

SELYE JÁNOS

## IN VIVO

*Az élet tanulmányozása közben a magasabb régiókból egyre alacsonyabbakba szállunk, míg végül útközben az élet eltűnik, és ott állunk üres kézzel. A molekulák és elektronok élettelenek.*

SZENT-GYÖRGYI ALBERT

A kutatás első lépéséhez, a probléma megtalálásához tudatalatti, ösztönös megérzésre van szükség. Ez súgja meg, hogy a sok ezer dolog között, amit látunk, egyik vagy másik valami nagyszerűnek, valami teljesen újnak a kulcsát rejti magában. Ez nem tervszerű, logikus folyamat, csak egy megsejtés, ha úgy tetszik, mégis ezt a megsejtést akaratlanul irányítja valamennyi előző tapasztalatunk.

Furcsa dolog, hogy a tudományban, az ember legintellektuálisabb tevékenységében a legelső és döntő lépést homályos előérzetek irányítják. Mégis így van, hiába is tagadnánk. Az ember annyira büszke az eszére, hogy homo sapiensnek nevezte el magát; és mégis egy kutya orra gyakran többet ér a gyilkos kézre kerítésében, mint a legkiválóbb kriminológus tudománya. Az ember számos ragyogó eredeti alkotást hozott létre a művészetek terén. Mégis, melyik művész szegyéllné azt, hogy inkább érzelmeire hagyatkozott, mint értelmére. Vajon mi, tudósok, miért nem akarjuk beismerni, hogy a tudományos alkotómunkában hasonló a helyzet?

*Ki a legszebb a világon?*

Miután ezeket leszögeztem, szeretném biztosítani Önöket: nincs szándékomban eldönteni, hogy melyik az értékeesebb, a felfedezés vagy a kidolgozás, vagyis a probléma-felismerés vagy a probléma-megoldás. Mi haszon származnék abból, hogy tudunk a mellékvesék létezéséről, ha ezt a felfedezést nem követte volna felépítésük és működésük gondosan megtervezett vizsgálata, vagy ha senki sem foglalkozott volna e mirigyek hasznos hormonjainak kivonásával és kémiai úton való előállításával? A munkának ez a második szakasza sokkal több szellemi munkát és sokkal bonyolultabb módszereket igényelt, mint amire Bartolommeo Eustachióknak szüksége volt ahhoz, hogy ráakadjon a mirigyekre. Természetesen a molekuláris biológia modern analitikai kutatásainak nagyszerű eredményei nem szorulnak a mi védelmünkre.

Nehogy azt higgyék, hogy akár a szellemi teljesítmény, akár a gyakorlati érték szempontjából túlbecsülöm a felfedezést a kidolgozás kárára. Különbösen is a kettő egymásra van utalva. Mindössze arra szeretnék rámutatni, hogy más alkatú kutatók alkalmasak a felfedezésre, mint a kidolgozásra. Helytelen tehát az a szokás, hogy biológiai tudományokkal foglalkozó egyetemünk a legtehetségesebb fiatalokat mind a molekuláris biológiai kutatásokhoz irányítják.

### „Probléma-felismerők“ és „probléma-megoldók“

Most, hogy már tisztában vagyunk a felfedezés és a kidolgozás fogalmával, kísérjük meg ennek megfelelően a kutató kétféle típusát is felvázolni.

Az első típus leginkább a Természet útjainak ösztönös megérzésére támaszkodik. Kitűnő érzéke van ahhoz, hogy észrevegye a jelentőséget a megfigyelések mögött és mindenfajta összefüggést felismerjen. Nevezzük ezt a típust „probléma-felismerőnek“. Ő lényegében fenomenológus, „Gestalt“-biológus, akit jobban érdekel a körvonalazott egész, mint a szerkezeti részletek.

A másik típus a „probléma-megoldó“. Ismert dologgal kezd foglalkozni, megpróbálja szétszedni, hogy megismerje összetételét és megértse a működését. Ennél fogva legfőbb segítőtársai a logikai analízis, a kémia és fizika módszerei. Ő valóban egzakt tudós, mivel tulajdonképpen csak az egzakt tudományok eredményeit alkalmazza a biológia területén. Felmerült bennem, hogy „egzakt biológusnak“ nevezem ezt a típust, de persze ez helytelen lenne, mivel a biológia nem egzakt tudomány. Nagyon tanulságos az, ha a biológiában kémiai, fizikai vagy netán matematikai módszereket használunk, de sajnos, minél kisebb alkotórészeire bontjuk az élő anyagot, annál messzebb távolodunk magától az élettől. A vegyész, aki egy hormont állít elő, a fizikus, aki a csont ásványi alkotórészeinek kristályszerkezetét tárja fel, fontos adatokat szolgáltat a biológia számára. Ők azonban mégsem biológusok, mint ahogy a fegyverkovács nem katona, és a távcső tervezője sem csillagász.

