

Mākslīgie asinsvadi

VIKTORIJA KANCEVIČA,
SILVIJA KUKLE,

tehnisko zinātņu kandidātes

(A. Pelšes Rīgas Politehniskais institūts)

Mākslīgie asinsvadi vairs nav nekāds jaunums. Tos ada, auž, sapin no dažādiem sintētiskajiem materiāliem. Taču zinātniekiem vēl daudz kas darāms, lai tie kļūtu tikpat elastīgi, izturīgi un droši kā dabiskie asinsvadi.

Jau vairākus gadu desmitus ķirurgi aizstāj bojātos asinsvadu fragmentus ar caurulītēm vai bifurkācijām (caurulītes ar atzarojumiem), kas izgatavotas no sintētiskiem diegiem.

Pirmie mēģinājumi rekonstruēt asinsrites sistēmu, lietojot mākslīgus materiālus, notika jau 1882. gadā. Artēriju galus tad savienoja ar metāla vai kaula caurulēm. Turpmāk ārsti daudzkārt mēģināja aizstāt slimību skartās artēriju daļas ar cietām kaula, stikla, alumīnija, sudraba vai polietilēna caurulītēm, taču šīs operācijas bija neveiksmīgas.

Kad parādījās porainas, no sintētiskiem diegiem izgatavotas caurulītes, asinsvadu ķirurģijā sākās jauna ēra. 1952. gadā grupa amerikāņu zinātnieku pievērsa uzmanību fundamentālai parādībai: asins plūsmā ievietoti ķirurģiskie diegi apaug ar fibrīna pavedieniem un trombocītiem. Šo novērojumu rezultātā viņi izvirzīja hipotēzi: ja no diegiem izgatavotu tīklu iemērc asinīs, tas drīz kļūst hermētisks un var kalpot par asinsvada sienīņu. Tai pašā gadā no sintētiskajiem vinjona-N diegiem izgatavoja speciālu audumu, no kura sašuva asinsvadu protēzes. 1953. gadā šādas caurulītes sāka iēsūt pacientiem.

Šīs sintētiskās protēzes iedibināja jauna virziena pētījumus. Tajos iesaistījās dažādu zinātņu pārstāvji — sirds un asinsvadu ķirurgi, biologi, ķīmiķi, tekstiltehnologi, mehānikas speciālisti. Ar laiku radās pat jauna zinātne — biomehānika. Tas bija likumsakarīgi, jo izveidot mākslīgu darinājumu, kas būtu piemērots dabiska asinsvada aizstājējs, nemaz nav tik viegli.

Kopīgos pūliņos drīz vien radās protēžu caurulītes no citiem sintētiskiem materiāliem: orlona, dakrona, teflona, ivalona, fortizona. Nu vajadzēja izvēlēties materiālu, kas nodrošinātu protēzei vislabākās ekspluatācijas īpašības. Novērojot dzīvniekus un operētos slimniekus, noskaidrojās, kādas prasības izvirzāmas asinsvadu aizstāšanai paredzētajiem tekstilmateriāliem.

Sākotnēji īpaši daudzsološas likās polivinilspirta ivalona caurulītes. Tās bija elastīgas, lokanas, pietiekami porainas, labi modelējamas. Diemžēl, ar laiku noskaidrojās, ka augsta arteriālā spiediena ietekmē ivalona protēzes dažkārt pārplīst. Nācās atteikties arī no poliamīdu šķiedrām — orlona un neilona —, jo tām trūka nepieciešamā bioloģiskā inertuma.

Dzīvā matērija sagādā ļoti skarbus apstākļus sintētiskajiem materiāliem, kas atrodas kontaktā ar to. Turklāt pārmaiņas, ko polimērā izraisa organisms, parasti izpaužas pēc vairākiem mēnešiem vai pat gadiem. Piemēram, neilona diegi, kas pabijuši organismā 17 mēnešus, zaudē 81% no sākotnējās stiprības.

