

Digitale Bildaufzeichnung bei Video/EEG-Langzeituntersuchungen in der Epileptologie – Anforderungen an die Bildqualität

■ P. Hilfiker, I. W. Mothersill, G. Krämer

Schweizerische Epilepsie-Klinik

Summary

Hilfiker P, Mothersill IW, Krämer G. Digital video recording in long-term epilepsy monitoring – requirements for image quality. Schweiz Arch Neurol Psychiatr 1998;149:280–3.

Due to the recent developments of storage technology, digital video recording on a PC became available for long-term monitoring of epilepsy in addition to the well established recording of digital EEG. Uncompressed digital video results in a high data rate of typically 80 GBytes per hour and must be compressed in order to be stored, processed and archived.

The visibility of clinical image information, such as blinks, lateral eye movements, and discrete muscle jerks was compared between conventional analogue video recordings (Super-VHS) and digital video using M-JPEG compression.

A comparable image quality was achieved at a compression ratio of 1:30 corresponding to a data rate of approximately 3 GBytes per hour. If a clinically relevant loss of digital image quality compared to S-VHS is not acceptable, a high storage capacity is required and can result in a disadvantageous time pressure to delete video. Therefore, the temporal sequence in workflow with recording, waiting for review, reviewing, and archiving must be carefully planned.

Keywords: long-term monitoring; epilepsy; digital video; image compression

Zusammenfassung

Für Video/EEG-Langzeituntersuchungen können heute dank verbesserter Speichertechnologie neben den elektrophysiologischen Signalen auch Kamerabilder auf dem PC digitalisiert gespeichert

werden. Dabei entstehen unkomprimiert hohe Datenmengen (typisch 80 GBytes pro Stunde), die sich nur mit verlustbehafteten Bildkompressionsverfahren speichern, verarbeiten und archivieren lassen.

Die Sichtbarkeit von klinischer Bildinformation wie Blinks, lateralen Augenbewegungen und diskreten Zuckungen wurde zwischen dem gebräuchlichen analogen Videostandard Super-VHS (S-VHS) und komprimierten digitalen Bildaufzeichnungen (M-JPEG) verglichen.

Dabei lag die Grenze einer vergleichbaren Bildgüte bei einer Kompression von 1:30 (etwa 3 GBytes pro Stunde). Soll im Vergleich zu S-VHS kein klinisch relevanter Qualitätsverlust im Digitalbild entstehen, sind hohe Speicherkapazitäten erforderlich und können bei zu geringer Dimensionierung zu grossem Zeitdruck zum Löschen des Videos führen. Der zeitliche Ablauf der Arbeitsschritte von Untersuchung, Wartezeit, Durchsicht, Auswertung und Archivierung ist deshalb sorgfältig zu planen.

Schlüsselwörter: Long-Term Monitoring; Epilepsie; digitales Video; Bildkompression

Einführung

Für die Differentialdiagnostik anfallsartig auftretender Störungen ist eine EEG/Video-Langzeitregistrierung (Long-Term Monitoring, LTM) eine effektive und etablierte Methode zur direkten Anfallserfassung. Für die Durchführung solcher Untersuchungen muss neben den personellen und organisatorischen Voraussetzungen die Möglichkeit gegeben sein, das EEG, andere elektrophysiologische Parameter und das klinische Bild einer oder mehrerer Videokameras während mehreren Stunden bis Tagen aufzuzeichnen und für die nachfolgende Auswertung zu speichern.

Während sich für elektrophysiologische Signale digitale EEG-Systeme mit Aufzeichnung und Auswertung auf dem PC auch für das LTM durchgesetzt haben (papierloses EEG), wird das Kamerabild üblicherweise mit analogen Video-

Korrespondenz:

Dr. sc. techn. P. Hilfiker,
Schweizerische Epilepsie-Klinik,
Bleulerstrasse 60,
CH-8008 Zürich

Abbildung 1 Methoden zur Video/EEG-Aufzeichnung. Oben: EEG-Aufzeichnung auf PC, Videoaufzeichnung auf Videoband. Unten: EEG- und Videoaufzeichnung auf PC.

