

Los gráficos en la comunicación y el razonamiento científicos: ¿instrumento u ornamento?

José Antonio González Alastrué^a y Lluís Jover^b

^aDepartament d'Estadística i Investigació Operativa. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona.

^bBioestadística. Departament de Salut Pública. Universitat de Barcelona. Barcelona. España.

Cuando las relaciones entre variables son complejas, los procesos temporales tienen un papel primordial y el componente aleatorio enmascara los procesos en estudio, entonces la representación gráfica deviene una herramienta imprescindible. La biomedicina, en su sentido más amplio, desde las actividades de investigación hasta las de asistencia o de gestión, es un ámbito con estas características y donde los gráficos, bien utilizados, permiten una aproximación nueva y enriquecedora a la información disponible.

Los objetivos de este trabajo se centran en 2 ejes: presentar al lector una perspectiva en la que la representación gráfica no se limita a ser un medio para una captación rápida de información, sino vehículo e instrumento en el proceso de adquisición del conocimiento e insistir en que el lenguaje gráfico precisa madurez —y tal vez algunas guías— para incidir en la revelación de información cuantitativa mediante gráficos de calidad, evitando las presentaciones mecánicas y de pobre contenido.

Palabras clave: Gráficos por ordenador. Percepción visual. Representación de datos. Análisis estadístico de datos.

Graphics in scientific communication and reasoning: utensil or tinsel?

Whenever relationships among variables are complex, or time processes play an essential part, or random components mask the process under study, graphical display becomes an indispensable tool. Biomedicine, in a broad sense, from research to medical care or management activities, is a field with these features, and good use of graphics can facilitate a new and valuable approximation to the available information.

The aim of the paper is twofold: to explain to the reader that graphical display is not limited to be some way to attract information quickly, but means and instrument in the process of knowledge acquisition, and to stress that graphical language needs some maturity, and perhaps some guidelines, so that quantitative information will be revealed through high-quality graphics, avoiding worthless and mechanical displays.

Key words: Computer Graphics. Visual Perception. Data Display. Statistical Data Analysis.

El poder de la imagen o por qué los gráficos nos rodean

La representación gráfica se ha convertido en un elemento habitual en los medios de comunicación, tanto científicos como divulgativos, además de la prensa escrita o televisión. Su presencia se considera un potente mecanismo de transmisión de información. Algunos tópicos han pasado a ser axiomas: un gráfico se explica por sí sólo, una imagen vale más que mil palabras, el espectador comprende mejor y más rápido ante un gráfico.

Parte de la fama que posee la representación visual procede de la impresión «generalizada» de que las estadísticas son aburridas, entendiéndose en este caso por *estadísticas* tediosas listas de números incomprensibles, que es la idea que desgraciadamente está arraigada en una sociedad poco familiarizada con la información cuantitativa, o que durante un largo tiempo ha sido castigada por generaciones de impíos estadísticos que no veían mejor manera de expresar una descripción de sus datos. En claro contraste, una representación gráfica consigue los mismos objetivos de manera más sencilla y agradable, desde el punto de vista del destinatario. Y desde aquí pueden surgir doctrinas de lo más perversas, que han dado lugar a una ilimitada variedad de ejemplos en los que se pueden apreciar principalmente dos desviaciones: *a)* un gráfico suficientemente decorativo puede suplantar la ausencia de ideas; *b)* un gráfico presentado de la manera adecuada puede llevar al lector al terreno que interese (o también, con un gráfico es más fácil engañar).

Donde una simple tabla sería suficiente para transmitir la información disponible, se añaden sofisticados postizos (explosivos colores, efectos 3D sobrantes, engañosas representaciones realistas, etc.) que no pueden considerarse ni útiles ni valiosos, ni deberían justificarse por razones estéticas; muy al contrario, pueden esconder intenciones de engaño, ya que tratan de trasladar al lector una interpretación diferente de la real (especialmente si el documento es de tipo publicitario).

La vía gráfica está claramente en alza claramente gracias al auge de los medios que facilitan su creación y difusión, principalmente medios informáticos (potentes ordenadores e Internet). La accesibilidad y facilidad de uso de la técnica gráfica ha contribuido a su diseminación. Sin embargo, tal crecimiento no ha venido acompañado ni de gráficos mejores por parte de sus creadores ni de un aumento de la capacidad de interpretación del público al que van destinados, a veces, simplemente a la población en general. A los vicios anteriores se podría añadir la simple y llana torpeza que básicamente consiste en, aunque se disponga de datos realmente interesantes, mostrar un gráfico inapropiado o que no exprese lo que debería.

Imaginemos el caso de un investigador que posee pares de medidas de la presión arterial obtenidas con un instrumento manual y con otro automático y desea estudiar su concordancia, es decir, hasta qué punto coinciden. En primera instancia se ha inclinado por un diagrama de dispersión para representar la relación entre ambas variables (fig. 1a); ante el resultado, puede creer que la situación es altamente satisfactoria. Sin embargo, una visión alternativa (fig. 1b) le hubiera resaltado la posible existencia de distintos tipos de errores en las mediciones (sobre el gráfico de Bland-Altman, que representa las diferencias frente al promedio, puede consultar el artículo sobre concordancia¹, en este mismo número).

Correspondencia: Dr. J.A. González Alastrué.
Departament d'Estadística i Investigació Operativa.
Universitat Politècnica de Catalunya. Campus sud-edif. U.
Pau Gargallo, 5. 08028 Barcelona. España.
Correo electrónico: jose.a.gonzalez@upc.es

