postoperativ angewendet einen niedrigeren Analgetikaverbrauch bzw. eine Verbesserung des Schmerzscores sowohl in Ruhe als auch bei Belastung erzielt.

Methode

Diese doppelblind randomisierte Studie wurde postoperativ an Patienten mit orthopädischen Operationen im Schultergelenk durchgeführt. Aufgenommen wurden Patienten der ASA-Gruppe I–II im Alter von 19–80 Jahren und einem Körpergewicht zwischen 50 und 90 kg.

Ausschlusskriterien waren: Patienten mit Schrittmacher, gravierende Erkrankungen des Herz- und/oder Kreislaufsystems (insbesondere Rhythmusstörungen) und der Atemwege, Patienten mit neurologischen Erkrankungen, Beeinträchtigung der Leber- und Nierenfunktion, Patienten mit Ulkusanamnese, Patienten mit chronischer Opioid- oder Benzodiazepineinnahme bzw. Opioidaufnahme im letzten Monat, Gravide und Kribbelsensation bei Erstanlage bei unterschwelliger Stimulation.

Die Patienten wurden nach der Kuvertmethode randomisiert (2-armiges balanciertes Design) 2 Gruppen zugeteilt.

- Die Gruppe TENS (Verum) erhielt ein TENS SM1 AKS (Schwa-Medico) mit einer Stimulationsfrequenz von 80 Hz und einer Stromstärke von 6 mA. Das TENS-Gerät zeigte ein flackerndes Licht, wenn es eingeschaltet war.

- Die Plazebogruppe erhielt das TENS SM1 AKS mit Frequenz 80 Hz und Stromstärke 0 mA. Wenn es eingeschaltet war, zeigte es ebenfalls ein flackerndes Licht.

Die TENS-Geräte wurden von der Fa. Schwa-Medico verblindet zur Verfügung gestellt. Die Einweisung in das TENS-Gerät erfolgte präoperativ. Die Elektroden wurden angelegt und das Gerät zur Anwendung präoperativ eingeschaltet und den Patienten erläutert. Kein Patient, der randomisiert in die Studie aufgenommen wurde, verspürte mit den angewendeten Geräten präoperativ und während der Studiendauer eine Kribbelsensation.

Die Anlage der selbstklebenden Elektroden 50 mm×50 mm erfolgte beidseits paravertebral in Höhe C4/C5. Die Kathode wurde an der operierten Seite und die Anode an der kontralateralen Seite angelegt.

Die TENS-Anwendung erfolgte unmittelbar postoperativ in den ersten 8 h kontinuierlich und in den folgenden 2 postoperativen Tagen 5-mal täglich 45 min. Die 1. Anwendung erfolgte um 08.00 Uhr, die 2. um 11.00 Uhr, die 3. zwischen 13.00 und 14.00 Uhr, die 4. um 16.00 Uhr und die 5. Anwendung um 20.00 Uhr. Präoperativ wurde die Schmerzstärke anhand der visuellen Analogskala (0: kein Schmerz, 100: unvorstellbarer Schmerz) in Ruhe und bei Abduktion des Schultergelenks 1 Tag vor der Operation erhoben. Weiterhin erfolgte präoperativ die qualitative Schmerzerfassung mittels der Hamburger Schmerzadjektivliste (HSAL) [10, 28]. Die HSAL besteht aus 4 Primärskalen:

- Schmerzleiden (12 Items),
- Schmerzangst (9 Items),
- Schmerzscharfe (9 Items),
- Schmerzrhythmik (7 Items).

Jedes Item ist nach dem Grad seines Zutreffens auf einer 7-stufigen Antwortskala von 0–6 (stimmt gar nicht bis stimmt völlig) zu beurteilen. Schmerzleiden und Schmerzangst werden zu einer affektiven Sekundärskala, Schmerzscharfe und Schmerzrhythmik zu einer sensorischen Sekundärskala zusammengefasst. Die Werte der Sekundärskalen werden zu einem Gesamtscore addiert.

Die Prämedikation erfolgte mit Midazolam 0,1 mg/kg KG sublingual. Die

Tabelle 1
Beschreibung der Patientengruppen

Patienten	Verum (n=11)	Plazebo (n=12)	p
Alter	53,4±3,6	57,0±2,7	n. s.
Gewicht	75,9±3,0	72,6±3,5	n. s.
Geschlecht	7 m/4 w	7 m/5 w	n. s.
Anästhesiedauer [min]	130,0±12,1	126,8±8,8	n. s.
Operationsdauer [min]	87,0±11,1	81,2±9,2	n. s.
Fentanylverbrauch [mg]	0,38±0,04	0,38±0,05	n. s.
Zeitpunkt der ersten Analgetikaanforderung [min]	33,6±16,9	16,7±11,1	n. s.
Tramadol [mg]	50,0±22,3	75,0±20,0	n. s.

Angaben in Mittelwerten und ±SEM, n. s. nicht signifikant

Narkoseführung erfolgte in balancierter Allgemeinnarkose, als Analgetikum wurde intraoperativ Fentanyl verwendet, Dosierung: 1–3 µg/kg als Einleitungs-dosis und Repetitionsboli 0,1–0,15 mg. Die postoperative Qualitätskontrolle erfolgte in den ersten 24 h 4-stündlich, nach 24 h 6-stündlich bis zur 72. Stunde. Wenn die Patienten schliefen, wurde auf dem Protokoll vermerkt „geschlafen“.

