

ERIC TOPOL

# MEDICINA PROFUNDĂ

Sănătatea redevine umană  
cu ajutorul inteligenței artificiale

Traducere din limba engleză  
CARMEN STRUNGARU

Prefață  
RĂZVAN CHERECHEȘ

**CORINT**  
FUTURE

**Referent:** Irina Hociotă, medic primar ORL, Doctor în Medicină  
**Redactare:** Anca Cristina Ilie, Mihaela Savu, Ioana Andreea Tudose  
**Tehnoredactare:** Cristina Gvinda  
**Design copertă:** Dan Mihalache  
**Ilustrația copertei:** © Shutterstock

*Deep Medicine*

Eric Topol

Copyright © 2019 by Eric Topol.

All rights reserved.

Toate drepturile asupra acestei ediții în limba română aparțin  
CORINT FUTURE, un imprint al CORINT BOOKS,  
str. Mihai Eminescu nr. 54A, București.  
[www.edituracorint.ro](http://www.edituracorint.ro)

---

**Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României**

**Topol, Eric J.**

**Medicina profundă / Eric Topol ; trad. din lb. engleză:  
Carmen Strungaru ; pref.: Răzvan Cherecheș. - București :  
Corint Future, 2023**

ISBN 978-606-088-055-4

I. Strungaru, Carmen (trad.)

II. Cherecheș, Răzvan (pref.)

## Capitolul 1

# INTRODUCERE ÎN MEDICINA PROFUNDĂ

„Prin aceste căi putem spera să atingem nu o măreață lume nouă, nu un soi de utopie perfecționistă, ci un obiectiv mult mai modest și mai dezirabil – o societate cu adevărat umană.”

Aldous Huxley, 1948

**A**r trebui ca internistul să vă prescrie un tratament anti-depresiv”, mi-a spus ortopedul.

Soția mea și cu mine ne-am uitat unul la altul, foarte neîncredători. La urma urmei, nu venisem la clinică, la o lună după înlocuirea totală a genunchiului, ca să primesc sfaturi psihiatrice.

Genunchii mei au început să-mi facă probleme încă de când eram adolescent, din cauza unei maladii rare cunoscută sub numele de osteocondrită disecantă – sau *osteocondritis dissecans*. Cauza acestei boli rămâne necunoscută, însă efectele sale sunt clare. Pe vremea când aveam 20 de ani și studiam medicina, aveam deja extirpată o parte de țesut osos mort și intervenții chirurgicale reparatorii la ambii genunchi. În următorii 40 de ani, a trebuit să-mi reduc progresiv activitatea fizică, renunțând la alergat, tenis, drumeții și exerciții de sală. Chiar și mersul devenise dureros, în ciuda injectării de steroizi și de lichid sinovial direct în genunchi. Astfel, la vârsta de 62 de ani, mi-a fost înlocuit genunchiul stâng, devenind

unul dintre cei 800 000 de americani care au suferit o astfel de operație, cea mai des întâlnită intervenție chirurgicală ortopedică. Ortopedul meu a considerat că sunt un candidat perfect pentru operație: eram slab, destul de tânăr și rezistent. Mi-a spus că singurul pericol de 1-2% este apariția unei infecții. Urma să descopăr un alt risc.