A régi természettudósok az ökológia hívei voltak. Szemükben az egyed volt a legkisebb egység, meg sem kísérelték, hogy azt elemeire bontsák és tovább analizálják. Ők csak azt vizsgálták, hogy milyenek az egyed kapcsolatai más élőlényekkel és az élettelen természettel. A modern természettudós, ha az általam használt értelemben fenomenológus, végeredményben szintén ökológus, mivel élő egész rendszerek összefüggéseit vizsgálja, de az egyeden belül. Új problémák után kutatva nagy területeket kell végigpásztáznia, váratlan összefüggésekre vadászik a test távoli részei között. Nem pazarolhatja idejét és energiáját műtermékekre és téves következtetésekre, amelyek együtt járnak a komplex műszerekkel és a racionalizálással, s amelyek mindinkább elválasztják az egzakt tudóst az „anyatermészet“-től. Legfőképpen pedig nem szűkítheti horizontját azáltal, hogy valamelyik célpontra túlságosan is figyel.

Őnök azt mondhatják, hogy az elemző, „probléma-megoldó“ egzakt tudós attól, hogy az életet egy bizonyos szempontból nézi és egy kisebb struktúrát vagy egyetlen biológiai folyamatot vizsgál, miért ne tehetne felfedezéseket? Ez természetesen lehetséges; azonban minél élesebben összpontosítjuk figyelmünket egy részletkérdésre, annál inkább csökkentjük a valószínűségét annak, hogy „perifériás látásunk“ révén olyan dolgokat fedezzünk fel, melyek váratlanul felbukkannak ott, ahol nem is keressük őket. Aligha lehetett volna elektronmikroszkóppal vagy a sejtkémia segítségével felfedezni az anafilaxiát, a sárgalázat vagy azt a jelenséget, hogy a szervezet kiveti magából a homotranszplantátumot.

Kifogásolhatnák, hogy senmi értelme sincs a kezdőket arra buzdítani, hogy a megszokott tananyag és a problémák megoldásához szükséges bonyolult módszerek elsajátítása helyett inkább legyenek „probléma-felismerők“, hiszen az intuitívást nem lehet senkinek sem megtanítani. Ez csak részben igaz. A vakot nem lehet megtanítani festeni, sem a süketet zenélni. Azonban a tudományok területén — mint a művészetben is — előfordul az, hogy fölös mennyiségű kötelező elméleti tananyag és a szokványos technológiai kiképzés elfojtja a született tehetséget. Ugyanúgy megtörténhetik az is, hogy ez a tehetség kivirágzik egy szakértő mester serkentő munkastílusának hatására. Másrészt, csak kevesen lehetnek probléma-felismerők, mivel az ilyen adottság ritka, és mert minden egyes új felfedezés egy sereg probléma-megoldót foglalkoztat éveken át. Csak néhány embernek van probléma-felismerő tehetsége, de szükség is csak néhányra van, erre a néhányra azonban igen nagy szükség van. Ezért úgy érzem, minden erőnket meg kell feszítenünk annak érdekében, hogy ne veszítsük el a hagyományos természetűdódot. Ezt elérhetjük, ha azok közül, akik kutató biológusnak készülnek, néhányat — mondjuk egy százalékot — kiemelünk. Ez a néhány ember nagy szegélyt tehet majd kollégáinak, mert új területeket tárnak fel, új problémákra lelnek, amelyek sorra megoldhatók az egzakt tudományok alkalmazásával.

---

... a saját munkámról szeretnék beszélni egy keveset, habár eredményeim szerények. De szolgáljon mentségemre, hogy:

először is csak a saját kutatásaimról vannak közvetlen megfigyeléseim, egyedül ezeket tárgyalhatom anélkül, hogy félnem kellene attól, hogy hamisan rekonstruált történetekből téves következtetéseket vonok le;

másodszor, ahhoz, hogy előadásom tanulságos legyen, egészen őszintén kell beszélnem a probléma-felismerő végső sikerének mérsékelt értékéről. Ha a magam munkájáról mondom ezt, senkit sem kell megbántanom;

harmadszor, beszélgetés közben sokszor hallottam kollégáimtól és diákjaimtól, hogy a régi vágású természettudós módszerei ellen legtöbbször az a kifogás, hogy mindazt, amit tervek nélkül, csupán érzékszerveinkre támaszkodva fel lehet fedezni, már régen leírták. Nem érthetek egyet evvel a kishitűséggel, az effajta érveket naponta cáfolja meg a gyakorlat. Én, ellenkezőleg, úgy vélem, hogy még csak most indultunk el ezen az úton.

