

CALCULO DE LOS INDICES DE INICIO, CONTINUIDAD Y ARQUITECTURA DEL SUEÑO

JIMENEZ CRUZ J.

VALENCIA M.

Area de Ingeniería Biomédica
Departamento de Ingeniería Eléctrica
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA -
IZTAPALAPA

Departamento de Psicofisiología
FACULTAD DE PSICOLOGIA, UNAM

RESUMEN

Se describe el desarrollo de un programa en Turbopascal que realiza los cálculos de los índices de inicio y continuidad del sueño. El programa también genera números que se utilizan en el paquete de graficación Harvard Graphics para dibujar el hipnograma correspondiente.

INTRODUCCION

Debido a la gran cantidad de datos que se generan en un registro de sueño, se hace necesario el uso de una computadora, como una poderosa herramienta, que permita la realización de cálculos, presentación de resultados, organización y clasificación de los expedientes de los sujetos bajo estudio.

En este escrito, se describen los primeros pasos que se dan dentro de un proyecto global de automatización de los registros polisomnográficos. El proyecto global contempla la adquisición, procesamiento y clasificación automática de las señales de sueño.

La filosofía que se ha seguido en la implementación y desarrollo del software, contempla el uso extensivo de paquetería y la utilización de un lenguaje de programación de alto nivel y estructurado. Hasta el momento se ha utilizado, el lenguaje de programación TurboPascal, y los paquetes Harvard Graphics y Dbase IV.

En TurboPascal se ha implementado un programa para el cálculo de los índices de inicio, continuidad y arquitectura del sueño, el programa almacena estos índices para trasportarlos a la base de datos en Dbase IV y genera los números que se utilizan en el paquete de graficación Harvard Graphics para dibujar el hipnograma, agilizando de esta manera el cálculo de los índices y la presentación de resultados.

Se describe la validación del programa que se llevo a cabo con el equipo y material que se utiliza en el laboratorio de

sueño del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía (INNN), también se comentan la valoración de los sujetos y la calificación de los registros polisomnográficos, y se detalla la implementación y uso del programa.

EQUIPO Y MATERIAL.

Para la realización del registro polisomnográfico se utilizó un electroencefalógrafo Nicolet Modelo IA97 de 18 canales; un kit de macroelectrodos EEG clorurados de plata de disco de copa; un kit de electrodos EMG largos, con objeto de monitorear los movimientos de las piernas y poder determinar la presencia de movimiento periódico de las extremidades; un kit de detectores de tensión y un termistor dual Somniprobe M. 1110, para determinar alteraciones de la respiración durante el sueño. Para el monitoreo de los pacientes se cuenta con un circuito cerrado de televisión.

VALORACION POLISOMNOGRAFICA.

Las sujetos se valoran (durante dos noches consecutivas y al día siguiente a la primera noche se realizan prueba de latencias múltiples) bajo técnicas estándares de registro (Rechtschaffen y Kales, 1968), en las que se monitorearon las siguientes variables: actividad electroencefalográfica (EEG) con diferentes montajes que dependen del estudio que se va a realizar y de acuerdo al sistema 10-20 internacional; actividad electrocardiográfica (ECG); actividad electro-oculográfica (EOG); actividad electromiográfica (EMG) de mentón y tibiales anteriores de ambas piernas; respiración por medio de un termistor naso-bucal y bandas de tensión en el tórax. Corriendo el papel a una velocidad de registro que puede ser de 10, 15 o 30 mm por segundo. Una hoja de registro ejemplo se muestra en la figura 1.

La primera noche de registro se toma como noche de habituación, tomándose en cuenta únicamente la segunda noche para la clasificación y diagnóstico de los sujetos bajo estudio.

Los sujetos acuden al laboratorio a las 21 hrs., iniciándose el registro después de colocados los electrodos y sensores y en el momento en que los sujetos deciden ir a la cama. El registro termina cuando el sujeto despierta espontáneamente y reporta no querer permanecer en la cama por más tiempo, o bien, a más tardar a las 8 hrs. A.M. del día siguiente. Durante el registro polisomnográfico los sujetos permanecen en una cámara sonoamortiguada. El equipo de monitoreo y registro se encuentra en un área contigua.