A doua zi după operație, am urmat procedurile standard – după câte mi s-a spus – ale protocolului de terapie fizică. Acest program este intens, necesitând flexii și extensii forțate pentru a evita formarea de cicatrici la nivelul articulațiilor. Neputând să execut o flexie semnificativă, m-am suit pe bicicleta fixă reglată pentru un efort mare și țipam de durere, abia dând de câteva ori din pedale. Durerea depășea cu mult efectul oxicodonei. O lună mai târziu, genunchiul meu era vântat, foarte umflat, țeapăn și nu-l puteam îndoi. Durerea era atât de puternică, încât nu puteam să dorm mai mult de o oră cu totul și aveam dese accese de plâns. Din această cauză îmi recomandase ortopedul antidepresivele. Lucru care părea destul de nebunesc. Apoi chirurgul mi-a recomandat un protocol și mai intens de terapie fizică, în ciuda faptului că după fiecare ședință mă simțeam și mai rău. De abia mai puteam păși afară din sală ca să mă urc în mașină și să conduc spre casă. Durerea îngrozitoare, inflamația și înțepenirea nu se reduceau deloc. Devenisem disperat să scap, făcând apel la orice, de la acupunctură tradițională și electrică, până la stimulare electrică (TENS) și laser rece, unguente locale și suplimente alimentare pe bază de turmeric, vișine și multe altele – fiind pe deplin conștient că niciunul dintre aceste presupuse tratamente nu au date publicate care să le justifice utilizarea.

Ajutându-mă la căutări, la două luni după operație, soția mea a descoperit o carte intitulată *Arthrofibrosis*. Nu mai întâlnisem niciodată termenul acesta, dar s-a dovedit a fi boala de care sufeream. Artrofibroza este o complicație care apare la 2-3% dintre pacienți după înlocuirea genunchiului – ceea

ce face ca această afecțiune să nu fie una comună, dar este, totuși, mult mai comună decât riscul de infecție despre care mă avertizase ortopedul meu. Prima pagină a cărții părea că descrie perfect situația în care mă aflam: „Artrofibroza este un dezastru”, se spunea acolo. Mai precis, artrofibroza este un răspuns inflamator feroce la înlocuirea genunchiului, ca o respingere a articulației artificiale, conducând la o cicatrizare în exces. La vizita mea postoperatorie de două luni, l-am întrebat pe ortoped dacă am artrofibroză. Mi-a răspuns că da, în mod sigur, dar că nu putea face mare lucru în primul an după operație – trebuia să las inflamația „să se epuizeze”, înainte ca medicul să se apuce să mă opereze din nou pentru a îndepărta țesutul cicatricial. Gândul că voi suporta încă un an această situație și că apoi voi suferi o nouă operație m-a făcut să mă simt și mai rău decât până atunci.

Urmând sfatul unui prieten, m-am dus să mă consulte un alt specialist în terapie fizică. În decursul a 40 de ani de activitate, aceasta văzuse mulți pacienți cu osteocondrită și știa că, pentru pacienți ca mine, protocolul terapeutic obișnuit era cel mai rău lucru cu putință. În timp ce protocolul standard pledează pentru manipularea forțată, intensivă, cu scopul de a optimiza flexia și extensia genunchiului (care, în mod paradoxal, a stimulat formarea și mai multor cicatrici), abordarea acestei doctorițe a fost o antrenare blândă: m-a pus să încep cu toate greutatețile și exercițiile și să folosesc medicamente antiinflamatorii. Mi-a scris de mână o pagină de recomandări și la fiecare două zile îmi scria ca să mă întrebe ce face „genunchiul nostru”. Salvat astfel, am pornit-o rapid pe calea recuperării. Acum, după ani de zile, încă mai trebuie să-mi pansez genunchiul în fiecare zi pentru a face față slabei sale vindecări. Toată această tortură putea să fie, în foarte mare măsură, evitată.

Așa cum vom vedea în această carte, inteligența artificială (IA) ar fi putut prevedea că evoluția mea postoperatorie avea să fie complicată. Dacă fizioterapeuți cu experiență, precum cea pe care am găsit-o, în cele din urmă, și-ar fi făcut cunoscute observațiile, atunci o întreagă literatură de specialitate ar fi putut foarte bine să semnalizeze că, în cazul meu, era nevoie de un protocol individualizat. N-ar mai fi fost doar medicii cei care ar fi fost mai corect avertizați de riscurile pe care le pot întâmpina pacienții lor. Un asistent medical virtual, plasat în telefonul meu inteligent sau în dormitorul meu, ar fi putut să mă avertizeze în mod direct pe mine, pacientul, de riscul ridicat de artrofibroză pe care-l prezintă protocolul standard de terapie fizică. Și ar fi putut chiar să-mi spună unde să merg ca să primesc un protocol blând de recuperare pentru a evita aceste probleme. La drept vorbind, eu eram neștiutor, iar ortopedul meu nici măcar nu a luat în considerare diagnosticul meu de osteocondrită disecantă atunci când mi-a prezentat riscurile operației, deși mai apoi a recunoscut că acest diagnostic a jucat, de fapt, un rol esențial în problemele cu care m-am confruntat.

