

Il nostro destino è scritto nei geni?

Domenica 20, ore 15.00

Relatori:

Luca SANGIORGI,
Ricercatore presso l'Università degli Studi di Bologna

Edoardo BONCINELLI,
Responsabile del Laboratorio di Biologia dell'Istituto San Raffaele di Milano

Carlo CROCE,
Direttore del Cancer Institute di Philadelphia

Marco PIEROTTI,
Direttore Dipartimento Oncologia Sperimentale dell'Istituto Nazionale per lo Studio e la Cura dei Tumori (INT)

Moderatore:

Luigi CAIMI

Caimi: Il 1953, anno in cui Watson e Crick compresero e descrissero la struttura generale del DNA, è ormai lontano. Il grande sforzo degli scienziati è stato da allora dedicato innanzitutto alla comprensione del codice genetico, per poi incanalarsi su un binario metodologico e induttivo che, partendo dalla malattia presumibilmente causata dalla alterazione di un gene, cercava di identificarlo. Nell'ultimo decennio del XX secolo a questo metodo tradizionale si è affiancato un metodo diverso che può essere definito di biologia molecolare e che si è posto come scopo il sequenziamento generale del genoma umano; si tratta di un traguardo recentemente raggiunto. L'utilizzazione pratica di questa grande sequenza di tre miliardi di basi non è però a portata di mano: conoscere il codice non vuol dire averlo decifrato. L'enorme database oggi disponibile di certo accelererà il processo di identificazione e mappatura dei geni collegati alle malattie.

Sul piano diagnostico preventivo le possibilità aperte sono enormi e facilmente intuibili: ogni volta che si identifica un gene le cui mutazioni provocano malattie, l'identificazione si trasferisce sul piano pratico con l'allestimento di test diagnostici e con la possibilità poi di seguire molto accuratamente gli individui predisposti e di fare diagnosi precoci. Il frequente coinvolgimento di più geni nella cosiddetta malattia, insieme alla interazione di fattori ambientali nella patogenesi di più malattie, complica tuttavia fortemente le prospettive di un intervento terapeutico. Tipica malattia multifattoriale è il cancro, la cui base genetica certamente consiste, concetto ormai familiare a tutti, in una cascata di alterazioni geniche assai diverse tra loro, che conducono alla deregolazione del comportamento cellulare. Una perdita del controllo proliferativo può ad esempio essere frutto di molte alterazioni genetiche che coinvolgono geni che, se alterati, fanno proliferare le cellule in modo incontrollato o geni oncosoppressori la cui funzione normale è di sopprimere l'attività proliferativa cellulare.

Il controllo genico della proliferazione cellulare rappresenta quindi uno degli interrogativi aperti dalle nostre nuove conoscenze genetiche; un altro non meno rilevante è il controllo del differenziamento cellulare. Tutte le cellule del nostro organismo contengono gli stessi geni eppure durante lo sviluppo embrionale e fetale i gruppi cellulari si differenziano formando tessuti ed organi diversi fra loro come conseguenza della ordinata espressione di specifici geni in determinati momenti dello sviluppo.

Sangiorgi: Il mio compito è tracciare una breve storia del "progetto genoma" e di accennare alle tematiche più problematiche. Innanzitutto il progetto ha come obiettivo mappare e analizzare ogni singolo gene contenuto nella doppia elica del DNA dell'uomo. Si tratta di rilevare una nuova anatomia dell'uomo: non ossa, muscoli o tendini, ma la completa mappa genetica dell'essere umano. Il genoma umano è il compendio di tutte le istruzioni genetiche ereditate dai propri genitori: più di tre miliardi di lettere chimiche scritte lungo la doppia elica del DNA, un testo estremamente lungo che, se stampato su carta, riempirebbe circa settemila volumi. Sequenziare il genoma significa leggere tutte queste lettere tramite sofisticate apparecchiature nel corretto ordine.