### *A stress és a GAS*

Először a stress-szel és a generális adaptációs szindrómával (GAS) foglalkozó kutatásaimról szeretnék beszélni, mert minden korábbi munkám csupán előszó, minden későbbi csak utóirat tudományos pályafutásom e központi kérdéséhez.

Kezdjük azzal, hogy felidézzük azoknak az időknek a szellemét, amikor az orvosi folyóiratokat böngésző olvasó még sehol sem találkozhatott azokkal a szavakkal, hogy „nem-specifikus stress“, „kortikoidok“, „generális adaptációs szindróma“, „adaptációs betegségek“ vagy éppenséggel „Selye“.

### *Az első pillantás*

Sokan kérdezték tőlem azt, hogy mi irányította figyelmemet az adaptációs szindrómára. Ennyi év után visszatekintve nehéz megtalálni egy hosszú gondolat sor első láncszemét. Mindig is érdekelték a nem-fajlagos reakciók, talán azért, mert általában elhanyagolt (majdhogynem megvetett) téma volt akkoriban, amivel nem-

igen foglalkoztak a kutatók. Jól emlékszem például az első belgyógyászati előadások egyikére, amelyet mint orvostanhallgató 1925-ben a prágai német egyetemen hallottam. Bemutattak nekünk néhány, különböző fertőző betegségek korai stádiumában levő beteget. Amint az „eseteket“ sorra behozták az előadóterembe, a professzor mindegyiknél gondosan elmondta, hogy a betegnek rossz a közérzete, rosszul néz ki, a nyelve belepett, diffúz fájdalmai vannak, fájnak az ízületei, emésztőszervi zavarai vannak, és étvágytalan, fogyott (ezenkívül fokozott a nitrogén, foszfor és kálium ürítése).

Előfordult még láz, a lép vagy a máj megnagyobbodása, fehérjevizelés, gyuladt mandulák, kiütések a bőrön stb. Mindezeknek azonban professzorunk igen kis jelentőséget tulajdonított.

Ezután felsorolt néhány „jellegzetes“ tünetet, melyek alapján, ha később megjelennek, egy specifikus betegség diagnózisát lehet felállítani.

Ezek azok a lényeges elváltozások, mondotta, amelyekre figyelmünket összpontosítani kell. Amíg ezek meg nem jelennek, nem sokat tehetünk a beteg érdekében, mert nélkülük sem határozott diagnózist felállítani, sem hatékony terápiát javasolni nem tudunk. A professzort nyilvánvalóan nem érdekelték a fenti, jól megfigyelhető elváltozások, mert lévén nem-specifikus jelek, ezek az orvos szempontjából „haszontalanok“ voltak.

Ők voltak az első betegeim; velük kapcsolatban a véleményemet még nem befolyásolta az akkor általános orvosi gondolkodásmód. Ha már többet tudtam volna, mit sem kérdeztem volna, hiszen minden úgy történt, „ahogy annak lenni kell“, vagyis „ahogy azt minden jó orvos csinálja“. Ha már többet tudtam volna, én is bizonyára beleütköztem volna a fejlődés legnagyobb akadályába, a túlzottan magabiztos szaktudásba. Csakhogy én nem tudtam, hogy mi az igazság, és törtem a fejemet.

Tudtam, hogy a professzornak specifikus tüneteket kellett találni ahhoz, hogy az illető betegség kórokozóját felismerje. Megértettem, hogy erre azért volt szükség, hogy megfelelő gyógyszert rendelhessen a betegnek, minthogy az orvosságok specifikusan ölik meg a kórokozókat vagy semlegesítik a mérgeket, amelyekről ezek az emberek megbetegedtek. De mint újoncot nagyon meglepett az, hogy milyen kevés az egyes betegségekre jellemző tünet, és milyen nagy azoknak a száma, amelyek egy sor egymástól teljesen eltérő vagy éppenséggel valamennyi betegségben előfordulnak.

Érdekelt, hogy például a kanyaró, a skarlát vagy az influenza egymástól annyira különböző kórokozói hogyan idézhetik elő ugyanazt az állapotot, melyet különféle gyógyszerek és allergének is létrehozhatnak, az ún. „nem-specifikus szindrómát“. Mert meggyőződtem róla, hogy ezen hatásuk olyannyira hasonló, hogy a betegség korai szakaszában lehetetlen az elkülönítő diagnózis felállítása.