Mare parte din lucrurile greșite în asistența medicală nu vor fi corectate prin progres tehnologic, algoritmi și mașini. Răspunsul robotic al medicului meu la suferința mea ilustrează componenta deficitară a îngrijirii. Desigur, operația a fost executată în mod adecvat, dar aceasta reprezintă doar componenta tehnică. Ideea că ar trebui să urmez un tratament anti-depresiv exemplifică profunda lipsă de conexiune interumană și de empatie în medicina de astăzi. Eram deprimat, firește, dar nu depresia era problema mea: problema era că aveam dureri foarte intense și o imobilitate ca a Omului de Tinichea. Lipsa de compasiune a ortopedului era evidentă: în toată perioada postoperatorie nu m-a contactat niciodată ca să vadă cum mă descurc. Kinetoterapeuta nu numai că avea cunoștințele medicale și experiența necesară pentru a-mi înțelege afecțiunea,

dar îi și păsa cu adevărat de mine. Nu e de mirare că avem de-a face cu o epidemie de consum de opioide, când este mult mai rapid și mai ușor pentru medici să recomande narcotice, decât să asculte și să-și înțeleagă pacienții.

Aproape toate persoanele cu o condiție medicală cronică au fost „brutalizate” ca mine – se întâmplă mult prea frecvent. Eu am norocul de a face parte din sistemul medical, dar, așa cum veți vedea, problema este atât de răspândită, încât nici măcar cunoașterea unei persoane care se află în interiorul sistemului nu este, în mod neapărat, suficientă pentru a garanta o bună îngrijire. Inteligența artificială singură nu va rezolva această problemă de la sine. Avem nevoie să interacționăm cu oamenii. Pe măsură ce mașinile devin mai inteligente în rezolvarea unor sarcini adecvate, oamenii ar putea să înceapă să devină mai umani.

IA în medicină nu este doar o premisă futuristă. Capacitățile IA sunt deja exploatate pentru salvarea de vieți. Dr. Stephen Kingsmore, un prieten apropiat, este un genetician clinician care conduce un program de pionierat la Spitalul pentru Copii Rady din San Diego. Recent, el și echipa sa au fost premiați de Guinness World Record pentru că au realizat secvențierea și interpretarea genomului dintr-o probă de sânge în numai 19,5 ore<sup>1</sup>.

Cu puțin timp în urmă, un băiețel nou-născut sănătos, care se hrănea bine la sân, a fost externat în a treia zi de la naștere. Dar în cea de a opta zi de viață, mama sa l-a dus la camera de urgență a spitalului Rady. Avea convulsii permanente, cunoscute drept *status epilepticus*. Nu exista niciun semn de infecție. Tomografia computerizată a creierului său arăta normal; o electroencefalogramă a evidențiat profilul electric al crizelor neîntrerupte. Niciunul dintre numeroasele medicamente puternice utilizate nu a reușit să-i diminueze crizele; mai mult decât atât, acestea au devenit chiar mai pronunțate. Prognoza referitoare la sugar era una sumbră, incluzând afectarea creierului și moartea.