Posterior a la primera noche de registro, los sujetos se valoran mediante la prueba de latencias múltiples de sueño para determinar el grado de somnolencia diurna o su tendencia a dormir durante el día. Las valoraciones se realizan durante 4 períodos consecutivos de duración máxima de 30 min o 10 min de sueño

continuo a intervalos de dos horas cada uno, 10:00, 12:00, 14:00 y 16:00 hrs., respectivamente.

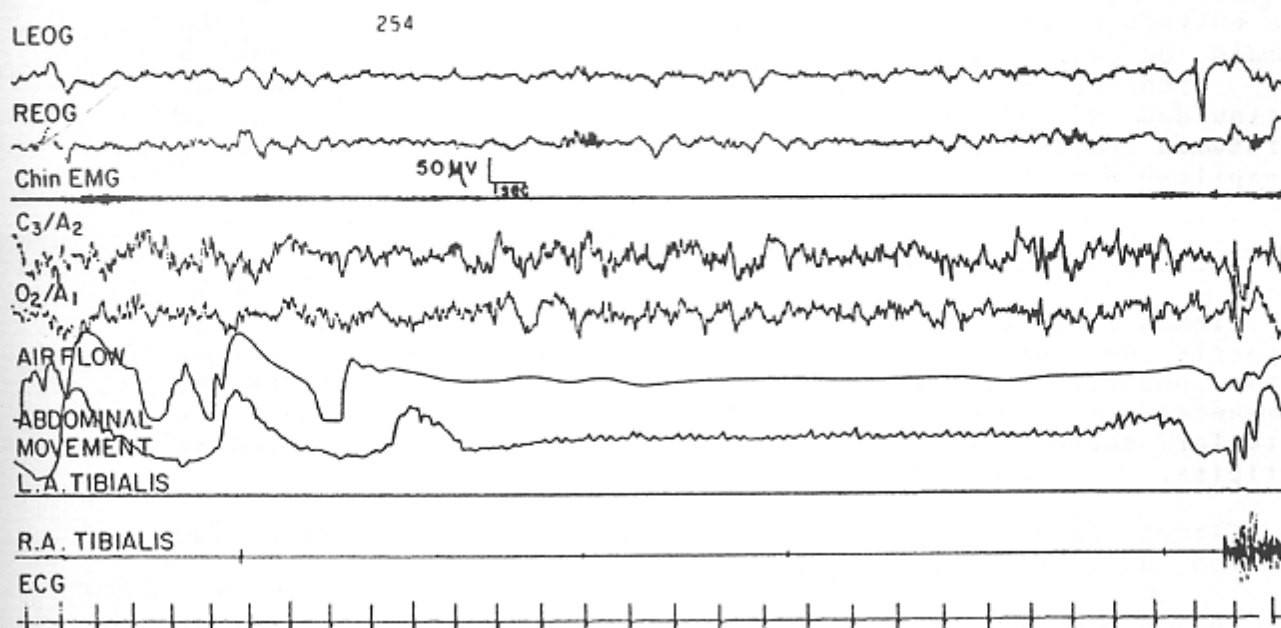


Figura 1. Hoja ejemplo de un registro polisomnográfico.

CALIFICACION DE LOS REGISTROS POLISOMNOGRAFICOS.

Los registros polisomnográficos (nocturnos y diurnos) se califican visualmente de acuerdo a los criterios de Rechtschaffen y Kales (1968) en épocas de 30 segundos. El análisis de los registros se realiza por dos observadores experimentados con una confiabilidad interobservador igual o mayor al 80%.

La calificación visual de los registros consiste en anotar en papel el número de hoja de registro, y de acuerdo a las características de la señal, la etapa de sueño de la hoja correspondiente; si hubo movimiento corporal, si hubo cambio de papel y la velocidad a la que se corrió el registro. Posteriormente esta información se pasa a la computadora por medio de un procesador de palabras o algún editor, ordenandola en un archivo de 4 columnas. La primera columna contiene el número de hoja del registro, la segunda contiene la etapa del sueño o el movimiento corporal, la tercera contiene la velocidad del registro y la última contiene la información referente al cambio de papel. En un futuro, se

piensa que este archivo puede ser generado automáticamente por un programa de calificación implementado en la computadora.

