

## La corsa all'armamento tecnologico: affannosa, costosa e rischiosa

Antonino Cartabellotta<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Medico, Fondazione GIMBE

L'abuso delle tecnologie sanitarie, in particolare di quelle diagnostiche, rappresenta oggi la determinante principale di preoccupanti fenomeni in continua ascesa. Infatti, l'eccesso di medicalizzazione è riconosciuto come criticità rilevante dell'assistenza sanitaria<sup>1-9</sup>, l'*overdiagnosis* e l'*overtreatment* sono fenomeni identificati per molte malattie<sup>4,10</sup> e la medicalizzazione di condizioni normali è al centro di pesanti critiche<sup>11,12</sup>.

Dall'invenzione dello stetoscopio a Parigi nel 1816 al sequenziamento dell'intero genoma privo di cellule fetali nel sangue di una donna gravida, le tecnologie diagnostiche hanno trasformato in maniera determinante la medicina e l'assistenza sanitaria: infatti, dalle 2.400 malattie descritte nel 1793 nella *Nosologica methodica di Sauvage* oggi l'ICD-10 elenca oltre 40.000 voci. Inoltre, le tecnologie biomediche costituiscono la determinante principale dell'incremento della spesa sanitaria<sup>13-16</sup>, di gran lunga superiore ad altri fattori, quali invecchiamento della popolazione, aumento della domanda, inflazione, innalzamento dei prezzi, ridotta efficienza organizzativa. La disponibilità di una nuova tecnologia aumenta il prestigio di ospedali e specialisti, scatena una vera e propria corsa all'armamento tecnologico<sup>17</sup> e qualunque innovazione viene utilizzata oltre i suoi reali benefici, talvolta anche quando presenta dei rischi<sup>18</sup>.

Se è indubbio che le tecnologie sanitarie sono indispensabili per migliorare la salute, bisogna assolutamente evitare che il mezzo si trasformi in fine, rendendo malate tutte le persone.

### Il circolo vizioso dell'innovazione tecnologica

La figura 1 mostra che viene solitamente innescato da un miglioramento tecnico – es. la maggiore risoluzione di una tomografia computerizzata (TC) – che non sempre corrisponde ad un aumento delle performance diagnostiche, perché spesso consente solo di vedere meglio quello che già conosciamo<sup>19</sup>. Altre volte, invece, l'evoluzione tecnologica migliora l'accuratezza diagnostica<sup>19</sup>: ad esempio, rispetto alla scintigrafia ventilatoria-perfusoria, l'angio-TC polmonare è molto più sensibile per la diagnosi di embolia polmonare e grazie a un'analisi più dettagliata delle immagini permette di identificare un numero maggiore di casi, in realtà meno gravi<sup>20,21,22</sup>. Infatti, nel periodo 1998-2006 l'angio-TC polmonare ha permesso di aumentare dell'80% la probabilità di identificare una embolia polmonare<sup>5</sup>. In altri termini, oggi l'evoluzione tecnologica permette di identificare lesioni in precedenti

za sotto-diagnosticate<sup>1,5</sup>, aumentando la percezione di successo e l'interesse per l'innovazione. Parallelamente, l'aumento del numero di casi diagnosticati scatena l'interesse terapeutico e vengono trattate sia persone precedentemente non considerate malate<sup>18</sup>, sia casi meno gravi e lesioni che non sarebbero mai state identificate. Ad esempio, TC, risonanza magnetica (RM) e aspirazione eco-guidata di noduli tiroidei hanno aumentato l'identificazione (e la rimozione) di piccoli carcinomi papillari<sup>1</sup>. Ovviamente, trattare casi meno gravi migliora complessivamente i risultati, rafforzando la percezione di successo, che a sua volta incoraggia nuovi investimenti da destinare a ulteriori innovazioni della tecnologia<sup>18</sup>. La tabella 1 riporta vari esempi dove l'evoluzione delle tecnologie diagnostiche ha modificato la prevalenza delle malattie, spesso senza migliorare gli esiti.

