

M Ü H A Z İ R Ə - 14 - 15

Nanotexnologiyalar əsasında bionanosensorların, intellektual sensorların, süni nanotellərin və bioçiplərin yaradılması.

Bakteriyalar və viruslardan nanotexnologiyalarda istifadə edilməsi.

Bu gün biz nanotexnoloji nailiyyətlərin biologiya və tibb sahələrinə tətbiqindən söhbət açacağıq.

Nanotexnologiyaların biologiya və tibbə tətbiqindən asılı olaraq, **bionanotexnologiyalar** və **nanobiotexnologiyalar** terminləri yarandı. İlk baxışda bizlərdə eyni təsəvvür yaranan, lakin mahiyyət etibarilə bir-birindən fərqli olan bu 2 terminlərin mənalarını açıqlayaq.

Bionano biooji obyektlərdən nanotexnologiyalarda istifadə edilməsi deməkdir. Bura öz-özünə qablanma qabiliyyətinə malik molekulardan nanoquruluşların alınması, bioloji nanoquruluşlardan nanomateriallərin sintezi üçün matris kimi istifadə edilməsi, biotələqid, biomolekulyar elektronika və s. aiddir.

Nanobio dedikdə isə, nanotexnoloji nailiyyətlərdən biologiya və tibbdə istifadə olunması başa düşülür. Bura biosensör, çip üzərində laboratoriya, nanoquruluşlu matris əsasında toxuma mühəndisliyi, dərmanın ünvanlı daşınmasında istifadə edilən nanokonteynerlər, qeyri-üzvi nanohissəciklərdən müalicə və diaqnostik məqsədlər üçün istifadə edilməsi və s. daxildir.

İlk öncə “bioloji nanoölçülü quruluşlar nədir?” sualını aydınlaşdırırıq.

Bioloji nanoölçülü quruluşlar dedikdə, son illər biologiya və tibbdə istifadə edilən bütün nanoölçü diapazonunda olan quruluşlar və materiallar başa düşülür. Bu quruluşların özlərini sırf bioloji və qeyri-bioloji olmaqla iki böyük qrupa bölmək olar.

Birinci qrupa ölçüləri nano diapazonda yerləşən və demək olar ki, bütün canlı orqanizmlərin əsasını təşkil edən quruluşlar - bakteriyalar (1÷10 mkm), viruslar (10÷200 nm), zülallar (4÷50 nm), zülalların tərkib hissəsi olan 20 amin turşuları (1 nm), DNT-nin tərkib hissəsini təşkil edən nukleotidlər (~ 1 nm) və s. daxildir.

Qeyri-bioloji nanoquruluşlara isə bütün nanozərrəcikləri (o cümlədən, qızıl və gümüş zərrəciklərini də) aid etmək olar.

Bildiyimiz kimi, nanotexnoloji proseslərin əsasını klaster əmələ gətirmək və kiçik həcmə yığılmaq – qablanmaq qabiliyyəti təşkil edir. Canlı təbiətdə mövcud olan bütün bioloji nanoquruluşlar klaster əmələgətirmək və qablanmaq xüsusiyyətlərinə malik olduqları üçün, onlardan nanotexnoloji proseslərdə geniş şəkildə istifadə edirlər.

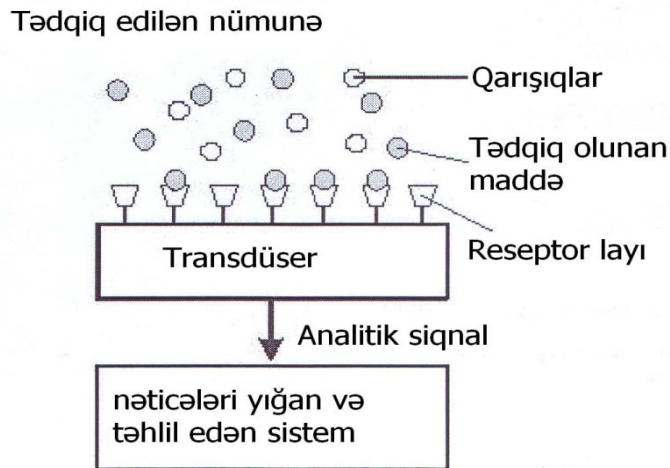
Biosensorlar

Nanotexnologiyaların biologiya və tibbə tədqiqinin əsas nailiyyətlərindən biri biosensorların yaradılması ilə bağlıdır. İlk öncə sensorun nə olduğunu aydınlaşdıraq.