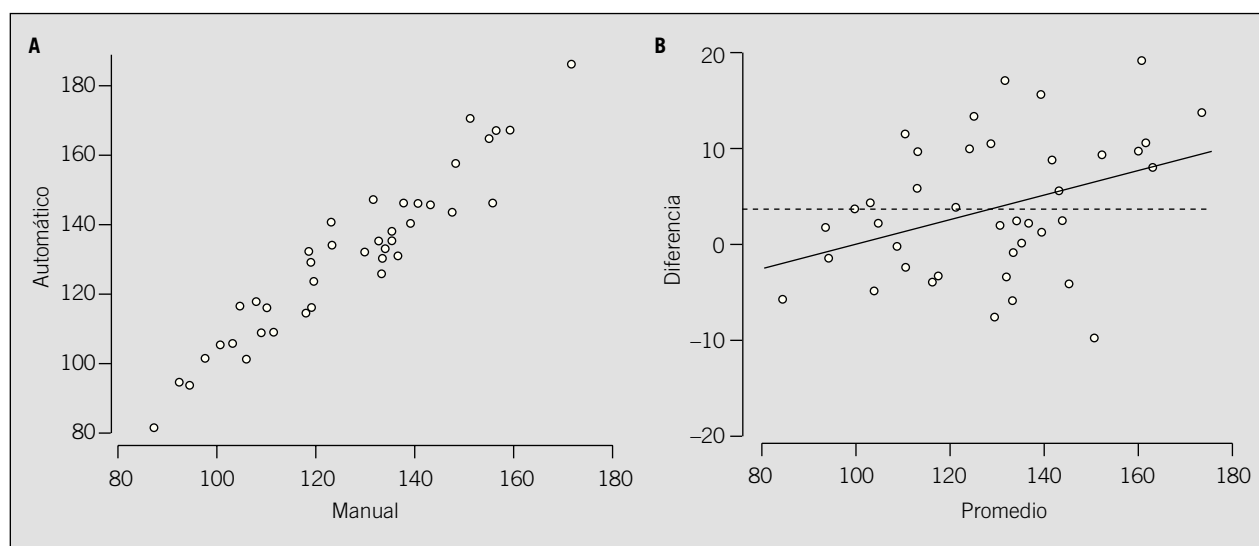


Fig. 1. A): Valores de presión arterial obtenidos manualmente confrontados a un procedimiento automático. B) gráfico de Bland-Altman, en el que se puede apreciar un incremento de la diferencia de medidas ligado a la magnitud de la presión.

En biomedicina, el uso y aplicaciones de gráficos y, por extensión, de las imágenes, es extremadamente amplio y sería una vana pretensión intentar abarcarlo completamente en este artículo. Desde los gráficos e imágenes generados automáticamente por muchos de los actuales instrumentos de análisis y diagnóstico hasta los gráficos como herramienta para la gestión u organización de tareas asistenciales, su potencial es enorme y muy diverso. Es por esto que se exponen en este artículo tres ámbitos concretos que nos parecen de interés general: a) resaltar el potencial de los gráficos como instrumento para progresar en el conocimiento científico, apuntando algunas de las nuevas tendencias y posibilidades en este ámbito; b) abordar el uso de los gráficos como herramienta para transmitir información científica: en este apartado es donde se dan algunas recomendaciones específicas al lector usuario de gráficos (sea como creador o como consumidor), todas ellas aplicables, con mayor o menor importancia, a cualquier ámbito en el que se utilicen los gráficos, y c) no hemos querido pasar por alto el potencial de los gráficos como herramienta en la atención y el cuidado del paciente y exponemos algunas de las ideas que han ido apareciendo en la bibliografía en los últimos años.

Una herramienta para generar conocimiento

En general, se tiende a confiar en la innegable precisión de los resultados expresados en forma numérica y a considerar la representación gráfica una técnica accesorio, especialmente útil para comunicar ideas o resultados. Y es cierto que los números no engañan —a menos que les obliguemos a ello—, pero más cierto es que en muchas ocasiones no consiguen reflejar la complejidad de las relaciones de un modo evidente para el profesional que desea extraer nuevos conocimientos a partir de sus datos.

En palabras de Fisher²: «El examen preliminar de la mayor parte de los datos es facilitado por el uso de diagramas. Estos no demuestran nada, pero traen fácilmente características excepcionales a la vista (del experimentador); no son por tanto un sustituto para los tests críticos a aplicar a los datos, pero tienen valor al sugerir tales tests y para explicar las conclusiones elevadas a partir de ellos». La cita, que

aparece en la introducción del libro de Brian Everitt³, precede a la lista con los tres objetivos generales del análisis de datos que el autor destaca:

1. Representación y descripción.
2. Análisis e interpretación.
3. Resumen y exposición.

Su campo de utilidad abarca desde la presentación de datos brutos (individuales) a estadísticos generados con mayor o menor sofisticación a partir de éstos y que constituyen a menudo el resultado final del análisis. Como vemos, la visión de Fisher, a principios del siglo xx, no dista mucho de la que representa Everitt, a finales de la década de los setenta. El diagrama es un instrumento cuyo fin primordial es la exposición de información, con precisión y claridad. Facilita la interpretación de los datos y, adicionalmente, puede sugerir nuevas vías para su análisis.

Recientemente se contempla el gráfico desde una nueva perspectiva: en su concepción moderna, el gráfico es un participante activo en el proceso científico del descubrimiento. Los factores que han ayudado a avanzar en esta dirección serían, por un lado, la disponibilidad de datos, *software* y potentes ordenadores que hacen accesible a cualquiera el enorme gasto computacional que supone el tratamiento en tiempo real de gráficos que interactúan con el usuario y, por otro lado, el impacto del análisis exploratorio de datos (más conocido por las siglas EDA), sobre las ideas de Tukey⁴. No hay que confundir EDA con un conjunto de técnicas relativas a la estadística gráfica. El análisis exploratorio de datos se entiende mejor como una actitud para afrontar el análisis de datos: éstos contienen la llave que conduce a la información y el investigador se comporta como un detective que pretende resolver un problema.

Dialogar con un gráfico

Obligado por el medio que lo soporta, el gráfico que aparece en un artículo, póster o libro es necesariamente un objeto estático. Tan presente ha estado siempre su destino final en el ciclo vital de generación de un gráfico típico (acabar como una representación en dos dimensiones) que hasta

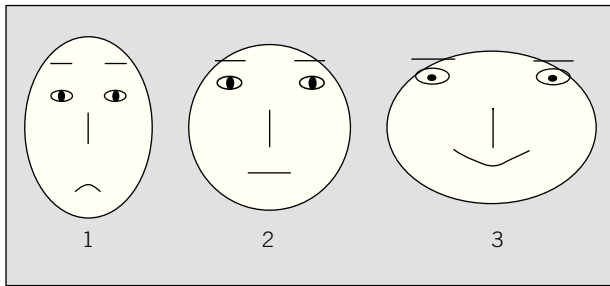


Fig. 2. Representación con caras de Chernoff de la calidad de vida en 3 individuos (de izquierda a derecha y respectivamente, suponiendo que para cada uno de ellos todas las variables incluidas en el gráfico estén al 30, 50 y 70% de su intervalo de variación).

recientemente las posibilidades del gráfico se veían lastradas por la preocupación de producir una imagen lo más rica posible pero en el limitado mundo del plano. Esto sin insistir en que no hay por qué esperar que un simple diagrama bivalente refleje las estructuras importantes existentes en un conjunto de datos multidimensional, aunque se hayan escogido los ejes de acuerdo con las direcciones de máxima variabilidad en los datos (técnica conocida como análisis de componentes principales⁵).