Ļoti noturīgas pret vides agresivitāti izrādījās fluoru saturošās teflona (fluorlona) šķiedras. Pēc 22 mēnešu ilgas kalpošanas organismā teflons zaudē tikai 6% no sākotnējās stiprības. Bet daži eksperimentatori konstatējuši, ka pēc 17 mēnešu ilgas ekspluatācijas teflona stiprība ir pat palielinājusies. Turklāt dzīvie audi tikpat kā nereaģē uz šā sintētiskā materiāla klātbūtni organismā. Šī tā sauktā bioloģiskā inertuma, kā arī citu īpašību dēļ speciālisti nosaukuši teflonu par «pūķa ādu».

Ar laiku tomēr izrādījās, ka protēzēm vispiemērotākās ir poliesteru šķiedras — dakrons, terilēns, lavsāns, lai gan tās nav bioloģiski tik inertas kā fluoru saturošās šķiedras. Poliesteru šķiedrām toties ir labākas tehnoloģiskās īpašības un no tām darinātie izstrādājumi labāk saglabā sākotnējo formu.

Textilmateriālam jābūt ne tikai izturīgam pret agresīvo vidi, kurā tas nokļūst pēc implantācijas. Protēze nedrīkst arī kaitēt organismam un izraisīt audu pretreakciju. Augstmolekulārie savienojumi paši par sevi intoksikāciju izraisīt nevar, jo organisma audos nešķīst. Taču polimēru izstrādājumi parasti satur dažāda veida zemmolekulārus piemaisījumus, kas palikuši tajos pēc tehnoloģiskajiem procesiem.

Pēc sintēzes un polimerizācijas tekstilmateriālos paliek monomēri, šķīdinātāji, katalizatori un reakciju blakusprodukti, pēc apstrādes — plastifikatori, stabilizatori, krāsvielas un pildvielas. Medicīnā drīkst izmantot tikai tādus diegus, kas satur minimālu blakusproduktu piejaukumu, tas ir, tiem jābūt «medicīniski tīriem». Atļauju lietot tekstilmateriālus medicīnā mūsu valstī dod PSRS Veselības aizsardzības ministrija.

Meklējot vispiemērotākos šķiedru materiālus asinsvadu protēzēm, speciālisti izstrādāja arī caurulīšu izgatavošanas tehnoloģiju. Panākumi, ko guva, aizstājot dzīvnieku un dažkārt arī cilvēku asinsvadus ar isām gludām caurulītēm, bija apmierinoši. Taču mēģinājumi iešūt cilvēkiem garākas gludas caurulītes beidzās nesekmīgi, it īpaši, ja protēze atradās ķermeņa locījumu vietās: tai saliecoties šaurā leņķī, ātri iestājas tromboze.