A fost trimisă o probă de sânge la Rady's Genomic Institute pentru secvențierea rapidă a întregului genom. Secvențierea cuprindea 125 de gigabiți de date, incluzând aproape 5 milioane de puncte în care genomul copilului diferea de unul comun. Au fost necesare 20 de secunde pentru un tip de IA, numit procesare naturală a limbajului, să preia dosarul medical electronic al copilului și să determine 88 de caracteristici fenotipice (aproape de 20 de ori mai multe decât cele pe care le înșiraseră medicii în lista lor de probleme). Algoritmii de învățare automată au trecut rapid în revistă aproximativ cinci milioane de variante genetice, pentru a găsi, în mare, 700 000 de variante rare. Dintre acestea, 962 sunt cunoscute ca provocând boli. Combinând această informație cu informațiile fenotipice ale sugarului, sistemul a identificat o variantă într-o genă denumită ALDH7A1, cel mai probabil răspunzătoare pentru afecțiune. Această variantă este foarte rară, putând să apară la mai puțin de 0,01% din populație, și produce un defect metabolic care duce la convulsii. Din fericire, efectele sale pot fi blocate prin administrarea de suplimente de vitamina B6 și arginină, un aminoacid, concomitent cu reducerea lizinei, un alt aminoacid. Odată ce s-a aplicat această dietă, crizele băiețelului s-au oprit brusc și acesta a fost externat din spital după 36 de ore! Monitorizarea lui ulterioară arată că este perfect sănătos, fără niciun fel de afectare cerebrală sau de întârziere în dezvoltare.

Cheia salvării vieții acestui băiat a constituit-o determinarea cauzei care i-a provocat afecțiunea. Puține spitale din lume secvențiază genomurile nou-născuților bolnavi și se folosesc de IA pentru a pune cap la cap tot ceea ce se cunoaște despre pacient și genomica sa. Cu toate că medicii cu foarte multă experiență pot, în cele din urmă, să stabilească un tratament adecvat, totuși mașinile pot face acest lucru mult mai repede și mult mai bine decât oamenii.



Astfel, chiar acum, eforturile și talentele combinate ale oamenilor și ale IA, funcționând împreună, pot conduce la reușita medicală. Totuși, înainte de a deveni prea optimiști în legătură cu potențialul IA, să ne oprim la o experiență recentă pe care am avut-o cu unul dintre pacienții mei.

— Vreau să fac operația, mi-a spus pacientul la telefon, după o vizită recentă.

Septuagenar cu părul alb și ochii albaștri, care condusesese mai multe companii, pacientul suferea de o afecțiune pulmonară rară și gravă, fibroză pulmonară, numită și idiopatică – un termen medical sofisticat pentru a ne referi la o boală cu o „cauză necunoscută”. Era destul de grav, astfel încât el și pneumologul său luaseră în considerare și posibilitatea unui transplant pulmonar, dacă lucrurile s-ar fi înrăutățit. Pe acest fundal, pacientul începuse să sufere de noi simptome: oboseală cu debut precoce care nu-i mai permitea să meargă până la colțul străzii sau să înoate o lungime de bazin. Se dusese la medicul său pneumolog să-i evalueze funcția pulmonară, care nu era schimbată. Acest rezultat sugera în mod convingător că nu plămânii erau de vină.

Apoi, împreună cu soția lui, a venit la mine, foarte îngrijorat și deprimat. A intrat cu pași greoi și mărunți în cabinetul meu. Am fost șocat de paloarea sa și de expresia lipsită de speranță. Soția sa a prezentat un sumar al simptomelor: era vorba de o diminuare accentuată a capacității bolnavului de a se deplasa de colo-colo, de a-și desfășura activitățile zilnice, pe lângă faptul că nu mai putea face efort.

După ce am trecut în revistă istoricul pacientului și l-am examinat, am sugerat ideea că s-ar putea să aibă o suferință cardiacă. Cu niște ani înainte, după ce începuse să aibă dureri la gambă în timpul mersului, îi fusese montat un stent în artera iliacă stângă. Această afecțiune veche m-a făcut să mă îngrijorez cu privire la depuneri de colesterol în artera coronară, chiar dacă nu prezenta factori de risc pentru o afecțiune cardiacă,

în afara celor comuni pentru vârsta și genul său, astfel încât am cerut să i se facă un CT cu substanță de contrast, pentru vizualizarea arterelor. Artera coronară dreaptă prezenta o îngustare cu 80%, dar celelalte două artere nu erau afectate semnificativ. Rezultatele nu se potriveau cu starea sa. Artera coronară dreaptă nu irigă prea mare parte din mușchiul cardiac și, în cei 30 de ani de activitate în calitate de cardiolog (dintre care 20 mi i-am petrecut dilatând arterele coronare), nu-mi aduceam aminte de niciun alt pacient cu o asemenea oboseală severă care să fi avut o îngustare numai în artera coronară dreaptă.