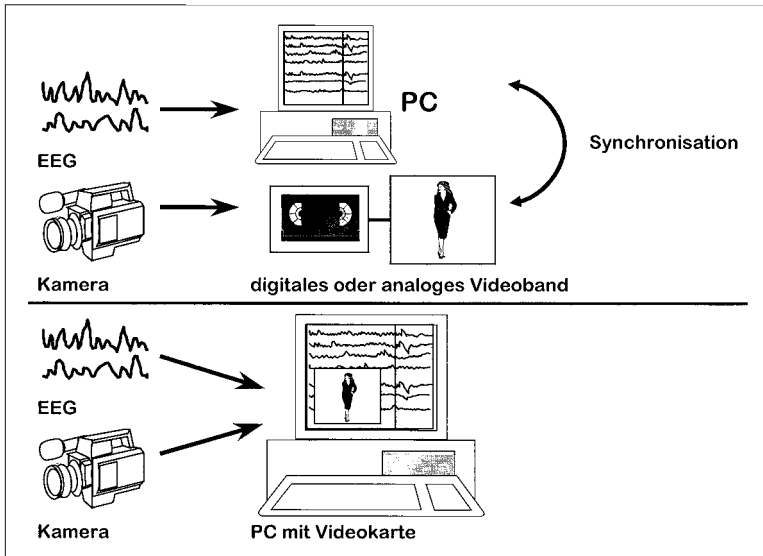
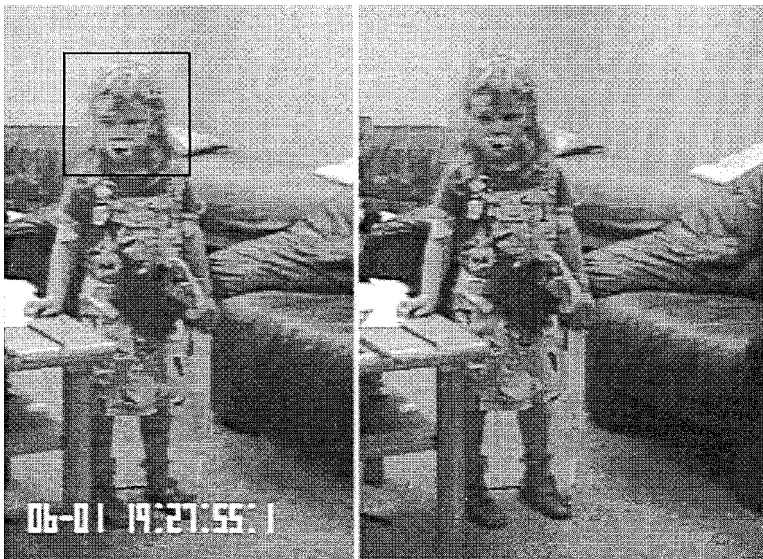


Abbildung 2 Testaufnahme 1 zur Beurteilung von Bilddetails. Patientin mit Ganzkörperaufnahme in einem postiktalen Zustand mit häufigen Blinks und lateralen Augenbewegungen; links digitales Video mit einer Bildkompression von 1:20 (4 GBytes pro Stunde), rechts analoges S-VHS-Video.



rekordern aufgezeichnet. Da man bei dieser Technik EEG und Video auf getrennten Datenträgern speichert, sind für die zeitsynchrone Wiedergabe Methoden zur Synchronisierung von EEG und Video nötig. Durch die Entwicklungen der Computertechnik, insbesondere der stark gewachsenen Kapazität von Speichermedien, ist es möglich, Videobilder mittels Videokarte ebenfalls auf dem PC zu digitalisieren und aufzuzeichnen (Abb. 1). Vollständigkeitshalber sei erwähnt, dass heute auch eine digitale Bildaufzeichnung auf Videobänder möglich ist. Diese Technik liefert bei teilweise verbesserter Bildqualität v.a. den Vorteil

eines verlustfreien Kopierens, unterscheidet sich aber für das LTM nicht grundsätzlich von einer analogen Bandaufzeichnung und wird im folgenden nicht weiter behandelt.