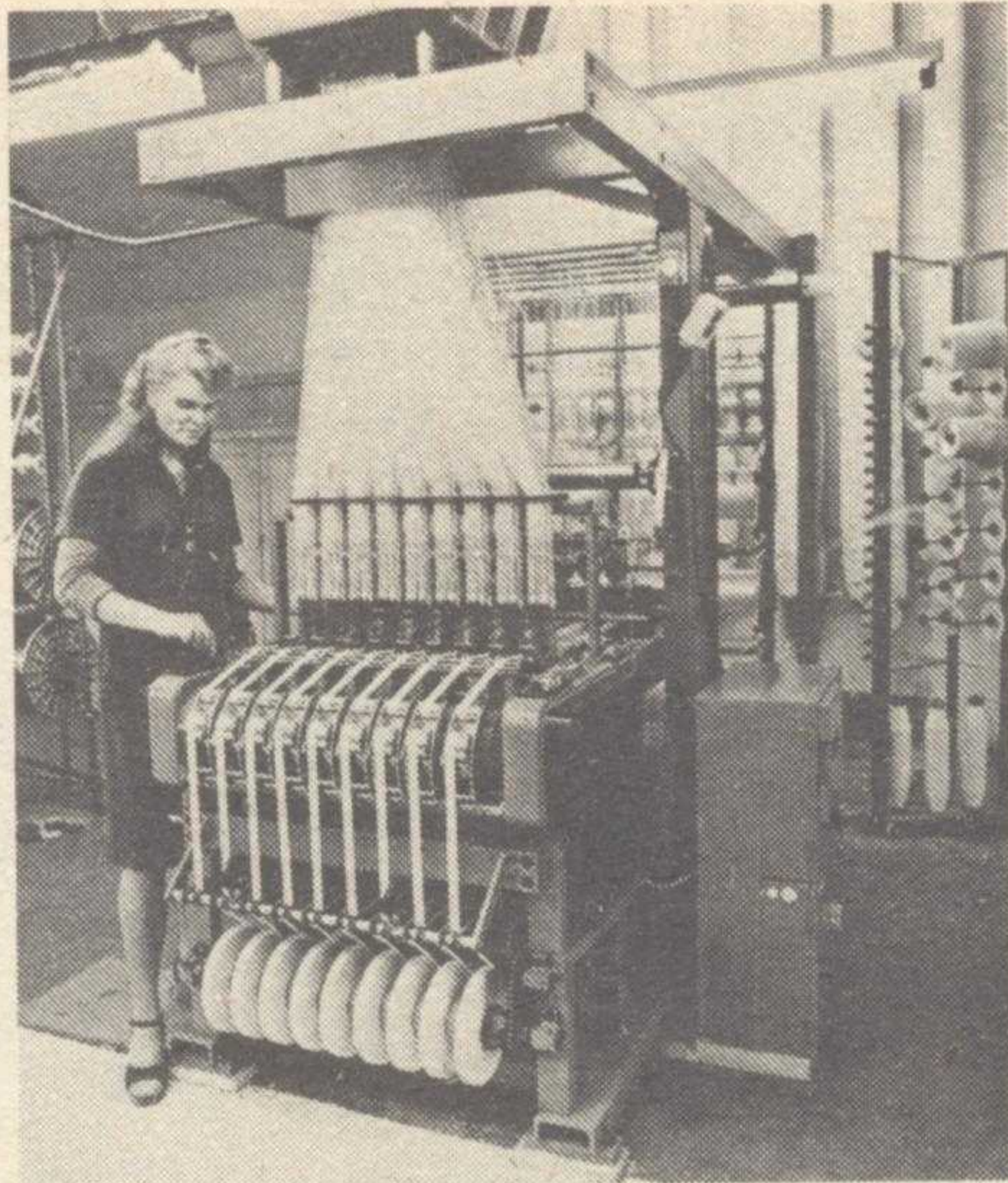
Izrādījās, ka stāvokli var glābt, lietojot nevis gludu, bet gofrētu caurulīti. Tādu protēzi lokot dažādos leņķos, asa locījuma vieta neveidojas. Taču caurulītes iekšpusē uzreiz pēc implantācijas gofrējums sāk izlīdzināties, jo padziļinājumos fibrīna pavedieni un trombocīti nogulsņējas straujāk nekā uz izciļņiem.

Pirmo reizi cilvēkam gofrētās protēzes implantēja 1954. gadā. Atklājās, ka vislabāk gofrējumu saglabā caurulītes no poliesteru diegiem. Protēzēs no kaprona un neilona diegiem gofrējums neturas pietiekami ilgi, tāpēc tās viegli sakļaujas, nesaglabā formu un ir mazelastīgas. Līdzīgi trūkumi piemīt arī caurulītēm no fluoru saturošiem diegiem, un tāpēc, par spīti teflona jeb fluorlona diegu daudzajām labajām īpašībām, tikai no tiem austas, adītas vai pītas protēzes pagaidām iegūt nav izdevies.

No dakrona darināto artēriju protēzes sevišķi ieviesās pēc tam, kad caurulīšu vai bifurkāciju formā tās sāka izgatavot ar adīšanas mašīnām. Adītās dakrona De Beki protēzes ir izturējušas laika pārbaudi, un samērā plaši tās lieto ASV un citu valstu klīnikās arī šodien. Tās ir lokanas, elastīgas, pietiekami ilgizturīgas, mazjutīgas pret dažādām sterilizācijas metodēm un galvenais — bagātas ar porām.