La representación de múltiples dimensiones en el papel ha supuesto un reto que ha conseguido algunos éxitos notables y también algunos resultados ciertamente imaginativos, aunque de discutible utilidad. Los diagramas de glifos (la palabra glifo se refiere a los canales verticales que aparecen como elementos decorativos en las columnas y, por extensión, a un símbolo que representa información de modo no verbal) son diagramas de dispersión que asocian a cada individuo no un símbolo idéntico sino una forma variable dependiente de otros factores. Los atributos que se pueden alterar pueden ser tanto cualitativos (símbolos diferentes) como cuantitativos (tamaño, orientación o color pueden depender de una variable continua). Las caras de Chernoff⁶ son un ejemplo especial de glifo, donde los rasgos faciales, como el tamaño y la forma de los ojos, la nariz, la boca, las orejas, etc., están ligados a los factores en estudio y producen para cada elemento una «cara» que nuestra respuesta emocional puede interpretar de manera global. En el ejemplo de la figura 2 se muestran ocho variables relacionadas con la calidad de vida del individuo, en tres casos que, de izquierda a derecha, reconocemos inmediatamente como de peor a mejor calidad global, gracias a la representación de los diferentes componentes de la calidad de vida en rasgos característicos, como la amplitud del rostro o los ojos, o la curvatura de la boca.

Otra aproximación multivariante es la de las curvas en coordenadas paralelas⁷, que para cada punto en k dimensiones conecta una línea de trazos a través de k ejes paralelos (fig. 3). Esta representación permite detectar agrupaciones o patrones especiales, bajo la apariencia que presenta el haz de rectas (por ejemplo, los gorriónes hembras de Manly suelen tener una cabeza más bien pequeña en relación con otras dimensiones de su cuerpo⁸). Estos métodos, orientados a la representación de un número «alto» de dimensiones, deberían ir al lado de los procedimientos que, más modestamente, se basan en proyectar sobre el plano datos en tres dimensiones, pero que tienen posiblemente menos limitaciones en cuanto al tamaño de los datos o sobre la interpretación del resultado. Además, una secuencia de gráficos de acuerdo con una cuarta variable permite ampliar la riqueza del análisis. Y aunque en este punto podríamos seguir combinando unos métodos con otros en busca de solu-

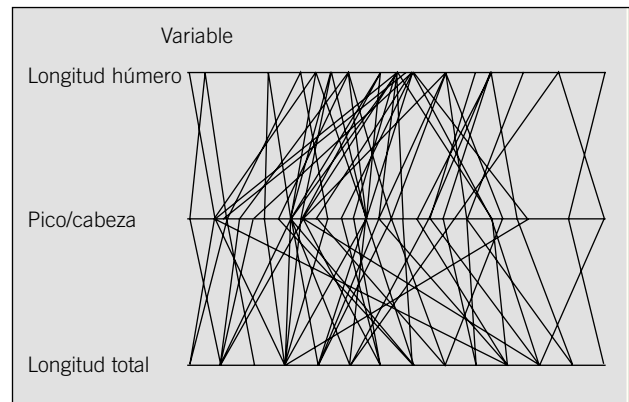


Fig. 3. Representación en coordenadas paralelas de las mediciones realizadas sobre 49 gorriónes hembra (Manly⁸).

ciones que persiguen la representación más expresiva, el colofón que resuma mejor la investigación desarrollada, es obvio destacar que también en algunos momentos los gráficos han sido no fin sino herramienta de trabajo. Esto es más común en tiempos recientes, desde que la potencia de cálculo computacional no es un lujo y desde que existen productos informáticos que incorporan algunas técnicas que nos gustaría describir muy brevemente.

El rasgo distintivo sobre las representaciones estáticas que aparecen en cualquier publicación es que la construcción de un gráfico es interactiva entre el usuario y el ordenador y, en consecuencia, el objetivo está más cerca del proceso habitual del investigador —plantear hipótesis de trabajo, validar, reformular— que en la elaboración de una representación finalista. El ordenador permite implementar secuencias dinámicas de diagramas, usando el tiempo como dimensión adicional, o permitiendo al explorador elegir el ángulo de proyección de sus datos. Como indican Wainer y Velleman⁹, la representación de gráficos es como una conversación, en la que ambas partes intercambian puntos de vista y se enriquecen mutuamente, incrementando en este proceso la posibilidad de detectar patrones, relaciones o excepciones.

Los procesos de interacción se están definiendo en torno a ciertas operaciones básicas. Se asume que los datos representados se observan desde varios puntos de vista y de diferentes maneras, pero consistentemente, de acuerdo con el principio de «enlazado» (*linking*), según el cual todas las vistas son coherentes en la representación de los datos, en cuestiones como los símbolos o colores empleados. Así, si un conjunto de puntos es seleccionado —la operación fundamental—, éstos resaltarán desde cualquier punto de vista y los restantes puntos permanecen igualmente pero como en segundo plano, sólo para proporcionar un contexto para los actores protagonistas. Las acciones que más frecuentemente se ofrecen para permitir la selección de observaciones reciben los nombres de «cepillar» y «rebanar» (*brush* y *slice*). Estas dos y otras operaciones, como «aislar» o «enmascarar», se basan en el principio por el que destacar la identidad común de un subconjunto de datos en múltiples vistas permite al analista relacionar mejor las distintas representaciones y, por tanto, descubrir más fácilmente estructuras subyacentes.

Abrumados por el exceso de datos

Un campo que emerge con fuerza es la «minería de datos» (usualmente conocida con el nombre de *data mining*). Lo traemos a colación aquí porque contiene los rasgos básicos

que estamos destacando: la exploración en busca de estructuras, asociaciones o relaciones en general, que se organiza sobre un gran conjunto de datos (en este caso se trataría de ingentes cantidades de datos residentes en enormes bases de datos). Aunque las técnicas empleadas en aplicaciones reales no posean una gran complejidad, se hacen interesantes propuestas de las que queremos destacar la de Wegman¹⁰, muy reciente, precisamente por hacer hincapié en procedimientos gráficos basados en la representación en coordenadas paralelas. La conclusión que se debe extraer es que, cuando la densidad de los datos provoca el agotamiento de las posibilidades de un método, es estimulante descubrir que se continúan abriendo nuevas e imaginativas vías para seguir extrayendo la información relevante.