Es wurden folgende Parameter dokumentiert:

- Schmerzstärke anhand der visuellen Analogskala zwischen 0 (kein Schmerz) und 100 (unvorstellbarer Schmerz) in Ruhe und bei Abduktion,
- Blutdruck,
- Herzfrequenz,
- Atemfrequenz,
- Nebenwirkungen,
- verbrauchte Analgetikamenge,
- Zeitpunkt der 1. Analgetikaeinnahme.

In den ersten 24 h erfolgte die postoperative Schmerztherapie mittels patientenkontrollierter Analgesie mit Morphinhydrochlorid, Bolus 2 mg, Lock-out-Zeit 8 min, 4-h-Limit 20 mg. Die Patienten erhielten zuerst eine Loading dose Morphinhydrochlorid von 0,1 mg/kg KG und wurden dann für die ersten 24 h postoperativ an eine PCA-Pumpe angeschlossen. Nach 24 h wurden den Patienten zunächst bei Schmerzen 20 Trpf. Tramadol (50 mg) verabreicht, wenn noch immer keine ausreichende Schmerzlinderung erreicht wurde, wurden nach 15 min weitere 20 Trpf. Trama-

dol (50 mg) gegeben. Danach wurde, wenn möglich, ein zeitlicher Mindestabstand von 4 h eingehalten, und die weitere Verabreichung von Tramadol erfolgte je nach Schmerzstärke. Die Patienten erhielten ab dem 1. postoperativen Tag standardisiert Indometacin 2-mal 50 mg täglich. Nach 72 h wurde wieder die qualitative Schmerzeinschätzung mittels der Hamburger Schmerzadjektivliste durchgeführt. Die Verweildauer in Tagen und Nebenwirkungen (Hautrötung, Harnretention, Pruritus, Übelkeit, Erbrechen, Magenbeschwerden) wurden nach der Graduierung „leicht“ – „mittel“ – „stark“ dokumentiert.

Die Studie wurde von der Ethikkommission genehmigt, und die Patienten unterschrieben nach mündlicher Aufklärung eine schriftliche Einverständniserklärung.

Statistische Analyse

Die Verrechnung der Daten wurde mit dem Programmpaket SPSS für Windows Version 6.01 durchgeführt. Die Erfassung von Unterschieden zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich der Diagnosen und Operationsarten wurde mit dem χ^2 -Test durchgeführt. Zur Erfassung von Mittelwertsunterschieden bei der Schmerzintensität, der Schmerzqualität und des Schmerzmittelverbrauchs wurde aufgrund der geringen Fallzahl ein parameterfreies Verfahren, nämlich der Kolmogoroff-Smirnof-Test verwendet [4]. Die statistische Überprüfung der unterschiedlichen Nebenwirkungshäufigkeiten erfolgte mit dem U-Test nach Mann und Whitney. Das Signifikanzni-

veau wurde mit $p < 0,05$ festgelegt (5%-Niveau).

Ergebnisse

Zunächst wurden 30 Patienten in die Studie aufgenommen, davon wurden 7 aus folgenden Gründen ausgeschlossen: Unter starker Übelkeit und Erbrechen in den ersten 24 h litten 2 Patienten, welche die Studie abbrachen, weitere 5 Patienten zeigten Complianceprobleme.

Die demographischen Daten sind in Tabelle 1 dargestellt. In den demographischen Daten bestand zwischen den Gruppen kein Unterschied. Der Schmerzscore anhand der visuellen Analogskala vor der Operation betrug in der Verumgruppe in Ruhe $32,1 \pm 11$ und bei Belastung 62 ± 13 , in der Plazebogruppe in Ruhe $31,8 \pm 10,5$ und bei Belastung 67 ± 14 . Der Zeitpunkt der ersten Analgetikaanforderung war in der Verumgruppe nach 33,6 min, in der Plazebogruppe nach 16,7 min (kein signifikanter Unterschied).

In Tabelle 2 sind die Diagnosen und Operationen dargestellt, die sich gleichmäßig auf beide Gruppen verteilen. Die Ausgangsschmerzstärke vor der ersten Analgetikaanforderung in der Verumgruppe betrug $66,7 \pm 5,7$, in der Plazebogruppe $68,1 \pm 3,9$ (kein statistischer Unterschied) und fiel nach 4 h in der Verumgruppe auf $25,1 \pm 7,6$ und in der Plazebogruppe auf $29,7 \pm 4,8$ ab. Es ist deutlich erkennbar, dass die Schmerzen in den ersten 24 h am stärksten waren und in den darauf folgenden Stunden bis zur 72. Stunde am unteren Niveau um 10 blieben. Zwischen den Gruppen besteht kein statistisch signifikanter Unterschied (Abb. 1). Ausgangsschmerzstärke bei Belastung war in der Verumgruppe $73 \pm 11,8$, in der Plazebogruppe $84,5 \pm 14,5$ (kein statistisch signifikanter Unterschied). Auch hier ist deutlich ersichtlich, dass die Schmerzen in den ersten 24 h am stärksten waren und sich in beiden Gruppen um einen Schmerzscore bei 30 einpendelten. Zwischen den Gruppen besteht kein signifikanter Unterschied, obwohl der Schmerzscore der Verumgruppe im Trend geringer war (Abb. 2).