Le-am explicat, lui și soției sale, că pur și simplu nu pot stabili legături între fenomene și că ar putea să fie vorba de un caz de „adevăruri nelegate între ele” – că starea arterei s-ar putea să nu aibă nicio legătură cu starea de oboseală. Totuși, suferința serioasă a plămânilor săi făcea plauzibil ca acea îngustare a arterei să joace un rol. Din nefericire, afecțiunea pulmonară a pacientului ducea, de asemenea, la creșterea riscurilor în cazul unui tratament.

L-am lăsat pe el să decidă. S-a gândit câteva zile și s-a decis să suporte montarea unui stent în artera coronară dreaptă. Am fost puțin surprins, deoarece în decursul anilor pacientul se împotrivise oricăror intervenții și chiar tratamentului medicamentos. În mod remarcabil, s-a simțit energizat imediat după operație. Deoarece stentul fusese introdus prin artera de la încheietura mâinii, a putut să plece acasă la numai câteva ore după intervenție. Până seara se plimbase pe o distanță destul de mare și, până la sfârșitul săptămânii, putuse să înoate mai multe lungimi de bazin. Mi-a spus că se simte mai puternic și mai bine decât cu niște ani în urmă. Iar după alte câteva luni, uimitoarea îmbunătățire a capacității sale de efort s-a menținut.

Ceea ce este remarcabil în legătură cu această poveste este că algoritmul computerului ar fi ratat problema. Cu toată

publicitatea făcută folosirii IA pentru îmbunătățirea actului medical, dacă s-ar fi aplicat informațiilor despre acest pacient și literaturii de specialitate, s-ar fi tras concluzia că nu există dovezi care să indice faptul că deschiderea arterei coronare drepte va reduce simptomele de oboseală – IA este capabilă să învețe ce anume este de făcut numai prin examinarea dovezilor existente. Iar o companie de asigurări care folosește astfel de algoritmi ar fi refuzat cu siguranță să deconteze o asemenea intervenție.

Pacientul a manifestat însă o îmbunătățire spectaculoasă și susținută. Să fi fost vorba de un răspuns placebo? Pare puțin probabil – îl cunosc pe acest om de mulți ani și are tendința de a minimaliza orice schimbare, în bine sau în rău, a stării sale de sănătate. Pare a avea o personalitate de tipul celei a lui Larry David, cu un entuziasm redus, un tip morocănos. Aparent, ar fi fost ultima persoană care să declare resimțirea unui beneficiu foarte exagerat, de tip placebo.

Privind retrospectiv, explicația cea mai probabilă are de-a face cu boala sa pulmonară severă. Fibroza pulmonară determină o presiune crescută în arterele pulmonare, cele care aduc sângele la plămâni, acolo unde acesta se oxigenează. Ventriculul drept este răspunzător de pomparea acestui sânge la inimă; o presiune sanguină crescută în artere înseamnă că ar fi nevoie de un efort serios pentru a aduce mai mult sânge. Acest lucru este posibil să fi afectat ventriculul drept; stentul fixat în artera coronară dreaptă, care alimentează ventriculul drept, este probabil să-i fi redus stresul de la nivelul acestui compartiment cardiac. O interacțiune atât de complexă între irigarea cu sânge a inimii unui pacient și o afecțiune pulmonară rară nu a mai fost semnalată în literatura medicală de specialitate.