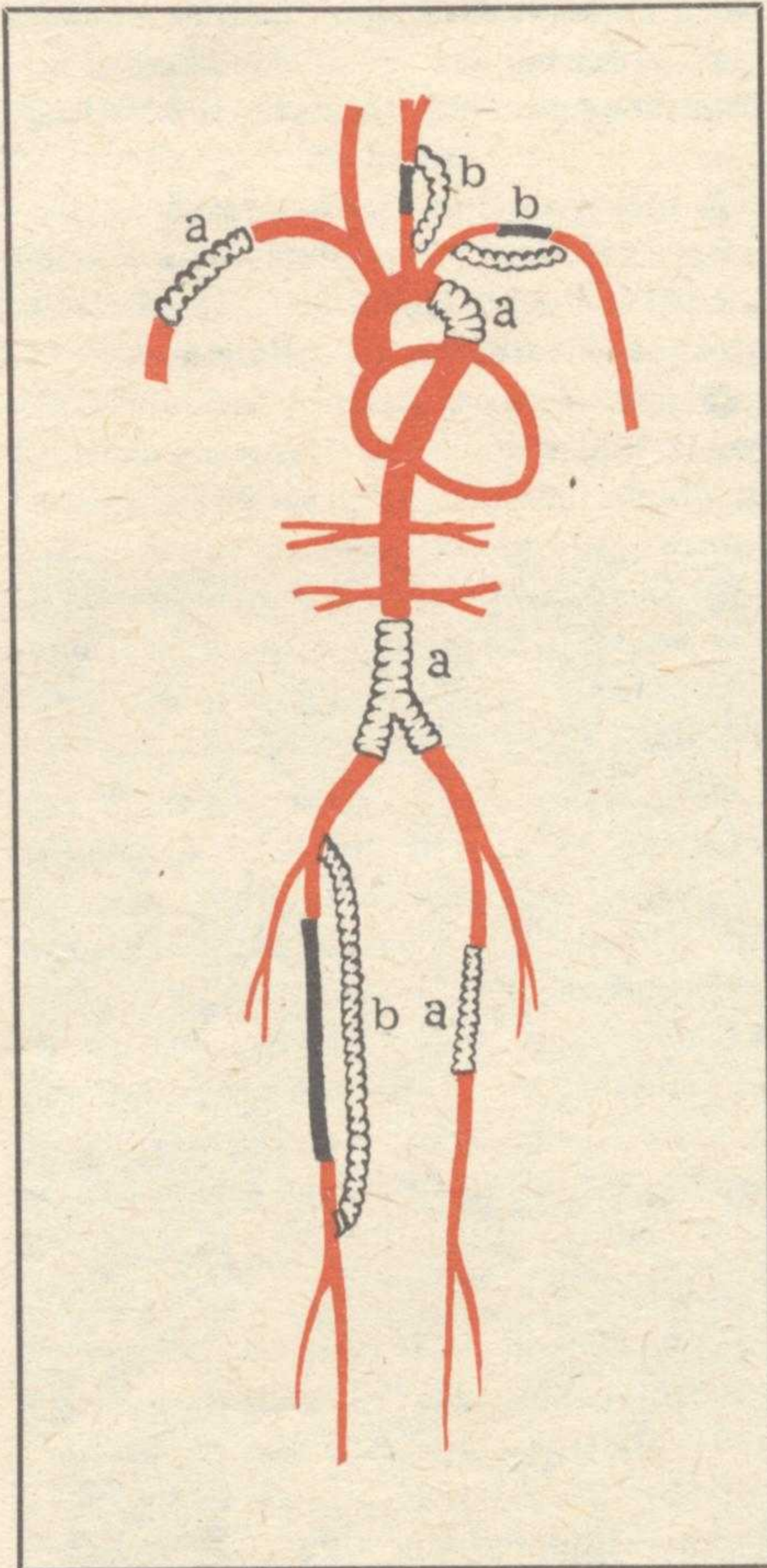
Cik porainai tad jābūt protēzei? «Ļoti porainai,» saka biologi.

Porainību pieņemts novērtēt pēc ūdens daudzuma, kas vienā minūtē izspiežas caur vienu sienas kvadrācentimetru, ja spiediens ir 120 mm dzīvsudraba staba. «Bioloģiskajai porainībai» šis rādītājs ir 10 000 cm³ ūdens. Tik liela sienas porainība nepieciešama, lai tā pēc iespējas ātrāk cauraugtu ar saistaudiem un protēze kļūtu «dzīva». Taču implantācijas laikā un pēc operācijas tāda protēze izraisa lielus asins zudumus. Tāpēc ķirurgi pieprasa, lai operācijas laikā sienas porai-