El programa de calificación que se ha implementado tiene como entrada el archivo que se mencionó anteriormente (un listado ejemplo de este archivo se muestra en la figura 2). En base a este archivo, el programa calcula los índices de inicio, continuidad y arquitectura del sueño. Estos índices representan un resumen comprensible de la actividad electroencefalografica y se explican a continuación.

INDICES DE INICIO Y CONTINUIDAD DEL SUEÑO.

Tiempo Total de Registro (TTR). El tiempo contado en minutos a partir del momento en que se apagan las luces y se dan las buenas noches, hasta el momento en que el sujeto decidía no permanecer más en la cama ó a más tardar a las 8 a.m. del día posterior, con objeto de no interferir con la prueba de latencias múltiples.

Tiempo Total de Sueño (TTS). Tiempo total en minutos que ocuparon las diferentes fases del sueño.

Índice de Eficiencia de Sueño (IES). Porcentaje que ocupó el tiempo total de sueño del tiempo total de registro.

973	5	1.5	0
974	5	3	0
999	5	1.5	-1
234	0	3	0
241	0	1.5	0
242	0	1.5	0
243	1	1.5	0
245	0	1.5	0
249	1	1.5	0
251	0	1.5	0
254	1	1.5	0
256	0	1.5	0
258	1	1.5	0
279	2	1.5	0
379	2	1.5	0
380	2	3	0
427	2	1.5	0
428	2	1.5	0
500	2	1.5	-1
2	2	1.5	0
6	0	1.5	0

Figura 2. Listado ejemplo del archivo de entrada.

Latencia de Sueño, Fase 1 (LS1). El tiempo en minutos desde que se apagan las luces hasta que se presentan tres o más épocas de sueño de transición o fase 1.

Latencia de Sueño, Fase 2 (LS2). El tiempo en minutos desde que se apagan las luces hasta que se presentaban tres o más épocas de fase 2 de sueño.

Latencia de Sueño MOR (LMOR). Tiempo en minutos desde que se inicia el sueño consolidado (tres o más épocas) hasta la primer época de sueño MOR.

Vigilia Total (VT). La vigilia total corresponde a la cantidad en minutos que el sujeto permanece despierto (con un trazo de actividad EEG en la que se presentaba actividad alfa o beta), desde el momento en que se apagan las luces y hasta que el sujeto no quiere permanecer en la cama por más tiempo. La vigilia total se cuantifica en minutos y como porcentaje del tiempo total de registro.

Vigilia Intra Registro (VIR). La vigilia intra-registro se cuantifica como el tiempo total de vigilia presente después de iniciado el sueño. Se cuantifica en minutos y como porcentaje del tiempo total de registro.

Vigilia Final. La vigilia final corresponde al tiempo en que el sujeto permanece despierto después de la última época calificada como fase de sueño y hasta el momento en que el sujeto solicita levantarse de la cama.

Vigilias Intra-Registro mayores de un minuto ($VIR > 1$) ó tres minutos ($VIR > 3$). Los despertares después de iniciado el sueño se clasifican en dos categorías de acuerdo a su duración: 1) despertares mayores o iguales a un minuto y menores de tres; 2) despertares mayores o iguales a tres minutos. Con esta clasificación se piensa que se puede diferenciar claramente las vigilias prolongadas de las vigilias cortas.

INDICES DE LA ARQUITECTURA DEL SUEÑO.

Para una definición más detallada de las etapas de sueño así como la especificación de criterios, el lector puede recurrir al manual estandarizado de terminología, técnicas y calificación de Rechtschaffen y Kales, 1968.

Fase de Sueño 1. Actividad EEG de frecuencia mixta, con predominancia de 2-7 cps, de relativamente bajo voltaje. En la que pueden aparecer ondas picudas del Vertex, sobre todo en la última parte de la fase, de amplitud máxima de 200 μ V y en la que se presentan movimientos lentos de los ojos, con amplitud en el tono muscular menor de la que se presenta en la fase de vigilia relajada.

Fase de Sueño 2. Se define por la presencia de husos de sueño, complejos K y la ausencia de suficiente actividad lenta de alto voltaje que podría definir etapas de sueño 3 y 4.