Sensor sözü latınca “**sensus**” sözündən götürülüb, **hiss etmək** mənasını verir. Sensorların iş prinsipi kimyəvi, biokimyəvi və fiziki proseslər zamanı yaranan enerjiləri elektrik siqnallarına çevirməkdən ibarətdir.

Sensor, aşağıdakı hissələrdən ibarət olur:

- **təyinedici elementdən (reseptor layından);**
- **transdüserdən (ingiliscə transducer – çevirici, ötürücü deməkdir); burada bioloji, və ya kimyəvi qarşılıqlı təsirlər elektrik siqnalına çevrilir;**
- **nəticələri təhlil edən sistemdən.**



İş prinsipindən və analitik siqnalın növündən asılı olaraq, sensorların aşağıdakı növləri vardır:

- elektrokimyəvi (potensiometrik, voltamperometrik, kulonometrik); bu sensorların iş prinsipi, elektrokimyəvi özəkdə təyin ediləcək komponent tərəfindən ötürülən analitik siqnalın çevrilməsinə əsaslanır;
- optik (fotometrik, lüminessent və s.); bu sensorlar vasitəsi ilə işıq selinin udulması, və ya əks olunması ölçülür;
- elektrik (elektron keçiricilikli yarımkəçiricilər, üzvi yarımkəçiricilər və sahə tranzistorları); bu sensorlar müəyyən təsirlər nəticəsində dəyişən keçiriciliyi, potensiallar fərqi, yükləri, və ya həcmi ölçə bilirlər.

Biologiyada və tibbdə (maye formalı bioloji obyektlərin analizinin aparılması üçün), biotexnologiyalarda, yeyinti və kimya sənayələrində istifadə olunan sensorlar biosensorlar adlanırlar.

Biosensor ilk mərhələdə xüsusi bioelement vasitəsi ilə çoxkomponentli qarışıqdan spesifik maddəni “təyin edir” (və ya “taniyir”). İkinci mərhələdə isə, biokimyəvi reaksiyadan aldığı məlumatı elektrik, və ya digər, məsələn, optik siqnala çevirir.

Bir çox qurğular kimi, biosensorların da çatışmayan cəhətləri vardır:

1) çox da yüksək olmayan sabillik; 2) dəyişməz tərkibli bioüzvi materialların alınma çətinlikləri; 3) yüksək və alçaq temperaturların təsirləri zamanı yaranan dəyişikliklər; 4) bakterisid çirklənməyə məruz qalmaları; və s.

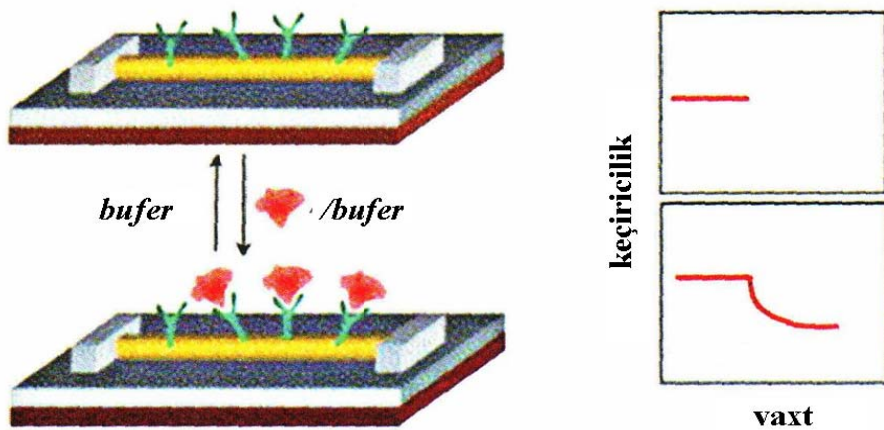
Çatışmazlıqlarla yanaşı, biosensör bir çox cəhətlərinə (məsələn, işlənmənin sabilliyi, dəyər baxımından ucuzluğu, yüksək ölçmə dəqiqliyi, uzunömürlülüüyü, selektivliyin və təhlilin sürətinin böyük olması, kəsilməz rejimdə işləmək imkanı və ən əsas insan orqanizminə yeridilməsinin mümkünlüyünə) görə əksər nanoqurğulardan üstüdürlər.

