

ANÁLISIS DE LAS APLICACIONES MEDICAS DE LAS COMPUTADORAS

Introducción

La medicina se está convirtiendo rápidamente en uno de los campos principales de aplicación de las computadoras. A medida que aumenta el número y alcance de las actividades, mayor es la necesidad de coordinarlas, como se ha señalado recientemente en reuniones de la OMS, en las que se decidió iniciar la publicación de una serie de trabajos con tal finalidad.

Como resumen de un informe más extenso sobre el tema, se ha publicado un análisis de las aplicaciones sistemáticas, establecidas y en estudio, de las computadoras.¹ Se trata de un estudio de los sectores en los que la computadora es, o será pronto, un medio tan indispensable para prestar servicios médicos de primera calidad como lo es ahora el equipo de rayos X.

El análisis comprende dos partes: en la primera se examina una serie de aplicaciones relacionadas con el diagnóstico y el tratamiento, aplicaciones que son de carácter independiente y pueden efectuarse en cualquier lugar donde existan instalaciones convenientes; en la segunda parte se analiza el conjunto de aplicaciones interconexas bajo el título "Elaboración de datos médicos".

Se presenta a continuación una reseña del mismo.

I. APLICACIONES RELACIONADAS CON EL DIAGNÓSTICO Y EL TRATAMIENTO

Diagnóstico clínico

La labor del médico puede resumirse en los términos diagnóstico y tratamiento, que se suceden en un ciclo continuo que termina sólo con la dada de alta o la muerte del paciente. Por ejemplo, en un diagnóstico de cáncer de la mama, además de establecerse la existencia de la enfermedad, deberá de-

terminarse si la afección ha de tratarse mediante radioterapia o resección.

Con frecuencia, el diagnóstico se establece casi a primera vista. En situaciones más complicadas se consideran detenidamente signos y síntomas. Las computadoras facilitan la tarea del médico y se puede prever que, dentro de poco, ya no se pensará en efectuar determinados diagnósticos sin ayuda de la computadora, así como hoy no se concibe el tratamiento de una fractura sin el examen por rayos X. Las computadoras pueden facilitar el diagnóstico ya que permiten: 1) determinar la eficacia de algunos métodos de diagnóstico y formular normas para establecerlo; 2) elaborar los datos relativos a pruebas especiales, y 3) evaluar la información indicando nuevas pruebas y diagnósticos probables.

Es indudable que la necesidad de elaborar datos especiales mediante las computadoras se dejará sentir cada vez más. Por ejemplo, muy pocos especialistas clínicos están bien enterados de las variaciones normales de la presión sanguínea que se manifiestan con la edad, para corregirlas con exactitud. A medida que se va entendiendo progresivamente la compleja estructura del organismo, será cada vez más importante tomar en cuenta diversos factores para evaluar la normalidad.

A partir de 1951 se han incluido pruebas de examen colectivo múltiple en el reconocimiento médico habitual de personas aparentemente sanas. Este examen múltiple constituye un acontecimiento importante en la medicina preventiva y es más aceptable para el público que las pruebas de examen único. Se sostiene que, al utilizar la computadora en ese tipo de labor clínica, se obtienen las siguientes ventajas: 1) reducción de los costos por economía de personal; 2) mayor exactitud, por ejemplo, mediante la aplicación de normas uniformes de edad y sexo y la comparación del resultado de las pruebas actuales con las observaciones

¹ Carpenter, R. G. *A Review of Developed and Developing Routine Computer Applications in Medicine*. Documento HS/ADP/66.1 (mimeografiado), Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

anteriores acerca de *la misma* materia; 3) posibilidad de evaluación de pruebas complejas y ejecución simultánea de todas las pruebas, así como preparación inmediata de un informe provisional.

Cardiología: a) Electrocardiogramas

Además del diagnóstico de anomalías congénitas, se utiliza ya la computadora o se prevé su utilización en diversos aspectos de la cardiología, y sobre todo en la elaboración de registros de electrocardiogramas.

En la actualidad, esa labor se halla todavía, en su mayor parte, en la fase de evolución, pero mediante las computadoras se procede al análisis corriente de electrocardiogramas y, al parecer, es casi seguro que en los años próximos se aceptará con rapidez su empleo habitual.

Las ventajas del análisis de electrocardiogramas mediante la computadora son las siguientes: 1) permite comprender mejor la naturaleza de los datos del electrocardiograma; 2) economiza personal, y 3) mejora la calidad de los resultados.

Las etapas para alcanzar dichos resultados son, característicamente, las de cualquier análisis estadístico, es decir, acopio, elaboración y análisis de los datos que, en este caso, son los del electrocardiograma. Luego, mediante el análisis, se determina cuál es el mejor procedimiento de diagnóstico.

El acopio de datos reviste dos aspectos. En primer lugar, existe el problema de manipular la propia señal del electrocardiograma. El voltaje medido en cada derivación del electrocardiograma varía constantemente. El trazado puede representarse con exactitud en dígitos midiendo la intensidad de la señal de cada derivación, a intervalos frecuentes, y registrando el resultado numéricamente. Este método se denomina conversión de análogos a dígitos (conversión de A a D).

En segundo lugar, es preciso reunir a un grupo de personas en cuyos electrocardiogramas se obtuvieron lecturas normales y anormales, debidamente registradas, y acerca

de los cuales se conoce el diagnóstico exacto. Como ocurre con el diagnóstico clínico por medios automáticos, la eficacia tanto del análisis como del consiguiente método de diagnóstico dependerá de la calidad y extensión de ese grupo de referencia.

Selección de datos

La información del electrocardiograma se expresa en frecuencias que fluctúan entre 0.4 y 80 cps. Es probable que las fuentes de energía produzcan, durante el registro, ruidos de 50 a 60 cps, los cuales deberán filtrarse antes del análisis. El filtrado puede llevarse a cabo antes o después de la conversión en dígitos.

Para conservar con exactitud el trazado del electrocardiograma después del filtrado, es indispensable contar con una tasa de muestreo bastante elevada. Pero, si una señal análoga se muestrea 500 veces por segundo, dará origen a 500 números. Con esa tasa de muestreo, dos latidos cardíacos completos registrados en 12 derivaciones de electrocardiograma darán lugar a unos 10,000 números, que es la capacidad de almacenamiento a gran velocidad de una computadora digital de tamaño medio. Por consiguiente, la selección de datos es fundamental.