Los gráficos en la comunicación científica (biomédica)

En el terreno de la comunicación científica (publicaciones, ponencias y pósters en congresos), los gráficos se utilizan fundamentalmente para presentar resultados obtenidos en un trabajo de investigación. Los gráficos son una valiosa herramienta para cumplir con este objetivo, ya que ofrecen varias ventajas. En primer lugar, un gráfico adecuado permite explicar la hipótesis de investigación que se aborda en un determinado trabajo, a la vez que permite al lector hacerse una idea general y comprender los principales resultados en poco tiempo, sin necesidad de una lectura detallada del texto. Por otro lado, los gráficos muestran al lector interesado en el tema detalles o matices de los datos y de sus complejas relaciones, que difícilmente podríamos exponer en forma de texto. Frecuentemente, permiten describir resultados con mayor precisión que la que se puede obtener mostrando los estadísticos convencionales.

Algunos conceptos básicos para crear gráficos de calidad

Para crear un gráfico de calidad que sirva a estos propósitos son fundamentales dos aspectos: tener una idea muy clara de qué se desea comunicar al lector y conocer algunas re-

glas básicas relacionadas con el modo en que opera la percepción visual humana, para poder optimizar el diseño del gráfico. Del mismo modo que es imposible recomendar una secuencia de acciones que conduzca al análisis estadístico ideal de nuestros datos, es también imposible ofrecer reglas que nos garanticen que vamos a emplear el gráfico más apropiado para nuestros datos. Aun así, algunas características genéricas pueden identificarse en el «gráfico ideal» para mostrar los resultados obtenidos en un trabajo.

La primera de ellas es que el gráfico debe ser autoexplicativo: debe contener la información necesaria para interpretar correctamente el gráfico (títulos de ejes, unidades, leyenda) o en el correspondiente pie de figura. Por supuesto, esta propiedad no excluye la necesidad del contexto que proporciona el marco de trabajo: artículo, informe, comunicación oral, etc. La consistencia del gráfico, tanto interna (entre títulos y pies de figura, unidades no proporcionales a las distancias en los ejes, etc.) como externa (discrepancias respecto a informaciones contenidas en las tablas y el texto o la repetición innecesaria de la información) debe cuidarse al máximo, ya que este tipo de errores se da con más frecuencia de la que sería deseable.

Otra particularidad común al hipotético gráfico ideal es que muestre características de los datos que no pueden ser explicadas fácilmente de otro modo, ni en forma de tabla ni de texto. Finalmente, un buen gráfico debería ayudar al lector a comprender y recordar con facilidad los resultados y conclusiones más relevantes de la investigación presentada.

Sin embargo, a pesar de que estas reflexiones las comparte la mayoría de los investigadores, no es habitual que desde los medios de comunicación científica se emprendan acciones decididas para mejorar este aspecto. Si nos centramos en el ámbito de las revistas biomédicas veremos que en las recomendaciones a los autores, lo más habitual es encontrar unas directrices que hacen exclusivamente referencia a los aspectos más formales (tamaño y tipo de las fuentes, legibilidad de los símbolos, claridad en las leyendas y títulos) o a los estrictamente editoriales (número de figuras, utilización del color, numeración, identificación y calidad de impresión de los originales)^{11,12}. Por el contrario, es fácil encontrar de manera sistemática directrices que hacen hincapié en la correcta presentación de los resultados estadísticos en el texto (mostrar tamaños muestrales, incluir medidas de variabilidad, presentar estimaciones de los efectos, etc.), directrices que en muchos casos deberían aplicarse también a la presentación gráfica de resultados.

En las revistas biomédicas, los originales que abordan cuestiones metodológicas presentan parecida asimetría. Mientras que es relativamente habitual encontrar trabajos que presentan, revisan y discuten alternativas metodológicas para la elaboración y presentación de resultados, no plantean, o lo hacen de modo muy somero, los aspectos específicos de la representación gráfica¹³.

En la tabla 1 se muestran los pasos básicos que nos deberían llevar a la elaboración de gráficos de calidad¹⁴. Esta lista pretende ser simplemente orientativa y está enunciada en términos de acciones positivas que, debidamente aplicadas a nuestro problema particular, nos ayudarán a mejorar los gráficos.

Recomendaciones en la práctica

Para ilustrar algunas de las ideas introducidas en el apartado anterior tomemos un hipotético ejemplo y, comenzando con una representación gráfica deficiente, vayamos corrigiendo errores y enriqueciéndola aplicando distintos cambios que den lugar a diferentes visiones de los datos de

TABLA 1

Pasos a seguir para la elaboración de los gráficos

1. Definir qué es necesario comunicar al lector y determinar si un gráfico es la mejor herramienta para ello (frente a una tabla o a la exposición en forma de texto).
2. Identificar las principales características que condicionarán la construcción del gráfico: ¿debe/puede mostrar los datos?, ¿su objetivo primordial es describir o comparar/relacionar?, ¿cuál es la naturaleza de las variables (cualitativa, cuantitativa)?
3. Identificar correctamente la naturaleza de las unidades de información: ¿son distintas variables medidas en un mismo individuo?, ¿existe apareamiento (natural o por diseño) que deba reflejarse en el gráfico y de qué manera?
4. Determinar qué variable/s es necesario mostrar para ilustrar convenientemente el resultado que se desea comunicar y juzgar cuidadosamente si es necesario incluir posibles variables de interacción o de confusión para que el lector pueda valorar su importancia.
5. Elegir el formato gráfico, preguntándose siempre si hay una alternativa mejor para mostrar esos datos. Evaluar si el hecho de combinar elementos gráficos (p. ej., añadir las distribuciones univariantes en los ejes de un diagrama de puntos) puede mejorar la calidad del gráfico.
6. Elaborar minuciosamente el gráfico, prestando especial atención al hecho de que sea autoexplicativo y consistente tanto con la información mostrada en él (ejes, etiquetas, abreviaciones), como con el resto de los contenidos del manuscrito (duplicidad de resultados, cambios de unidades, tamaños de muestra).

Adaptada de Schrager y Cooper¹⁴.