Yarımkeçirici bionanosensör

Hal-hazırda üzərinə xüsusi reseptor-zülal çəkilmiş nanonaqillər əsasında yarımkeçirici nanosensör yaradılır. Bu nanoqurğular asanlıqla bioloji makromolekullarla spesifik formada birləşmək qabiliyyətinə malikdirlər. Bu cür birləşmə nəticəsində onlar arasında yaranan qarşılıqlı təsirdən asılı olaraq, nanonaqilin elektrik keçiriciliyində dəyişiklik baş verir ki, bu da hər hansı bir substansiyanın (törəmənin), daha dəqiq desək, tədqiq edilən hər hansı bir orqanın, və ya orqanizmin bütövlükdə dəqiq analizini edir.

p-tip keçiriciliyə malik, diametri 2-3 nm olan silisium nanonaqil ansamblından ibarət nanosensörün iş prinsipini nəzərdən keçirək.

Əvvəlcə bu kiçik nanonaqillərin üzəri nazik silisium oksid qatı ilə örtülür. Sonra bu səthi modifikasiya (aşkar) edirlər: materialı xüsusi məhlula salırlar ki, bu səth özünə funksional qrupları (məsələn, amin qruplarını) “yapışdırır” bilsin. Bu sensör müəyyən makromolekullar (virus və ya zülallar) üçün reseptor kimi istifadə edilə bilər. Sonra reseptorla “peyvənd” edilmiş nanosensörü tərkibində “+” yüklü zülal makromolekulu olan buferdə saxlayırlar. Reseptor və müəyyən obyekt arasında yaranan kimyəvi qarşılıqlı təsir səthi də “+” yükün artmasına və keçiriciliyin azalmasına səbəb olur.



Xüsusi zülal molekulları ilə (qırmızı rəng) birləşmək qabiliyyətinə malik olan və tərkibinə antitellər (yaşıl rəng) yeridilmiş (“peyvənd” edilmiş) silisium sensor nanonaqilinin sxematik görünüşü

Bu cür biosensör xüsusi kimyəvi reaktivlərlə örtülmüş spesifik rezervardan (yəni xüsusi qabdan) ibarətdir. Onlar insan dərisinə ya plaster vasitəsilə, ya inyeksiya ilə, ya da qida vasitəsilə yeridilir. ~ 5 nm ölçüyə malik

sferik rezervuar bədənə düşən an xüsusi bioloji keçidlərə - limfositlərə daxil olaraq, flüoressensiya edir və bu işıqlanma xüsusi qurğular vasitəsi ilə fiksə olunur. Bu isə diaqnozun 100 % düzgün qoyulmasına zəmanət yaradır.

Bu nanosensordlardan ancaq diaqnostik məqsədlər üçün deyil, həm də dərmanın lazım olan hüceyrəyə “ünvanlı” daşınmasında da istifadə etmək olar. Hal-hazırda səthi xüsusi molekullar ilə (antitellərlə) örtülmüş bioloji nanokonteynerlər yaradılmışdır ki, onlar orqanizmin hər hansı bir yerində yad hüceyrələri “görən” kimi konteyner içərisinə əvvəlcədən yerləşdirilmiş dərman (və ya xəstəliyin inkişafına cavabdeh olan gen) həmin hüceyrənin daxilinə girərək, ya onu sağaldacaq, ya da orada özü-özünü məhv etmə prosesinin işə düşməsinə (xəstə hüceyrənin məhv edilməsinə) səbəb olacaq.

İntellektual sensorlar

Hal-hazırda intellektual sensorların yaradılması istiqamətində müəyyən işlər yerinə yetirilir ki, bunlara misal olaraq “**elektron burunu**” və “**elektron dili**” göstərmək olar.

“**Elektron burun**” Berkli Universitetinin alimləri tərəfindən yaradılıb. Qurğu nazik silisium lövhəsindən ibarətdir. Lövhənin köməyi ilə az zaman intervalında qaz qarışıqlarını dəqiq analiz etmək və havadakı bakteriyaları görmək mümkündür. Bu sensoru, kiçik ölçülərə malik və bir dəqiqə ərzində qazın həm keyfiyyət, həm də kəmiyyət xarakteristikaları haqqında məlumat verə bilən laboratoriyaya bənzətmək olar.

Bu qurğunun digər tətbiq sahəsi tibb ola bilər. Çünki bu sensor vasitəsi ilə canlı orqanizmə daxil olan ixtiyari xəstəlik törədicilərini vaxtında aşkar etmək mümkündür.