Der postoperative Schmerzmittelverbrauch stellt sich wie folgt dar. Die Loading dose an Morphinhydrochlorid war in der Verumgruppe $7,63 \pm 0,29$ mg, in der Plazebogruppe $7,25 \pm 0,35$ mg. Der 24-h-Verbrauch betrug in der Verumgruppe $43,9 \pm 5,1$ mg, in der Plazebogrup-

Tabelle 2
Diagnosen und Operationen

Diagnosen und Operationen	Verum	Plazebo	Gesamt	p
<i>Diagnosen</i>				
Frozen shoulder	2	1	3	n. s.
Labrumläsion/Tendinosis	2	2	4	n. s.
Impingementsyndrom	5	7	12	n. s.
Supraspinatussehnenruptur	2	2	4	n. s.
Total	11	12	23	n. s.
<i>Operationen</i>				
Schulterarthroskopie und Mobilisation	2	2	4	n. s.
Schulterarthroskopie normal (mit Knorpelglättung)	3	3	6	n. s.
Schulterarthroskopie und Akromionplastik	2	4	6	n. s.
Schulterarthroskopie offen	4	3	7	n. s.
Total	11	12	23	n. s.

Angaben in Absolutzahlen (kein signifikanter Unterschied hinsichtlich Verteilung der Diagnosen und Operationen zwischen den Gruppen, n. s. nicht signifikant)

pe $61 \pm 8,1$ mg Morphinhydrochlorid. Es zeigte sich ein deutlich höherer Verbrauch von Morphinhydrochlorid in der Plazebogruppe ($p < 0,1$). Hier ergab sich auch im Verlauf zur 8. Stunde ein signifikanter Unterschied zugunsten der Verumgruppe (Abb. 3). Betreffend der postoperativen Analgetikaanforderung von Tramadol ab der 24. bis zur 72. Stunde wurde in der Verumgruppe von 60% der Patienten kein Analgetikum angefordert, in der Plazebogruppe nur von 30%. Hier ist somit ein sehr deutlicher Unterschied zugunsten der Verumgruppe erkennbar (Tabelle 1).

Das Ergebnis der Hamburger Schmerzadjektivliste zeigt, dass sowohl in der Plazebo- als auch in der Verumgruppe bezüglich des Gesamtscores ein signifikanter Unterschied zwischen dem Ausgangswert und dem ermittelten Wert nach 72 h besteht. Die affektive Sekundärskala (Schmerzleiden, Schmerzangst) unterscheidet sich signifikant in beiden Gruppen, wenn der Ausgangswert mit dem Wert nach 72 h verglichen wird. Auffallend ist, dass es bei der sensorischen Sekundärskala (Schmerzhäufigkeit, Schmerzschärfe) keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Ausgangs- und dem Endwert in der Plazebogruppe gibt (Ausgangswert $34,9 \pm 5,99$; Endwert $24,6 \pm 4,72$; $p = 0,097$), dass es aber in der Verumgruppe zu einer hochsignifikanten Verbesserung der

sensorischen Sekundärskala kam (Ausgangswert $26,6 \pm 6,4$; Endwert $9,0 \pm 2,79$; $p = 0,01$). Die Verweildauer in Tagen war in der Plazebogruppe $11,8 \pm 0,9$ Tage, in der Verumgruppe $10,5 \pm 1,1$ Tage (kein signifikanter Unterschied). Die Nebenwirkungen betreffend klagte 1 Patient in der Verumgruppe über Erbrechen, 5 Patienten in der Plazebogruppe litten an Übelkeit und Erbrechen, die als leicht und mittelstark klassifiziert wurden.

Diskussion

Das TENS SM1 AKS arbeitet mit einem gleichstromfreien Impuls aus positivem Rechteck mit negativer Nachschwän-

kung. Durch die AKS-Schaltung entlädt sich der Kondensator „Haut“ vor jedem neuen Impuls vollständig. Dies ermöglicht auch länger dauernde Stimulationen ohne die Gefahr einer Hautaffektion. Bei der TENS-Therapie werden hauptsächlich hochfrequente (60–100 Hz) Impulse verwendet. Die analgetische Wirkung beruht darauf, dass die dicken sensorischen Nervenfasern stimuliert werden und damit die nozizeptiven Reize zum Zentralnervensystem im Sinn der Gate-control-Theorie von Melzack u. Wall reduziert werden [18, 19, 20, 23]. Namer et al. [24] konnten auch zeigen, dass TENS die RII- und RIII-Komponente des Tibialis-anterior-Beugereflezes reduziert, d. h. eine segmentale Analgesie hervorruft.

Es wird gefordert, dass die Untersuchung randomisiert, plazebokontrolliert und doppelblind durchgeführt wird [5]. Das Problem bei der Durchführung der TENS-Studien sind die Doppelblindbedingungen. Bei einigen Studien wurden Versuche unternommen, das Studiendesign zu verblinden, z. B. durch Batterieentnahme bei den TENS-Geräten [7, 25, 36]. Die Verblindung wurde in dieser Untersuchung dadurch erreicht, dass mit unerschwelligen TENS-Impulsen gearbeitet wurde.