La grande quantità di lettere contenute nel genoma umano mostra come la natura sia una ottima correttrice di bozze. Quando, ad ogni divisione cellulare il genoma umano si duplica, talvolta si verificano degli errori. Un errore in una sola parola come un gene può far sorgere una patologia inabilitante. Il progetto genoma umano ha proprio come obiettivo la sequenza dell'intero genoma, la trascrizione di tutte le lettere nel corretto ordine, al fine di poter individuare gli errori o mutazioni che sono alla base delle malattie.

L'inizio di questo grande progetto ha come protagonista il dipartimento americano interessato alla genetica umana e alle mutazioni genetiche, in particolare, per via dei suoi programmi nucleari civili e militari il centro di Los Alamos nel Vermont, dove è stata scoperta la bomba atomica. Nel 1986 viene indetto dal dipartimento dell'energia statunitense (DOE) un grande convegno che approva l'idea di sequenziare il genoma umano.

Contemporaneamente Costing Harbor e Watson, scopritore della struttura della doppia elica del DNA, indicano con altri scienziati dell'Istituto Nazionale di Sanità (NIH) un altro convegno per valutare la fattibilità del progetto genoma; tra i promotori anche Dulbecco. Emergono immediatamente delle grosse resistenze per la necessità di applicare metodiche complesse e grossi investimenti finanziari. Nel 1988 il dipartimento decide di favorire una collaborazione tra

le due iniziative e i finanziamenti, assicurati al progetto nella sua complessità, crescono fino a superare i 108 milioni di dollari.

A questo punto un intraprendente ricercatore, Craig Benter, fautore delle innovazioni tecnologiche fin dal 1986, quando introdusse il primo sequenziatore automatico, entra in disaccordo con Watson e lascia il progetto fondando "The Institute for Genomic Research". Qui mette a punto un metodo definito "All genom shot gard"; secondo questa tecnica il genoma viene frammentato in piccoli pezzi di diverse lunghezze che vengono sequenziati da sequenziatori automatici guidati da dei robot: le sequenze ottenute vengono inviate a dei potenti laboratori in grado, in base a complessi algoritmi bioinformatici, di rimettere le basi nucleotidiche nell'ordine in cui si trovavano nel genoma intero. Grazie a questa metodica rivoluzionaria nel 1995 la *Celeral genomics*, fondata sempre da Craig Benter, sequenzia i primi microrganismi e nel 1998 l'intero genoma della *Drosophila*, il moscerino della frutta, e del *Celegance*, un verme che è molto importante nella ricerca. Nell'aprile del 2000 annuncia infine il completamento della sequenza delle basi genetiche di un individuo umano.

Nel frattempo, con metodi più tradizionali, viene decifrato nel dicembre del 1999, il cromosoma 22 e nel maggio del 2000 viene decifrato il cromosoma 21: essi rappresentano assieme il 3% di tutto il genoma. Il 26 giugno il presidente Clinton, con un abile mossa politica, unendo la parte privata del progetto genoma, rappresentata da Venter, a quella pubblica rappresentata da Collins, può annunciare la decodificazione del genoma umano.

Vorrei portare l'attenzione su un ultimo aspetto del progetto genoma. Esso porta notevoli cambiamenti nelle concezioni biologiche ed un'enorme quantità di opportunità commerciali nelle industrie farmaceutiche e biotecnologiche. Di fatto in alcuni settori della ricerca biologica la *big science* sta soppiantando la *small science* per via delle complessità dei metodi e per la necessità di effettuare screening di popolazioni al fine di identificare la eventuale presenza di geni patologici e l'intensità della loro espressione.

Inoltre questa ricerca ha identificato nuovi bersagli terapeutici aprendo le porte ad un possibile utilizzo di farmaci più personalizzati ed allo sviluppo di terapie geniche.