Bu qurğu ona görə «elektron burun» adlandırılır ki, onun təsir prinsipi bioloji iy reseptorlarının (yəni bizim burnumuzun) funksiyasına çox oxşayır. Havada olan ixtiyari molekulyar kombinasiya «burunun» 2200 özəyindən birinə düşdükdə, kodlaşdırılır və kompüter tərəfindən identifikasiya – müəyyən edilir. Bizim burnumuzun reseptorları da məhz bunaoxşar şəkildə işləyir: hər bir iy (yəni molekulların müəyyən konfigurasiyası) beynimizə göndərilərək orada analiz (təhlil) olunur.

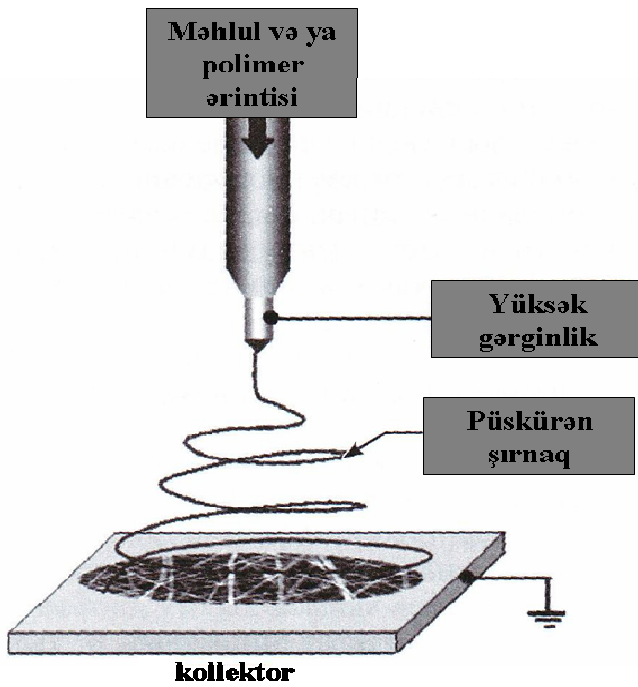
«**Elektron dil**». Alimlər tərəfindən daha bir sensor dad bilən qurğu, yəni “elektron dil” yaradılıb. *Bu qurğu necə işləyir?* Tədqiq olunan məhlul xüsusi qaba tökülür, sonra onun üzərinə kimyəvi sensorlar yaxınlaşdırılır, daha sonra isə nanotexnoloji nailiyyətlər əsasında xüsusi örtük çəkilir. Nəticələr kompüterə ötürülür, orada təhlil edilir və cavab çıxır.

Məsələn, *tədqiq olunan mayenin dadı necədir: şirindir, acıdır, yoxsa turşdur?* Qurğunun bu suala cavab verməsi üçün, əvvəlcə sensorlara ardıcıl olaraq hər bir dad “öyrədilir” ki, bu proses “kalibrəşmə” adlanır. Bu sensor vasitəsilə asanlıqla, insan köməyi olmadan belə ona “içirdilən” hər bir qarışıqın məsələn, pivənin tünd, çoxlu şəkərli, və s. tərkibi haqqında məlumat əldə etmək mümkündür.

Süni nanotellər və onların yaranma üsulləri

Nanotexnologiyaların digər tətbiq sahəsi kimi canlı toxumaların regenerasiya, yəni özünü bərpa etmək qabiliyyətini artırmaq üçün yaradılan polimer nanotelləri göstərmək olar. Bunun üçün son nailiyyətlər əsasında yaradılmış elektrospinning metodundan istifadə olunur. Bu metodla daxilində canlı hüceyrə olan nazik polimer nanotellər yaratmaq mümkündür. Metod özü elektriclənmiş iynə vasitəsi ilə icra olunur.

London universitetinin alimləri elektrospinning metodu ilə diametri, tərkibindəki hüceyrə tərtibində olan və tibbdə geniş istifadə olunan polidimetilsiloksan telləri yarada bilmişlər. Bunun üçün “iynə iynədə” sistemindən istifadə edilmişdir. Bu sistemin mahiyyəti



ondan ibarətdir ki, daxili iynə ilə canlı sinir hüceyrələri, xarici iynə ilə çox qatı olan və elektriki keçirməyən polimer daxil edilir. 9,5 kV gərginlikli elektrik sahəsi verildikdə polimer damcısını nazik sap kimi dartmaq olur.