Análisis

Cuando se han recopilado y expresado en dígitos los datos de los electrocardiogramas de una población adecuada de personas, es posible estudiar cuantitativamente las características teóricas y empíricas del electrocardiograma de que se trate. Algunos especialistas han tratado esos datos *ab initio* con un criterio estadístico.

Si la determinación exacta de ciclos cardíacos sucesivos puede efectuarse con exactitud, el reconocimiento de arritmias no ha de plantear, en principio, muchos problemas. La dificultad principal estriba en la manipulación del gran volumen de datos que ello representa.

Todos los sistemas en vías de perfeccionamiento están llegando a la etapa en que pueden ser aplicados en actividades habituales. Los análisis de derivación múltiple deberían ser más eficaces que el análisis de derivación único, pero requieren una máquina de mayores proporciones para manejar el volumen de datos. No obstante, cuando se conozcan mejor las características exactas de la onda que se va a medir, tal vez se pueda reducir radicalmente la cantidad de datos necesarios para alimentar la computadora. Incluso puede construirse una computadora de análogo para llevar a cabo el análisis pero, en este caso, el plan analítico perderá su flexibilidad y no permitirá su ulterior perfeccionamiento, por lo que es poco probable que un cardiólogo progresivo que utilice las computadoras para el análisis de electrocardiogramas quede satisfecho con un sistema tan estático.

Cardiología: b) Otras mediciones

Fonocardiogramas, balistocardiogramas, etc.

Los médicos también difieren en los diagnósticos basados en la auscultación cardíaca. La auscultación repetida por el mismo médico da resultados igualmente variables y, a falta de un criterio convenido, la opinión de los médicos puede diferir en el 50% de los casos. Los sonidos cardíacos pueden registrarse por medio del fonocardiograma, pero la exposición visual de los datos correspondientes no da mayor objetividad a la auscultación.

Los problemas que se plantean son, en lo fundamental, semejantes a los del análisis de datos de electrocardiogramas. En principio, todo análogo eléctrico de datos cardiovasculares puede analizarse en forma similar, aunque surjan problemas especiales en cualquier caso particular. La disponibilidad de máquinas registradoras de banda múltiple permite efectuar simultáneamente diversas mediciones.

Rendimiento cardíaco

En la medición del rendimiento cardíaco por medio de la dilución de colorantes, o método de Fick, la confiabilidad de los resultados no plantea un problema tan importante como el del volumen de computación.

Los parámetros habituales podrían calcularse con una pequeña máquina de análogo. Las computaciones requieren alrededor de un minuto y se pueden utilizar de inmediato. Los resultados se correlacionan satisfactoriamente con los obtenidos mediante el análisis manual ($r=0.985$).

Otro procedimiento consiste en convertir a dígitos los datos de análogo del indicador. Se han formulado programas en los que se calcula satisfactoriamente el rendimiento cardíaco, la presión aórtica, el volumen del corazón y la resistencia sistémica.

Refuerzo de la circulación

Se han ideado diversos métodos para complementar la función cardíaca en caso de falla circulatoria grave. En todos ellos es necesario que el bombeo se sincronice cuidadosamente con el ritmo cardíaco y, para ello, se confía en las señales del electrocardiograma.

En principio, no hay razón alguna que impida utilizar la computadora digital en este trabajo. Sin embargo, para ello se debe disponer de los elementos siguientes: 1) una conexión en línea con la computadora mediante un convertidor de análogo a dígito; 2) un sistema interruptor que permita poner la máquina en funcionamiento en cualquier instante, y 3) un sistema completo para respaldar la operación en caso de avería de la máquina. Por consiguiente, una computadora de análogo especialmente construida tiene, al parecer, más probabilidades de satisfacer todos los requisitos, a menos que el laboratorio ya esté conectado con una máquina digital.

Control

Las modernas técnicas médicas exigen, cada vez más, un control intenso del paciente. En las intervenciones quirúrgicas que requieren hipotermia, desviación cardiopulmonar, etc., es preciso medir continuamente la presión arterial y venosa, analizar con frecuencia los gases y prestar detenida atención a las pérdidas de sangre. Después de intervenciones quirúrgicas de importancia, debe registrarse con cierta frecuencia la presión arterial y el pulso. Después del infarto de miocardio, el 80% de las defunciones resultantes se deben a arritmias, "shock" circulatorio, deficiencia cardíaca, o una combinación de estos fenómenos. Muchas de tales defunciones son evitables si se observa a tiempo el estado del paciente. Es probable que algunos casos de niños nacidos muertos, y determinados defectos debidos a la anoxia intrauterina, podrían haberse evitado si se hubiera controlado el ritmo cardíaco fetal durante el parto.

Son tales los adelantos logrados en relación con los autoanalizadores de datos químicos, el análisis automático de datos cardíacos y clínicos mediante computadoras, las técnicas de transmisión y exposición de datos y las computadoras que se comparten según cierto horario, que empiezan a hacer posible la fiscalización automática. En los programas estadounidenses y soviéticos de navegación espacial se han establecido importantes procedimientos de control fisiológico, pero, si bien la fiscalización continua puede resultar en extremo complicada y costosa, no hay motivo para que lo sea.

Neurología clínica

Al igual que con un fonograma fetal, con el electroencefalograma se registra una cantidad enorme de actividad eléctrica y, así, el efecto de determinado estímulo puede observarse en el trazado sólo en circunstancias excepcionales, a menos que los electrodos se coloquen en la capa apropiada. Pero, me-

dante estímulos repetidos y métodos de determinación de promedios en la computadora, como los que se emplean para obtener el electrocardiograma fetal, pueden demostrarse las ondas a que dan lugar los estímulos. Este método permite descubrir potenciales del orden de un microvoltio, en los casos en que de ordinario sólo pueden advertirse ondas de 20 microvoltios. El método de determinación de promedios permite investigar el efecto de un vasto campo de estímulos sensoriales, por ejemplo, oculares, auditivos, somaticosensoriales y táctiles. Por este medio, se han realizado numerosas investigaciones del comportamiento y estructura del sistema nervioso. Si se comparan las respuestas de personas normales y pacientes de diversas categorías patológicas, se podrá obtener una gran variedad de datos de diagnóstico.