Restano tuttavia alcuni punti problematici. Senza voler toccare punti che riguardano la bioetica anche da una prima e superficiale analisi si evidenziano innanzitutto i problemi etici per test genetici di popolazione: da più parti viene avvisata la necessità di ben valutare i problemi genetici connessi al progetto genoma soprattutto per quanto concerne il possibile impatto di test genetici predittivi nel campo dell'oncologia. Negli Stati Uniti, notoriamente molto pragmatici, è stata ravvisata la necessità di una sorta di carta dei diritti del paziente affetto da patologia genetica. Questa consiste in provvedimenti che impediscano alle compagnie assicuratrici di venire a conoscenza dei test genetici eseguiti su una persona e di aumentarne di conseguenza il premio pagato da questa in base ai risultati.

Un altro problema è: si possono brevettare i geni? Clinton e Blaire hanno fatto nel marzo scorso una dichiarazione congiunta sulla impossibilità di brevettare i geni umani, dichiarazione che Clinton si è dovuto rimangiare il 6 aprile scorso in seguito al crollo in borsa dei titoli delle industrie biotecnologiche. Ancor prima della smentita presidenziale, l'ufficio brevetti degli Stati Uniti si è subito affrettato a ribadire che i geni e le altre invenzioni genomiche rimangono brevettabili nella misura in cui rispondono ai criteri previsti della utilità della novità e della non ovvietà, ossia i criteri applicabili a qualsiasi invenzione. I brevetti possono rappresentare il rischio di limitare la circolazione delle conoscenze scientifiche e l'accesso a tecnologie che sono necessarie per l'avanzamento della ricerca; allo stesso tempo una commercializzazione selvaggia di testi può in mano di incauti influenzare negativamente la normale percezione della malattia e della salute.

D'altra parte se le imprese biotecnologiche non vedono la possibilità di fare profitti non investirebbero in ricerca e sviluppo. Il dibattito è ovviamente molto vivace negli Stati Uniti, dove le ditte di questo settore rappresentano una fetta molto consistente del mercato dei nuovi investitori. Venter ha affermato di voler avanzare i diritti solo sulle sequenze igienico funzionali, considerando che ha trovato lui i soldi per sequenziare l'intero genoma. È stato deciso che è suo diritto esigere un compenso da chi vuole consultare le banche dati e usare le sue piattaforme informatiche; le principali multinazionali si sono così affrettate a sottoscrivere contratti per milioni di dollari pur di garantirsi l'accesso a dati e tecnologia.

L'assioma della biologia che un gene codifica un RNA e a sua volta dà origine a una proteina sembra essere confutata dai risultati del progetto genoma. Infatti nel cromosoma 21, di recente decodificazione, sono stati identificati 225 nuovi geni e 54 pseudogeni che non sembrano svolgere alcuna funzione. Il 41% dei geni di questo cromosoma non sembrano avere attributi funzionali. Si sta quindi facendo strada l'evidenza che la vera situazione dovrebbe essere la seguente: un gene dà origine a diverse proteine e ogni singola proteina sembra svolgere più funzioni; una porzione proteica alterata può dare origine a diverse malattie.

Questo aumenta l'incertezza in un settore che sembrava vantare molte certezze e fa sorgere un'ulteriore domanda: quanti sono i geni umani? In seguito alla decodificazione del cromosoma 22 si è potuto verificare che solo il 20% delle previsioni iniziali sul numero dei geni si sono rivelate corrette. Spulciando la lista dei 225 geni del cromosoma 21 si rileva che in realtà 98 sono solo potenziali nuovi geni in quanto ottenuti in base a previsioni bioinformatiche. Nel numero del giugno 2000 di "Net Genetics" sono apparsi tre articoli provenienti da gruppi di fama internazionale con stime sul numero totale di geni componenti il genoma umano assai diverse: si parte dalla stima di 28.000 unità fino a quella di 120.000.