Tərkibində bu telləri saxlayan hüceyrələr, hətta elektrik sahəsinin təsiri altında da öz xassələrini dəyişməmiş və təcrübədən 6 gün sonra belə öz yaşamaq qabiliyyətini saxlayır. Bu üsul toxuma mühəndisliyi və tibbi regenerasiya – bərpa üçün maraq təşkil edir. Müxtəlif polimerlərdən istifadə etməklə möhkəmlilikləri və uzun-ömürlülüklərinə (fəaliyyət müddətlərinə) görə bir-birindən fərqlənən tellər yaratmaq mümkündür. Bilirik ki, sümük kollagen saplarından ibarət kompozit nanoquruluşdur. Kollagen sapları üzərinə süni nanotellər kondensə edildikdə, sümük müəyyən möhkəmliyə malik olur. Məhz bu fakt nanotellərdən süni sümük yaratmağın mümkünlüyünü zəruri etdi.

Son illər aparıcı institutlar tərəfindən sinir sistemini və qan damarlarını bərpa edən spesifik polimer nanotellərinin yaradılması üzərində intensiv tədqiqat işləri aparılır. Yəqin ki, yaxın gələcəkdə nanotellərdən əməliyyat zamanı tikilişlərin qoyulması prosesində də istifadə ediləcək.

Elektrospinning üsulunun əsas çatışmamazlığı ondan ibarətdir ki, elektrik cərəyanının təsiri altında hüceyrələrin zədələnmə ehtimalı çox böyükdür.

DNT molekulu və onun əsasında bioçiplərin yaradılması

Digər nanoölçülü bioquruluş **DNT molekuludur**. DNT-dən nanotexnologiyalarda istifadə edilməsi onun özünəməxsus bir sıra xüsusiyyətləri ilə bağlıdır.

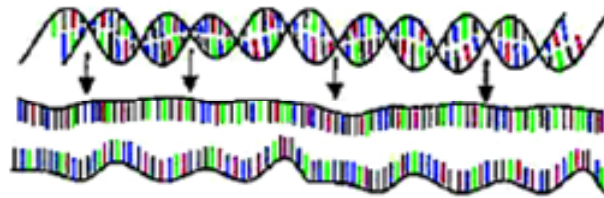
İlk növbədə, DNT molekulu genetik informasiya daşıyıcısı olmaqla yanaşı, unikal replikasiya etmək, yəni özünə oxşarını yaratmaq xüsusiyyətinə malikdir.

Orta məktəbin biologiya kursundan bilirsiniz ki, DNT-nin özünü yaratmaq xüsusiyyəti canlı orqanizmlərin çoxalmasına, yumurta hüceyrəsinin mayalanmasından çoxhüceyrəli orqanizmin inkişafına, nəsildən-nəslə irsi informasiyanın ötürülməsinə kömək edir.

Müəyyən edilmişdir ki, 100°S qədər qızdırıldıqda DNT-nin əsasını təşkil edən nuklein turşularının komplementar əsas cütləri arasında hidrogen rabitələri parçalanır və DNT iki sərbəst zəncirə dissosiasiya edir, yəni bölünür (şəkil). Bu proses DNT-nin *denaturasiyası* (və ya “əriməsi”) adlanır. Komplementar zəncirləri 65°S-yə qədər soyutduqda, onların cütlənməsi və ikiqat spiral quruluşunun bərpası baş verir. Bu proses isə *hibridləşmə* adlanır.

DNT molekulunun məhz bu xüsusiyyətlərindən nanotexnologiyalarda geniş istifadə edirlər. Bu zaman istifadə olunan üçül polimeraza zəncirvari reaksiyaları (PZR) adlanır. İlk dəfə PZR-nı 1983-cü ildə amerikalı alim Kerri Müllis həyata keçirmişdir.

Denaturasiya (90-100°S)



Hibridləşmə (50-70°S)



Hal-hazırda polimerazalı zəncirvari reaksiyadan bir çox bakteriya və virus xəstəliklərinin tibbi diaqnostikasında, kriminalistikada (cinayətkarlıqda) şəxsiyyəti təyin etmək üçün, veterinarlıqda (baytarlıqda) xəstəliyin diaqnostikasında, genetikada genlərin aktivliyinin öyrənilməsində, molekulyar biologiyada nuklein turşularının sayının artırılmasında geniş istifadə edirlər.

DNT molekulunun nanotexnologiyalara tətbiqləri içərisində bioçiplərin yaradılması ən maraqlı tədqiqat işlərindən hesab edilir.

Bioçiplər. Canlı orqanizmlərdə genlərin sayının çox olması (mayalarda 6200-dən 100.000-ə kimi, insanda isə daha çox) və eyni vaxtda onların fəallıqları haqqında məlumat əldə etmək üçün xüsusi texnikadan istifadə edilməsi, yəni bioçiplərin yaradılması zərurəti yarandı.