Acest caz ne amintește de faptul că fiecare dintre noi este o entitate unică ce nu va fi niciodată pe de-a-ntregul descâlțită de tehnologie. Cazul subliniază, de asemenea, aspectul uman al medicinei: noi, medicii, cunoaștem de multă vreme faptul

că pacienții își cunosc corpul și că trebuie să-i ascultăm. Algoritmii sunt reci, unelte predictive non-umane care nu vor cunoaște niciodată o ființă umană. În realitate, acest domn simțea că artera sa îngustată era răspunzătoare de simptomele pe care le avea și a avut dreptate. Eu am fost sceptic și cu siguranță nu aș fi anticipat amploarea impactului intervenției, dar am fost încântat că starea lui s-a îmbunătățit.



Inteligența artificială s-a strecurat în viețile noastre. Este deja răspândită în viața noastră de toate zilele, de la autocompletarea unui cuvânt pe care începem să-l tastăm, la recomandări nesolicitate bazate pe căutările noastre de pe Google, la sugestii muzicale bazate pe istoricul audițiilor noastre și până la Alexa, care răspunde întrebărilor sau care stinge lumina. Teoretic, rădăcinile IA datează de mai bine de 80 de ani, iar denumirea sa a fost introdusă în anii '50, dar impactul său potențial în îngrijirea sănătății a început să atragă atenția abia în ultimii ani. Promisiunea inteligenței artificiale este aceea de a oferi o vedere complexă, panoramică, asupra datelor medicale ale indivizilor; de a îmbunătăți procesul de luare a deciziilor; de a evita erorile legate de diagnosticarea greșită și intervențiile inutile; de a contribui la ordonarea și interpretarea testelor adecvate, precum și de a recomanda tratamentele. La baza tuturor acestora se află informațiile. Suntem deja în era Big Data: omenirea produce zettabiți (sextilioane de biți, sau informații suficiente cât să umple cu date în jur de un trilion de telefoane inteligente, în fiecare an). Pentru medicină, seturile mari de date sunt alcătuite din secvențieri complete ale genomurilor, imagini de înaltă rezoluție și o alimentare continuă de la senzori portabili. În timp ce datele continuă să fie descărcate, în realitate numai o mică parte dintre ele au fost deja procesate. După cele mai multe estimări, este vorba de mai puțin de 5%. Într-un fel, până acum procesul poate fi asemănat cu situația în care te îmbraci elegant,

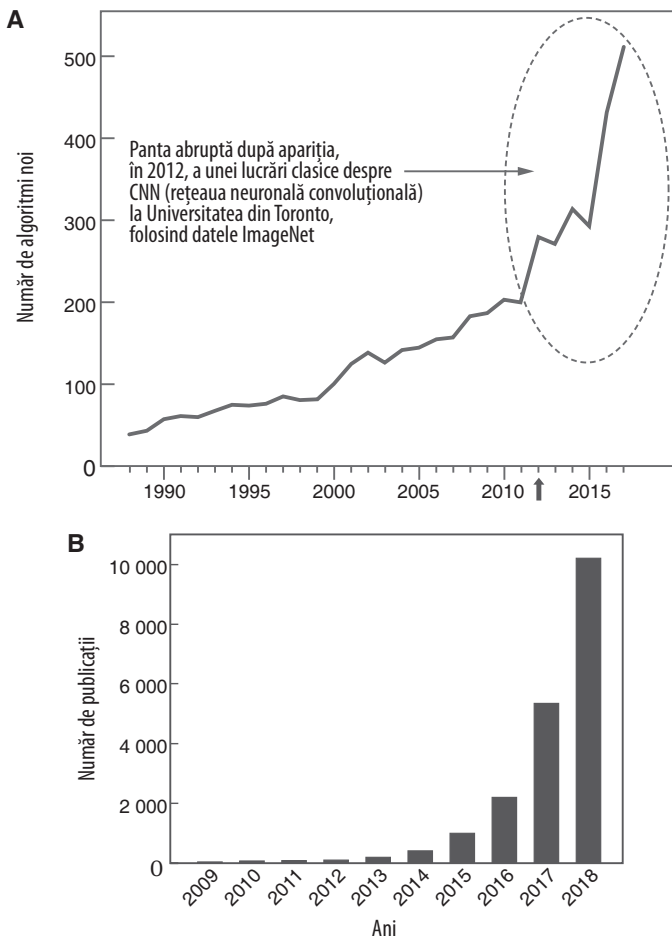
dar nu pleci nicăieri. Progresele în domeniul inteligenței artificiale îmblâzesc amestecul nesfârșit de Big Data, punându-l la muncă.