### Il potere seduttivo della tecnologia

L'uso indiscriminato delle tecnologie diagnostiche è favorito da numerosi stakeholder: industria, politici, management, professionisti sanitari, cittadini, pazienti e media. A livello di sistema sanitario l'offerta genera domanda<sup>34,35</sup>: se vi è disponibilità di una RM ovviamente verrà utilizzata, così come i test di laboratorio e gli interventi chirurgici<sup>35</sup>, anche in assenza di prove di efficacia, sicurezza ed efficienza<sup>18,35-38</sup> e talvolta anche in presenza di prove di inefficacia (es. pulsossimetria per il monitoraggio peri-operatorio, chirurgia robotica<sup>39,40</sup>). L'aumento della domanda, e il conseguente allungamento delle liste di attesa, vengono gestiti dalle organizzazioni sanitarie aumentando l'offerta, che incrementa ulteriormente la domanda. Inoltre, l'offerta tecnologica tende a essere sempre più ampia e variegata perché esiste una maggio-

**Citazione.** Cartabellotta A. La corsa all'armamento tecnologico: affannosa, costosa e rischiosa. Evidence 2015;7(7): e1000116.

**Publicato** 8 luglio 2015

**Copyright.** © 2015 Cartabellotta. Questo è un articolo open-access, distribuito con licenza *Creative Commons Attribution*, che ne consente l'utilizzo, la distribuzione e la riproduzione su qualsiasi supporto esclusivamente per fini non commerciali, a condizione di riportare sempre autore e citazione originale.

**Fonti di finanziamento.** Nessuna.

**Conflitti d'interesse.** Nessuno dichiarato

**Provenienza.** Non commissionato, non sottoposto a peer-review.

\* E-mail: nino.cartabellotta@gimbe.org

re propensione a investire in una nuova tecnologia supportata da evidenze limitate, piuttosto che dismettere una tecnologia di documentata inefficacia<sup>41,42</sup>. Inoltre, il concetto di *high tech* viene spesso associato a quello di elevata importanza<sup>43</sup> e qualità<sup>44</sup>: la tecnologia viene utilizzata in maniera strategica per attrarre specialisti e pazienti<sup>44</sup>, scatenando la corsa all'armamento tecnologico<sup>17</sup> tra organizzazioni sanitarie pubbliche e private in continua competizione. La tecnologia, di conseguenza, da strumento per migliorare la salute si trasforma in mezzo di potere e prestigio, sino a diventare fine a sé stessa<sup>45,46</sup>.

Queste convinzioni sono diffuse tra pazienti, cittadini e media, concordi nel richiedere all'unisono interventi *high tech* nei quali ripongono fiducia illimitata, convinti che sempre "nuovo è meglio di vecchio", "complesso è meglio di semplice", "molto è meglio di poco", "sapere è meglio di non sapere" e che una diagnosi precoce è meglio di una tardiva. Se il medico non prescrive una TC o una RM il paziente lo accuserà di sottovalutare il problema, con la connivenza dei media, dove troneggiano storie di persone infuriate o deluse per un accesso negativo alla tecnologia desiderata e dove le vittime dell'*overdiagnosis* e dell'*overtreatment* si dichiarano sempre felici

di essere state "salvate".

Ma soprattutto, uno dei driver principali è costituito dalla stessa tecnologia: l'imperativo tecnologico<sup>47</sup> spinge l'innovazione oltre le necessità di cura, fino al punto in cui è la tecnologia a definire le malattie e a fornire le cure<sup>11,48</sup>, per compensare l'involuzione della relazione medico-paziente<sup>49</sup> che ha reso progressivamente autonoma la tecnologia quale elemento di cura<sup>50</sup>. Di conseguenza, la tecnologia si è trasformata in un potente attore indipendente che guida la medicina e l'assistenza sanitaria oltre i suoi obiettivi reali, soggiogando professionisti e pazienti che finiscono per declinare le proprie responsabilità: paradossalmente le tecnologie ci hanno reso schiavi del progresso<sup>51</sup>.

Il circolo vizioso e i driver identificati, seppure utili per comprendere e gestire il sovra-utilizzo delle tecnologie diagnostiche, non colgono tuttavia il ruolo della tecnologia nel costruire il concetto di malattia. La tecnologia, infatti, sta modificando il significato di malattia a tre livelli<sup>52,53,54</sup>. Innanzitutto, fornisce le entità che definiscono la malattia: analizzatori biochimici, citometri e sequenziatori di DNA permettono di accedere a enzimi, cellule T o specifici strati di DNA con la conseguenza che i criteri diagnostici delle