Bioçiplərin ilk texnologiyası Rusiyada V.A.Engelqardt adına Molekulyar Biologiya İnstitutunda çalışan həmyerlimiz akademik A.D.Mirzəbəyovun rəhbərliyi altında bir qrup alim tərəfindən irəli sürülmüşdür. Bioçip hazırlandıqda xüsusi şüşəli altlığa robotlar vasitəsilə DNT molekulunun nümunələri çəkilir. Sonra təhlili aparılacaq (və ya analiz ediləcək) toxuma nümunəsi (məsələn, qanın tədqiqat üçün götürülmüş hissəsi) ilkin emaldan keçərək, xüsusi mikrokamerada yerləşdirilmiş bioçipə qoyulur. Daha sonra çiplərdə olan genlərlə nümunədə olan DNT arasında hibridləşmə aparılır. Nümunənin molekulları çip üzərində olan

genlərlə komplementarlıq prinsipinə əsasən qarşılıqlı təsirə girərək (müəyyən uzunluqlu dalğa şüalandıraraq) uyğun özəklərdə işıqlanmaya səbəb olur. Analizator qurğusu bu işıqlanmaya görə DNT molekulunun, və ya nümunədəki hər hansı bir zülal molekulunun uyğun ardıcılığını təyin edə bilir.

Bioçiplər bir çox tədqiqatlar üçün perspektivli hesab edilir. Məsələn, operativ surətdə bakteriya və virusları təyin etməyə, xəstənin şəxsi genetik xüsusiyyətlərini aydınlaşdırmağa və bununla da, bir çox irsi xəstəlikləri, o cümlədən, onkoloji xəstəlikləri öncədən söyləməyə imkan verir. Bu bioçiplərə ən gözəl misal çip üzərində laboratoriya-dır (ingiliscə *lab-on-chip*).

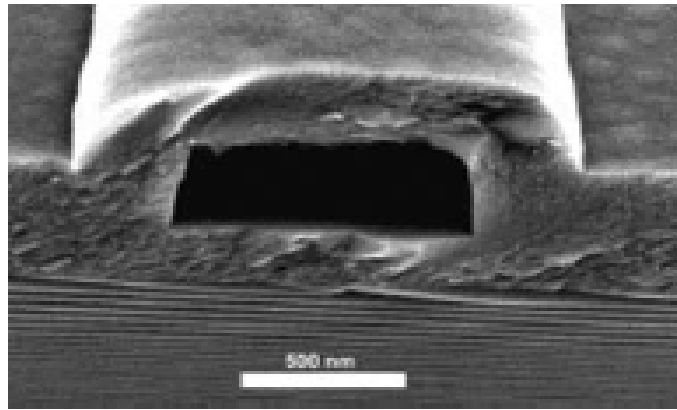
Hər bir insan həyatı boyu bir dəfə də olsa qan analizi verib və bunun necə uzun bir proses olduğundan hər birimiz xəbərdarıq: əvvəlcə nümunə laboratoriyaya gedir, orada öz növbəsini gözləyir, sonra o, təhlil edilir və yalnız bundan sonra alınan nəticə həkimə qayıdır.

İndi isə təsəvvür edək ki, bütün bu və buna oxşar bir çox analizlər ani vaxtda sizin özünüz tərəfinizdən aparılır. Təqribən 4x4 sm ölçüyə malik bir çip DNT və digər analizləri yerinə yetirmək, o cümlədən, onkoloji xəstəliklərin erkən diaqnostikasını vermək, qohumluğu təyin etmək, genetik modifikasiya olunmuş orqanizmləri görmək iqtidarında olan laboratoriyayı özündə cəmləyib.

Belə bir kiçik laboratoriya eyni vaxtda 12 müxtəlif analiz aparmaqla yanaşı, bu analizlərə ən çoxu 15-30 dəqiqə sərf edir. Əgər siz bunun reallığına hələ də inanmırsınızsa, ilk EHM-ləri yada salaq: onlar çox iri ölçülü idilər və onları işlətmək üçün onlarla mühəndis-operatorlar lazım gəlirdi. EHM-ləri əvəz edən kompüterlər isə, ölçülərinə görə ondan qat-qat kiçik olmaqla yanaşı, yerinə yetirdikləri əməliyyatlara görə də onlardan qat-qat geniş imkanlara malikdirlər.