Wir führten unsere Studie unter doppelblind randomisierten Bedingungen durch. Die Patienten wurden präoperativ in die TENS-Therapie eingewiesen, das TENS-Gerät wurde ihnen erklärt und angelegt. Die Geräte wurden verblindet zur Verfügung gestellt mit der Stromstärke 0 bzw. 6 A, d. h. alle Patienten hatten ein äußerlich gleiches TENS-Gerät, das in eingeschaltetem Zustand

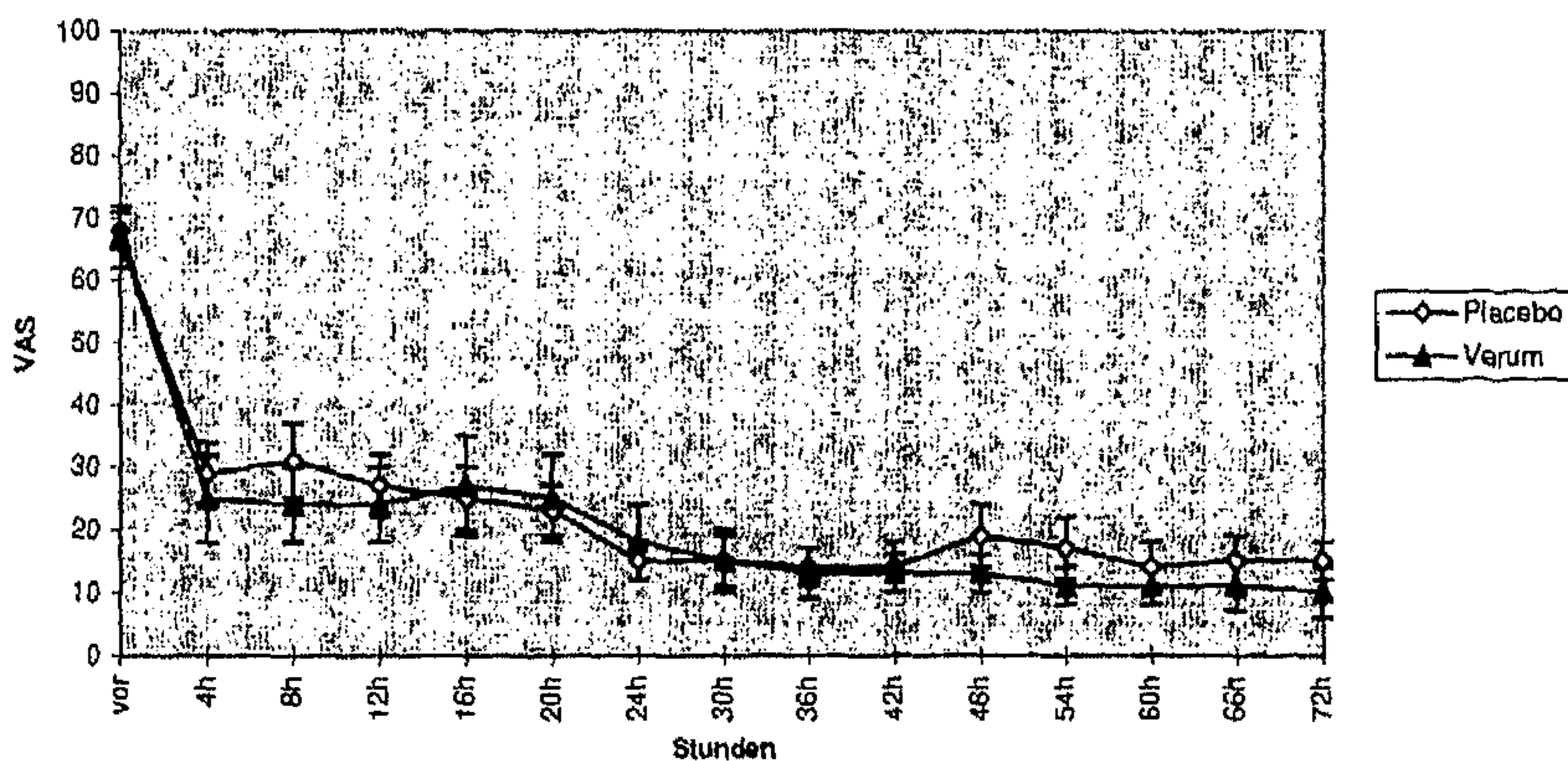


Abb. 1 ▲ Schmerzintensität in Ruhe (VAS). Zwischen der Verumgruppe und der Plazebogruppe besteht kein statistisch signifikanter Unterschied (Angaben in Mittelwerten und \pm SEM, $p < 0,05$)