A los datos del electroencefalograma se pueden aplicar otros varios procedimientos estadísticos y, en particular, la autocorrelación, la correlación espectral cruzada y el análisis espectral cruzado. Para utilizar la autocorrelación es preciso calcular la correlación existente entre todos los puntos separados en el trazado por una distancia determinada, *d*.

Psiquiatría

Se han ideado numerosas pruebas para facilitar la investigación psicológica, algunas de las cuales tienen valor clínico en los exámenes selectivos y de diagnóstico. Una de las pruebas especialmente útiles es la del cuestionario autoadministrado. Con semejante prueba puede abarcarse sistemáticamente un campo muy extenso sin desperdiciar el tiempo del médico, y se ha descubierto que por este procedimiento impersonal es más fácil obtener algunas informaciones. Sin embargo, la interpretación de la compleja pauta de respuestas en función de la personalidad requiere habilidad y tiempo. Si las respuestas son del tipo *sí* o *no*, el reconocimiento de esa pauta

puede efectuarse en una serie de fases lógicas, lo que entraña la posibilidad de automatizar todo el procedimiento.

Los resultados indican que el diagnóstico psiquiátrico, basado en la interpretación de calificaciones psiquiátricas mediante la computadora, puede tener una importancia clínica mucho mayor que la del diagnóstico psiquiátrico establecido en la forma habitual.

Radioterapia

En todas las aplicaciones analizadas hasta aquí, se utiliza la computadora para condensar datos. En cada caso, la máquina selecciona gran cantidad de información sobre un determinado paciente e interpreta los resultados teniendo en cuenta los datos obtenidos de muchos casos anteriores. La simulación es una operación distinta en la cual las computadoras desempeñan un papel importante, en particular en la distribución de dosis de radiación. Este es, a su vez, el único campo en que la computadora se emplea rutinariamente para planificar el tratamiento.

La labor de computar la distribución de la dosis puede dividirse en cuatro partes: 1) especificación del sistema de coordenados (las posiciones del cuerpo, tumor y fuentes de irradiación, así como los puntos en que va a calcularse dicha distribución, han de determinarse con arreglo a este marco de referencia); 2) especificación de la distribución de la dosis de cada una de las fuentes; 3) computación de la distribución de la dosis combinada y 4) presentación de los resultados.

Aunque es posible que una computadora electrónica prepare un cuadro bastante exacto de dosis en muy pocos segundos, debe ser capaz de llenar los siguientes requisitos si ha de ser de algún beneficio a un departamento de radioterapia: 1) computar la distribución de la dosis *cuando esta se requiera* y 2) presentar al médico los resultados en forma coherente de tal manera que él pueda valorar el plan y solicitar,

si fuese necesario, las modificaciones del caso. Se pueden cumplir estas condiciones, ya sea ubicando una computadora cercana al departamento de radioterapia y que sea accesible en ciertas ocasiones o bien acoplándola a un sistema de datos manejado por control remoto.

II. ELABORACIÓN DE DATOS MÉDICOS

Un criterio previsor

Los servicios médicos de todos los niveles se organizan y dirigen gracias a la continua corriente de información que se obtiene mediante una red de vías de comunicación. Cabe mencionar, por ejemplo, las solicitudes, notas e informes de cada paciente y los datos estadísticos, muy depurados, que utilizan los servicios de planificación y control nacionales e internacionales. En ese sistema de información las deficiencias son evidentes. Por ejemplo: la dispersión de datos relativos a un solo paciente, la casi imposibilidad de recuperar información con fines de investigación y la frecuencia con que se vuelven a recopilar los mismos datos, por ejemplo, nombre, edad, ocupación, etc.

No obstante, la elaboración automática de datos está contribuyendo en forma importante a la manipulación de la información médica. Pero se han formulado diversos criterios sobre la forma en que se ha de proceder al respecto. Hay quienes consideran que las aplicaciones específicas, como la tramitación automática de informes y datos del laboratorio de patología, deben perfeccionarse con el fin de incluirlas posteriormente en un sistema automático de información más extenso. Otros estiman que lo que se necesita ahora es un análisis minucioso de todo el sistema de información existente, con el objeto de mejorar su organización y de introducir la automatización donde pueda demostrarse su eficacia. Según este punto de vista, cuando se comprenda claramente el funcionamiento del sistema actual de información, podrán efectuarse estudios

acerca de la forma de integrar y automatizar los distintos aspectos de la labor. Sobre la base de ese análisis, se determinarían las máquinas que se necesitan e incluso se podría obtener el equipo indispensable mediante contrato. Asimismo, se estima que no se obtendrá ahora gran provecho incrementando las aplicaciones independientes, sino que, por el contrario, la integración resultará más difícil.

Estadísticas vitales

Organización

Las estadísticas vitales se reúnen en el plano local por medio de registradores u otros funcionarios y luego se transmiten a los servicios estatales donde cada uno de los datos es definitivamente comprobado, codificado, archivado e indizado. A base de este material, se preparan los informes estatales y se envían los resúmenes correspondientes a las autoridades federales o internacionales. Actualmente, parte de la labor que se efectuaba con equipo corriente de tarjetas perforadas se lleva a cabo en computadoras, y se utilizan en grado creciente. Las ventajas de la computadora se aprecian al considerar las operaciones fundamentales que se requieren.

Operaciones

1) *Verificación.* La verificación comprende la determinación de la integridad, calidad y coherencia de los datos. La propia operación de la verificación puede incluirse como parte de las actividades habituales de entrada de una determinada clase de datos y, de esta forma, los registros corregidos son comprobados de nuevo automáticamente cuando se vuelven a insertar. Así, pues, utilizando una computadora, sólo los datos verificados pueden incluirse en el archivo en cinta. Se eliminan los problemas que plantean, en los métodos convencionales, toda nueva verificación y el trabajo con registros corregidos y no corregidos.

2) *Codificación de datos.* Fundamentalmente, hay tres clases de datos que requieren codificación minuciosa: los referentes a zona, ocupación y causas de defunción. En la codificación de la zona, es preciso asignar de nuevo determinados nacimientos y defunciones, por ejemplo, los fallecimientos en el hospital. En la clasificación de defunciones se utilizan numerosos signos convencionales, inclusive de carácter local, en cuanto a indagaciones ulteriores.