Sual verə bilərsiniz ki, “nə üçün bioçiplərlə EHM arasındakı analogiyadan istifadə edilir?” Bu sualı belə cavablandırmaq olar: 1) onların hər ikisi silisium altlıq üzərində qurulmuşdur, 2) onların hər ikisində olan kiçik özəklər bir-biri ilə mikro-, və ya nano “yollarla” bağlanıblar. Bunlar arasındakı fərq isə yalnız ondan ibarətdir ki, kompüterlərdə həmin “yollardan” cərəyan axır, çip üzərində laboratoriyada isə “yollar” əvəzinə istehsal zamanı çipə implantasiya edilmiş kiçik qabçıqlardan – rezervuarlardan maye axır.

Belə çiplərə real misal olaraq aparıcı firmalardan **AFFYMETRIX** («**Gete Chip**») və ya **AGILENT** («**Lab Chip**») tərəfindən istehsal edilən və genetik analizi yerinə yetirə bilən çip üzərində laboratoriyaları göstərmək olar.



Çip üzərində laboratoriyanın yan kəsiyinin mikroskop altında böyüdülmüş görüntüsü

Bakteriyalar və onlardan nanotexnologiyalarda istifadə edilməsi

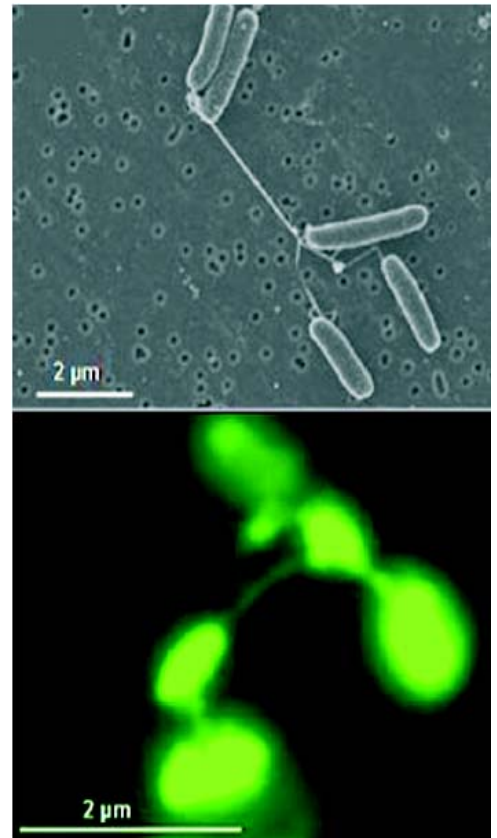
Daha bir nanoölçülü bioquruluşa misal olaraq **bakteriyaları** göstərmək olar.

Məlumdur ki, bakteriyalar təbii yolla, asanlıqla canlı hüceyrəyə daxil olmaq qabiliyyətinə malikdirlər. Onun bu qabiliyyətindən hər-hansı bir orqanın hüceyrəsinə dərmanın ünvanlı daşınmasında istifadə etmək olar. Xüsusilə bu, gen terapiyasında sağlam hüceyrəyə zərər yetirmədən DNT fraqmentinin (hər hansı bir hissəsinin) lazımı ünvana çatdırılmasında daha qiymətli bir üsul hesab olunur. Belə ki, gen hüceyrə nüvəsinə daxil olduqdan sonra, hüceyrə xüsusi zülallar ifraz etməklə gen xəstəliyini korreksiya edə bilər, yəni onu sağaldır.

Bu məqsədlə ölçüləri 40-200 nm olan nanozərrəciklər bakteriya üzərinə yerləşdirilir. Bu nanozərrəciklər xüsusi molekullar vasitəsilə DNT kəsiyi ilə birləşir. Müəyyən edilmişdir ki, bir bakteriyaya yüzlərcə belə nanohissəcik “oturtmaq” mümkündür. Bu o deməkdir ki, həkim eyni zamanda xəstə orqana həm dərman apara bilər, həm də onu müayinədən keçirə bilər.

Bakteriyalardan enerji mənbəyi kimi istifadə edilməsi. Bəzi tədqiqatçılar müəyyən ediblər ki, toksiki məhsullar ifraz edən *shewanella* bakteriyalarında oksigen çatışmamazlığı nəticəsində əlavə elektronlar yaranır. Oksigen çatışmamazlığı şəraitini yaratmaq üçün alimlər, bakteriyaları çətin şəraitdə “işləməyə” məcbur edirlər. Bu zaman digər bakteriyaya uzanan “ayaqlar” əmələ gəlir.