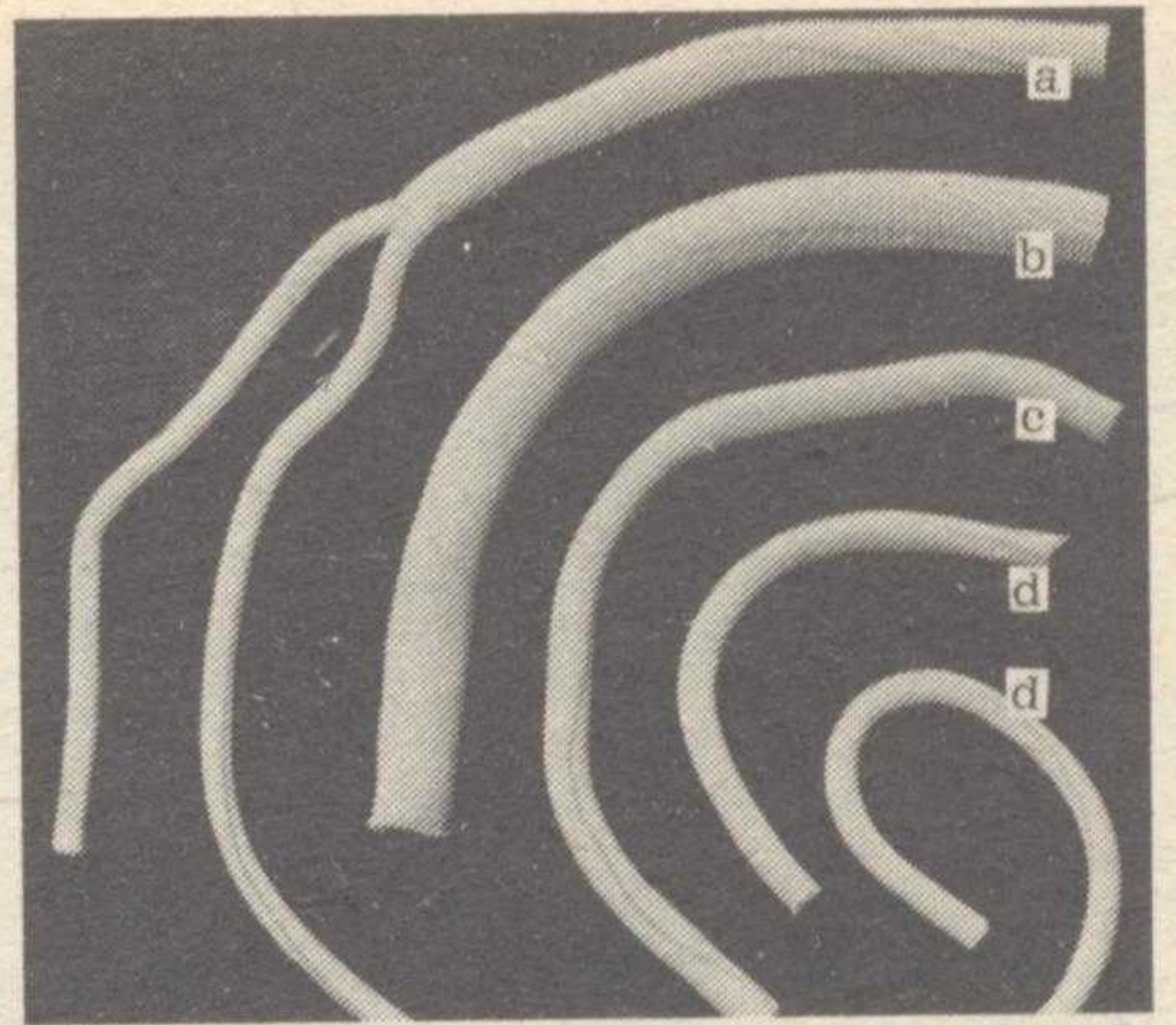


Lai izgatavotu asinsvadu protēzes ar jaunu struktūru, nepieciešamas staves, kurām ir sarežģīts raksta veidošanas mehānisms. Vienas no perspektīvākajām šim nolūkam ir Šveices firmas «J. Müller» lenšu aužamās bezatspoļu automātstelles lielrakstainu pinumu veidošanai.