3) *Indización.* La elaboración manual de índices de nacimientos, defunciones y matrimonios representa una operación ardua y costosa. En las grandes computadoras se pueden almacenar en núcleos magnéticos medio millón de nombres y, cuando se disponga en general de tales máquinas, será posible preparar índices extensos en unos minutos. En caso contrario, los almacenamientos en disco o tambor facilitan considerablemente la operación. Si la máquina tiene un núcleo relativamente pequeño y sólo un respaldo de cinta magnética, la clasificación puede tomar algún tiempo. No obstante, sigue siendo posible efectuar economías muy importantes, en comparación con los métodos manuales.

4) *Tabulación.* Una oficina estatal de estadísticas vitales tendrá que preparar tabulaciones ordinarias, así como especiales, previa solicitud al respecto. Además, deberá estar en condiciones de llevar a cabo esas tabulaciones especiales con bastante rapidez y, cuando sólo se disponga de equipo normal de tarjetas perforadas, posiblemente haya que prever dichas solicitudes con la mayor antelación posible y preparar las tablas en la forma habitual para atender a la demanda.

5) *Análisis.* El análisis corriente de estadísticas vitales suele reducirse a la preparación de tasas, tasas estandarizadas e índices. A menudo, los cálculos necesarios no son muy complejos, incluso los que se requieren para preparar tablas de vida, pero han de repetirse una y otra vez, con series sucesivas

de datos. Los procedimientos manuales son tediosos, pero no plantean muchos problemas al programa. Estos análisis no requieren un gran núcleo de almacenamiento y es fácil incluirlos en el programa de tabulación correspondiente.

6) *Impresión.* La titulación y composición de las páginas del material impreso por la computadora está controlada enteramente por el programa. Además, la calidad de los resultados también ha sido mejorada, si bien la variedad de tipos de imprenta existente sigue limitándose, en la mayoría de las máquinas, a los numerales, letras mayúsculas y unos cuantos símbolos más. La variedad de tipos no es tan amplia como sería de desear para las tablas complejas, pero la economía de mano de obra que se consigue mediante la simple reproducción del material de la computadora es, con mucho, más importante que las ventajas de utilizar una diversidad de tipos. La industria impresora ha expresado ya interés por utilizar computadoras en la composición tipográfica y dentro de unos años será posible facilitar al impresor una cinta magnética del material que va a publicarse.

Introducción de un sistema basado en computadoras

La utilización de una computadora en la elaboración de estadísticas vitales en el plano estatal tiene sus ventajas. Un sistema a base de computadoras tendrá una estructura distinta de la de otro que utiliza equipo convencional de tarjetas perforadas. Un grupo de cuatro programadores, que conozcan a fondo el sistema existente, necesitará un año o más para organizar el sistema pero, una vez instalado, los problemas de almacenamiento se reducirán considerablemente a medida que las tarjetas perforadas puedan descartarse después de la entrada. Las cintas magnéticas se conservan indefinidamente siempre que se aislen del polvo, de ser posible en un almacén con acondicionamiento de aire, del que se haya eliminado todo mag-

netismo. Las cintas pueden reproducirse en unos pocos minutos, pero, en las operaciones que se realicen con ellas es fundamental guardar copias de repuesto, porque siempre existe la posibilidad de que una cinta se rompa, resulte ilegible, o, por error, se haya vuelto a imprimir algo en la misma.

Una vez establecidos los programas, la mayor parte de los mismos se llevarán a cabo en forma rutinaria. Por consiguiente, es importante utilizar bien el equipo. Con tal finalidad, la programación se hará en el lenguaje de la computadora o en un lenguaje de programación muy parecido a este, como el COBAL. Los programas escritos en lenguajes como el FORTRAN pueden tardar en desarrollarse 20 veces más. En algunas ocasiones, puede utilizarse un lenguaje mixto para obtener lo mejor que ofrecen ambos sistemas, por ejemplo: la entrada, salida y operaciones de selección se escriben en el lenguaje de la computadora, y los cálculos aritméticos se escriben en FORTRAN, que para esto resulta bastante eficaz.

Necesidad de computadoras en los organismos regionales de salud pública

Las estadísticas vitales se utilizarán en la administración regional de salud pública y otras actividades gubernamentales. Algunas regiones elaboran ellas mismas los datos, y otras se sirven de la información suministrada por autoridades de más jerarquía. Cuanto más pequeña sea la unidad, menor será la necesidad de contar con los servicios de una computadora electrónica.

Las tarjetas perforadas son convenientes para la elaboración, incluso de centenares de registros.

Debido al carácter rutinario de la elaboración de estadísticas vitales parece que se podría utilizar con provecho una computadora para manejar cantidades bastante reducidas de datos. Sin embargo, un sistema basado en computadoras se modifica únicamente por medio de un programador y las

modificaciones pueden tomar algún tiempo. En cambio, un sistema convencional de tarjetas perforadas puede modificarse fácilmente mediante unas cuantas instrucciones verbales a los operadores, y con tales sistemas se manejan sin dificultad varios millares de registros. El momento en que una computadora resulta de utilidad depende del volumen y complejidad de los registros que se desee elaborar.

En un determinado departamento de salud pública del Reino Unido se emplea una computadora para mantener los planes de inmunización. A intervalos convenientes, y conforme a la norma establecida por el médico de salud, la computadora examina las cintas e imprime cartas destinadas a los médicos generales y clínicas de rigor, indicando los niños que necesitan inmunización. El sistema está funcionando satisfactoriamente desde hace algún tiempo.

La División de Investigaciones y el Centro de Elaboración de Datos del Departamento de Salud Pública de California también utilizan cada vez más las computadoras. Un ejemplo característico de la eficacia de tales programas es el análisis de los registros semanales de contaminación obtenidos durante más de dos años en 46 piscinas de natación. Los resultados ponen de manifiesto las modalidades de la contaminación y la forma en que deben clasificarse las piscinas. Las computadoras también se utilizan en el análisis de los datos de contaminación atmosférica y en muchos otros proyectos de investigación en salud pública.

Necesidad de computadoras en organismos federales e internacionales

Las autoridades federales y de más elevado nivel no manejan registros individuales, sino resúmenes tabulados, los que pueden ser extensos y han de verificarse, convertirse al sistema de tarjetas perforadas, tabularse de nuevo y analizarse.