### *A „rosszullét szindróma“*

Még ma is, negyven év távolából, világosan emlékszem, mennyit törtem a fejem ezen a dolgon akkoriban. Nem értettem, hogy miért törekedtek az orvosok emberemlékezet óta kizárólag arra, hogy az egyes betegségeket felismerjék, és a megfelelő gyógyszert megtalálják anélkül, hogy a „rosszullét szindrómájával“ foglalkoztak volna. Ugyanis ha fontos volt, hogy az egyes betegségeket meg lehessen gyógyítani, annál szükségesebb lett volna megtudni valamit a rosszullét mechanizmusáról, és megtalálni a „betegség általános szindrómájának“ kezelési módját, amely szemmel láthatóan minden specifikus betegség fontos velejárója.

A felfedezés annak a felismerése, hogy valami új létezik. Újdonság lehet a biológiában az élő anyag egy eddig ismeretlen strukturális eleme (egy új szerv, szövet, sejt, sejtrészecske vagy vegyi anyag), egy váratlan összefüggés a szervezet különböző részei közt, vagy egy mindaddig fel nem ismert élettani reakció vagy betegség. A felfedezés ebben az értelemben valamely előre nem látott dolog megtalálását jelenti, amely azonban nem szükségszerűen fontos dolog. Csak az olyan felfedezés fontos, amely nemcsak váratlan, hanem általánosítható is, vagyis sok szituációra lehet alkalmazni.

Kidolgozáson a már felfedezett tény további feltárását értjük. Ez a munka éppolyan fontos, vagy talán még fontosabb, mint az eredeti megfigyelés, amely a problémát felvetette. Az élettanban vagy a kórtanban az a pusztán tény, hogy egy évszázaddal ezelőtt Ehrlich a hízósejteket felfedezte, nem jelentett haladást: az új sejttípus csupán egy mikroszkopikus különlegességet jelentett. Ezután a tervszerű feltárás hosszú éveit követték. Egyre bonyolultabb eljárásokkal sikerült kimutatni, hogy ezek a sejtek heparint, hisztamint és szerotonint tartalmaznak, részt vesznek a különféle anafilaxiás és anafilaktoid reakciókban, megkönnyítik a véráramban jelen levő részecskék lokalizációját, és döntő szerepet játszanak a sérülésekkel szemben tanúsított szöveti rezisztencia szabályozásában. A hízósejt-probléma máig sincs teljesen megoldva, de ne felejtjük el, hogy ha a sejt létezéséről sem tudnánk, probléma se volna.

### *Megsejtés és megtervezés*

A probléma-felismerésnél a legfontosabb követelmény a találatekonyság, amelyhez talán egy adag opportunizmus is járul; a probléma-felismerő hajlamos arra, hogy a legkisebb ellenállás helyén támadjon ahelyett, hogy állhatatosan kutatna eredeti célkitűzésének tárgya után. A probléma-megoldás alapja ezzel szemben a gondos tervezés és kitartás a kijelölt úton egészen a cél eléréséig. Ehhez türelemre van szükség és bátorságra ahhoz, hogy minden kísértésnek ellenálljunk, amely gyors sikerrel kecsesítve kitérőkre csábít. Gyakran többet ér itt a perspiráció [az izzadság], mint az inspiráció.

Pusztán a logika törvényeire azonban még a probléma-megoldásnál sem bízhatjuk magunkat. Claude Bernard, a nagy élettantudós, ezt írta: „A tudományos kutatás szabályainak az az általános rendszere, melyet Bacon vagy más, modernebb gondolkodók igyekeztek felállítani, talán elfogadhatónak tűnik azok számára, akik csak távolról szemlélik a tudományokat, de mit sem ér velük a tapasztalt tudós vagy az, aki a tudományok művelésének kívánja szentelni magát. Valójában az efféle rendszer csak megzavarja az embert azzal, hogy hamisan leegyszerűsíti a dolgokat, és ezenkívül tétova és alkalmazhatatlan szabályok tömegével terheli meg az elmét, amelyeket gyorsan el kell felejtetni, ha valaki a tudományok ismerője és jó kísérletező akar lenni.“

Ugyanezt a gondolatot még csipősebben fejezte ki Jean de Maistre, amikor azt mondta: „A tudományban azok tették a legtöbb felfedezést, akik legkevésbé ismerték Baconot, míg azok, akik olvasták és elmélkedtek rajta, mint maga Bacon is, nem sokra jutottak.“

A hipotézisek felállítása sem igényel olyan sok logikát, mint ahogyan a legtöbb ember elképzei. A hipotézishez nem elegendő a logikus gondolkodás, hiszen ilyenkor még, eleve kevés a bizonyíték — ha nem így volna, nem hipotézisről, ha-

nem tényleges következtetésről lenne szó. Valóban, minél inkább igénybe veszi a képzeletet a tények hiánya, annál eredetibb a hipotézis.