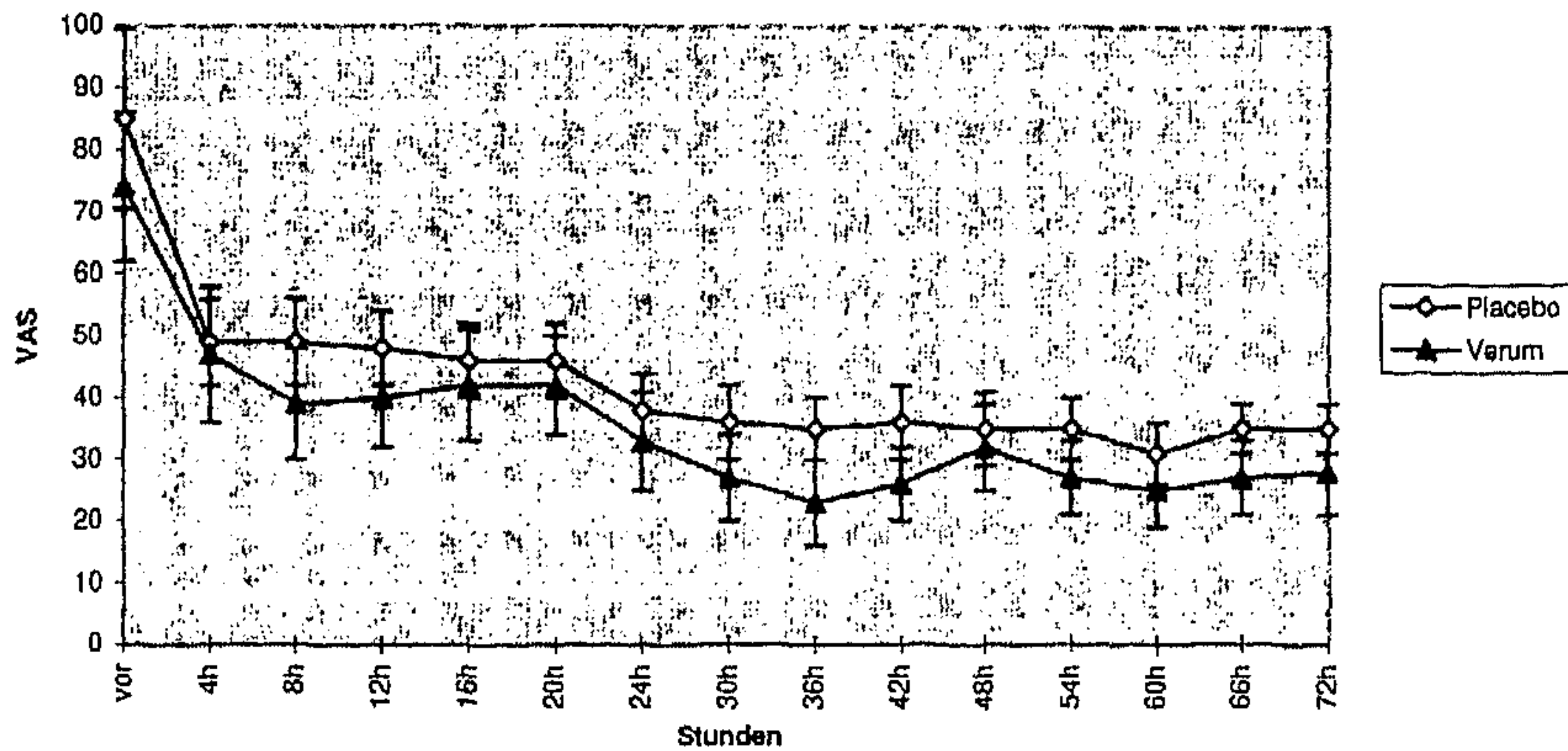


Abb. 2 ▲ Schmerzintensität bei Belastung (VAS). Niedrige VAS-Werte in der Verumgruppe verglichen mit der Placebogruppe, aber kein statistisch signifikanter Unterschied (Angaben in Mittelwerten und \pm SEM, $p < 0,05$)

blinke, und keiner der Patienten verspürte eine Kribbelsensation.

Die vorliegenden Ergebnisse anderer Studien sind teilweise kritisch zu beurteilen, da sie nicht die Kriterien der „evidence based medicine“ erfüllen, d. h. nicht randomisiert doppelblind sind [5]. Postoperativ wurde TENS bei verschiedenen Indikationen eingesetzt: nach Appendektomien, Sectiones, Cholezystektomien, Laminektomien; nach Hüftprothesen, Knieprothesen, operativen Thorakotomien und Hernienoperationen [3, 8, 9, 17, 22, 26, 28, 29, 31, 33, 34, 35, 38]. Die Ergebnisse dieser Studien sind widersprüchlich. Der Grund scheint darin zu liegen, dass bei den unterschiedlichen Eingriffen auch die postoperative Schmerzintensität sehr unterschiedlich ist. Manche chirurgischen Eingriffe scheinen zu schmerzhaft zu sein, um eine effektive TENS-Wirkung finden zu können.

Wir untersuchten die postoperative TENS-Anwendung bei orthopädischen Eingriffen im Schultergelenk, da hier eine segmentale Schmerzordnung gegeben und somit auch eine segmentale TENS-Elektroden-Anordnung möglich ist. Wir konnten in unserer Untersuchung zeigen, dass der zusätzliche postoperative Analgetikaverbrauch deutlich reduziert ist, sowohl in den ersten 24 h (zur 8. postoperativen Stunde signifikant) als auch über den gesamten Beobachtungszeitraum betrachtet. Aufgrund unserer vorliegenden Ergebnisse führten wir eine Poweranalyse durch, mit der Frage, welche Anzahl von Patienten bei einer Power von 90% benötigt werden würde, um einen signifikanten Unterschied ($p < 0,05$) im Analgetikaverbrauch zu allen Zeitpunkten zu sehen. Die be-

nötigte Patientenzahl ist $n=30$ pro Gruppe, daher ist diese Studie in Bezug auf die späteren Zeitpunkte des Analgetikaverbrauchs als Pilotstudie anzusehen.