Al parecer, las ventajas que ofrecen son las siguientes: 1) la posibilidad de verificar

minuciosamente la coherencia de los datos. Con tal finalidad puede ser necesario comparar cuidadosamente los datos con los resultados de años anteriores; 2) rapidez en la tabulación; 3) computación automática de tasas, etc., y 4) impresión directa de los resultados de la computadora.

Otra de las posibilidades es la de transferir, mediante cinta magnética, datos del servicio estatal al federal, e incluso a niveles más elevados, con lo cual se elimina la necesidad de perforar de nuevo los datos, y se ahorra, a la vez, tiempo de entrada y gastos de franqueo postal. La información puede almacenarse signo por signo, o palabra por palabra, y el número de elementos componentes por signo o palabra puede variar de una máquina a otra. Las compañías se preocupan ahora de que las máquinas de tamaño diferente sean compatibles, pero las diversas compañías utilizan sistemas distintos, cada uno con sus propias ventajas. Las instalaciones de conversión son raras, pero es probable que la insistencia en la adopción de determinadas normas nacionales o internacionales redunde mucho en beneficio de una compañía determinada. La mejor solución para las Naciones Unidas, y probablemente para las autoridades federales, consistirá en instalar equipo que guarde armonía con las máquinas más populares utilizadas por las autoridades estatales, y en tratar de llegar a un acuerdo para convertir los datos obtenidos por otros sistemas. En todo caso, las autoridades internacionales deben adoptar medidas para la entrada de datos en tarjetas, ya que el número de estados capaces de enviar cintas magnéticas de datos será, por muchos años todavía, limitado.

Según parece, es poco probable que la instalación en el plano federal o internacional de computadoras para la elaboración de estadísticas vitales sea económicamente tan ventajosa como en el plano estatal. Es más probable que el alcance y la calidad del análisis sean mejores. La economía que re-

porte la instalación también dependerá, en gran medida, de las gestiones que se efectúen para emplear el tiempo no utilizado de la computadora.

Administración general de hospitales

La mayoría de las ventajas que ofrece el uso de una computadora en la preparación de estadísticas vitales en el plano estatal también se aplican a la tabulación de estadísticas de hospital. Los planes nacionales se fundan en resúmenes de registros hospitalarios obtenidos con frecuencia a base de muestras.² Estos se codifican y sistematizan de forma muy parecida a la del material de estadísticas vitales. Como la elaboración de datos es similar, las necesidades de equipo también son similares, y las dos series de material pueden elaborarse en la misma máquina, como ocurre en la Secretaría de Salud, Educación, y Bienestar de los Estados Unidos en Washington, D.C., y la Oficina del Registro Civil del Reino Unido.

Elaboración regional de datos de hospital

Las muestras resumidas de registros de hospital no son lo suficientemente detalladas para la administración local de servicios regionales. No obstante, varios hospitales se han ocupado, como actividad habitual, del resumen, la codificación y perforación de tarjetas, de registros de pacientes, con objeto de preparar índices de inapreciable valor para la administración y las investigaciones. Sin embargo, debido al volumen de registros que se preparan en un hospital de tamaño medio, la elaboración de datos mediante equipo convencional representa una labor de enormes proporciones. La

elaboración de resúmenes en la computadora resulta eficaz, particularmente si se puede agrupar un gran número de hospitales por regiones. En tal caso, los resúmenes pueden elaborarse en beneficio de cada uno de los hospitales y de la administración regional de estos.

El análisis de la demanda puede facilitar la planificación regional. Con tal finalidad, se puede programar la computadora en forma tal que, en lugar de imprimir un cuadro de números o de tasas de ingreso por distrito, el cuadro resultante sea de tales características que si se superpone sobre el mismo un mapa de la zona, cada cifra aparecerá en el distrito correspondiente. Como alternativa, el mapa, las cifras o el sombreado pueden dibujarse con un trazador. Al parecer, la primera solución es la más factible económicamente. La programación no presenta grandes dificultades y, una vez establecida, el costo puede reducirse a la mitad.

Otro procedimiento útil para la planificación es la simulación. La simulación exacta puede utilizarse como se prepara la dosificación en radioterapia, pero las computadoras son especialmente valiosas para estudiar el efecto, en los planes, de las variables aleatorias. Por ejemplo, si los métodos de simulación se aplican al diseño de la cafetería de un hospital se reduce considerablemente el tiempo de espera en fila al organizarse convenientemente los diversos servicios: los alimentos que requieren más tiempo para servirlos como, por ejemplo, el plato principal, se deberían colocar en último lugar.

Los informes preparados con relación al estudio de enlace de registros, efectuado en Oxford, revelan la clase de material de que puede disponer la administración regional, cuando se resumen y analizan los registros de pacientes con respecto al total de ingresos en los hospitales de la zona. Ese es el único estudio en que tales resúmenes se reúnen, de ordinario, con carácter regional.

² Según un estudio reciente efectuado en la URSS, una muestra del 2% de los registros de hospital, tomada cada tres años, es adecuada para la administración de hospitales en gran escala. En el Reino Unido se utiliza una muestra del 10% para la encuesta de pacientes hospitalizados. Las estadísticas de salud de los Estados Unidos se fundan en datos de entrevistados obtenidos de muestras aleatorias de la población.

Enlace de registros

Asimismo, cuando los resúmenes de todas las historias clínicas de una determinada región se elaboran al nivel central, se puede efectuar el enlace de registros, es decir: los distintos registros de una misma persona o familia se reúnen en uno solo. Esta clase de estudios longitudinales adquiere cada vez mayor importancia en las investigaciones médicas, y también reviste considerable importancia en actividades habituales. Por ejemplo, mediante el estudio de los numerosos pacientes que ingresan en distintos hospitales se puede obtener una clara idea del uso a que han sido destinados los diversos recursos médicos.

Si el enlace se establece por métodos manuales la preparación de índices requiere mucho tiempo, debido a las dificultades que originan los cambios de dirección y las variaciones en los datos de identificación.

En el enlace de registros se pueden presentar incluso dificultades políticas, especialmente si se efectúa en la escala propuesta por Moore. Este investigador ha sugerido que se establezca un sistema central de registros a base de computadoras, que atienda a todos los organismos de previsión de la zona, por ejemplo, servicios médicos generales, de hospital, higiene mental, salud pública, educación, bienestar social, empleo, rehabilitación, localización de casos y corrección. Lo que se persigue es que, cada vez que alguien se ponga en contacto con cualquiera de los organismos principales, se establezca inmediatamente enlace con todos los registros anteriores, que estarán entonces disponibles. Un sistema de información tan completo tiene ventajas en lo que respecta a la administración y las investigaciones, pero es posible que los interesados lo consideren muy inconveniente. Es de suma urgencia examinar abiertamente el grado en que los registros pueden enlazarse y transmitirse de un organismo a otro, en vista del mayor enlace que permiten las computadoras.