Az eredmények értékelését természetesen csak az okfejtésre bízhatjuk. Az utóbbi évtizedekben értékesnek bizonyulnak ebben a tekintetben a matematikai módszerek is, különösen a biológiai statisztika. Tartózkodónak kell lennünk azonban a biológiai matematika nagyravágyóbb törekvéseivel szemben, amelyek megkísérlik egyenletek formájában kifejezni az élet jelenségeit, ahol a legtöbb változó ismeretlen. Ezek az erőfeszítések csak akkor járhatnának sikerrel, ha az ismeretlenek nem lennének fontosak, de ezt csak igen ritkán állíthatjuk. Egy egyenlet csak a matematikusnak mond többet, mint mondjuk egy vérnyomásmeggörbe vagy valamely daganat szövettani képe. Ha matematikailag ki is lehet fejezni egy biológiai jelenséget, ez mindössze azt jelenti, hogy egy sor adatot a biológus nyelvről lefordítotunk a matematikus nyelvére. A jogászok beszédmódja sokkal precízebb, mint a hétköznapi nyelv, mégse jut senkinek sem eszébe, hogy az élet törvényeinek leírásakor ezeket a túlon túl pontos és óvatos kifejezéseket használja. Az árnyalatok és a kétértelműségek teljes kiirtása csupán a ténylegesnél nagyobb szabatoság látszatát keltené. Ugyanezt mondhatnánk általában azokról a törekvésekről, amelyek az élet nem szabatos és kivételekkel teli szabályait a matematika szabatos nyelvére akarják lefordítani.

Jóllehet ez sok tudósnak ellenszenves, mégis el kell fogadnunk, hogy nem mindig az értelem útján juthatunk el legbiztosabban a felfedezésekhez és az ismeretekhez. A postagalamb „ismeri” a földrajzot, a denevér „ért” a radarhoz, s mégsem értelmes lények. A gyermek sem logikus nyelvtani szabályok alapján tanulja meg anyanyelvét.

### *Előre kiszámítható és kiszámíthatatlan eredmények*

Ez ugyanaz, mint amiről az előbb beszéltem, csak más megfogalmazásban. Az intuitív eredmények nyilvánvalóan kiszámíthatatlanok; senki sem veheti tervbe, hogy új problémákat fog találni. Ezért ez a típusú tevékenység sosem töltheti ki a kutató teljes munkaidejét, és a legtipikusabb probléma-felismerő is megpróbálja elfoglalni magát valamelyik problémájának megoldásával, legalábbis addig, míg ezen a nyomon újabb problémára nem lel.

Sokkal könnyebb a probléma-megoldás eredményeit előre meghatározni; ez állandó elfoglaltságot jelent, hiszen a munka nagy része előre elkészített tervek alapján folyik. Fleming nem tudhatta előre, hogy fel fogja fedezni a penicillint, de amint a penicillium antibiotikus aktivitása kiderült, könnyű volt a teendőket összeírni. Biztonsággal meg lehetett előre jósolni, hogy minden valószínűség szerint, előbb vagy utóbb, a hatékony anyagot töményítik, kivonják, megtisztítják és talán szintetizálják, ahogyan az a legtöbb biológiai anyag esetében történt. Sok probléma-felismerő egész életében csak egyetlenegy fontos felfedezést tett, míg a kiváló probléma-megoldók számos esetben értek el sikert logikai és technikai felkészültségükkel.

Az, hogy az eredmény előrelátható, nagyon jó dolog, de nem jelent önmagában sikert. Ha valaki meg akar oldani egy problémát, először bizonyosodjék meg afelől, hogy érdemes azt megoldani. Nem indokolt egy feladatot csak azért elvállalni, mert még senki sem foglalkozott vele (gyakori indíték, főleg kezdőknél). Természetesen, ha valaki a legújabb és legnagyobb teljesítményű elektronmikroszkóppal tanulmányozza az afrikai elefánt fityma-mirigyzeit, látszólag biztos lehet abban, hogy ez „szenzáció” lesz, és az is valószínű, hogy a biológiai tudományok történe-

tében még senki sem vállalkozott erre. De miért igazolná ez a vállalkozás létjogosultságát?