Der postoperative Morphineverbrauch in den ersten 24 h postoperativ ist mit der TENS-Studie von Hamza et al. [10] bei gynäkologischen Eingriffen vergleichbar: Die Verumgruppe TENS 100 Hz verbrauchte 44 ± 14 mg Morphin, die Placebogruppe 61 ± 20 mg. Postoperativ als patientenkontrollierte Analgesie verabreichte Opioide verursachen aber Nebenwirkungen wie Übelkeit, Erbrechen, Sedierung und Atemdepression [2, 40].

Bei einem multimodalen Analgesiekonzept kann durch TENS der postoperative Analgetikaverbrauch reduziert werden und damit auch die Nebenwirkungsrate der Opioide und Nichtopioidanalgetika [10, 13, 16].

Die sensorische Sekundärskala (Schmerzscharfe, Schmerzrhythmik) der Hamburger Schmerzadjektivliste zeigte in der Verumgruppe am Ende des

Untersuchungszeitraums einen signifikant niedrigeren Score verglichen zum präoperativen Ausgangswert, nicht jedoch in der Placebogruppe, der folglich durch die Wirkung der TENS-Anwendung hervorgerufen war.

Die affektive Sekundärskala (Schmerzleiden, Schmerzangst) unterschied sich durch signifikant niedrigere Scores am Ende des Untersuchungszeitraums gegenüber den präoperativen Ausgangswerten sowohl in der Verumgruppe als auch in der Placebogruppe. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Patienten durch die TENS-Therapie eine vermehrte Zuwendung erfuhren.

Folgende Kontraindikationen sollten beachtet werden:

- Fehlen der normalen Empfindung im Hautbereich,
- Fehlen der Patientencompliance,
- Schwangerschaft und
- Schrittmacher.

Bei den letzten beiden Kontraindikationen liegen Studien vor, die beweisen, dass bei richtig platzierten Elektroden keine Komplikationen auftreten [6, 27]. Bei der Anwendung sollte aber vorsichtig vorgegangen bzw. ein Testversuch unter EKG-Kontrolle durchgeführt werden.

Wir konnten in einer doppelblinden randomisierten Studie mit TENS postoperativ nach orthopädischen Eingriffen im Schulterbereich einen eindeutigen analgetischen Effekt darstellen, der sich im niedrigen postoperativen Analgetikaverbrauch und einem signifikant niedrigeren Score ausdrückte, die sensorische Sekundärskala der Hamburger Schmerzadjektivliste betreffend. Die Verblindung wurde dadurch erreicht, indem mit un-