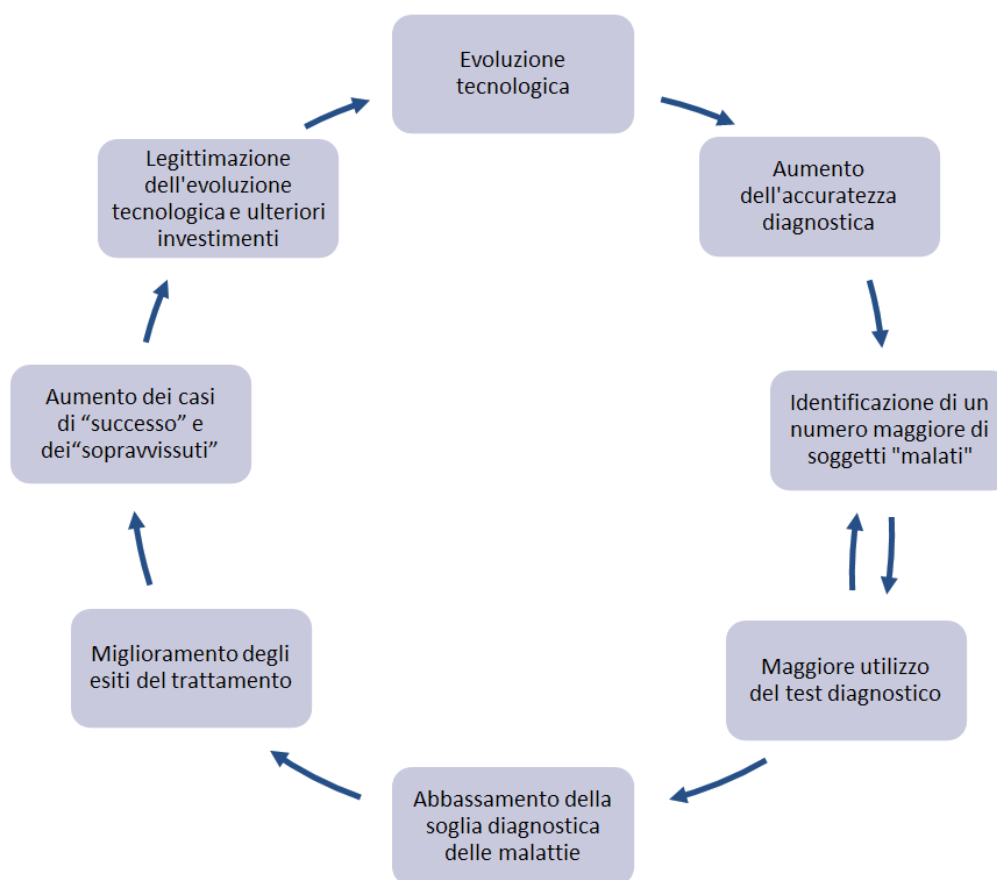


Figura 1. Il circolo vizioso della continua innovazione delle tecnologie diagnostiche (modificata da Hofman BM<sup>68</sup>)

malattie sono sempre più frequentemente identificati da tecnologie diagnostiche. In secondo luogo, la tecnologia guida e struttura la nostra conoscenza della malattia: ieri le conoscenze sull'infarto del miocardio si basavano sull'attività elettrica del cuore misurata dall'elettrocardiogramma, oggi sul dosaggio della troponina. Infine, la malattia è definita dalla tecnologia attraverso la pratica clinica: tutto ciò che è misurabile o manipolabile tende inevitabilmente a diventare malattia (es. ipertensione e colesterolemia non sarebbero rilevanti da un punto di vista clinico se non fosse possibile misurarle o manipolarle). Di conseguenza, l'espansione della tecnologia estende enormemente, nel bene e nel male, la nostra idea di malattia.

### Gli effetti collaterali dell'innovazione tecnologica

La figura 2 mostra alcune implicazioni del circolo vizioso alimentate dai numerosi driver della tecnologia e dalla costruzione tecnologica della malattia.

- **Aspettative irrealistiche.** L'apparente successo legato all'aumento di diagnosi e trattamenti determina un entusiasmo ingiustificato di professionisti e decisori, un aumento della domanda di cittadini e pazienti, alimentata dai media spesso "sostenuti" dall'industria. I benefici dell'innovazione tecnologica vengono sempre evidenziati, mentre i rischi rimangono nascosti o vengono (volutamente) occultati.
- **Utilizzo di test accurati in popolazioni a bassa preva-**