Aki azt hiszi, hogy ez egy valószínűtlen példa, annak figyelmébe ajánlom a következő címeket, amelyeket napjainkban megjelenő tudományos folyóiratokból gyűjtöttem:

„Nembutal anesztézia hatása a mongol gerbil [hörcsögfejű egér] mellékveséjének progeszteron—4—C<sup>14</sup> anyagcseréjére.“

„A csokoládé mágneses magrezonanciája.“

„Az Iowában termelt burgonyából süített rosejbniből fejlődő könnyű szénhidrogén gázok gáz-folyadék kromatográfiája.“

„A vércukor változásai a nyúlban Miláno utcáiról vett porminták intravénás injekciója után.“

E cikkek szerzői, anélkül is, hogy végigböngészniék az irodalmat, egészen biztosak lehetnek abban, hogy közléseik eredetiek és „elsők“.

### *Szintézis és analízis*

A probléma-felismerő nemcsak megfigyeli a tényeket és felméri jelentőségüket, hanem — és ez a leglényegesebb tevékenysége — ösztönösen észreveszi a látzólag összefüggéstelen dolgok közötti kapcsolatot, tehát szintézist teremt. Ilyesféleképpen próbálkoztunk magunk is a GAS-szel és a plurikauzális betegségekkel kapcsolatban. Az alapvető tények nagy részét már jóval előttünk is ismerték; az új csak az volt, hogy az ismert tények közötti kapcsolatokat felismertük. Számptalan korábbi kutató észlelt mellékvese-megnagyobbodást ilyen vagy olyan mérgezés után, s az „akcidentális csecsemőmirigy-sorvadás“ akutan fertőzött gyermekeken, vagy a test-súlycsökkenés rákban szenvedő betegeken sem volt ismeretlen. Most már tudjuk, hogy mindezek a stress megnyilvánulásai voltak, de önmagukban nem utaltak egy sztereotip háromfázisú reakcióra, amelyben a hipofízis—mellékvese rendszer döntő szerepet játszik. Hasonló volt a helyzet a plurikauzális betegségek esetében is.

A probléma-megoldó elsőrendű feladata ezzel szemben szükségsszerűen az analízis. Ő, ha már megválasztotta vizsgálatát tárgyát, arra törekszik, hogy kémiai vagy fizikai úton részeire bontsa. Ahhoz, hogy megértse a vizsgált valami felépítését és működésének mechanizmusát, a legnagyobb teljesítményű mikroszkóppal a legfinomabb szerkezeti részletekig kell hogy hatoljon. A szintetizáló azt akarja tudni, hogy mi történik, ha a dolgokat összerakjuk, az analízáló viszont az egyes dolgok legapróbb részeire kíváncsi.

### *Perifériás és centrális látás*

Miközben egyetlen pontra összpontosítunk, tehát csak oda nézünk, ahol változást várunk, könnyen megeshetik, hogy észre se vesszük a legfontosabb dolgokat, amelyek valahol másutt bukkannak fel. Ha tekintetünket vagy elménket egy valamilyen tárgyra összpontosítjuk, akkor annak a környezetével való kapcsolatait nem tudjuk értékelni. A probléma-felismerőnek perifériás látással kell rendelkeznie. Hogy ezt jól fel tudja használni, egy tárgyhoz sem szabad túl közel mennie, nehogy szem elől tévéssze ennek az egészben elfoglalt helyzetét, és megfossa magát attól a lehetőségtől, hogy a vártnál fontosabb dolgokra bukkanjon. Eppen ezért módszerei szükségsszerűen felületesebbek, mint a probléma-megoldóéi. Az utóbbit egyenesen segíti a centrális látás, melynek segítségével kirekeszt minden oda nem tartozó dolgot, és az analízálendő tárgy legfinomabb részleteire tud összpontosítani.

Talán észrevették, hogy a tapasztalt kórboncnok, mielőtt egyre emelkedő nagyításokat használna, előbb mindig szabad szemmel megtekinti a metszetet, hogy egy általános képet nyerjen.

Attól, hogy egy egér minden egyes sejtjét elektronmikroszkóppal gondosan külön-külön megvizsgáljuk, még fogalmunk sincs arról, hogy milyen is egy egér. Olyan ez, mintha egy katedrális szépségét építőköveinek kémiai analízisével akar-nánk lemérni. Nagyon hasznos lenne, ha ismernénk a mellékpajzsmirigy hormon-jának pontos szerkezetét; persze egyetlen vegyésznek se jutott volna eszébe, hogy ilyesmivel kezdjen foglalkozni, ha a pajzsmirigy eltávolítása, majd a tisztítatlan mellékpajzsmirigy-kivonat befecskendezése révén ki nem derült volna, hogy ez a mirigy igen fontos szerepet játszik.