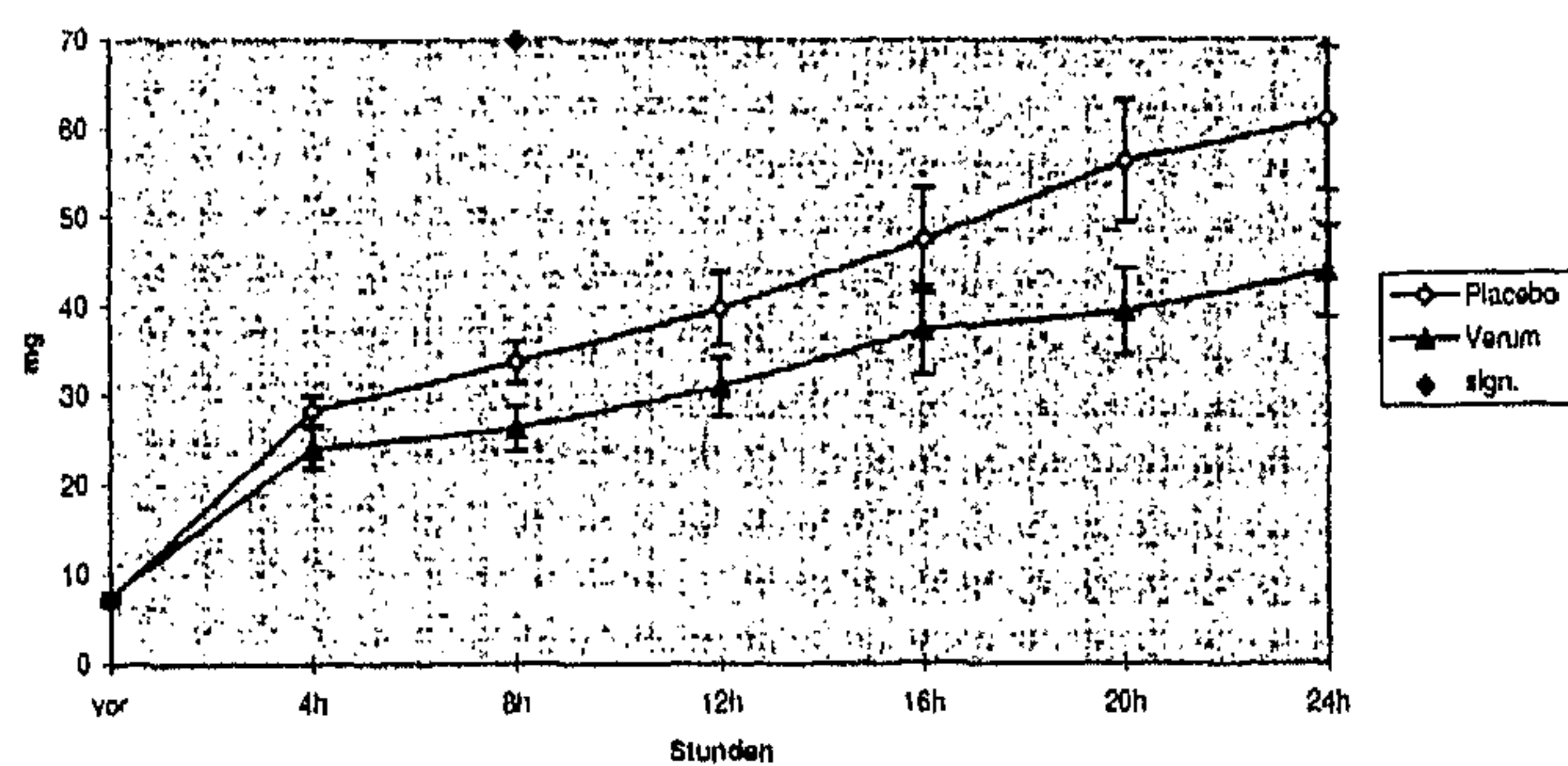


Abb. 3 ▲ Schmerzmittelverbrauch (PCA-Morphinhydrochlorid) in den ersten 24 h postoperativen. Deutlich geringerer Verbrauch an Morphinhydrochlorid in der Verumgruppe verglichen zur Placebogruppe, zur 8. postoperativen Stunde signifikanter Unterschied (Angaben in Mittelwerten und \pm SEM, $p < 0,05$)

terschweligen TENS-Impulsen gearbeitet wurde. Mit unterschwelligen TENS-Impulsen konnte in präklinischen Studien eine Wirksamkeit gezeigt werden [21, 37]. Da in der TENS-Therapie üblicherweise höhere Stromstärken verwendet werden, ist hier durchaus eine weitere Effektivitätssteigerung der Therapie in der Praxis zu erwarten.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass TENS postoperativ bei orthopädischen Eingriffen angewendet eine einfache Methode, nebenwirkungsarm und effektiv zu sein scheint. Es wäre sinnvoll, TENS-Therapie postoperativ im Sinn der multimodalen Analgesie einzusetzen, da damit Analgetika eingespart werden können. Wichtig sind die Compliance des Patienten und die genaue Einweisung in die Therapie sowie die Beachtung der Kontraindikationen.