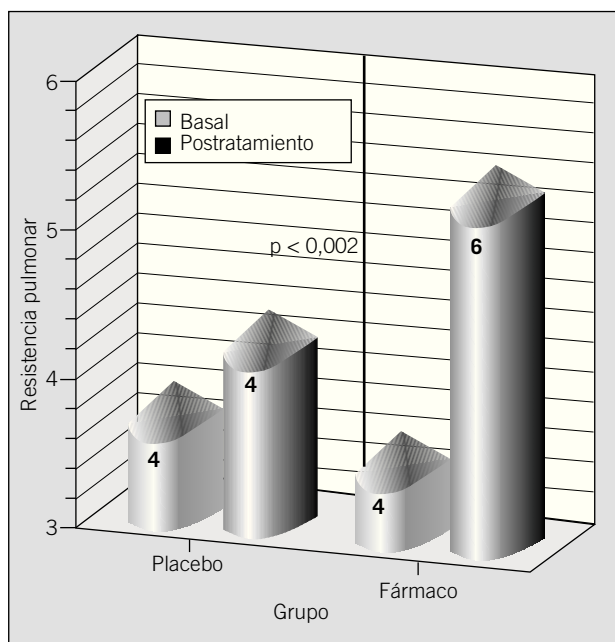


Fig. 4a. Evolución de un gráfico deficiente a un gráfico útil.

nuestro problema, tal vez útiles para responder a objetivos diversos.

Pretendemos evaluar el efecto inducido por un fármaco (F) frente a placebo (P) en un diseño de grupos paralelos donde 50 pacientes se han distribuido aleatoriamente en dos grupos de 25; disponemos de una medida basal (B) y una postratamiento (PT) del parámetro funcional de interés (resistencia pulmonar, con unidades $\text{hPa l}^{-1} \text{s}$). La primera representación (fig. 4a) corresponde a un diagrama de barras con elementos que obstaculizan o directamente impiden al lector la correcta percepción de los resultados obtenidos. El efecto de profundidad, las líneas de parrilla, los tramados, la base oscura, distraen más que ayudan, sin aportar absolutamente nada a la representación gráfica. La falsa perspectiva y los distintos planos en los que se encuentran el eje de ordenadas y las barras originan que la percepción de la altura no se corresponda con el valor que representan, lo que hace necesario incluirlos en el gráfico. Además, el eje de ordenadas muestra un intervalo pequeño, que exagera visualmente la diferencias entre ambos grupos (P frente a F), diferencia que además se expresa en forma de resultado estadístico como un valor de p descontextualizado, sin indicar a qué contraste corresponde. Simplemente corrigiendo estos aspectos obtenemos la figura 4b, donde toda la información relevante se ha mantenido y se han eliminado los elementos superfluos, a la vez que se ha corregido la distorsión. Ahora, el lector puede apreciar de modo mucho más claro el resultado global del experimento. Aun así, este nuevo gráfico no permite al lector hacerse una composición de lugar sobre la imprecisión asociada, información que deberá buscar en el texto o en alguna tabla del manuscrito, lo que le impide evaluar críticamente las diferencias y la significación que muestra el gráfico.

Incorporar la información sobre la variabilidad puede hacerse fácilmente y, en este caso, hemos optado por incluir una línea que indique la semiamplitud del intervalo de confianza del 95% (dado que es simétrico) a la vez que hemos eliminado el valor de p (que habremos incorporado al texto de forma apropiada) (fig. 4c). Sin embargo, una mirada crítica

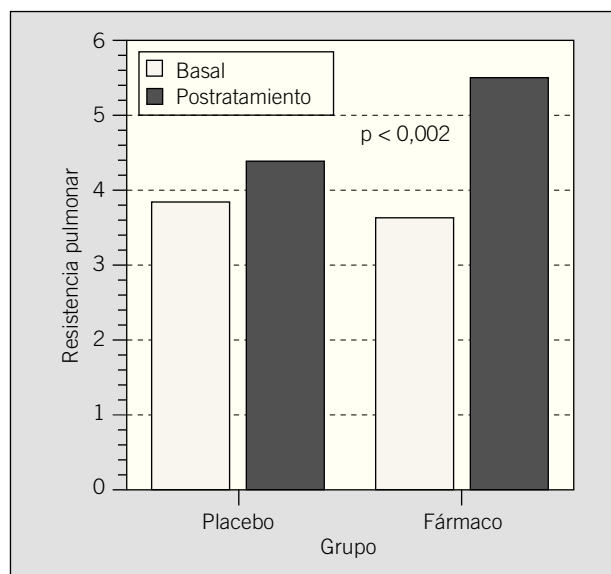


Fig. 4b.

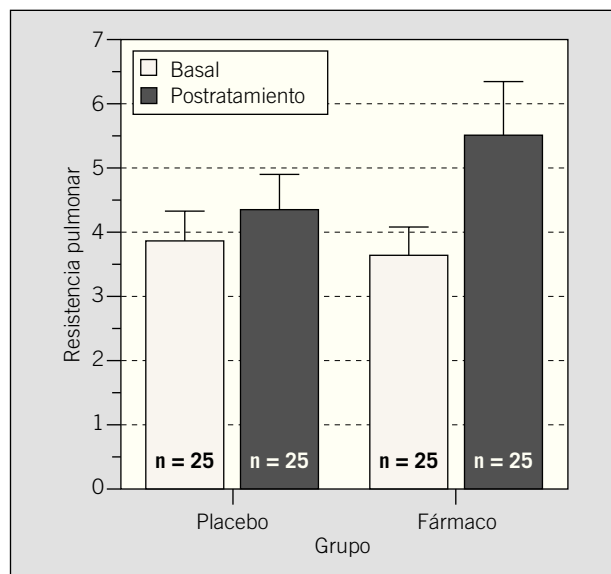


Fig. 4c.

a este gráfico nos permite identificar dos cuestiones importantes. En primer lugar, el gráfico muestra únicamente los valores correspondientes a la media, la variabilidad y el tamaño muestral de 4 grupos, información que quizá podría plasmarse mejor en forma de tabla. En segundo lugar, la relación entre los valores basales y postratamiento no se expresa, por lo que ignora la dependencia entre ambas observaciones. En el mismo gráfico se puede representar la distribución de las observaciones en los 4 grupos, lo que solventaría el primer punto. Diversas alternativas nos permiten comparar las distribuciones: *boxplots*, donde se representa la distribución de forma condensada tal y como se representa en la figura 4d; histogramas, diagramas de tallo y hojas, o *dot-plots* adyacentes, donde se muestra la distribución completa de los datos (fig. 4e). Cualquiera de estas gráficas transmite una imagen bastante realista de los resultados del experimento: apreciamos que la distribución de

