

Les tecnologies de mesura del temps: implicacions a la capçalera del llit i al laboratori

Stanley Joel Reiser

Traducció de Joan M. V. Pons i Gaietà Permanyer-Miralda de l'article: Reiser SJ. The technologies of time measurement: implications at the bedside and the bench. *Ann Intern Med.* 2000;132(1):31-6.

És fabulós com el temps ha estat un element bàsic en tecnologies clau desenvolupades per avaluar malalties. Les tecnologies centrades en el temps poden dividir-se en dues categories bàsiques: aquelles que generen dades que utilitzen els metges per diagnosticar i fer el seguiment de malalties i aquelles que organitzen les dades en formats que revelen missatges mèdics essencials. Aquest assaig examina com han sorgit aquestes tecnologies i com han influenciat la pràctica clínica i de laboratori.

L'informe clínic del cas

La primera tecnologia que va establir la significació del temps en la pràctica mèdica va ser una tecnologia d'organització de dades: l'informe clínic del cas. Com totes les tecnologies, té dos components: un aspecte conceptual, que crea una estratègia operativa, i un aspecte material, a través del qual aconseguix efectes tangibles. La base conceptual del cas clínic és l'ordenació dels fets per l'acció del temps. La seva dimensió material és la transcripció d'aquesta evidència en un format escrit, posteriorment incorporat com història clínica dels esdeveniments observats.

Els metges de l'antiga Grècia, que aprenien i practicaven sota la influència d'Hipòcrates en el segle V aC, foren agents fonamentals en la creació d'aquesta tecnologia, la qual cosa facilita la síntesi de l'experiència clínica. El desenvolupament del cas clínic com un instrument cronològic deriva de la posició bàsica del temps en el pensament i la terapèutica grecs. Els grecs practicaven la medicina pronòstica; estaven interessats en el seguiment del rastre de símptomes de la malaltia en cada pacient i en com sorgien aquests símptomes en el temps. Mentre observaven aquest passatge, els metges buscaven signes específics d'aparició, alteració o agrupació dels quals augurava un canvi en la gravetat de la malaltia i en les possibilitats de recuperació.

Aquesta focalització en el pronòstic tingué una gran significació terapèutica. La teràpia estava basada en la selecció del moment més apropiat en l'evolució de la malaltia per a prendre mesures correctores. En la visió dels grecs, el mateix remei podria tenir diferents efectes en funció de quan s'utilitzava en el curs de la malaltia. El moment era un aspecte central del tractament i la història clínica cronològica proporcionava un mitjà per a la comprensió i la documentació de l'experiència clínica.

L'ús del temps com una variable ordinal en la construcció del cas clínic també reflectia la visió grega segons la qual la malaltia era causada per una resposta a les alteracions periòdiques en

l'entorn circumdant. L'extraordinari assaig hipocràtic *Aires, aigües i llocs* diu que: "qui vulgui seguir correctament la ciència mèdica" ha de, primerament,

"[...] considerar quins efectes pot produir cada estació de l'any; les estacions no són gens iguals, sinó que difereixen àmpliament tant en si mateixes com en els canvis [...] Amb el pas del temps i dels anys, serà capaç de dir quina malaltia epidèmica atakarà la ciutat ja sigui a l'estiu o a l'hivern, així com les malalties pròpies dels individus que és probable que es produeixin per canvis en el mode de vida. Coneixent els canvis de les estacions i la sortida i posta de les estrelles [...] tindrà coneixement complet de cada cas particular, tindrà millor èxit en assegurar la salut i assolirà els més grans triomfs en la pràctica del seu art."

La connexió bàsica de la malaltia amb el canvi estacional fa lògica l'ordenació temporal del cas clínic.

El cas clínic, doncs, passa a ser una tecnologia per descriure, preservar i organitzar l'experiència de la malaltia per a la seva utilització com un ajut (*aide-mémoire*) per al facultatiu i com un registre científic per il·luminar la naturalesa de la malaltia. En els informes de casos hipocràtics rarament es menciona el tractament. Es focalitza més aviat en la seqüència temporal dels símptomes del pacient i el resultat de la malaltia. Les poques recopilacions d'informes clínics que sobreviuen en la literatura hipocràtica s'acompanyen de llargues seccions que discuteixen les possibles causes dels símptomes i de la malaltia descrits.