Un ultimo accenno riguarda il determinismo genetico: associare alcuni geni con una maggiore tendenza a fumare, a tendenze suicide, a bere più alcool, alla timidezza; per non parlare dei presunti geni dell'omosessualità e della schizofrenia. La mia personale simpatia in questo campo va al così detto gene dell'appetito che sembra essere particolarmente espresso nei suini. L'eccessiva enfasi attribuita alla costituzione genica dell'uomo fa dimenticare che la vita umana è qualcosa di più della mera espressione di un programma genetico scritto nella chimica del DNA.

Boncinelli: Oggi è molto di moda dire che viviamo in tempi oscuri. Al contrario mi sento abbastanza contento di essere vissuto in questa epoca, di aver fatto il biologo negli anni in cui la biologia da cenerentola delle scienze è diventata quasi la protagonista. Abbiamo imparato un sacco di cose rispetto alle domande che l'uomo si è posto da sempre: che cosa distingue i viventi dai non viventi, che cosa distingue gli animali dalle piante, i vari animali tra di loro, perché le scimmie sembrano più intelligenti dei cani, e perché gli uomini ci sembrano più intelligenti delle scimmie. Abbiamo imparato più negli ultimi trent'anni che nei precedenti cinquemila, il che tutto sommato non è poi tanto poco.

Abbiamo imparato in cosa consiste la regia sotterranea che tiene insieme milioni di cellule del corpo di tutti gli animali in maniera concertata. Ogni cellula infatti fa i fatti suoi, ma nel corpo c'è una collaborazione, un'armonia prestabilita. Abbiamo imparato che la regia nascosta altro non è che il nostro patrimonio genetico, il nostro genoma.

Purtroppo quando si affronta il tema dei geni e del genoma, per ragioni storiche, ci si riferisce sempre alle malattie, e si parla dunque di gene per la fibrosi cistica o del gene per l'albinismo: è un errore. Noi non abbiamo il gene per l'albinismo, noi abbiamo il gene per la colorazione della pelle che quando disfunge, cioè quando è alterato, porta l'albinismo. Si deve quindi imparare a spostare l'accento dai geni come portatori di malattie ai geni come principio che ci dà la vita. Se i geni non fossero mai alterati non ci saremmo mai accorti che ci sono; abbiamo avuto sentore che esistono perché qualcuno ogni tanto ha sbagliato. Quando si è visto moscerini che invece dell'occhio rosso lo avevano bianco, ci si è resi conto che qualcosa doveva essere accaduto; successivamente si è individuato il gene che controlla il colore dell'occhio.

Il meccanismo con cui i geni si raddoppiano, poi quadruplicano e così via, per dare luogo al corpo, è quasi perfetto: in media un errore ogni miliardo. Un errore leggerissimo paragonabile ad un errore di battitura di una dattilografa ogni 500.000 pagine scritte: così il DNA ogni tanto, ma molto raramente, sbaglia.

L'essere umano che evidenzia qualsiasi piccolo particolare, qualsiasi alterazione della salute guardando sé stesso, è riuscito a individuare molte di queste alterazioni. Attraverso questo studio abbiamo appunto imparato che la regia della nostra vita è contenuta nel patrimonio genetico, non nel cervello, né nel cuore o nella epifisi, ma in tutte le nostre cellule. Ogni cellula del nostro corpo contiene il suo corredo. Non esiste nulla che possa essere paragonato all'organismo nemmeno il più sofisticato computer che comunque dispone di un'unica parte, e non di tutte le sue parti, come sede del programma.

Che cos'è il patrimonio genetico? Un gigantesco messaggio, non codice, che si materializza sotto forma di una lunghissima molecola di DNA; lo sanno anche i ragazzi delle scuole, almeno transitoriamente, perché poi lo dimenticano. Questo messaggio è scritto con un alfabeto semplicemente, incredibilmente scarno, fatto di solo quattro lettere A, G, C e T. È chiaro che con sole quattro lettere deve essere lungo. Il nostro patrimonio genetico infatti è composto da tre miliardi di queste lettere. L'uomo si è rimboccato le maniche, ha trovato soldi, si è organizzato, ha trovato gente di buona volontà ed è riuscito a decifrarle quasi nella loro interezza.