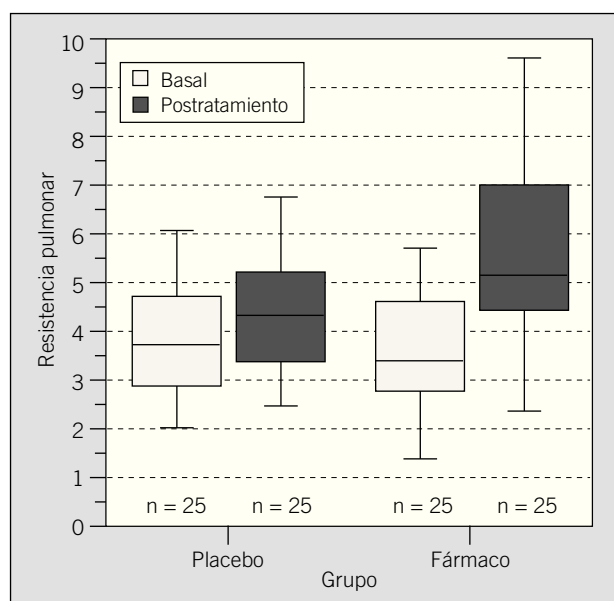


Fig. 4d.

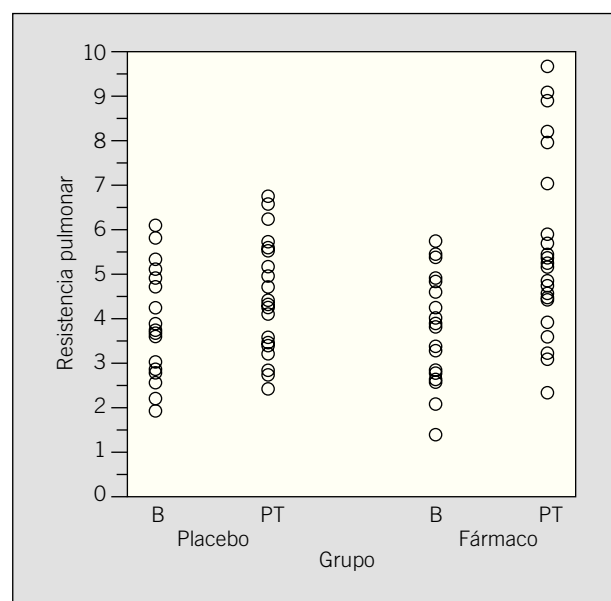


Fig. 4e.

los valores postratamiento tiende a presentar un cierto desplazamiento hacia valores superiores en ambos grupos, aunque el hecho más llamativo es que el fármaco ensayado induce un sensible incremento en la dispersión de los valores postratamiento, lo que permite plantear al lector cuestiones sobre la heterogeneidad de su efecto, tal vez por problemas en la forma de administración.

No nos olvidemos del segundo problema que habíamos identificado, la dependencia individual entre los valores basales y postratamiento. Un modo usual de incluir esta relación en el gráfico es unir los puntos de los *dot-plots* mediante segmentos tal y como se muestra en la figura 4f. Esta útil estrategia permite mostrar al lector que parte de la gran dispersión observada en el grupo con tratamiento activo se debe a que parecen existir dos «tipologías» de individuos: la mayoría, que sí manifiesta un efecto, y algunos individuos que reflejan únicamente una evolución similar a la del grupo placebo.

Con 25 individuos en cada grupo, un tamaño relativamente pequeño, esta representación gráfica parece interesante, pero si dispusiéramos de 200 individuos por grupo, su utilidad se vería muy comprometida, pues la gran densidad de segmentos ocultaría cualquier patrón señalado por una posible relación. En estas situaciones se debe recurrir a otras alternativas, como presentar un diagrama de puntos de la diferencia postratamiento respecto del valor basal (PT-B) o la alternativa presentada en la figura 4g, donde se ha ordenado a los individuos de menor a mayor en función de sus valores basales, mostrando la magnitud del cambio inducido por el tratamiento como líneas verticales de distinta longitud, con lo que su extremo indica el valor individual postratamiento¹⁵. En revistas biomédicas es mucho más habitual encontrar el primer tipo de gráficos para mostrar la relación (fig. 4f) que esta última alternativa (fig. 4g). Aunque ambos gráficos muestran al lector el experimento efectuado con gran detalle, si se siguen las recomendaciones

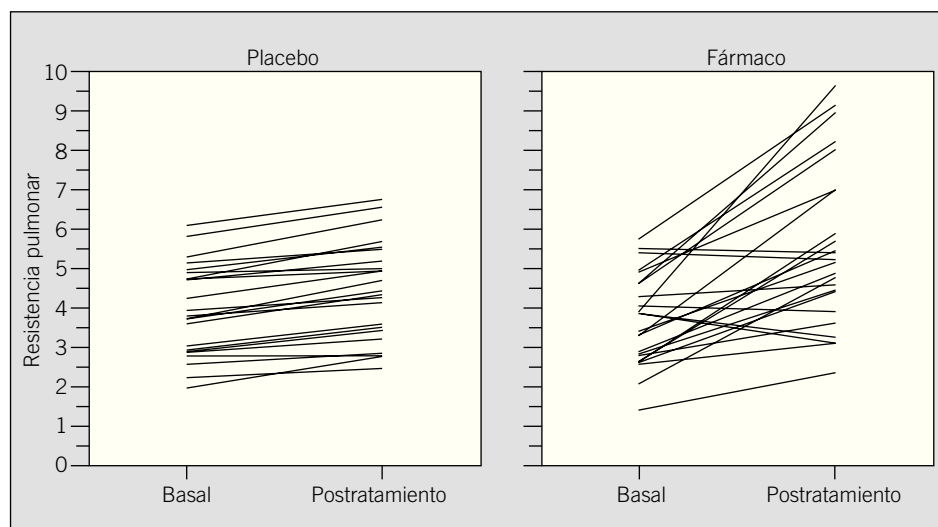


Fig. 4f.