### *Egyszerű és bonyolult technikák*

A probléma-felismerők a legegyszerűbb technikákat használják szívesen, mert ezek különösen alkalmasak nagy területek végigpásztázására, az egészet mutatják ahelyett, hogy elveszejtenének a részletekben, és legtöbbször könnyen meg-tanulhatók és kivitelezhetők. A probléma-megoldók viszont inkább a bonyolult mód-szereket kedvelik, még akkor is, ha ezek több időt vesznek igénybe és nehezebben elsajátíthatók, mert csak így juthatnak el az őket érdeklő legkisebb összetevő elemekig.

Mellesleg megjegyezve, majdnem valamennyi nagy biológus saját, kezdetle-ges technológiát dolgozott ki. Ezt nem tanulhatták volna meg sem tanfolyamokon, sem könyvekből, mert maga a téma volt új. Lavoisier sajátkezüleg készítette mér-legeit, hőmérőit és kalorimétereit. Pasteur az egyszerű bakteriológiai eljárások rendkívül leleményes feltalálójának bizonyult, számos módszerét ma is használ-juk. Az új tudományágak születésekor az új technológiáknak kell bábáskodni. Sem Lavoisier, sem Pasteur nem volt orvos — az előbbi fizikus volt, az utóbbi ve-gyész —, mégis azáltal, hogy saját tudományáguk technikáját alkalmazták a bioló-giában, az orvostudomány olyan vonatkozásaira derítettek fényt, amelyekről akko-riban az orvosok még csak nem is álmodhattak.

### *Kísérleti eredmények*

A probléma-felismerő nemcsak azért alkalmaz szívesen egyszerű módszereket, mert így rövid idő alatt sok vizsgálatot végezhet, hanem azért is, mert ezek egy- időben többféle eredményt szolgáltatnak, s így olyan összefüggésekre világítanak rá, amelyeket nem veszünk észre, ha egyetlen célpontra szűkítjük a vizsgálatot. A véletlen felismerések analizálásakor és kiaknázásakor addig nem tervezhetünk újabb kísérletet, míg az előzőből le nem vontuk a megfelelő következtetéseket.

A szövet-állványoknál átlagosan egy év alatt fejlődik ki a daganat, míg az alarm-reakciót, az akut kondicionált nekrozist, a trombohemorrhagiás jelenséget, kalcifilaxist vagy kalcergiát már egy nap múlva meg lehet állapítani. Könnyen érthető, hogy miért tudtam annyival gyorsabban haladni ezekkel a vizsgálatokkal, mint az időigényes daganatkeltő szövet-állványozással foglalkozó munkával.

Ugyanezért — ha a többi feltételek megegyeznek — inkább választom a klini- kai megfigyelést, a szabad szemmel való megtekintést vagy legfeljebb a fénymik- roszkópos vizsgálatot, mint a speciálisabb elektronmikroszkópos tanulmányozást, vagy az élő anyag egyes összetevőinek kémiai meghatározását. Ez utóbbiak csak egyetlen vagy néhány célpontot derítenek fel, ami kizárja a különböző területek



közi váratlan összefüggések felfedezését. A vércukor-meghatározás csak a cukorra nézve nyújthat felvilágosítást és csak a vérben. Ez az adat esetleg nélkülözhetetlen egy bizonyos probléma tervszerű megoldásának bizonyos szakaszában, másrészről azonban az ilyen fokú szelektivitás lecsökkenti a véletlen megfigyelések valószínűségét. A fénymikroszkópba vetett pillantással egyetlen látótérben a formák, színek ezer részletét s a képletek egymáshoz viszonyított elhelyezkedését láthatjuk. Úgy is mondhatnánk, hogy egyetlen szövettani metszet számtalan eredményt rejthet magában.

Nevetséges lenne mindebből arra következtetni, hogy az élet tanulmányozásában a morfológia értékesebb, mint az analitikai kémia. Minden attól függ, hogy mire vagyunk kíváncsiak — és mégis, az egyszerű statisztika azt mutatja, hogy a kettő közül a morfológia kecséget több reménnyel azok számára, akiknek kíváncsisága túlterjed a jórészt előre kiszámítható dolgokon. Én például rendszeresen kihívom a szerencsém: hátha különösebb erőfeszítés nélkül sikerül valami értékes felfedezést tennem, miközben elszántan követem egy jelentéktelen, bár kétségtelenül jelenlevő, apró részlet nyomait.

### *Tanonckodás és kötött tanfolyamok*

A probléma-felismerés módszereit egy tapasztalt kutató mellett dolgozva, tanonckodással lehet a legjobban megtanulni. A probléma-megoldónak viszont a szervezett tanfolyamok és a laboratóriumi gyakorlat nyújtotta rendszeres képzésre van szüksége. Ez érthető, mert az előbbi főleg ösztönös gondolkodásmódjára támaszkodik, az utóbbi pedig az ismeretek és módszerek tervszerű, logikus alkalmazására fordítja figyelmét.