Els casos hipocràtics comencen amb una declaració dels símptomes presents: "Erasinus, que vivia prop del canal de Bootes, va tenir febre després de sopar; va passar la nit en un estat d'agitació". El curs de la malaltia es traça cronològicament. En els casos en què la malaltia és curta, com aquest, es fan informes diaris de l'evolució. En les llargues es proporcionen observacions quan es dona un canvi en l'ocurrència dels símptomes. El cas d'Erasinus continua:

"Durant el primer dia tranquil, però amb dolor a la nit. El segon dia, s'agreugen tots els símptomes; nit delirant. El tercer estava en un estat dolorós; gran incoherència. El quart dia estava en un estat més incòmode; no tenia un son normal a la nit, però somiava i parlava; després totes les aparences empitjoren: por, impaciència. El matí del cinquè dia estava sencer i força coherent, però molt abans del migdia estava furiosament boig, de manera que no es podia contenir a si mateix; extremitats fredes i un xic lívides; orina sense sediment; va morir a la posta de sol. En aquest cas la febre estava acompanyada de suors generalitzades; l'hipocondri estava en un estat de meteorisme, amb distensió i dolor; l'orina era fosca, hi flotaven substàncies rodones que no van desaparèixer; les defecacions blanquinoses no paraven; la set encara no era molta; molts espasmes amb sudoració en el moment de morir."

Els detalls de l'informe clínic del cas, tal com s'escriu avui en dia, ha canviat, particularment en convertir-se en una història clínica conservada institucionalment en consonància amb l'evolució dels hospitals i la complexitat creixent de la ciència mèdica i de les organitzacions. Però la seva forma cronològica ha estat el seu component ferm d'ordenació.

El gràfic clínic

La següent tecnologia mèdica significativa que es focalitza en la utilització del temps és el gràfic clínic. Com el cas clínic, és construït per l'acció humana; tanmateix, la seva evidència bàsica no deriva de les descripcions personals del pacient. Consisteix principalment en dades gràfiques i numèriques ajuntades en una graella impresa que forma part de l'expedient hospitalari. Aquestes dades mostren els efectes de la malaltia i la teràpia en les funcions biològiques essencials del pacient al llarg del temps. El gràfic clínic és l'organitzador en cap d'aquesta evidència i és una expressió de la transformació de la medicina a la capçalera del llit des d'un esforç personal, basat en troballes subjectives, a una disciplina científica, fonamentada en dades objectives.

La tecnologia que va generar dades clau en els gràfics clínics primerencs va ser el termòmetre. L'esdeveniment més significatiu en el desenvolupament del termòmetre va ser la publicació el 1868 de *Sobre la temperatura en les malalties* del metge alemany C. A. Wunderlich. Aquest treball seminal va crear un paper clínic fonamental per al termòmetre en demostrar el paper central de la temperatura en la definició i el seguiment del curs temporal d'una malaltia.

Galileu, aproximadament el 1603, va inventar el primer instrument per mesurar la calor i el fred. No hi ha proves que ho apliqués per avaluar la temperatura corporal; aquesta distinció correspon a un metge, Santorio Santorio. El 1625 va publicar unes descripcions d'instruments que, al bufar amb la respiració o col·locat a la boca o a la mà, provocava canvis en la columna d'aigua marcada per una escala, essent la pujada i la baixada de l'alçada una mesura numèrica de la temperatura. Santorio afirmava que aquests canvis permetien una visió de la condició del pacient.

Durant els dos segles següents, el desenvolupament dels termòmetres va estar obstaculitzat pel debat teòric i tècnic focalitzat en dos punts: quina era la substància que era el millor indicador del canvi de temperatura, i quina escala ho quantificava i demostrava millor. Als inicis del segle XVIII, G. D. Fahrenheit va fer grans avenços en l'abordatge de les dues qüestions. Va demostrar el valor del mercuri com a substància que responia als canvis amb la calor i va construir una escala de mesura basada en el punt zero (la temperatura de congelació d'una barreja de gel, aigua i sal de mar), un punt a 32 graus (el punt de congelació de l'aigua) i un punt a 96 graus (la temperatura externa del cos humà que mostrava el seu termòmetre).