El análisis de registros enlazados es difícil con equipo convencional de tarjetas perforadas ya que con esas máquinas sólo se puede efectuar la tabulación cruzada del material que figura en una sola tarjeta perforada. A fin de elaborar registros enlazados es necesario desechar datos en cada nuevo enlace, o preparar una gran cantidad de tarjetas. Sin embargo, la extensión de cada registro no afecta en forma alguna el análisis por computadora, y en los programas existentes la tabulación de material de varias tarjetas perforadas por caso se efectúa ya como procedimiento habitual. En consecuencia, el análisis, de historias clínicas enlazadas, mediante la computadora, es casi esencial.

Elaboración centralizada de resúmenes de historias clínicas

Aunque la elaboración centralizada de resúmenes de historias clínicas no se ha organizado sobre una base regional completa, se está adoptando ese criterio en los Estados Unidos, Rusia y otros países. Además, en diversas escuelas de medicina se utilizan computadoras para indizar y analizar resúmenes de sus propios registros.

La ventaja de tal elaboración centralizada estriba en que, con arreglo a ese programa, cada hospital participante resume datos de todas las altas de pacientes hospitalizados en un formulario estándar que es codificado por el dispositivo resumidor, con arreglo a 55 títulos. Se calcula que el resumen y la codificación toman unos cinco minutos por caso. Los resúmenes se envían mensualmente al centro de computación donde son perforados (utilizándose como mínimo dos tarjetas por caso) editados y añadidos a los registros anteriores correspondientes al hospital de que se trate, ya conservados en cinta magnética.

En el centro de computación se efectúan entonces tres operaciones en beneficio de cada hospital. En primer lugar, se ponen al día las estadísticas corrientes relativas a las

altas de pacientes; en segundo lugar, los casos se indizan semestralmente por diagnóstico, operación y médico y, por último, se preparan listas mensuales de carácter provisional que pueden utilizarse para analizar la calidad de la atención médica prestada. Además, se pueden llevar a cabo los análisis comparados que se soliciten.

En la actualidad, en 657 hospitales, en los que se da de alta a más de 5,300,000 pacientes al año, se utiliza el centro de computación PAS.³ Debido al volumen de la operación se requiere una computadora grande de alta velocidad. El centenar, aproximadamente, de miembros del personal, que actúa bajo supervisión médica, está dividido en secciones que se ocupan de medicina, estadística, elaboración de datos, nosología, registros y administración. El 70% de los costos de funcionamiento se sufragan con el pago de EUA\$0.30 por resumen, que representa una economía importante en comparación con los métodos convencionales de indización. El hecho de que un grupo tan reducido pueda facilitar servicios tan amplios de indización y análisis a cada uno de los hospitales, demuestra claramente que es posible llevar a cabo semejante labor con arreglo a una amplia base estatal, en los centros regionales o incluso en un centro nacional. Además, no sería difícil utilizar el material para obtener información administrativa de índole regional o nacional.

La eficacia del servicio depende, en primer lugar, de la calidad del material proporcionado por los hospitales, que puede, por ejemplo, relacionarse con el nombramiento de personal de oficina especialmente capacitado para leer y resumir con exactitud historias clínicas, así como de los medios de que se disponga para asegurar un servicio completo.

En todo caso, la calidad dependerá en alto grado de la excelencia de los registros de hospital y del esmero con que se resuman.

En segundo lugar, las ventajas que reporte

el servicio dependerán del uso que se haga de la información enviada a los hospitales. Para aprovechar al máximo esa elaboración de datos en el hospital, parece que es ante todo necesario contar con personal de oficina competente para estudiar y comunicar los resultados pertinentes a los médicos y administradores del hospital.

Codificación de los datos sobre morbilidad

En el establecimiento del sistema descrito, una de las tareas principales consiste en idear una codificación satisfactoria de enfermedades y métodos terapéuticos para determinar la morbilidad. En el estudio PAS se utiliza actualmente una modificación de la Clasificación Internacional de Enfermedades y una lista de codificación de operaciones. Spicer ha observado que la Clasificación Internacional de Enfermedades se orienta ahora hacia a) la mortalidad y b) el equipo convencional de tarjetas perforadas, como consecuencia de lo cual se da por supuesto que las enfermedades siguen pautas convenidas de antemano; asimismo, que la mayor parte de los análisis de morbilidad se efectuarán mediante computadoras y, por lo tanto, las clasificaciones cruzadas no plantean problema alguno. Por consiguiente, dicho investigador sugirió que la codificación de datos sobre morbilidad podría estructurarse en forma distinta. Por ejemplo, los resultados podrían consistir en una sintomatología e historia del caso detalladas. La computadora que elabora los datos podría entonces programarse de modo que pudiera descubrir las modalidades patológicas del material recibido y clasificara los casos en consecuencia. Las dificultades que podrían surgir por error del observador son indudables, pero no resultarían peores que las ocultas en las estadísticas de la Clasificación Internacional de Enfermedades. Al parecer, estas cuestiones sólo pueden resolverse a base de una gran experiencia con diferentes sistemas de codificación de datos. Por lo tanto, quizá sea prematuro intentar la estandariza-

³ Professional Activity Study.

ción internacional de claves, pero la necesidad de lograrla será cada vez más urgente si se desea llevar a cabo estudios comparados útiles.

Historias clínicas

Registros hospitalarios

Los registros actuales pueden recuperarse de dos formas. En primer lugar, el médico que trata al paciente necesita disponer de un resumen selecto de los datos y tener acceso a cualquier aspecto de la historia total del enfermo que pueda serle de interés. El doctor que examina a un paciente bien conocido necesitará sólo en raras ocasiones recobrar información anterior y, por consiguiente, de muy poco le servirá un sistema de recuperación automática de datos. No obstante, el sistema actual de registro es menos apropiado para el hospital moderno en que el paciente acude primero a un especialista y luego a otro. Cada médico se encuentra ante el dilema de estudiar detenidamente la historia clínica o de confiar en los conocimientos y memoria del paciente para reconstruir dicha historia. En tales circunstancias, los resúmenes selectivos de la historia clínica, semejantes a los preparados por algunos de los sistemas de computación descritos más adelante, tienen considerable importancia.