---

### *Általános összefoglalás*

Egész életemben ahhoz a tanácshoz tartottam magam, amely most intézetünk bejárata fölé van vésvé:

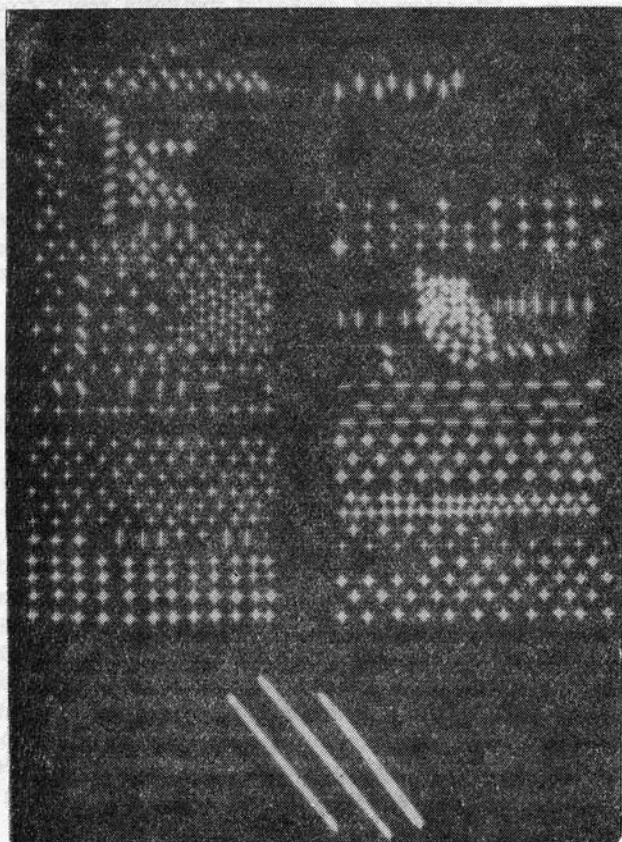
Sem a témád fontossága  
Sem műszereid teljesítménye  
Sem tudásod nagysága  
Sem terveid pontossága  
Nem pótolhatja  
Gondolataid eredetiségét és  
Megfigyelésed élességét.

Előadásaim fő célja az volt, hogy hitet tegyek e régi és számomra hasznos igazság mellett, amely ma lassan feledésbe merül, sőt mintha hitelét veszítette volna. A tudományok, különösen a biológia és az orvostudomány, történetük döntő szakaszába jutottak. A részletekbe való belefeledkezés és a részletek megközelítéséhez szükséges bonyolult berendezések azzal fenyegetnek, hogy kiölik a természetes érzékeinkkel történő megfigyelés művészetét és a legfontosabb dolgok átfogó rendszerezésének lehetőségét. Van, aki azt mondja, hogy a modern technológia kiszorítja az elavult, régimódi kísérletezést. Azt állítják, hogy az élet mindazon vo-

natkozásait, amelyeket szemmel lehet látni vagy egyszerű kísérletekkel fel lehet deríteni, már leírták. Megpróbáltam több — részben az irodalomból, részben a saját gyakorlatomból vett — példával bemutatni, hogy ez nem így van.

Az nyilvánvaló, hogy a fizika és a kémia alkalmazása, a biológiai jelenségek matematikai analízise és komplex műszerek szerkesztése igen nagy jelentőségű — ebben senki sem kételkedik; ezt tanítják az egyetemeken, ez kétségkívül a legbonyolultabb problémák megoldásának legeredményesebb módja. Ahhoz azonban, hogy egy problémát megoldjunk, először rá kell jönnünk, hogy a probléma létezik, s míg kutatunk utána, sem a logikus gondolkodás, sem a nagy teljesítményű műszerek nem segíthetnek annyit, mint az ösztönös készenlét, az az érzék, amely felismeri a sok nyilvánvaló dolog között azt a néhányat, amely fontos. Ezért szerettem volna a klasszikus értelemben vett természettudósnak, a kihalásra ítélt régi biológiai iskola egyszerű megfigyelő és rendszerező koponyájának szószólója lenni.

Részletek Selye János *In vivo* (Élőben) címmel New Yorkban kiadott s Mészáros Károly fordításában 1970-ben az Akadémiai Kiadónál Budapesten magyarul is megjelent munkájából. Az angol kiadáshoz Szent-Györgyi Albert, a magyarhoz Lissák Kálmán akadémikus írt előszót.



Kancsura István: *Difrakció* 183 (Részlet)