Durant els segles XVIII i XIX, els metges utilitzaven, tot i que moderadament, el termòmetre de Fahrenheit i les seves variacions. Les variacions tècniques entre diferents instruments, les dades inadequades sobre el significat de les seves troballes, la grandària excessiva dels termòmetres i el temps necessari per a poder fer les lectures, així com la manca d'una visió conceptual

global en la utilització de l'instrument, van fer que la termometria decaigués. Va ser el treball magistral de Wunderlich el que va canviar l'opinió cap al dispositiu i les seves troballes.

Tanmateix, l'abundància de resultats numèrics generats per tecnologies quantitatives desenvolupades al segle XIX, com ara els termòmetres, les proves de laboratori i les mesures de la pressió sanguínia, no s'haurien pogut utilitzar intel·ligentment sense una tecnologia que ordenés les dades en un patró comprensible de fets. Innovadors com Wunderlich reconeixien que les idees més importants quant a la salut i la malaltia ofertes per aquestes funcions quantitatives estaven directament lligades al temps. La manera en què aquestes mesures canviaven al llarg del temps subministrava proves fonamentals sobre la naturalesa i els resultats de la malaltia. Aleshores, innovacions com el termòmetre depenien d'una altra tecnologia bàsica: el gràfic de sèries temporals. En medicina, aquesta tecnologia enllaçava el canvi fisiològic en el temps i produïa una representació visual de la salut i la malaltia.

Avui en dia, els gràfics que mostren la tendència dels esdeveniments al llarg del temps són les formes més utilitzades d'aquest mitjà. Edward Tufte, expert modern en l'expressió de dades en format gràfic, ha assenyalat que "amb una dimensió que marxa al ritme regular de segons, minuts, hores, setmanes, mesos, anys, segles i mil·lennis, l'ordenació natural de l'escala de temps dona a aquest disseny una força i una eficiència interpretativa que no es troba en cap altra mena de gràfic".

L'exemple més vell d'un gràfic de sèries temporals és una il·lustració d'aproximadament el segle X que mostra la inclinació de les òrbites planetàries en funció del temps. La representació gràfica de sèries temporals va ser descuidada fins al segle XVIII, quan va atraure l'interès científic, i el seu ús va avançar teòricament i pràcticament amb *The commercial and political atlas* de William Playfair, publicat el 1786. L'objectiu de Playfair va ser substituir taules de números per representacions visuals d'informació, anomenant a aquest format gràfic "aritmètica lineal". Va mostrar la capacitat dels gràfics de sèries temporals per mostrar una dimensió comparativa més gran dels esdeveniments representats que les taules numèriques:

"La informació que és adquirida imperfectament, generalment es reté imperfectament; un home que ha investigat amb cura una taula impresa troba, en acabar, que sols té una idea molt feble i parcial del que ha llegit; i, com una escultura feta a la sorra, totalment esborrada i desfigurada [...] En inspeccionar cadascun d'aquests gràfics atentament, s'obté una impressió suficientment clara que resta intacta per un temps considerable, i la idea que queda és simple i completa."

Al segle XIX ningú millor que Wunderlich va demostrar en medicina el poder clínic del gràfic de sèries temporals. El seu llibre explora dos tipus bàsics de gràfic. Un mostra la pujada i baixada de la temperatura al llarg del temps en poblacions amb determinades malalties i crea, per tant, retrats de la malaltia. Els retrats són construïts en comparar les corbes de temperatura de milers de pacients i representen el curs típic de la temperatura en una malaltia particular. Wunderlich emfatitzava la superioritat del gràfic sobre altres mitjans tabulars i estadístics d'ordenar números per crear un retrat de la malaltia basat en la temperatura. Per tal de derivar les característiques generals d'una malaltia a partir de múltiples observacions separades de la temperatura, insistia que el metges "han de mirar menys els números que la

forma, és a dir, el contorn variant del sistema d'ones que cada corba separada ens proporciona. Sols d'aquesta manera serem capaços de construir una corba model la qual pot expressar aproximadament les peculiaritats de casos únics." Wunderlich va trobar que les harmonies i identitats per construir models de malaltia a partir de casos individuals residia en el poder del gràfic per revelar la "successió ordenada" del canvi de temperatura durant tot el curs de la malaltia. Era aquesta progressió en el temps, revelada pel gràfic, el principal determinant de les corbes de temperatura del model.