**Tabella 1.** Malattie in cui la tecnologia ha modificato i criteri diagnostici<sup>10</sup>

Malattia	Tecnologie	Conseguenze
Embolia polmonare	Angiografia polmonare (1930), scintigrafia ventilatoria-perfusoria (1964), angio-TC polmonare (1998)	Aumento dell'80% delle embolie polmonari dal 1998 associato a una limitata riduzione della mortalità <sup>5</sup>
Tumore della tiroide	Ecografia del collo (1980), biopsia eco-guidata (1990), TAC, RM (1996), aspirazione eco-guidata di noduli tiroidei (2002)	Aumentata identificazione (e rimozione) di piccoli tumori papillari/noduli. Aumento del numero di diagnosi a seguito di scoperta accidentale rispetto a quelle a seguito di noduli sintomatici o palpabili <sup>1</sup> .
Diabete gestazionale	Dal test in due step al singolo valore di glicemia con soglia diagnostica ridotta	I nuovi criteri diagnostici triplicano la prevalenza del diabete gestazionale con effetti non chiari sugli outcome <sup>23</sup>
Pre-diabete	Alterata tolleranza al glucosio da test di provocazione del glucosio (1979), alterata tolleranza al glucosio da test della glicemia a digiuno (1997), emoglobina glicata (2009)	Le modifiche tecnologiche associate all'abbassamento della soglia diagnostica aumentano la prevalenza dal doppio al triplo <sup>24</sup>
Carcinoma del colon-retto	Sigmoidoscopia, colonoscopia, endoscopia ad alta definizione con moderne tecniche di contrasto	Identificazione e rimozione di polipi dentellati, nonostante i rischi e le incertezze sugli outcome <sup>25</sup>
Dissezione della carotide o di arterie vertebrali	Ecodoppler, angiografia a risonanza magnetica, angio-TC	Aumento da 3 a 10 volte del tasso di identificazione <sup>26</sup>
Carcinoma della mammella	Dall'esame clinico allo screening mammografico (digitale)	Ogni 1.000 donne di 50 anni: 490-670 avranno un risultato falsamente positivo; 3-14 saranno sovra-diagnosticate e sottoposte a trattamenti non necessari; 0.3- 3.2 eviteranno una morte per tumore della mammella se sottoposte a screening annuale dall'età di 40 anni <sup>27</sup>
Insufficienza renale cronica	Livelli sierici di creatinina o di cistatina C (per stimare il tasso di filtrazione glomerulare) e di albuminuria (per valutare il danno renale)	Circa il 14% della popolazione etichettata come affetta da insufficienza renale cronica <sup>3</sup>
Osteoporosi	Assorbimetria a raggi x a doppia energia	Modifiche nelle soglie di trattamento (T- score $\leq$ 2.0) fanno sì che oltre il 50% delle donne di età $\geq$ 65 anni siano trattate come "malate" <sup>28</sup>
Carcinoma della prostata	Antigene prostatico specifico	La percentuale di <i>overdiagnosis</i> nei casi identificati con lo screening varia tra il 22 e il 67% <sup>29-31</sup>
Ipertensione	Monitoraggio della pressione arteriosa	Sostanziale <i>overdiagnosis</i> quando le decisioni terapeutiche si basano esclusivamente su misurazioni isolate <sup>32</sup> . In assenza di monitoraggio pressorio l'ipertensione non dovrebbe essere considerata una malattia
Asma bronchiale	Stetoscopio, spirometria	<i>Overdiagnosis</i> nel 30% dei soggetti etichettati come asmatici <sup>33</sup>

**lenza.** Un test diagnostico accurato può peggiorare gli esiti di salute se viene utilizzato in soggetti a bassa probabilità di malattia. Di conseguenza, l'evoluzione tecnologica non garantisce miglioramenti clinici.

- **Incertezza sul miglioramento degli esiti.** La diagnosi di un numero maggiore di più casi non implica automaticamente che un maggior numero di pazienti verranno trattati con successo o che più vite verranno salvate<sup>1,55,56</sup>. Sicuramente più soggetti saranno "etichettati" come malati, visto che le definizioni di malattia vengono continuamente ampliate e condizioni normali sono riclassificate come patologiche. Il progresso tecnologico permette di identificare casi che non avrebbero comunque causato sintomi o morte – *overdiagnosis* – con conseguente *overtreatment*<sup>10,57,58</sup>. Pertanto, l'evoluzione delle tecnologie, in un'ottica di sanità pubblica, può risultare inutile o addirittura dannosa.

- **Aumento delle prestazioni.** L'incremento della domanda genera ulteriore offerta e l'aumento delle prestazioni genera diagnosi accidentali. Se è indubbio che, occasionalmente, un "incidentaloma" permette di salvare vite, nella maggior parte dei casi non è così: ad esempio l'identificazione accidentale di tumore alla tiroide nel

corso di TAC o RM non riduce i sintomi né la mortalità<sup>1</sup>. Inoltre, il follow-up di risultati positivi ai test diagnostici genera altri risultati accidentali, per cui vengono erogate più prestazioni diagnostiche senza misurare i reali effetti sulla salute.