En segundo lugar, es imprescindible que el contenido de los registros sea recuperable para fines administrativos y de investigación. Con registros de hospital normales, en hojas sueltas, dicha recuperación sólo es posible mediante el mantenimiento de índices cruzados, a menos que se introduzca otro grado más de automatización. En cuanto a los informes de casos ya cerrados, por ejemplo sobre autopsias, los datos resumidos pueden archivarse por materias, como en el sistema manual "Terminex". Los archivos activos deben mantenerse ordenándolos según el número del paciente.

En la aplicación de la automatización a

los registros de hospital, las dificultades que se plantean se deben a: 1) la amplitud de la información y 2) la variación cuantitativa.

A pesar de lo que se habla acerca de la automatización de historias clínicas, ningún sistema actual en funcionamiento convierte a dígitos más de una parte del registro total, para su almacenamiento en la computadora.

Métodos de campo fijo. En todos los trabajos realizados con equipo convencional de elaboración de datos y en la mayoría de las aplicaciones de las computadoras se utilizan resúmenes codificados, que se convierten al sistema de tarjetas perforadas con campos fijos. Esto significa que el mismo dato, por ejemplo, el sexo, siempre se codifica en la misma columna.

El sistema de codificación de campo fijo permite utilizar el equipo convencional de perforación de tarjetas en el manejo de datos. Si bien se puede planear el análisis mediante computadoras, suele ser más rápido y fácil imprimir unos cuantos cuadros sencillos mediante una clasificadora dotada de contador. Además, es probable que los programas generales para actualizar archivos o tabular su contenido se diseñen para códigos en campo fijo. Como ya se ha señalado con respecto al enlace de registros, una de las ventajas de algunos de los programas de computadora es que permiten el manejo de múltiples tarjetas por caso, con lo cual se elimina un inconveniente grave del equipo convencional. Así, por ejemplo, los diversos formularios y tarjetas que se utilizan para resumir las historias clínicas de niños en un estudio de desarrollo del niño, pueden mezclarse y analizarse como un solo registro por caso. El tamaño del resumen que se proyecte elaborar depende de los datos y del tiempo disponibles. De esta forma, un médico ha observado que si bien la anestesia puede durar tres minutos, se tarda cinco minutos en consignar los detalles en el formulario.

Las ventajas de los formularios de autocodificación son considerablemente mayores

con la creación de un equipo de lectura de marcas. Los formularios se llenan marcando el lugar debido con un lápiz, y las marcas se leen, codifican y transfieren a tarjetas perforadas, o directamente a cinta magnética, para el análisis por computadora. En el equipo utilizado por la Oficina del Censo de los Estados Unidos de América se transfieren datos a cinta magnética a una velocidad equivalente a la de un centenar de operadores de tarjetas perforadas. Con tales sistemas pueden reducirse los costos y evitarse errores de perforación. Quizá se tarde algo más en llenar los formularios y estos no sean muy satisfactorios para datos numéricos. Además, el material no será objeto de la rápida comprobación visual que puede efectuar un operador competente de tarjetas perforadas. No obstante, diversos grupos están utilizando dicho sistema para la elaboración de datos médicos. En los sistemas actuales de lectura de marcas se emplean campos fijos; mediante los lectores de caracteres, recientemente creados, será posible transferir registros descriptivos de longitud variable, escritos a mano o a máquina, a una cinta magnética, para someterlos a análisis.

Formato variable. Las ventajas de utilizar una computadora digital programada para el manejo de registros se reflejan en la capacidad de la máquina para clasificar registros de diversa longitud. El programa almacenado puede comprender instrucciones para leer determinada columna, de la primera tarjeta, que indica el número de tarjetas de que consta el registro, y modificar en consecuencia el formato de entrada. O bien cada tarjeta puede leerse y examinarse para determinar a qué caso del registro pertenece la tarjeta y el formato de los datos que contiene.

La elaboración de datos en formato variable es particularmente apropiada para el manejo de historias clínicas, y se han descrito aplicaciones de complejidad diversa. Mediante programas estándar puede tabularse el material en que el formato de las tar-

jetas es fijo, pero el número de tarjetas por caso varía. Esa clase de datos se obtiene en los estudios de observación ulterior relacionados con la maternidad, en los que existe, para cada embarazo, una tarjeta codificada del mismo formato, pero un número variable de embarazos para cada caso.

Registros de laboratorio

En la automatización de laboratorio se han definido tres fases: instrumentación, mezcla y registro automáticos, y laboratorio que funciona a base de computadoras. Mientras tanto, la demanda de pruebas de laboratorio aumenta exponencialmente a un ritmo del 10% o más por año. Se puede satisfacer dicha demanda aumentando el instrumental y utilizando autoanalizadores, pipetas automáticas y otros medios. Pero este equipo, si bien ahorra trabajo de instrumentación, aumenta cada vez más la elaboración y notificación de datos. Sin embargo, los cálculos que requiere la interpretación de cualquier prueba particular son del tipo habitual y, generalmente, directo, y no resulta difícil modificar el equipo automático, por ejemplo, los autoanalizadores, para registrar los resultados de las pruebas en forma notificable, con ayuda del equipo de análogo, o producir tarjetas perforadas o cinta de papel.

El producto de las tarjetas perforadas o la cinta ofrece la mayor flexibilidad, ya que con él puede alimentarse a una computadora digital, la cual puede, además, comparar los resultados con normas conocidas de pruebas por edad y sexo, y presentar un informe en cualquier formato que se desee.

Sistemas de información hospitalaria

La solicitud y notificación de pruebas de laboratorio, así como el manejo de historias clínicas, forman parte del sistema de información hospitalaria, por cuyo medio el hospital funciona como un todo único. Hay gran interés por establecer un sistema de información hospitalaria totalmente auto-

mático, y en la actualidad se llevan a cabo, en los Estados Unidos aproximadamente 20 estudios relativos a sistemas generales de información hospitalaria. Después de un estudio sobre el sistema de información de un hospital del servicio de ex combatientes, con más de 1,300 camas, se preparó un modelo de sistema de información hospitalaria por computadora, con el fin de determinar la viabilidad de dicho procedimiento. El modelo fue creado para aliviar al clínico, y a otros miembros del personal del hospital, de los trabajos rutinarios que entraña el registro, la transmisión, el archivo y la recuperación de datos. El hospital consistía en seis salas con 10 camas cada una, inclusive salas de medicina general, gastroenterología y cardiología. El sistema de información comprendía seis unidades: ingreso, registro, mayordomía, laboratorios, administración de enfermería y farmacia.