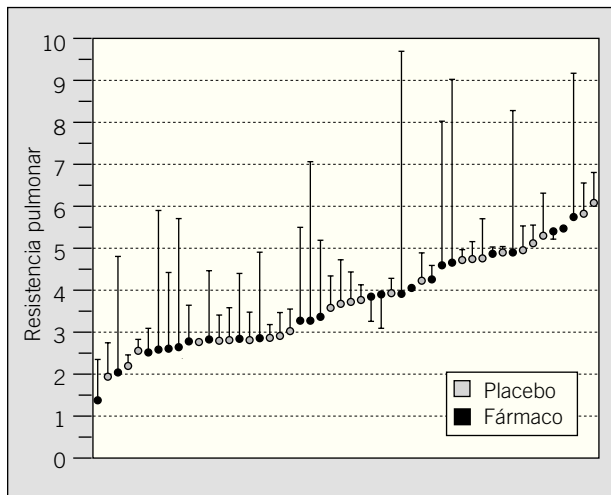


Fig. 4g.

de Cleveland¹⁶ sobre la percepción visual, sería preferible utilizar este último gráfico puesto que las magnitudes del cambio inducido se expresan de forma directa como una longitud, mientras que en el gráfico anterior tienen que derivarse de la pendiente del segmento. Estas consideraciones sobre las diferencias en la percepción de la imagen gráfica pueden parecer muy sutiles, pero el lector debe tener en cuenta que pueden llegar a repercutir en la toma de decisiones derivadas de la información contenida en el gráfico, tal y como han demostrado algunos autores¹⁷. Otras modificaciones permitirían añadir aún más información al gráfico sin complicarlo. La inclusión de otras potenciales variables de interés, como p. ej., el sexo o cualquier estratificación de una variable continua, puede lograrse simplemente introduciendo distintos símbolos o colores en estos mismos gráficos (fig. 4h). Recordamos al lector que este ejemplo sólo pretende ilustrar las posibilidades que ofrece un gráfico de calidad para evaluar las complejas relaciones que pueden presentar los datos, en este caso un experimento con grupos paralelos.

La atención al paciente: ¿pueden ayudarnos los gráficos?

En la actualidad, los profesionales de la salud (personal técnico, de enfermería o médicos) disponen de una abrumadora cantidad de información sobre el paciente. ¿Es esto, tal como parece, una buena noticia? Creemos que sí, pero se hace necesario plantearse alternativas que faciliten el manejo y la utilización de toda esta información al profesional de la salud.

El historial médico completo de un paciente contiene información de muy diversos tipos, orígenes y finalidades y en muchas ocasiones no está organizada para ser de especial utilidad en el cuidado y seguimiento clínico del paciente. Algunos estudios han demostrado que la utilización de información resumida y bien organizada mejora la calidad asistencial¹⁸. La representación gráfica ha de permitir al profesional explorar la información disponible sobre el paciente a distintos grados de profundidad (p. ej., respecto al tiempo) o de abstracción (p. ej., representando simultáneamente distintos parámetros relacionados con una determinada función vital), lo que ha de redundar en una mejor comprensión de los datos, así como estimular y facilitar la identificación de patrones o relaciones que serían difícilmente detectados de otra manera.

Se han propuesto algunas iniciativas, tanto en ámbitos específicos (respiratorio¹⁹, cuidados intensivos²⁰) como en un entorno general hospitalario²¹⁻²³. Éste es un campo relativamente reciente y, dado que el coste del desarrollo, implementación y mantenimiento de este tipo de herramientas es elevado, son aún pocos los ensayos pioneros en esta dirección. Por todo esto, no se dispone todavía de suficiente información para definir directrices generales adecuadamente validadas que puedan ayudar en el diseño de soluciones eficaces en el entorno asistencial particular.

En el ámbito de la medicina, las herramientas o sistemas de visualización de la información deberían conseguir un variado y ambicioso conjunto de objetivos. Éstos cubren desde la presentación de la información médica de un modo más intuitivo, fácil de comprender, aprender y reconocer, hasta permitir al profesional que pueda ampliar visualmente información sutil sobre los acontecimientos relacionados con el diagnóstico, tratamiento, gestión de pacientes y su proceso

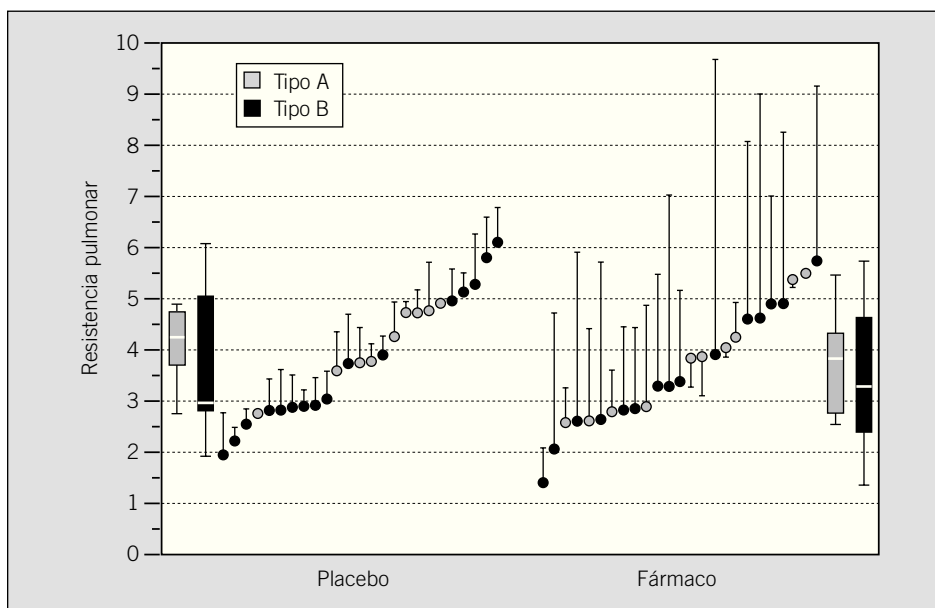


Fig. 4h.