Fase de Sueño Delta o Fase de Ondas Lentas, Fase 3 y 4. Actividad EEG de 2 cps o frecuencia más baja con amplitud mayor a los 75 μ V que ocurre al menos en el 20% de la época.

Fase de Sueño MOR. Actividad electroencefalográfica de frecuencia mixta y de amplitud relativamente baja con ocurrencia de movimientos oculares rápidos (MOR). La actividad electroencefalográfica es semejante a la que se presenta en la etapa de sueño 1 a excepción de las ondas agudas del Vertex que no son prominentes. El tono muscular es más bajo que durante las etapas previas de sueño.

Número de Ciclos de Sueño MOR. Se califica como ciclos de sueño MOR, la ocurrencia de sueño MOR que es mayor a 3 épocas consecutivas y que no se ve interrumpido durante más de 20 minutos por vigilia u otras fases del sueño.

Movimiento durante el sueño. Comúnmente se analizan durante el sueño tres tipos de movimientos: (MT) movimiento que precede o sigue a estados de sueño y en la cual la actividad EEG y EOG se ven oscurecidas por artefactos de movimiento o tensión muscular en más de la mitad del tiempo durante una época; (MC) movimientos corporales los cuales pueden ser de duración relativamente corta; (MA) movimientos de activación que se definen por un aumento en el EOG acompañado por un cambio en el patrón de cualquier otra variable, por ejemplo, en el EEG el cambio puede consistir en una disminución en amplitud o un aumento en la actividad alfa o bien la presencia de artefactos.

En la figura 3 se observan los parámetros de sueño calculados con el programa, estos parámetros se almacenan para que posteriormente y junto con otros parámetros complementarios se vacien en la base de datos y se haga el expediente de cada paciente.

GRAFICACION DE HIPNOGRAMAS.

El programa genera números que identifican a cada etapa del sueño y al movimiento de los sujetos de la siguiente manera: el 6 corresponde a vigilia, 5 fase 1, 4 fase 2, 3 fase 3, 2 fase 4, 1 fase mor. Por cada dos minutos de actividad se genera uno de estos números, es decir; si en un momento determinado la fase 2 duró 8 minutos, entonces se generan cuatro números 4. En la generación automática, de igual manera que cuando se hace en forma manual, no siempre se encuentran números enteros y existe una aproximación por redondeo para representar en la gráficas intervalos de dos minutos; por lo tanto el programa redondea al entero más próximo.

Calculos del registro : JA780EPI

variable	minutos	%
TTR	523.17 (8 h 43 m)	
TTS	340.33 (5 h 40 m)	
IES		65.05
LS1	16.00	
LS2	19.67	
LSmor	219.33	
NT	0.33	0.06
VT	182.50	34.88
VIR	163.83	31.32
F1	42.33	12.44
F2	289.50	85.06
F3	1.00	0.29
F4	0.00	0.00
FD	1.00	0.29
Fmor	7.83	2.30
	eventos	
Vir>1	2	
Vir>3	10	
# mor	1.0	

Figura 3. Parámetros del sueño, obtenidos con el programa.

Dentro del paquete de graficación Harvard Graphics se importan los números que generó el programa dentro de la opción de importación de archivos en ASCII, también dentro de las opciones del programa no se le dan valores al eje de las abscisas para que no dibuje números y posteriormente se le dibujan las iniciales de las fases correspondientes. Un ejemplo de hipnograma se observa en la figura 4.

De la misma manera descrita en el párrafo anterior, también es posible presentar las graficas correspondientes a la prueba de latencias multiples o por medio de la opción de cálculo, promediarlas y presentar una sola grafica. Con la presentación de varios hipnogramas dentro de una grafica se puede llevar a cabo un análisis de comparación y clasificación gráfica, lo cual es válido como producto terminal o para darse una idea clara del tipo de análisis posterior que se hará.