El gràfic clínic, una altra mena de gràfic, mostra el curs clínic de la malaltia en un pacient individual. Aquests gràfics representen una altra innovació clínic. No sols hi ha representada la lectura de la temperatura, sinó també altres funcions fisiològiques exposades numèricament, principalment el pols i la freqüència respiratòria. Wunderlich, en afegir aquesta informació al seu gràfic clínic, va ajudar a establir la temperatura, el pols i la respiració com a les tres mesures fisiològiques essencials de l'examen clínic. Wunderlich indicava també en aquests gràfics quan s'administrava medicació o alguna altra teràpia. La representació gràfica, àmpliament adoptada en medicina, va consolidar els tractaments i l'estat fisiològic diaris del pacient. Podia demostrar amb claredat la relació entre accions terapèutiques i canvis biològics i, així, els metges focalitzaven els efectes d'espaiar temporalment el tractament. Així, per exemple, un metge del Massachusetts General Hospital dirigia els lectors de la seva història clínic al "gràfic de la temperatura" per veure la ràpida baixada de la febre del pacient després de l'administració de quinina. Els gràfics clínics proporcionaven així als clínics una perspectiva comparativa i integral de com influeixen les seves intervencions en la malaltia, convertint-se en registres visuals de resultats en salut.

Aquestes són les reflexions de Wunderlich sobre el gràfic clínic:

"Sigui quina sigui la naturalesa de les observacions termomètriques, si han de ser d'alguna utilitat, és essencial que *els resultats obtinguts es registrin contínuament*. Això es pot fer millor i així fer més evident el curs de la malaltia, indicant-ho *en el gràfic* o en un mapa reglat *com una línia corba contínua*. En el gràfic es poden marcar tant els graus segons Reaumur o Celsius (els centígrades). És convenient tenir en compte la freqüència del pols i el nombre de respiracions d'una manera similar, però en colors diferents. Això es pot fer amb llapis de colors. Altres indicadors d'altres símptomes i observacions que són altament importants, es poden mostrar en el mateix gràfic. D'aquesta manera, el curs complet de la malaltia, amb totes les seves fluctuacions, complicacions, tendències i canvis es pot visualitzar d'un sol cop d'ull. Cap memorització, encara que retentiva, tanmateix realista i fidel a la natura, ofereix una semblança tan "expressiva" del curs de la malaltia com aquest gràfic. La comparació conjunta de molts gràfics com aquest mostra la uniformitat del curs general de les malalties; permet, per dir-ho d'alguna manera, la promulgació de les lleis de les malalties i mostra totes les variacions i irregularitats de la malaltia, així com l'efecte dels agents terapèutics d'una manera tan sorprenent que cap ment sense prejudicis és capaç de resistir-se a aquest mètode de demostració."

El gràfic clínic va ser, al segle XIX, la representació més visible de la ciència clínic en el treball i del lloc del factor temps en ella.

L'essència innovadora del gràfic clínic va ser l'ordenament dels esdeveniments de la malaltia del pacient com un gràfic de

sèrie temporal que cristal·litzava i sintetitzava les característiques fonamentals per a l'espectador. Aquest mètode, en el segle XX, va passar a ser àmpliament investigat; es va escriure sobre ell i es va utilitzar creativament per mostrar dades clíniques i de laboratori. El 1923, per exemple, l'eminent bioestadístic americà Raymond Pearl va escriure un llibre per educar els biòlegs i els metges en els beneficis assolibles i les trampes evitables dels mètodes biomètrics i estadístics. En la mesura que les tècniques quantitatives creixien i generaven grans quantitats de dades numèriques, la selecció del mitjà apropiat per organitzar aquestes figures era essencial. Pearl aconsellava els seus lectors: "fins i tot la taula d'estadística més seductora i millor disposada no transmetrà la història que és inherent en les figures amb qualsevol cosa semblant a la pulcritud i l'expansió que es poden aconseguir mitjançant la representació gràfica".