Există multe subtipuri de IA. În mod tradițional, învățarea automată include regresia logistică, rețele Bayesiene, Random Forests, mașini cu suport vectorial, sisteme expert și multe alte astfel de unelte pentru analizarea datelor. De exemplu, o rețea Bayesiană este un model care oferă probabilități. Dacă am simptomele unei persoane, de exemplu, un astfel de model poate oferi o listă de diagnostice posibile, fiecare cu probabilitatea sa. Amuzant este că în anii '90, când am făcut arborii de clasificare și regresie pentru a lăsa datele pe care le-am colectat să vorbească de la sine, în modul de „autoanalizare”, fără alterările noastre de interpretare, nu foloseam termenul de „machine learning” (învățare automată). Dar acum, această formă de statistică a suferit un progres major, atingând venerabilitatea. În ultimii ani, uneltele IA s-au extins în rețele profunde de modele, cum ar fi învățarea profundă și întărirea învățării (vom intra mai profund în detaliu în aceste aspecte în capitolul 4).

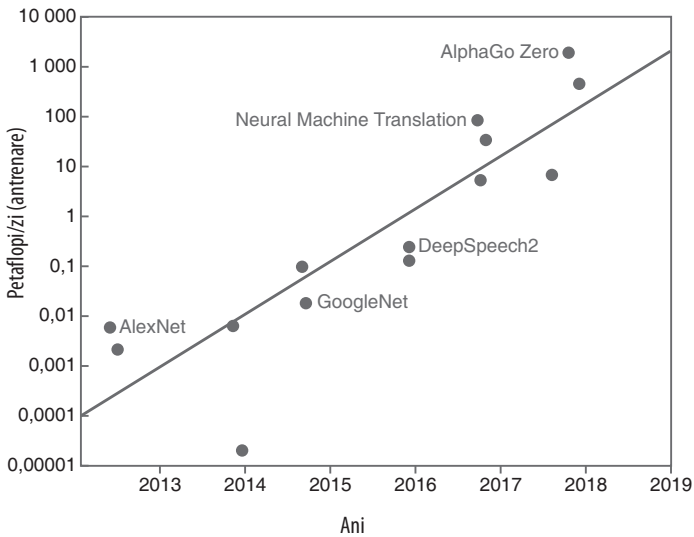
Subtipul IA de învățare profundă a luat avânt începând din anul 2012, când a fost publicată o nouă lucrare, devenită clasică, despre recunoașterea imaginilor<sup>2</sup>.

Numărul de noi algoritmi de învățare profundă pentru IA și numărul de publicații au explodat (Figura 1.1), înregistrând o creștere exponențială a automatizării recunoașterii de tipare dintr-un număr enorm de seturi de date. Creșterea de 300 000 de ori în petaflop (viteză de calcul egală cu o mie de milioane de milioane [ $10^{15}$ ] de operații pe secundă) pe zi de calcul, folosite în antrenarea IA reflectă schimbările apărute după 2012 (Figura 1.2).