Literatur

- Agency for Health Care Policy and Research, US Department of Health and Human Services (1992) Acute pain management guideline panel. Acute pain management: operative or medical procedures and trauma. Clinical Practice Guideline No. 1. AHCPR Publication No 92-0032. Public Health Service, Rockville, MD, pp 24-25
- Baird D, Schug SA (1996) Safety aspects of postoperative pain relief. *Pain Digest* 6:219-225
- Benedetti F, Amanzio M, Casadio C, Cavallo A, Cianci R, Giobbe R, Mancuso M, Ruffini E, Maggi G (1997) Control of postoperative pain by transcutaneous electrical nerve stimulation after thoracic operations. *Ann Thorac Surg* 63:773-776
- Bortz J, Lienert GA (1998) Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Carroll D, Tramer M, McQuay H, Nye B, Moore A (1996) Randomizations important in studies with pain outcomes: systematic review of transcutaneous electrical nerve stimulation in acute postoperative pain. *Br J Anaesth* 77:798-803
- Chen D, Philip M, Philip PA, Manga TN (1990) Cardiac pacemaker inhibition by transcutaneous electrical nerve stimulation. *Arch Phys Med Rehabil* 71:27-30
- Davis JR (1982) Ineffective transcutaneous nerve stimulation following epidural anaesthesia. *Anaesthesia* 37:453-457
- Foster NE, Baxter F, Walsh DM, Baxter GD, Allen JM (1996) Manipulation of transcutaneous electrical nerve stimulation variables has no effect on two models of experimental pain in humans. *Clin J Pain* 12:301-310
- Gilbert JM, Geledhill T, Law N, George C (1986) Controlled trial of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for postoperative pain relief following inguinal herniarhaphy. *Br J Surg* 73:749-751
- Hamza MA, White PF, Ahmed HE, Ghoname EA (1999) Effect of the frequency of transcutaneous electrical nerve stimulation on the postoperative opioid analgesic requirement and recovery profile. *Anesthesiology* 91:1232-1238
- Han JS, Chen XH, Sun SL, Xu XJ, Yuan Y, Yan SC, Hao JX, Terenius L (1991) Effect of low and high frequency TENS on Met-enkephalin-Arg-Phe and dynorphin immunoreactivity in human lumbar CSF. *Pain* 47:295-298
- Hoppe F (1991) HSAL-Hamburger Schmerz Adjektiv Liste, früher HL-Hoppe Liste. In: Westhoff G (Hrsg) Handbuch psychosozialer Meßinstrumente. Hogrefe-Verlag für Psychologie, Göttingen, S 418-420
- Issenmann J, Nolan MF, Rowley J, Hobby R (1995) Transcutaneous electrical nerve stimulation for pain control after spinal fusion with Harrington rods. *Phys Ther* 65:1557-1520
- Jadad AR, McQuay JH (1998) A high yield strategy to identify randomized controlled trial for systematic reviews. *Online J Curr Clin Trials* 33:1059-2725
- Jadad AR, Moore RA, Carroll D, Jenkinson C, Reynolds DJM, Gavaghan DJ, McQuay HJ (1996) Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: is blinding necessary? *Control Clin Trials* 17:1-12
- Kehlet H (1997) Multimodal approach to control postoperative pathophysiology and rehabilitation. *Br J Anaesth* 78:606-617
- Laitinen J, Nuutinen L (1991) Failure of transcutaneous electrical nerve stimulation and Indomethacin to reduce opiate requirement following cholecystectomy. *Acta Anaesthesiol Scand* 35:700-705
- Lee KH, Chung JM, Willis WD jr (1985) Inhibition of primate spinothalamic tract cells by TENS. *J Neurosurg* 62:276-287
- Leo KC, Dostal WF, Bossen DG, Eldrige VL, Fairchild ML, Evans RE (1986) Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation characteristics on clinical pain. *Phys Ther* 66:200-205
- Marchand S, Bushnell MC, Duncan GH (1991) Modulation of heat pain perception by high frequency transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). *Clin J Pain* 7:122-129
- Matthews B, Baxter J, Watts S (1976) Sensory and reflex responder to tooth pulp stimulation in man. *Brain Res* 113:83-84
- McCallum MI, Glynn DJ, Moore RA, Lammer P, Phillips AM (1988) Transcutaneous electrical nerve stimulation in the management of acute postoperative pain. *Br J Anaesth* 61:308-312
- Melzack R, Wall PD (1985) Pain mechanisms: a new theory. *Science* 150:971-979
- Namer B, Sittl R, Ellrich J, Weidner C (1999) Human flexor reflexes. A specific tool for objective quantification of antinociceptive TENS effect? Abstract, Official Satellite Symposium of the 9th World Congress on Pain, Pörtlach
- Navarathnam RG, Wang IV, Thomas D, Klineberg PL (1984) Evaluation of the transcutaneous electrical nerve stimulator for postoperative analgesia following cardiac surgery. *Anaesth Intensive Care* 12:345-350
- Rainov NG, Heidecke V, Albertz C, Burkett W (1994) Transcutaneous electrical nerve stimulation for acute postoperative pain after spinal surgery. *Eur J Pain* 15:44-49
- Rasmussen MJ, Hayes DL, Vliestra RE, Thorsteinsson G (1988) Can transcutaneous electrical nerve stimulation be safely in patients with permanent cardiac pacemakers? *Mayo Clin Proc* 63:443-475
- Reuss R, Cronen P, Abplanalp L (1988) Transcutaneous electrical nerve stimulation for pain control after cholecystectomy: lack of expected benefits. *South Med J* 81:1361-1363
- Rooney SM, Jain S, Goldiner PL (1983) Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on postoperative pain after thoracotomy. *Anesth Analg* 62:1010-1012
- Schermellch-Engel K (1989) Zur Validität der Hoppe Liste. Eine empirische Untersuchung an Personen mit Rückenschmerzen. *Z Klin Psychol Psychopathol Psychother* 37:30-39
- Schomberg FL, Carter-Baker SA (1983) Transcutaneous electrical nerve stimulation for postlaparotomy pain. *Phys Ther* 63:188-193
- Schulz KF, Chalmers I, Hayes RJ, Altman DG (1995) Empirical evidence of bias. *JAMA* 273:408-412
- Sim DT (1991) Effectiveness of transcutaneous electrical nerve stimulation following cholecystectomy. *Physiotherapy* 77:715-722
- Smedley F, Taube M, Wastell C (1998) Transcutaneous electrical nerve stimulation for pain relief following inguinal hernia repair. A controlled trial. *Eur Surg Res* 20:233-237
- Stabile ML, Mallory TH (1978) The management of postoperative pain in total joint replacement. *Orthop Rev* 7:121-123
- Taylor AG, West BA, Simon B, Skelton J, Rowlingson JC (1983) How effective is TENS for acute pain? *Am J Nurs* 83:1171-1174
- Torebjork HD, Valbo AB, Ochoa JL (1987) Intraneural microstimulation in man. Its relation to specificity of tactile sensations. *Brain* 110:1509-1529
- Walker RH, Morris BA, Angulo DL, Schneider J, Colwell CW jr (1991) Postoperative use of continuous passive motion, transcutaneous electrical nerve stimulation, and continuous cooling pad following total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 6:151-156
- Woolf CJ, Thomson JW (1994) Stimulation-induced analgesia: transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and vibration. In: Wall PD, Melzack R (eds) Textbook of pain. Churchill Livingstone, Edinburgh London New York, pp 1191-1217
- Wulf H, Schug SA, Allvin R, Kehlet H (1998) Postoperative management - how can we make progress. *Acute Pain* 1:32-44