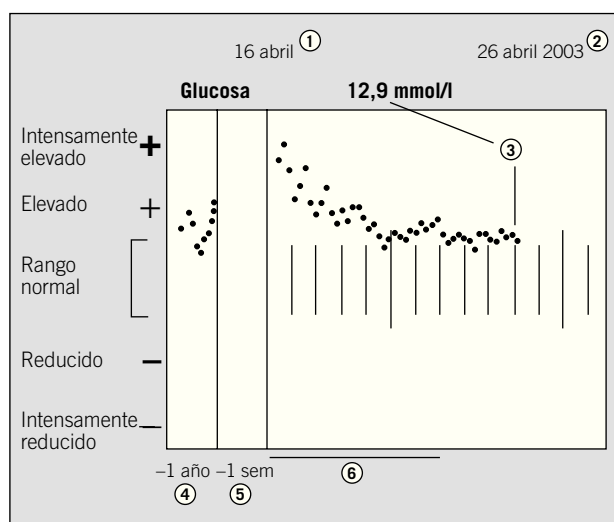


Fig. 5. Diseño básico de un subgráfico típico del graphical patient summary propuesto por Powsner y Tufte²¹, que permite evaluar con facilidad la serie histórica de valores de glucemia del paciente. ¹fecha de admisión; ²fecha actual; ³último valor observado; ⁴un año o más anteriores a la admisión; ⁵la semana anterior a la admisión; ⁶la semana posterior a la admisión.

de curación, que de otro modo es difícil de plasmar. Todo esto sin olvidar la premisa fundamental: evitar el exceso de información, que colapsa y dificulta la apreciación de la información relevante.

El procedimiento propuesto por Powsner y Tufte²¹ se basa en una representación compuesta por un panel denominado *graphical patient summary*, donde cada subgráfico del panel presenta una variable de interés (fig. 5), junto a un listado de acontecimientos asociado a cada paciente. Es un diseño relativamente sencillo pero muy informativo, al que se le pueden añadir muchos elementos de interactividad para adecuarlo a las necesidades de un entorno particular. En resumen, subrayamos que los gráficos son una herramienta con un potencial que va más allá del terreno estrictamente científico y con una clara utilidad en el ámbito asistencial. No dudamos de que estas herramientas se irán introduciendo progresivamente en nuestro entorno y serán de mayor utilidad en la medida en que los propios profesionales implicados sean capaces de aportar ideas y sugerencias sobre sus necesidades vinculadas a las tareas de atención al paciente.

Conclusiones

El profesional científico y, en particular, el profesional de la salud, pueden beneficiarse de un conocimiento notable de la técnica de representación gráfica de datos. Al igual que la estadística, no es un barniz de ciencia que puede mejorar el aspecto de un trabajo deficiente. Es una herramienta imprescindible en el proceso de revelación del conocimiento, enturbiado por auténticas avalanchas de datos de obtención económica.

El lenguaje de la representación gráfica es prácticamente una disciplina que progresa a medida que surgen nuevos retos y propuestas de solución. Es por esto que no podemos constatar la existencia de un conjunto sólido de referencias a seguir por el profesional que lo desea aplicar adecuadamente en su área, solamente algunas guías con bastante sentido común. Las buenas representaciones gráficas comparten con la redacción de calidad el mérito de convertir al lector en un activo participante del trabajo: no sólo le atraen y le involucran en la investigación, sino que le convierten en un evaluador crítico que aprende e imita las técnicas del lenguaje que tan hábilmente le han atrapado.

La obra de Tufte es recomendable²⁴, ya que plasma abundantes ejemplos de la buena y la mala práctica del uso de gráficos. Tras un repaso, el lector seguramente hallará motivación para aplicar el mismo grado de rigor a sus representaciones gráficas que a sus textos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Carrasco JL, Jover, L. Métodos estadísticos para evaluar concordancia. *Med Clin (Barc)* 2003;121(supl 2):28-34.
2. Fisher RA. *Statistical methods for research workers*. Londres: Oliver and Boyd, 1925.
3. Everitt B. *Graphical techniques for multivariate data*. Londres: Heinemann Educational Books Ltd, 1978.
4. Tukey JW. *Exploratory data analysis*. Reading: Addison-Wesley, 1977.
5. Aluja T, Morineau A. Aprender de los datos. El análisis de componentes principales: una aproximación desde el *data mining*. Barcelona: EUB, 1999.
6. Chernoff H. The use of faces to represent points in k-dimensional space graphically. *J Am Stat Assoc* 1973;68:361-8.
7. Inselberg A. The plane with parallel coordinates. *The Visual Computer* 1985;1:69-91.
8. Manly BFJ. *Multivariate statistical methods: a primer*. 2nd ed. London: Chapman and Hall, 1994.
9. Wainer PF, Velleman H. Statistical graphics: mapping the pathways of science. *Annu Rev Psychol* 2001;52:305-35.
10. Wegman EJ. Visual data mining. *Stat Med* 2003;22:383-97.
11. International Committee of Medical Journal Editors. Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals. *Ann Intern Med* 1997;126:36-47.
12. Lemann J. Serving as a reviewer. *Kidney Int* 2002;62:1081-7.
13. Mora R. Cómo mejorar la calidad estadística de los artículos presentados a revistas biomédicas: lista de comprobación para los autores. *Med Clin (Barc)* 1999;113:138-49.
14. Schriger DL, Cooper RJ. Achieving graphical excellence: suggestions and methods for creating high-quality visual displays of experimental data. *Ann Emerg Med* 2001;37:75-87.
15. McNeil D. On graphing paired data. *Am Stat* 1992;46:307-11.
16. Cleveland WS. *The elements of graphing data*. Monterey: Wadsworth Advanced Books and Software, 1985.
17. Elting LS, Martin CG, Cantor SB, Rubenstein EB. Influence of data display formats on physician investigators' decisions to stop clinical trials: prospective trial with repeated measures. *BMJ* 1999;318:1527-31.
18. Whiting-O'Keefe QE, Simborg DW, Epstein WV, Warger A. A computerized summary medical record system can provide more information than the standard medical record. *JAMA* 1985;254:1185-92.
19. Cole WG, Steward JG. Metaphor graphics to support integrated decision making with respiratory data. *Int J Clin Monit Comput* 1993;10:91-100.
20. Horn W, Popow C, Unterasinger L. Support for fast comprehension of ICU data: visualization using metaphor graphics. *Methods Inf Med* 2001;40:421-4.
21. Powsner SM, Tufte ER. Graphical summary of patient status. *Lancet* 1994;344:386-9.
22. Plaisant C, Mushlin R, Snyder A, Li J, Heller D, Shneiderman B. Lifelines: using visualizations to enhance navigation and analysis of patient records. *Proc AMIA Annu Fall Symp* 1998:76-80.
23. Kosara R, Miksch, S. Visualization methods for data analysis and planning in medical applications. *Int J Med Inf* 2002;68:141-53.
24. Tufte ER. *The visual display of quantitative information*. Cheshire: Graphics Press, 1983.