Màquines de temps i espai en medicina

Un conjunt crucial de tecnologies basades en el temps va ser una sèrie de màquines que metamorfosaven els ritmes biològics i els moviments del cos en format gràfic i, per tant, produïen versions mecanitzades del gràfic de sèrie temporal. Treballant com a registres, les màquines percebien i capturaven els tempos del cos. Les seves cadències, pauses i batecs es feien visibles amb aquestes innovacions tecnològiques, la més bàsica de les quals va ser introduïda el 1807 pel metge anglès Thomas Young. Va inventar un aparell que transmetia contínuament els moviments d'estructures internes del cos mitjançant un cilindre rotatiu que registrava el moviment. Tanmateix, no va poder dur a terme l'obra necessària per establir el seu potencial biològic. Al segle XIX aquesta idea va ser assimilada per altres científics, que van crear una sèrie de tecnologies que mostraven i utilitzaven clínicament el coneixement adquirit per la representació gràfica del moviment dels òrgans.

Un dels científics més notables i innovadors va ser el metge francès Étienne-Jules Marey. El 1860, Marey va publicar un treball que demostrava la utilitat clínic d'una màquina que havia anomenat esfigmògraf. L'esfigmògraf mostrava el treball del sistema circulatori mitjançant un aparell l'essència del qual era una palanca; un extrem de la palanca estava situat en l'òrgan pulsatiu del cos, fos una artèria o el cor, mentre que l'altre extrem estava connectat a un punxó fi i flexible que pressionava contra un cilindre rotatiu recobert de paper de fumar. Aquest punt convertia el moviment pulsatiu de l'òrgan en un gràfic visible. Definia la base conceptual d'aquesta tecnologia de la manera següent: "Tota moció [...] consisteix en una relació d'espai amb el temps [...] La corba del gràfic de moviment ens proporciona el doble moviment del temps i l'espai; caracteritza completament l'acció que representa".

Marey va utilitzar variacions d'aquest aparell bàsic en el treball clínic i per a experiments científics *in vitro* i *in vivo*. Per exemple, va extreure el cor d'una granota i va comprovar els efectes que la fatiga, les variacions tèrmiques, toxines i altres condicions tenien en l'amplitud i el ritme de les pulsacions.

Marey va realitzar estudis clínics extensius del pols arterial humà per descobrir defectes cardíacs i per avaluar l'efecte de terapèutiques farmacològiques en el cos. Va demostrar com la

representació gràfica permetia als metges detectar moviments del sistema circulatori invisibles als ulls i indetectables per la mà. Amb el seu instrument va provar que la major part dels moviments de la sang es podien recollir i mesurar amb gran precisió.

A més, el mètode gràfic va permetre la mesura d'interval molt petits de temps entre efectes biològics amb una exactitud fora de l'abast dels sentits humans. Marey i els seus col·legues inicialment feien aquestes mesures mitjançant la inscripció en un cilindre rodador fumat de les vibracions d'un diapasó regulat amb una certa freqüència, com ara una centèsima de segon, que representava cada ondulació de la línia ondulosa formada per aquest procés. En comptar les ondulacions entre els esdeveniments biològics es calculava el temps transcorregut. Aquesta tecnologia i els seus avenços van ser crucials per a l'estudi de la transmissió nerviosa sensorial i d'altres investigacions pioneres de laboratori i clíniques realitzades a finals del segle XIX i principis del XX.

Les màquines generadores de gràfics compensaven la deficiència dels sentits i eren una ajuda per apreciar els moviments ràpids i fluctuants del cos. Marey digué:

“Al laboratori, com a la capçalera del pacient, l'habilitat d'un individu, el seu tacte experimentat i la subtilitat dels seus poders perceptius tenen un paper massa important. Per fer accessibles tots els fenòmens de la vida, moviments que són tan lleugers i fugaços, canvis de condició massa lents o massa ràpids, que escapen als sentits, s'ha de disposar d'una forma objectiva de fer-ho i s'han de fixar sota l'ull de l'observador de manera que ell els pugui estudiar i comparar de manera deliberada. Aquest és l'objecte del mètode gràfic.”