Questa serie lunghissima di lettere si può suddividere in capitoli, in unità significative: i geni. Dei circa 100.000 geni noi conosciamo poche funzioni: siamo alla percentuale del 30%. Quello che ci attende nei prossimi anni è capire cosa fanno fino in fondo quelli di cui già sappiamo qualcosa e cosa fanno quelli dei quali per il momento non sappiamo niente.

Quanto importanti sono i geni nella vita delle popolazioni e nella vita dei singoli? Si è imparata una verità incredibilmente deludente da un certo punto di vista. Un gene infatti si limita a specificare la struttura semplice di una proteina o di più proteine. Di tutte le cose che l'uomo poteva almanaccare nel suo cervello si è verificato la più semplice e, tutto sommato, quasi inaspettata. In condizioni normali il gene porta solo un piccolo tassellino alla costituzione, al mantenimento della nostra vita, e ci offre delle opportunità di vivere, di crescere, di imparare una lingua, di studiare, di ricordarci le facce delle persone che incontriamo, di leggere libri, di scriverli, di ricordarci quello che abbiamo letto.

Questo a me sembra un miracolo, un miracolo in senso scientifico: l'uomo sa, dopo migliaia di anni di domande poste a vanvera, cosa dal punto di vista almeno materiale c'è dietro la possibilità di condurre una vita. I geni ci offrono numerose possibilità, tra le quali noi possiamo e dobbiamo scegliere. Esiste purtroppo una minoranza di persone nelle quali qualche gene importante ha fatto i capricci, nel qual caso la libertà di queste persone è limitata. In questo caso un gene ha avuto un diritto di veto; la fa da padrone e condanna le persone e le famiglie di queste persone ad una vita di stenti. Esistono certi geni che se uno li ha alterati non nasce, vive pochi anni, vive pochi anni da cretino, vive da mutilato, da cieco.

Anche in questo caso negli anni ci sono stati cambiamenti radicali: i geni continuano ad esercitare il loro diritto di veto, ma il numero di casi in cui, nonostante il difetto, le persone fanno una vita normale o quasi normale, è aumentato incredibilmente. La scienza ancora una volta ha allungato e aumentato la qualità della vita delle persone. Occorre poi aggiungere che le malattie genetiche sono fortunatamente poche. Messe tutte insieme, di tutti i tipi, di tutte le gravità, non raggiungono fortunatamente il 2% dei nati vivi. In tutti gli altri casi in cui i geni fanno il loro dovere, fanno quello per cui sono lì, per cui sono stati scelti ad essere lì dall'evoluzione, si limitano a fare da palcoscenico, da sostegno ad una vita della quale poi ogni individuo sceglie la propria strada. Non esistono alibi: il determinismo genetico si deve intendere nel senso che qualche volta c'è un diritto di veto da parte di alcuni geni in alcune persone, ma per quanto riguarda tutto il resto ci sono ampie opportunità a ciascuno di noi di seguire la propria strada.

Ce ne accorgiamo benissimo. Chi è cresciuto in Italia parla italiano, chi è cresciuto in Giappone parla giapponese anche già quando è bambino. Vuole dire che i geni ci offrono la possibilità di adattarci in maniera incredibile al luogo in cui si nasce, ma anche a cosa si mangia, alle persone che si incontrano, a ciò che si studia. In alcuni casi c'è possibilità di scelta, in altri no; non ho scelto di nascere in quel paese, con quella famiglia, con quel censo, anche se dopo qualche

anno ho cominciato a prendere in mano le redini della mia vita, sono diventato sempre più responsabile delle mie scelte, dei miei atteggiamenti mentali.