Maddələr çatışmamazlığı maksimum dərəcəyə çatanda bu əmələ gələn “ayaqlar” nazik uzun jutilara çevrilərək yaranan disbalansı nə yolla olursa olsun aradan götürməyə çalışırlar. Bu yeni orqanı tədqiqatçılar *nanoiplər* adlandırmışlar. Bu nanoiplərin ölçüləri 10-150



nm, uzunluğu isə bakteriyanın növündən asılı olaraq onlarca mikrometrə qədər ola bilər.

Təcrübələr nəticəsində əldə edilən ən maraqlı fakt ondan ibarətdir ki, oksigen alan kimi bakteriyalar öz artıq elektronlarından azad olmaq üçün yaratdıqları “nanonaqillərdən” istifadə edirlər, yəni elektronlar nanonaqıl üzərində hərəkətə başlayır. Əgər nanonaqılın sonu müsbət iona çata bilsə, onda yaranan potensiallar fərqi nəticəsində elektronların ionlara doğru hərəkəti baş verir və nəticədə elektrik cərəyanı yaranır. Bakteriyaların şəraitləri ağır olduqca, jütllər daha uzun olur və daha çox sayda bakteriyalar elektrik “cəmiyyətlərində” birləşərək bir-birinə cərəyan ötürür. Bu mənzərə alimlərin böyük marağına səbəb olmuş və onlar gələcəkdə bu bakteriyalardan enerji mənbəyi kimi istifadə etmək üçün tədqiqatlar aparmağı qarşılarına məqsəd qoyublar.

Viruslar və nanotexnologiyalar

Nanodünyanın digər nümayəndələrindən biri də viruslardır. *Viruslar* qeyri-adi infeksiya agentləri olub, hüceyrəni daxildən parçalayan kiçik hissəciklərdir. Onlar (latınca *virus* – zəhər deməkdir) ilk dəfə 1892-ci ildə tütün yarpaqlarında mozaik xəstəliklər tədqiq edilən zaman rus alim-botaniki D.İ.İvanovski tərəfindən kəşf edilmişdir. İlk vaxtlar virusları zəhərli birləşmə, sonra həyatın bir növü, daha sonra biokimyəvi birləşmə hesab ediblər. Hal-hazırda isə bir çoxları hesab edir ki, viruslar canlı və qeyri-canlı dünyalar arasında mövcud olan yeganə varlıqdır: hətta ölçü şkalasında belə, viruslar tipik canlı obyektlərlə (məsələn, bakteriyalarla) qeyri-canlı obyektlər – makromolekullar (zülallar və polimerlər) arasında durur. Ölçülərinə görə onlar 3 qrupa bölünür: iri (diametri 300-400 nm), orta (80-125 nm) və kiçik (20-30 nm).

Heyvan və insanlarda viruslar nəticəsində yaranan ən qorxulu xəstəliklərə misal olaraq quduzluq, çiçək, qrip, poliomyelit, hepatit, QİDS və s. göstərmək olar.

Məlumdur ki, hər bir virus müəyyən bir infeksiya xəstəliyinin yaradıcısıdır və onlar müxtəlif növ hüceyrələrdə eyni olmayan reseptorları müəyyən etmək qabiliyyətinə malikdirlər, yəni seçmə xüsusiyyəti ilə səciyyələnirlər. Onların məhz bu seçicilik xüsusiyyəti onkoloqları cəlb etməyə bilməzdi.

Hal-hazırda aparıcı elmi dairələrin tədqiqatçıları yalnız xərçəng hüceyrələrinə zərbə endirən, sağlam hüceyrələrə isə heç bir təsir etməyən genetik modifikasiya olunmuş virusların yaradılması üzərində çalışırlar. Yaxın gələcəkdə virus-terapiya onkoloji xəstəliklərin müalicəsində yeni istiqamət olacaq. Bu məqsədlə adenoviruslardan istifadə olunması daha məqsədəuyğun hesab edilir. Yaradılan “süni virusun” genomu daxilinə “baxıcı” rolunu oynayan gen yerləşdirilir, və bunun müqabilində də viruslu-DNT yalnız xərçəng hüceyrələrində çoxala bilər. Xərçəng hüceyrəsi üzərində əmələ gələn milyonlarla yeni virus hissəcikləri onu “parçalayaraq”, digər xərçəng hüceyrəsi üzərinə “yeriyir” (onu zəbt edirlər). Düzdür, bu zaman xərçəng hüceyrələri ilə yanaşı sağlam hüceyrələrə də virusun düşmə ehtimalı çoxdur. Lakin bunun heç bir qorxusu yoxdur, çünki sağlam hüceyrələrdə bu virus öz çoxalma qabiliyyətini itirir.