- **Aumento dei costi.** L'incremento di programmi di screening, di test diagnostici e di incidentalomi con relativo follow-up fanno lievitare in maniera sostanziale la spesa sanitaria<sup>13,15</sup>, sottraendo risorse dalle aree in cui la tecnologia è realmente efficace e le innovazioni necessarie.

- **Riduzione del value.** Quando il valore predittivo di un test diagnostico è basso, i casi di *overdiagnosis* e *overtreatment* aumentano, le persone con problemi sociali o altri problemi vengono etichettate come malate e il *value* degli interventi sanitari diminuisce.

- **Aumento dell'ansia.** L'aumentata prevalenza delle malattie e l'accresciuta consapevolezza dei problemi di salute rendono le persone più preoccupate e ansiose rispetto alla propria salute, inducendole a richiedere ulteriori test diagnostici e trattamenti.

- **Perdita di fiducia.** Con un'aumentata consapevolezza degli eccessi dell'assistenza<sup>7,9,53</sup>, degli interventi dal *low value*<sup>59,60</sup> e dei servizi sanitari "da non erogare"<sup>61</sup>, le per-

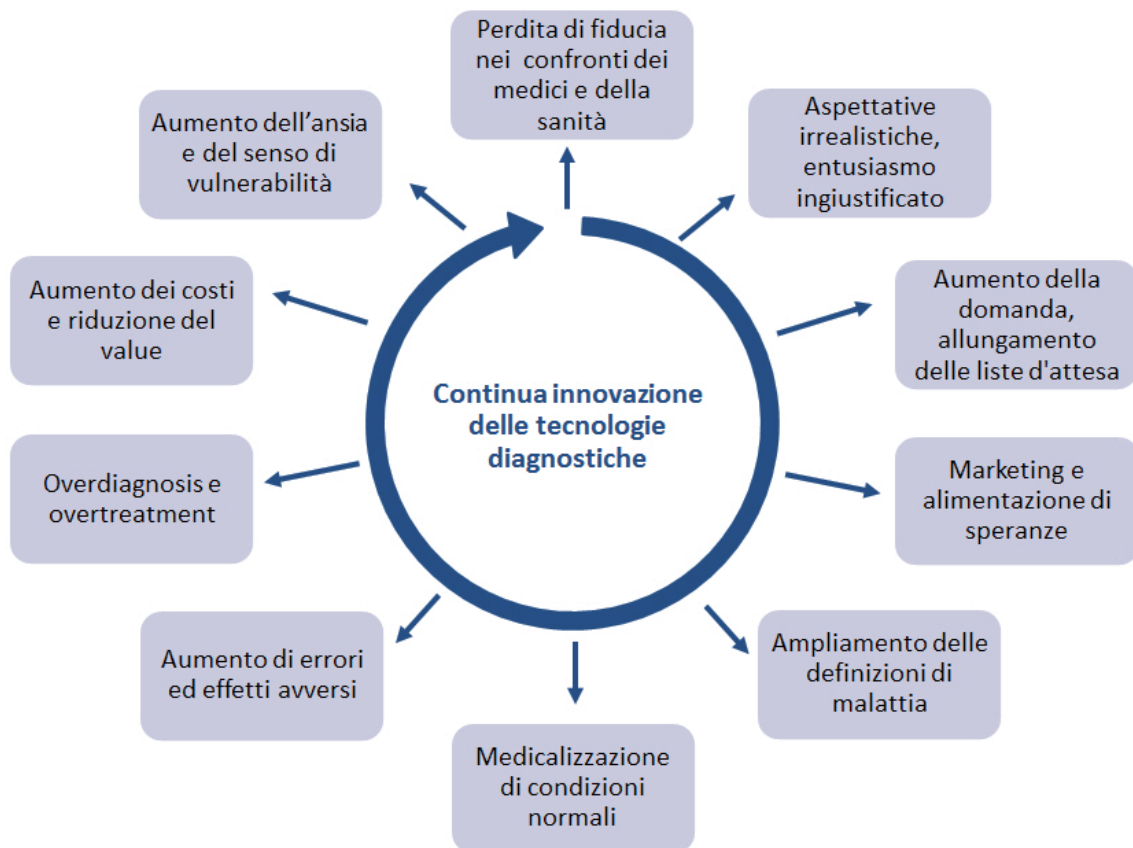


Figura 2. Conseguenze della continua innovazione delle tecnologie diagnostiche (modificata da Hofman BM<sup>68</sup>)

sone possono perdere la fiducia nei medici e nel sistema sanitario.