HIPNOGRAMA JA780EPI.HIP

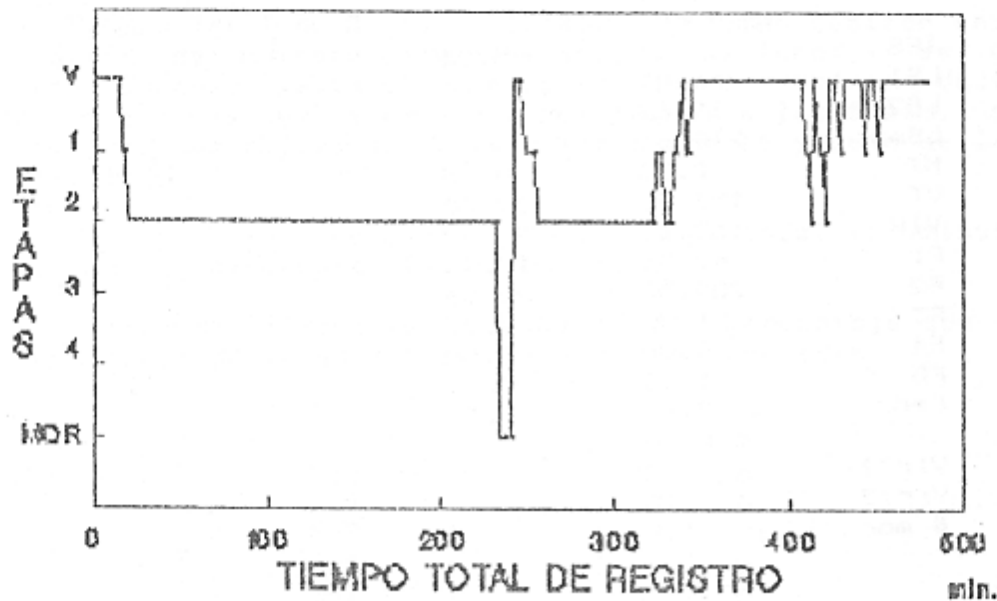


Figura 4. Un hipnograma dibujado por medio de Harvard Graphics.

DESARROLLOS FUTUROS.

Existen en el mercado algunos paquetes comerciales y de investigación, por medio de los cuales se pueden obtener los parámetros antes mencionados y se pueden calificar las señales de sueño. Sin embargo ninguno de ellos se puede considerar como el ideal debido a diferentes visiones y una estandarización generalizada. Existen muchas técnicas y métodos que tienen que ver con la población que se estudia. También existe una variabilidad en cuanto a los experimentos a realizar. Todo esto, hace pensar en desarrollar un paquete de calificación que pueda irse depurando y mejorando de acuerdo a las circunstancias propias de cada laboratorio.

Hasta el momento la obtención de los índices de inicio, continuidad y arquitectura del sueño, y la graficación del hipno-

grama por medio de la computadora facilitan la elaboración del reporte clínico de un paciente. Los proyectos siguientes contemplan la elaboración de una base de datos y posteriormente la calificación de los registros de sueño, lo cual implica la adquisición de las señales y la elaboración de un programa de calificación por parte de un técnico electroencefalografista especializado. La siguiente tarea a realizar es implementar un programa que reconozca las diferentes etapas del sueño, los movimientos y también los artefactos con el fin de llevar a cabo una calificación automática.

Los procesos de automatización son necesarios en los laboratorios de electrofisiología porque eliminan muchos errores de dedo y de estandarización, y reducen o eliminan las tareas rutinarias y voluminosas, sin embargo, para su elaboración se requiere de un grupo interdisciplinario que pruebe concienzudamente el avance que se logre.

AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo fue posible gracias a la ayuda brindada por Adrián, Rosa María Campos y Reyes Haro del Departamento de Sueño del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía.