Voglio concludere ricordando ciò di cui mi occupo nella mia ricerca cioè del cervello. Perché il nostro cervello è così diverso materialmente da quello degli animali e anche da quello delle scimmie? Perché è molto complesso. Nella sola corteccia cerebrale, che è la parte con la quale pensiamo, ci sono cento miliardi di cellule. Cento miliardi è anche il numero delle stelle nella galassia, è il numero delle galassie nell'universo, un numero enorme. Ciascuna di queste cellule contatta le altre con una media di 10.000 contatti; quindi il nostro cervello è fatto di un milione di miliardi di contatti.

È questa la nostra natura, la nostra complessità, la condizione per esercitare la nostra libertà. La nostra libertà deriva dal fatto che il nostro cervello è così complicato; i geni non potrebbero, nemmeno volendo, controllare tutti i nostri pensieri e i nostri atteggiamenti. Quindi noi siamo quello che siamo, ce lo ha detto la scienza, perché oltre alle altre parti del corpo abbiamo un milione di miliardi di contatti. Alcuni di questi sono stabiliti dai geni, altri dalle condizioni di vita in cui siamo cresciuti, altri ancora sono stabiliti perfettamente a caso. Non esistono due cortecce cerebrali uguali, quindi non esistono due persone uguali, ciascuno di noi è un capolavoro unico. Il che ci rende molto orgogliosi ed è una convinzione che nessuno riuscirà mai a toglierci.

Croce: La natura complessa del sistema nervoso centrale dimostra come il genoma interagisce coll'ambiente. Lo si può costatare descrivendo, per esempio, lo sviluppo del cancro. Recentemente abbiamo identificato un gene, chiamato poi "fet", che ha un unico soppressore mutato, per delezione. Il cancro è una malattia genetica diversa da tutte le altre malattie dovute a un'alterazione genetica singola. Il cancro è una malattia diversa perché coinvolge alterazioni in molti geni differenti, probabilmente più di dieci nei tumori benigni, più di trenta in quelli maligni; il tumore del polmone è dovuto a moltissime alterazioni genetiche differenti.

Il gene che abbiamo scoperto viene alterato molto spesso all'inizio del processo neoplastico, ma questa alterazione genica non è sufficiente per la trasformazione neoplastica; altri geni devono essere mutati per portare al tumore maligno. Questo gene è enorme, è infatti di 1,5 milioni di basi, e viene alterato da sostanze che sono presenti nell'ambiente, per esempio sostanze carcinogene presenti nel fumo delle sigarette.

Se un fumatore fuma, il risultato è che alcune delle cellule bronchiali sono mutate in questo gene; quando una copia di questo gene è alterata vi è una certa predisposizione a sviluppare un'alterazione nell'altra copia del gene. Ad un certo momento le cellule bronchiali del fumatore non hanno il gene normale: la proteina del "fet", responsabile della regolazione della sopravvivenza e della morte cellulare, non viene espressa.

Si avvia così una cascata di eventi che dopo molti anni porterà alla trasformazione neoplastica. Una seconda alterazione provoca da subito la scomparsa della proteina "fet" e avvia il processo neoplastico; altre alterazioni come mutazioni di un gene chiamato P53, oltre al gene chiamato P60, si devono verificare per portare ad una trasformazione neoplastica.

Di fatto ci si può rendere conto che lo sviluppo del tumore non è un fenomeno con una singola tappa, è un fenomeno formato da molte tappe. Questa conoscenza ci dà l'opportunità non solo di capire qual è la base del processo neoplastico, ma anche di interferire col processo. Se le cellule hanno bisogno di mutare dieci o cento geni differenti, basterebbe riuscire ad uccidere le cellule, precancerose o cancerose, che hanno una o due alterazioni e così riuscire a prevenire lo sviluppo del tumore.

Pierotti: Uno degli aspetti che riguarda il mio specifico campo di ricerca è quello che si prende carico del problema dei tumori ereditari.