În ultimii câțiva ani, au fost publicate mai multe studii despre învățarea profundă în reviste medicale de top. Mulți dintre cei din comunitatea medicală au fost cu adevărat surprinși



**Figura 1.1.** Creșterea numărului de algoritmi IA de învățare profundă, începând cu anul 2012, când a apărut lucrarea despre recunoașterea imaginilor. Surse: Imaginea A adaptată după A. Mislove, „To Understand Digital Advertising, Study Its Algorithms”, *The Economist* (2018): [www.economist.com/science-and-technology/2018/03/22/to-understand-digital-advertising-study-its-algorithms](http://www.economist.com/science-and-technology/2018/03/22/to-understand-digital-advertising-study-its-algorithms). Imaginea B adaptată după C. Mims, „Should Artificial Intelligence Copy the Human Brain?”, *Wall Street Journal* (2018), disponibil online la adresa: [www.wsj.com/articles/should-artificial-intelligence-copy-the-human-brain-1533355265?mod=searchresults&page=1&pos=1](http://www.wsj.com/articles/should-artificial-intelligence-copy-the-human-brain-1533355265?mod=searchresults&page=1&pos=1).



**Figura 1.2.** Creșterea exponențială a puterii de calcul – de 300 000 de ori – în cea mai mare antrenare de inteligență artificială. Sursa: Adaptare după D. Hernandez și D. Amodei, „AI and Compute”, OpenAI (2018), disponibil online la adresa: <https://blog.openai.com/ai-and-compute/>.

de ceea ce a putut realiza învățarea profundă: studii care afirmă capacitatea IA de a diagnostica unele tipuri de cancer de piele la fel de bine sau poate chiar și mai bine decât dermatologi de vârf; de a identifica tulburările de ritm cardiac specifice precum cardiologii; de a interpreta imaginile scanărilor sau imagini anatomopatologice la fel de bine ca radiologii și anatomopatologii cu înaltă calificare; de a diagnostica diferite tulburări de vedere la un nivel comparabil cu cel al oftalmologilor și de a face prognoze cu privire la sinucideri mai bine decât specialiștii în sănătatea mintală. Aceste performanțe se bazează în mod predominant pe recunoașterea tiparelor cu ajutorul învățării automate, după antrenarea sistemului pe sute de mii și, destul de curând, pe milioane de probe. Astfel de sisteme au devenit din ce în ce mai bune, iar ratele de eroare,

în cazul învățării din date alcătuite din texte, limbaj și imagini, se situează mult sub 5%, mult sub pragul uman (Figura 1.3). Cu toate că trebuie să existe o limită dincolo de care învățarea să înceteze, încă nu s-a ajuns la ea. Și, spre deosebire de oameni, care oboresc, au zile proaste, pot deveni emoționali, pot să sufere de privare de somn sau pot fi neatenți, mașinile sunt constante, pot lucra 24/7 fără pauză și nu se plâng (chiar dacă și ele pot să se îmbolnăvească). Este de înțeles că acest lucru a ridicat semne de întrebare cu privire la viitorul rol al medicilor și la impactul neprevăzut pe care-l va avea IA în practica medicinei.

Nu cred că învățarea profundă a IA va rezolva toate afecțiunile întâlnite în practica medicală modernă, dar lista din Tabelul 1.1 ne dă o idee despre cât de amplu poate fi aplicată această unealtă și cât de mult s-a exagerat.

- 
- Să-i depășească pe medici în toate sarcinile
  - Să diagnosticheze ceea ce nu poate fi diagnosticat
  - Să trateze ceea ce nu poate fi tratat
  - Să vadă ceea ce nu este vizibil prin scanări sau slide-uri
  - Să prevadă imprevizibilul
  - Să clasifice inclasificabilul
  - Să elimine ineficiențele din fluxul de lucru
  - Să elimine internarea și reinternarea în spitale
  - Să elimine excedentul de posturi de muncă inutile
  - 100% eficiență a medicamentelor
  - Zero vătămare a pacientului
  - Să vindece cancerul
- 

**Tabelul 1.1.** *Așteptări extravagante de la IA în domeniul medical, listă parțială*

În timp, IA ne va ajuta să înaintăm către fiecare dintre aceste obiective propuse, dar va fi vorba de un maraton fără o linie de sosire.