Die potentiellen Vorteile der digitalen Bildaufzeichnung auf dem PC gegenüber analogen Videorekordern sind:

- keine Spulzeiten von Bändern;
- Speicherung und Archivierung des Videos auf zentralen Servern mit Fernzugriff über ein Netzwerk und durch mehrere Benutzer gleichzeitig;
- Datenbankverwaltung von Videoaufzeichnungen;
- Automatisierung der Videonachverarbeitung (Videoschnitt);
- Darstellung von Video und EEG auf einem Bildschirm (Platzersparnis).

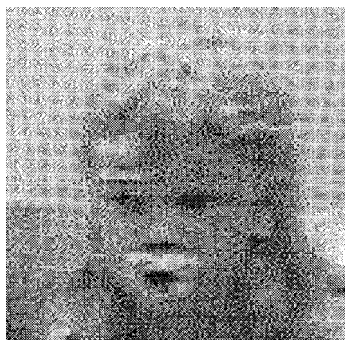
Der Hauptnachteil der digitalen Bildaufzeichnung besteht in der sehr grossen Datenmenge, die bei mehrstündigen Aufzeichnungen anfällt. Sie beträgt ohne Datenkompression bei hoher Bildqualität typisch ca. 80 GBytes pro Stunde (768 x 576 Bildpunkte, 25 Vollbilder/sec, 2 Bytes pro Bildpunkt). Eine Echtzeitbildkomprimierung ist deshalb unumgänglich, und eine genügende Datenreduktion lässt sich nur mit verlustbehafteten Verfahren realisieren. Deshalb haben wir untersucht, welche Datenreduktion im Vergleich zum weit verbreiteten analogen Videostandard Super-VHS (S-VHS) möglich ist, ohne dass klinisch relevante Bildinformation verlorenght.

Methode

Videoaufnahmen von LTM-Untersuchungen wurden mit 768 x 576 Bildpunkten und 2 Bytes pro Pixel auf dem PC digitalisiert und mit dem verbreiteten M-JPEG-Verfahren komprimiert (Milde [1], Pennebaker et al. [2]). Variabel waren der Kompressionsfaktor (1:10 bis 1:100) und die Anzahl Bilder/sec (5 bis 25). Kriterien für die Beurteilung der Bildqualität waren die Erkennbarkeit von Bilddetails (örtliche Auflösung) und die Erkennbarkeit kurzer Bewegungen (zeitliche Auflösung). Die Testaufnahme 1 zur Beurteilung von Bilddetails zeigte eine Patientin (Ganzkörperaufnahme, Abb. 2) in einem postiktalen Zustand mit häufigen Blinks und lateralen Augenbewegungen, die in den S-VHS-Aufzeichnungen deutlich erkennbar waren. Für die Güte der zeitlichen Auflösung wurde eine Testaufnahme 2 mit einer Patientin beurteilt, die kurze diskrete Zuckungen einzelner Zehen im Schlaf und zusätzlich Ganzkörpermyoklonien zeigte.

Abbildung 3

Vergrößerter Bildausschnitt aus Testaufnahme 1 (Abb. 2). Blinks und laterale Augenbewegungen sind im analogen Video und bei Kompression 1:20 deutlich zu erkennen, bei Kompression 1:40 nicht mehr.



Analoges Video
S-VHS



Digitales Video
Kompression 1:20, 4 GBytes/h



Digitales Video
Kompression 1:40, 2 GBytes/h

Resultate

a) Sichtbarkeit von Lid- und Augenbewegungen

Blinks und laterale Augenbewegungen in der Testaufnahme 1 waren in der analogen S-VHS-Aufnahme deutlich sichtbar und zeigten im digitalen Bild bis zu einem Kompressionsfaktor von 1:20 (d.h. einer Datenmenge von 4 GBytes pro Stunde) keinen Unterschied in der Erkennbarkeit. Bei einer Kompression von 1:30 (2.7 GBytes pro Stunde) waren die Augenbewegungen noch knapp und bei 1:40 (2 GBytes pro Stunde) nicht mehr sichtbar (Abb. 3). Damit lag die Grenze, bei der analoge S-VHS- und digitale Bilder eine vergleichbare Güte liefern bei einer Datenmenge von 3 GBytes pro Stunde (bei 25 Bildern/sec). Im Vergleich mit den qualitativ leicht schlechteren VHS-Aufnahmen liegt die Grenze bei etwa 2 GBytes pro Stunde.