En las seis salas se simuló la información identificadora, el diagnóstico en el momento del ingreso y la transferencia de una sala a otra, a fin de obtener las estadísticas administrativas correspondientes. En las salas de cardiología, gastroenterología y medicina general se mantuvieron registros de las prescripciones clínicas, de laboratorio y de medicamentos, así como de los resultados, junto con los de un diagnóstico primario y tres secundarios. La información manejada se fundaba en un extenso número de registros de casos reales.

La labor exploratoria es esencial, pero el grado en que la labor ya realizada puede utilizarse en distintas situaciones, varía considerablemente. La instalación económica de la computadora dependerá, en lo fundamental, de la magnitud del hospital y del grado en que el sistema de información y otras funciones sean objeto de computación automática. A medida que el sistema funcione en forma más habitual, el equipo podrá aprovecharse al máximo. Esto significa que muchos programas tendrán que modificarse, posiblemente redactarse de

nuevo si se altera determinada configuración, incluso si las computadoras son básicamente compatibles.

Contabilidad, nómina e inventario en los hospitales

La industria utiliza desde hace tiempo las computadoras en la labor de contabilidad, preparación de nóminas y control de existencias. Es fácil aplicar estos procedimientos a la administración de hospitales y, a este respecto, se utilizan ya computadoras en más de 600 hospitales norteamericanos. El establecimiento de un extenso sistema de almacenamiento de libre acceso tiene particular importancia cuando han de mantenerse cuentas para cada uno de los pacientes. Con semejante sistema se va agregando continuamente a la cuenta en el archivo y la cuenta final se prepara en unos minutos cuando sea necesario. Este procedimiento tal vez permita la tramitación de las altas en el plazo de una hora, en lugar de 24, con la consiguiente reducción de costos para el paciente y aumento de la eficacia general del hospital.

Servicio de alimentación y dieta

La aplicación de las computadoras al servicio de alimentación tiene especial importancia en relación con la contabilidad automatizada.

Mediante una computadora digital, el estado de Pensilvania ha centralizado la administración del servicio de alimentación de 79 instituciones estatales. La computadora se ocupa del inventario y de las cuentas de cada institución y, a base de dicho material, reúne datos básicos sobre costo. A esta información se añade la referente a las recetas de cocina empleadas y el número de porciones servidas. La computadora permite comparar la dieta de cada institución, partida por partida, con los requisitos dietéticos específicos, por edad y sexo, establecidos por la Secretaría de Agricultura de los Estados Unidos. Con los datos del menú se puede calcular el

costo de las partidas *por porción comestible*. El examen de los gastos de las diversas instituciones, partida por partida, con respecto al costo por porción comestible, mejora el control administrativo y la elaboración de presupuestos.

Las necesidades dietéticas en términos de nutrientes fundamentales son objeto de investigaciones considerables, especialmente en relación con las cardiopatías coronarias. Al propio tiempo, se determinan los requisitos mínimos fundamentales. Dada la composición química de los diversos artículos alimenticios, y la cantidad de cada artículo utilizada en el menú, la determinación del contenido de calorías, proteínas, grasas saturadas y no saturadas, etc., sólo representa una serie de operaciones aritméticas sencillas, pero tediosas. Esas operaciones pueden automatizarse con facilidad, y es posible calcular los promedios diarios y semanales

correspondientes a determinados individuos o grupos.

Se informa que, en otro estudio de actividades culinarias a base de computadoras, se ha comprobado que los costos de mano de obra han resultado ser de un tercio, aproximadamente, del de los alimentos, y se indican determinados sectores en los que podrían efectuarse economías.

En la preparación de menús intervienen numerosos factores y no es fácil incluirlos a todos satisfactoriamente en un programa de computación. Se tardará algún tiempo en conseguir la planificación de menús completamente automática, en la que se tengan en cuenta todos los factores posibles, pero mediante el empleo de la computadora en diversos aspectos de la administración culinaria se podrán obtener rápidamente importantes economías y mejorar la calidad de las comidas.

ACTIVIDADES DE LA OMS SOBRE SALUD MENTAL

Retraso mental

Muchos Gobiernos Miembros de la Organización Mundial de la Salud han comenzado a comprender en su verdadera magnitud la amenaza que representa para los países el problema del retraso mental. Los estudios de prevalencia más exhaustivos y recientes sugieren que un cuatro por mil de la población del grupo de 10 a 14 años de edad se halla comprendida en las categorías de retrasados mentales moderados, graves y muy graves. El progreso de la atención médica y social ha traído como consecuencia una mayor expectativa de vida para los retrasados mentales graves y, por consiguiente, la atención que exigen los individuos comprendidos en esa categoría es más prolongada. El acelerado proceso de urbanización y la desintegración familiar concomitante, así como la rápida industrialización, han venido a complicar la pauta de aceptación por la comunidad del individuo mentalmente retrasado. Estos problemas pueden constituir una pesada carga, tanto para los países en vías de desarrollo,

como para los más desarrollados, y debieran considerarse en la planificación del desarrollo de la comunidad.

En estas consideraciones se ha fundado la convocatoria de un Comité de Expertos de la OMS sobre Organización de Servicios para los Retrasados Mentales, el cual está compuesto por especialistas procedentes de países de las cinco regiones de la OMS, representantes de otras organizaciones y un grupo de consultores.

El Comité reiteró que, donde sea posible, las personas mentalmente retrasadas deben permanecer con su familia y en el seno de la comunidad, para lo cual debe proveerse el necesario apoyo financiero y de otra índole, incluyendo instalaciones adecuadas para la educación, adiestramiento y empleo de esas personas. El Comité se ocupó en cierto detalle de problemas de tratamiento y rehabilitación de retrasados mentales y de administración de los servicios pertinentes. Asimismo, puso de manifiesto que los recientes adelantos en la investigación ofrecen posibili-