### Quali soluzioni?

L'utilizzo indiscriminato delle tecnologie diagnostiche contribuisce all'eccesso di medicalizzazione della società perché la tecnologia è profondamente radicata nel nostro concetto di malattia e nella nostra cultura, generando numerosi atti di fede. Per queste ragioni è assolutamente necessario:

- Sbarazzarsi dei luoghi comuni, quali "fare di più è meglio di fare di meno", "nuovo è meglio di vecchio", "avanzato è più preciso di semplice".
- Acquisire maggiore consapevolezza delle responsabilità nello sviluppo, implementazione e utilizzo delle tecnologie sanitarie<sup>51</sup>: nel prescrivere test ed esami il medico non può più appellarsi a vaghi imperativi tecnologici, al concetto generico di "progresso" o alle pressanti richieste di pazienti (volutamente?) non informati.
- Moderare l'entusiasmo nei confronti delle nuove tecnologie, al fine di cogliere la nostra ambivalenza verso di esse, ovvero il controllarle e l'esserne controllati. Infatti, considerato che la tecnologia estende le possibilità di agire, ma allo stesso tempo è una forza che inquadra e orienta<sup>62</sup>, è necessario essere consapevoli che è diventata più di un mezzo neutro per un fine umano<sup>45,63</sup> e che noi interagiamo con essa al tempo stesso come un artefatto e come un attore<sup>64</sup>.
- Governare l'implementazione delle innovazioni tecnologiche, favorendo l'introduzione nella pratica clinica solo di quelle che, oltre a presentare chiare evidenze di reali benefici, hanno un elevato *value*<sup>65</sup>.
- Promuovere una valutazione trasparente delle tecnologie per proteggere la salute delle persone<sup>42</sup>: i dispositivi devono essere valutati criticamente alla pari dei farmaci<sup>66,67</sup>, i pazienti devono essere meglio informati sulle incertezze che riguardano rischi e benefici delle tecnologie, non solo sui vantaggi enfatizzati e ostentati. Inoltre, le loro preferenze e aspettative dovrebbero essere prese in considerazione nelle fasi di sviluppo, valutazione, implementazione e utilizzo di tutte le tecnologie sanitarie.

Considerato che oggi la capacità di ideare, produrre e utilizzare tecnologie sembra superare di gran lunga quella di riflettere sulla loro applicazione, affinché l'innovazione tecnologica si traduca in benefici reali limitando i rischi, è necessario acquisire un sano scetticismo, evitando le lusinghe e riconoscendo i limiti delle tecnologie. Ovvero, per evitare di diventare giganti da un punto di vista dell'innovazione e lillipuziani da un punto di vista etico occorre una implementazione più responsabile di tutte le tecnologie sanitarie<sup>68</sup>.

### BIBLIOGRAFIA

1. Brito JP, Morris JC, Montori VM. Thyroid cancer: zealous imaging has increased detection and treatment of low risk tumours. *BMJ* 2013;347:f4706.
2. Moynihan R. Science of overdiagnosis to be served up with a good dose of humility. *BMJ* 2013;347:f5157.
3. Moynihan R, Glasscock R, Doust J. Chronic kidney disease controversy: how expanding definitions are unnecessarily labelling many people as diseased. *BMJ* 2013;347:f4298.
4. Welch HG, Schwartz L, Woloshin S. *Overdiagnosed: making people sick in the pursuit of health*. Beacon Press, 2011.
5. Wiener RS, Schwartz LM, Woloshin S. When a test is too good: how CT pulmonary angiograms find pulmonary emboli that do not need to be found. *BMJ* 2013;347:f3368.
6. Le Couteur DG, Doust J, Creasey H, Brayne C. Political drive to screen for pre-dementia: not evidence based and ignores the harms of diagnosis. *BMJ* 2013;347:f5125.
7. Moynihan R, Smith R. Too much medicine? *BMJ* 2002;324:859-60.
8. Richards P. Too much medicine? *BMJ* 1999;318:268.
9. Brownlee S. *Overtreated: why too much medicine is making us sicker and poorer*: Bloomsbury, 2007.
10. Moynihan R, Doust J, Henry D. Preventing overdiagnosis: how to stop harming the healthy. *BMJ* 2012;344:e3502.
11. Payer L. *Disease-mongers: how doctors, drug companies, and insurers are making you feel sick*: Wiley, 2006.
12. Illich I. *Limits to medicine*. Penguin, 1976.
13. Bodenheimer T. High and rising health care costs. Part 2: technologic innovation. *Ann Intern Med* 2005;142:932-7.
14. Prevention CfDca. *Health, United States, 2009 with special feature on medical technology*. US Department of Health and Human Services, 2009.
15. Dybczak K, Przywara B. The role of technology on health care expenditure in the EU. *European Economy-Economic Paper* 400. Directorate General for Economic and Monetary Affairs, 2010.
16. Sorenson C, Drummond M, Bhuiyan Khan B. Medical technology as a key driver of rising health expenditure: disentangling the relationship. *ClinicoEconomics and Outcomes Research* 2013;5:223-34.
17. Carrier ER, Dowling M, Berenson RA. Hospitals' geographic expansion in quest of well-insured patients: will the outcome be better care, more cost, or both? *Health Affairs (Project Hope)* 2012;31:827-35.
18. Fisher ES, Welch HG. Avoiding the unintended consequences of growth in medical care: how might more be worse? *JAMA* 1999;281:446-53.
19. Fryback DG, Thornbury JR. The efficacy of diagnostic imaging. *Med Decision Making* 1991;11:88-94.
20. Burge AJ, Freeman KD, Klapper PJ, Haramati LB. Increased diagnosis of pulmonary embolism without a corresponding decline in mortality during the CT era. *Clin Radiol* 2008;63:381-6.
21. Moynihan RN, Cooke GP, Doust J, Bero L, Hill S, Glasziou PP. Expanding disease definitions in guidelines and expert panel ties to industry: a cross-sectional study of common conditions in the United States. *PLoS Med* 2013;10:e1001500.
22. Black WC, Welch HG. Advances in diagnostic imaging and overestimations of disease prevalence and the benefits of therapy. *N Engl J Med* 1993;328:1237-43.
23. Cundy T, Ackermann E, Ryan EA. Gestational diabetes: new