b) Sichtbarkeit von kurzen Zuckungen

Alle diskreten kurzen Zuckungen einzelner Zehen und des ganzen Körpers waren bis hinunter auf 15 Bilder/sec deutlich zu erkennen. Es ist nicht auszuschliessen, dass der Ablauf schneller Bewegungen, die bei dieser niedrigen Bildfrequenz weniger fließend und leicht verrückt wirken, die Diagnostik verfälschen könnte. Die Reduktion der Bildfrequenz unter 25 Bilder/sec verschlechtert zumindest subjektiv den Bewegungseindruck und könnte damit auch zu erhöhter Ermüdbarkeit bei langer Bildbetrachtung beitragen.

Diskussion

Es wurde gezeigt, dass digitales Video und S-VHS-Aufnahmen bei einer Datenrate von rund 3 GBytes pro Stunde eine vergleichbare Bildgüte aufweisen, was die Erkennbarkeit diagnostisch wichtiger Bilddetails anbelangt. Bei kleineren Datenraten ist die Bildqualität gegenüber S-VHS reduziert und erreicht bei 2 GBytes pro Stunde etwa VHS-Niveau. Damit sind für qualitativ hochstehende Bildaufzeichnungen relativ hohe Datenraten zu speichern. Je nach verfügbarer Speicherkapazität entsteht damit im Arbeitsablauf ein Zeitdruck, Originalaufnahmen zu löschen oder ausschnittsweise zu archivieren. Dieser Nachteil gegenüber analoger Bildaufzeichnung verlangt für die Dimensionierung der notwendigen Speicherkapazitäten eine sorgfältige Planung der Arbeitsabläufe, bestehend aus Ableitungsdauer, Wartezeit bis zur Durchsicht, Zeit für die Auswahl der zu archivierenden Ausschnitte usw. Mit zu erwartenden weiteren Entwicklungen in der Speicher- und Kompressionstechnologie dürfte sich dieser Nachteil in Zukunft entschärfen. Im jetzigen Zeitpunkt tragen die Speichermedien anteilmässig wesentlich zu den Beschaffungskosten bei.

Es wurde das Kompressionsverfahren M-JPEG untersucht. Dabei handelt es sich um eine *intra*-frame-Kompression, d.h. jedes einzelne Bild der Videosequenz wird für sich allein komprimiert. Andere Kompressionsverfahren wie MPEG und auch künftige Verfahren mit Wavelet oder fraktaler Kompression nutzen die Tatsache, dass sich in der Regel von einem Bild zum nächsten nicht viel ändert, und daher wird nur die Differenz zwischen Bildern gespeichert. Diese *inter*-frame-Verfahren erlauben potentiell eine höhere Kompres-

sion bei gleicher Bildqualität. Der Kompressionsfaktor und damit die Datenmenge werden aber vom Bildinhalt abhängig und erschweren damit die Planung der Speicherkapazitäten. Schnelle Bildveränderungen und damit eine schlechte Kompressionsrate kann dabei nicht nur durch Bewegungen im Bild, sondern auch durch Bildrauschen, wie es z.B. bei nächtlichen Infrarot-Aufnahmen häufig ist, entstehen.

Zusammenfassend bietet eine digitale Bildaufzeichnung bei Video/EEG-Langzeituntersuchungen Vorteile, die sich voraussichtlich mit weiteren Entwicklungen der Speichertechnologien durchsetzen werden. Soll aber keine Reduktion klinisch erkennbarer Bilddetails im Vergleich zu S-VHS und kein zusätzlicher Zeitdruck in den Untersuchungsabläufen entstehen, sind die jetzigen Anforderungen an die Speicherkapazitäten beträchtlich.

Literatur

- 1 Milde T. Videokompressionsverfahren im Vergleich. Heidelberg: Dpunkt; 1995.
- 2 Pennebaker WB, William B, Mitchell JC, Joan L. JPEG: Still image data compression standard. New York: Van Nostrand Reinhold; 1992.