Durant la segona meitat del segle XIX, entre els molts fenòmens fisiològics i clínics estudiats mitjançant màquines que transformaven els aspectes temporals i espacials dels moviments en gràfics es trobaven els moviments del cor i dels pulmons, les contraccions dels músculs i la marxa normal i anormal. Marey preveia una gran influència del mètode gràfic de representació més enllà dels seus assoliments en la ciència mèdica i experimentals. Els gràfics transposarien àmplies sèries d'observacions numèriques i columnes de figures en formes fàcils d'entendre que permetrien comparacions instantànies de resultats. Marey pensava això perquè

“la suma de cada tipus d'observació pot ser expressava per corbes [...] tots els que s'ocupen de l'estudi experimental o d'observacions, els lectors aclaparats i envaïts per una acumulació de documents escrits, l'economista, l'estadístic, el financer, l'estadista, els quals acumulen al seu voltant volums plens de xifres, un d'aquests dies trobaran, en un atlas que contingui algunes corbes lluminoses, l'essència completa d'aquests materials crus. Si, tanmateix, el mètode gràfic posseeix aquest gran avantatge sobre l'exposició de fets observats, què gran que és la seva superioritat quan el fenomen del qual donen el traçat pertany a aquells que s'escapen completament de la percepció dels nostres sentits. Aquí ja no hi ha intermediari entre l'acte i la seva expressió gràfica.”

Tot i que la visió ambiciosa de Marey sobre el paper del mètode gràfic no s'ha dut a terme completament, aquesta forma d'anàlisi ha influenciat de manera significativa la comprensió de la biologia i els estralls de la malaltia, com es veu en el traçat de l'electrocardiograma, de l'electroencefalograma i d'altres aparells generadors de gràfics, que es mostren diàriament al laboratori i a la clínica en la medicina contemporània.

Conclusió

Les tecnologies que estructuraven els resultats de les múltiples accions avaladores i terapèutiques de la medicina i les ordenen són, potser, les tecnologies més importants i, també, les més invisibles. Aquest és el destí de les infraestructures i els marcs conceptuals: és allò a què donen suport el que crida l'atenció. Però quan s'examinen de prop, es veu clar que les tecnologies del cas clínic i el gràfic de sèrie temporal (en la seva forma humana i generada per màquines) han estat factors clau per capturar l'agent organitzador principal en medicina, la dimensió del temps, sigui aplicat en la pràctica mèdica o en la recerca.

La medicina ha utilitzat la paraula i la línia per copsar els moments biogràfics i biològics fugaços que omplen i defineixen la vida dels pacients. Les paraules retraten els pensaments i les observacions del pacient i el metge, com la crònica d'una malaltia que es desenvolupa en el temps, s'anota com un informe de cas. De manera creixent, al passar el temps, l'informe clínic del cas es converteix en un capítol d'una història que abasta anys o tota una vida, i l'informe passa a ser la història clínica. Com a registre, l'informe clínic del cas s'amplia no només en l'abast sinó en el format, donant lloc als mètodes institucionals de manteniment de registres i als canvis tecnològics en l'emmagatzematge i la recuperació d'informació. Aquest canvis, però, no alteren el seu format bàsic: una història amb un inici, un desenvolupament i un final, els autors de la qual fan el paper d'historiadors.

La línia, construïda de variables fisiològiques i intervencions terapèutiques i dibuixada per mans humanes en forma de gràfic, es converteix en una forma alternativa i que competeix amb la paraula en retratar els canvis relacionats amb el temps i les accions que tenen lloc en el curs de la malaltia. El poder de la síntesi visual de múltiples esdeveniments mèdics i l'habilitat de posar-los en una perspectiva comparativa passa a ser molt apreciat pels metges, els quals treballen sota la pressió del temps i han arribat a valorar la credibilitat de dades obtingudes i expressades objectivament.

Què, per tant, pot ser més atractiu als metges com a científics que una evidència com la del gràfic construït per humans, que no sols té la forma d'una presentació objectiva sinó que consisteix en gràfics que són ells mateixos generats per màquines? Sembla com si aquesta evidència tingués una doble objectivitat. El generador i el format de l'evidència semblen escapar dels problemes dels biaixos humans. Tanmateix, el biaix humà està integrat en l'operació i, per tant, en el resultat, de la màquina amb la qual cosa passa desapercibut per a la majoria dels seus usuaris.

Deixant de banda aquestes qüestions, la tecnologia gràfica, sigui a la capçalera del llit o al laboratori, que funciona com a declaracions cronològicament ordenades d'esdeveniments biològics, ha situat el temps al centre de la medicina clínica moderna i de la seva ciència. En aquest sentit, els que treballem en medicina a finals del mil·lenni pensem de manera molt semblant a com ho feien els nostres predecessors, que estaven vius als seus inicis.