criteria may triple the prevalence but effect on outcomes is unclear. *BMJ* 2014;348:g1567.

24. Yudkin JS, Montori VM. The epidemic of pre-diabetes: the medicine and the politics. *BMJ* 2014;349:g4485.

25. Hoff G, Bretthauer M, Garborg K, Eide TJ. New polyps, old tricks: controversy about removing benign bowel lesions. *BMJ* 2013;347:f5843.

26. Provenzale JM, Sarikaya B. Comparison of test performance characteristics of MRI, MR angiography, and CT angiography in the diagnosis of carotid and vertebral artery dissection: a review of the medical literature. *Am J Roent* 2009;193:1167-74.

27. Welch HG, Passow HJ. Quantifying the benefits and harms of screening mammography. *JAMA Intern Med* 2014;174:448-54.

28. Herndon MB, Schwartz LM, Woloshin S, Welch HG. Implications of expanding disease definitions: the case of osteoporosis. *Health Aff* 2007;26:1702-11.

29. De Carvalho TM, Heijnsdijk EA, de Koning HJ. Screening for prostate cancer in the US? Reduce the harms and keep the benefit. *Int J Cancer* 2015;136:1600-7.

30. Loeb S, Bjurlin MA, Nicholson J, Tammela TL, Penson DF, Carter HB, et al. Overdiagnosis and overtreatment of prostate cancer. *Eur Urol* 2014;65:1046-55.

31. Sandhu GS, Andriole GL. Overdiagnosis of prostate cancer. *J Natl Cancer Inst Mono* 2012;45:146-51.

32. Hodgkinson J, Mant J, Martin U, Guo B, Hobbs FD, Deeks JJ, et al. Relative effectiveness of clinic and home blood pressure monitoring compared with ambulatory blood pressure monitoring in diagnosis of hypertension: systematic review. *BMJ* 2011;342:d3621.

33. Luks VP, Vandemheen KL, Aaron SD. Confirmation of asthma in an era of overdiagnosis. *Eur Resp J* 2010;36:255-60.

34. Appleby J, Raleigh V, Frosini F, Bevan G, Gao H, Lyscom T. Variation in healthcare. *King's Fund*, 2011.

35. Wennberg E. *Tracking medicine*. Oxford University Press, 2010.

36. Lin GA, Dudley RA, Redberg RF. Why physicians favor use of percutaneous coronary intervention to medical therapy: a focus group study. *J Gen Intern Med* 2008;23:1458-63.

37. Augsburger JJ. Unnecessary clinical tests in ophthalmology. *Trans Am Ophthalmol Soc* 2005;103:143-6; discussion 46-7.

38. Gabbay J, Walley T. Introducing new health interventions. *BMJ* 2006;332:64-5.

39. Pedersen T, Nicholson A, Hovhannisyan K, Moller AM, Smith AE, Lewis SR. Pulse oximetry for perioperative monitoring. *Cochrane Database Syst Rev* 2014;3:CD002013.