I tumori ereditari non sono un'entità biologica diversa da quella dei tumori cosiddetti sporadici, più comuni, perché non sono altro che dei tumori che insorgono in individui in cui il primo passo di questa lunga strada è purtroppo per loro già compiuto alla nascita: hanno ereditato da uno dei due genitori uno di questi geni già alterato.

La multifattorialità propria di questi tumori, va precisato, dà soltanto una probabilità di malattia a coloro i quali ereditano uno degli elementi. Si apre sullo scenario della medicina anche una nuova branca che addirittura paradossalmente ha per oggetto non dei malati ma degli individui sani: la medicina predittiva.

Questi individui vengono definiti pertanto malati a rischio; non possiamo nasconderci che accanto ad un problema superabile, sovraccaricare la sanità già in difficoltà con gli attuali malati, ve n'è uno di ordine etico.

Giancarlo Cesana cita, nel suo ultimo libro, un adagio francese del XV secolo: "curare qualche volta, alleviare spesso, confortare sempre". Questo è uno dei punti fondamentali della nuova professione medica di fronte alle nuove sfide della genetica. Una delle conseguenze della malattia predittiva per esempio è l'aumento del divario tra la capacità di diagnosticare e quella di curare. Diventa così importante alleviare e confortare, e mai come in questo momento, il rapporto medico-paziente. Le recenti riforme sanitarie stanno riducendo o vorrebbero ridurre questo rapporto in base a curve, calcoli di probabilità, tabelle.

Nel nostro istituto abbiamo cercato di affrontare questo tema creando un'apposita struttura che vorrebbe, alla fine del percorso, diventare quello che in situazioni anglosassoni più avanzate della nostra sono realtà operative già consolidate: le "cancer family clinic", le cliniche del cancro familiare. I problemi di etica, psicologia, supporto socio-economico alle famiglie colpite da questa che è un'ingiustizia genetica, non è bene che si trasformino in un'ingiustizia anche di tipo sociale. Questo è un programma che va avanti grazie alla Fondazione italiana Ricerca sul cancro, perché i finanziamenti pubblici sono irrisori: le cifre del prodotto interno lordo destinato alla ricerca scientifica sono dell'1,03% in Italia, 2,32% in Germania e 2,42% in Francia, per non parlare dell'America e del Giappone. Questo rischia di mandare il nostro paese non nel terzo, ma nel quarto mondo.

Al di là di questa considerazione vorrei però precisare la mia posizione di fronte alla ricerca genetica. MacUsic, padre della genetica medica, segnala il rischio che un riduzionismo e determinismo genetico possano portare ad un aumento della distanza tra ciò che crediamo di conoscere e ciò che realmente conosciamo. “Quando il raggio della conoscenza si allunga la circonferenza dell’ignoto si espande”.

David Baltimore ha stabilito che ci vorrà un secolo per svelare completamente i misteri del genoma. Francis Collins, il capofila del progetto genoma pubblico e Venter, il capofila di quello privato, concordano nel sostenere che l’uomo è più della somma dei suoi geni.

Arrivando alla sintesi finale io credo che la risposta alla domanda – il nostro destino è nei geni? – non può prescindere dal passare a considerare che cosa sia in fondo l’uomo.

Credo che sia il punto centrale della questione a cui non si possa sfuggire dietro ragionamenti o teorie, ma in cui bisogna giocare la propria esperienza, la propria vita, i propri incontri. La complessità biologica che risiede nella possibilità di milioni di miliardi di combinazioni nel modo in cui possono essere espressi i geni di una mia cellula chiude in sé elementi di una libertà biologica che contrasta il rigido determinismo della composizione genica stessa: alla realtà biologica o misurabile si accoppia una realtà non misurabile costituita dalle mie idee, dai miei giudizi, dai miei desideri, dalla mia libertà di aderire a una proposta con un sì o con un no.