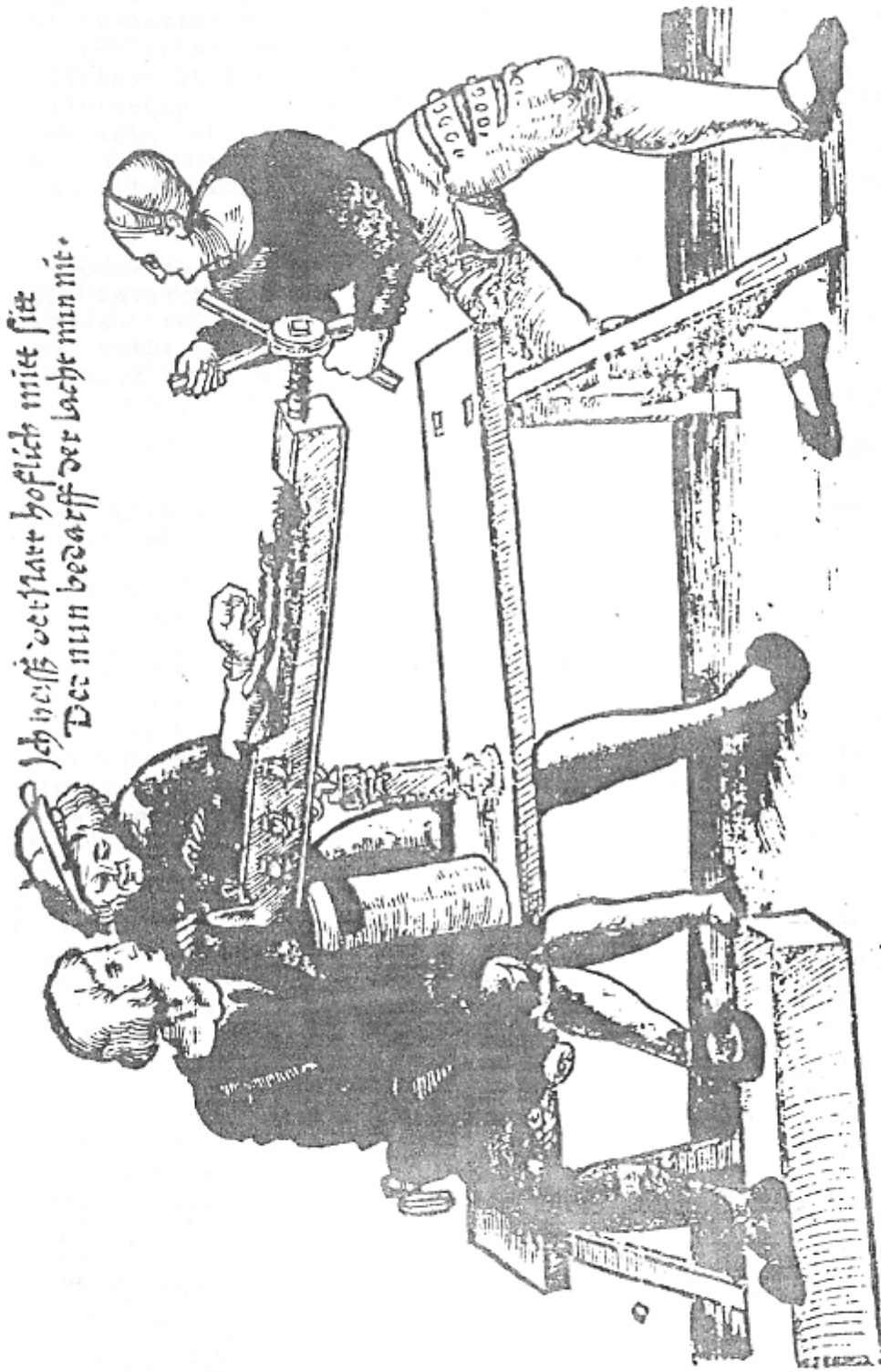
R E F E R E N C I A S

1. Rechtschaffen A, Kales A (eds): A manual of standardized terminology: Techniques and scoring system for sleep stages of human subjects. Los Angeles, UCLA Brain Information Service/Brain Research Institute, 1968.

2. Carskadon M, Rechtschaffen A. Monitoring and staging human sleep, en Kryger M, Roth T, Dement W (eds): Principles and practice of sleep medicine, Section 7, Methodology, W. B. Saunders Company, 1989.

P A Q U E T E S C O M E R C I A L E S

- Sleep software for the PC. Medical Intelligence, 219 Walnut Place, Havertown, PA 19083
- The complete sleep lab. CNS, Inc. 7090 Shady Oak Road, Minneapolis, Minnesota 55344
- Sassy (sleep scoring system), Telefactor Corporation, Union Hill building, De haven St., W. Conshohochen PA 19428



Extension Apparatus for Fractured Arm (Johannes Wechtlin)