40. Ho C, Tsakonas E, Tran K, Cimon K, Severn M, Mierzwinski-Urban M et al. Robot-assisted surgery compared with open surgery and laparoscopic surgery. Clinical effectiveness and economic analyses. Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health, 2011.

41. Haas M, Hall J, Viney R, Gallego G. Breaking up is hard to do: why disinvestment in medical technology is harder than investment. *Austr Health Rev* 2012;36:148-52.

42. Henshall C, Schuller T, Mardhani-Bayne L. Using health technology assessment to support optimal use of technologies in current practice: the challenge of "disinvestment." *Int J Technol Assess Health Care* 2012;28:203-10.

43. Fuchs VR, Sox HC Jr. Physicians' views of the relative importance of thirty medical innovations. *Health Aff (Project Hope)* 2001;20:30-42.

44. Luft HS, Robinson JC, Garnick DW, Maerki SC, McPhee SJ.

The role of specialized clinical services in competition among hospitals. *Inquiry* 1986;23:83-94.

45. Hofmann B. When means become ends: technology producing values. *Seminar.net* 2006;2. <http://seminar.net/index.php/volume-2-issue-2-2006-previousissuesmeny-114/66-when-means-become-ends-technology-producing-values>.

46. Album D, Westin S. Do diseases have a prestige hierarchy? A survey among physicians and medical students. *Soc Sci Med* 2008;66:182-8.

47. Wolf S, Berle B. *The technological imperative in medicine*. Plenum Press, 1981.

48. Moynihan R, Heath I, Henry D. Selling sickness: the pharmaceutical industry and disease mongering. *BMJ* 2002;324:886-91.

49. Cassell E. The sorcerer's broom. *Medicine's rampant technology*. Hastings Center Report 1993;23:32-9.

50. Winner L. *Autonomous technology*. MIT Press, 1977.

51. Hofmann B. Is there a technological imperative in health care? *Int J Technol Assess Health Care* 2002;18:675-89.

52. Davis A. *Medicine and its technology. An introduction to the history of medical instrumentation*. Greenwood, 1981.

53. Boenink M. Molecular medicine and concepts of disease: the ethical value of a conceptual analysis of emerging biomedical technologies. *Med Health Care Philos* 2010;13:11-23.

54. Hofmann B. *The technological invention of disease—on disease, technology and values*. University of Oslo, 2002.

55. Prasad V, Rho J, Cifu A. The diagnosis and treatment of pulmonary embolism: a metaphor for medicine in the evidence-based medicine era. *Arch Intern Med* 2012;172:955-8.

56. Brito JP, Gionfriddo M, Morris JC, Montori VM. Overdiagnosis of thyroid cancer and Graves' disease. *Thyroid* 2014;24:402-3.

57. Welch HG, Black WC. Overdiagnosis in cancer. *J Natl Cancer Inst* 2010;102:605-13.

58. Welch HG, Woloshin S, Schwartz L. *Overdiagnosed: making people sick in pursuit of health*. Beacon Press, 2011.

59. Colla CH, Morden NE, Sequist TD, Schpero WL, Rosenthal MB. Choosing wisely: prevalence and correlates of low-value health care services in the United States. *J Gen Intern Med* 2015;30:221-8.

60. Collado M. How prevalent and costly are Choosing Wisely low-value services? *Evidence from Medicare beneficiaries*. *Find Brief* 2014;42:1-2.

61. National Institute for Health and Care Excellence. *NICE "do not do" recommendations*. NICE, 2011.

62. Heidegger M. *The question concerning technology and other essays*. Harper and Row, 1977.

63. Hofmann B. On the value-ladenness of technology in medicine. *Med Health Care Philos* 2001;4:335-46

64. Latour B. *Reassembling the social: an introduction to actor-network-theory*. Oxford University Press, 2005.

65. Chernen ME, Jacobson PD, Hofer TP, Aaronson KD, Fendrick AM. Barriers to constraining health care cost growth. *Health Aff (Project Hope)* 2004;23:122-8.

66. Wilmshurst P. The regulation of medical devices. Unsatisfactory, unscientific, and in need of a major overhaul. *BMJ* 2011;342:d2822.

67. Dhruva SS, Bero LA, Redberg RF. Strength of study evidence examined by the FDA in premarket approval of cardiovascular devices. *JAMA* 2009;302:2679-85.

68. Hofman BM. Too much technology *BMJ* 2015;350:h705.