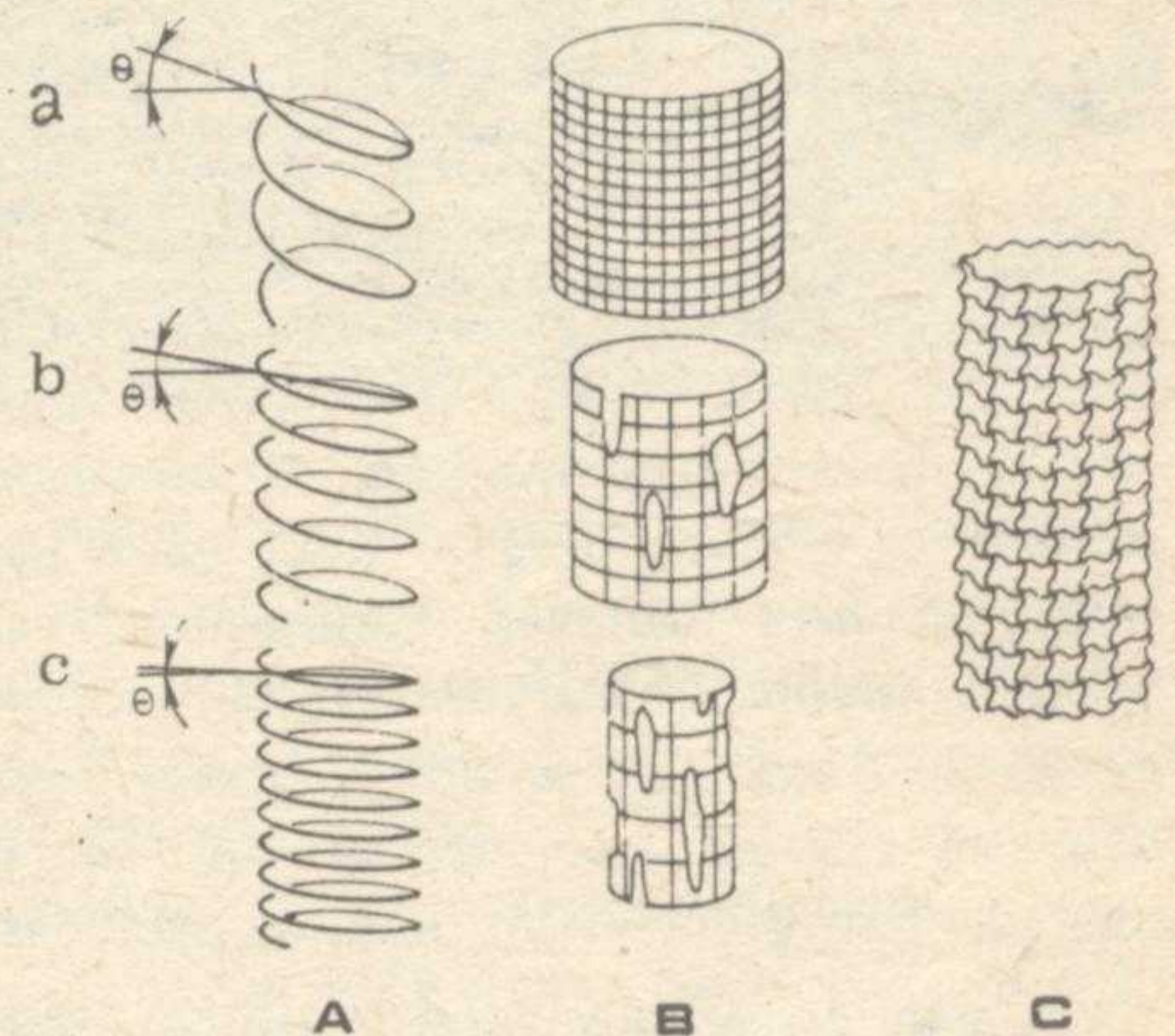
V. Živeca foto



Mākslīgos asinsvadus lieto patoloģisku pārmaiņu skartu lielo un vidējo magistrālo artēriju, kā arī dažu lielāku vēnu aizstāšanai (a) un šuntēšanai jeb apvadišanai (b).

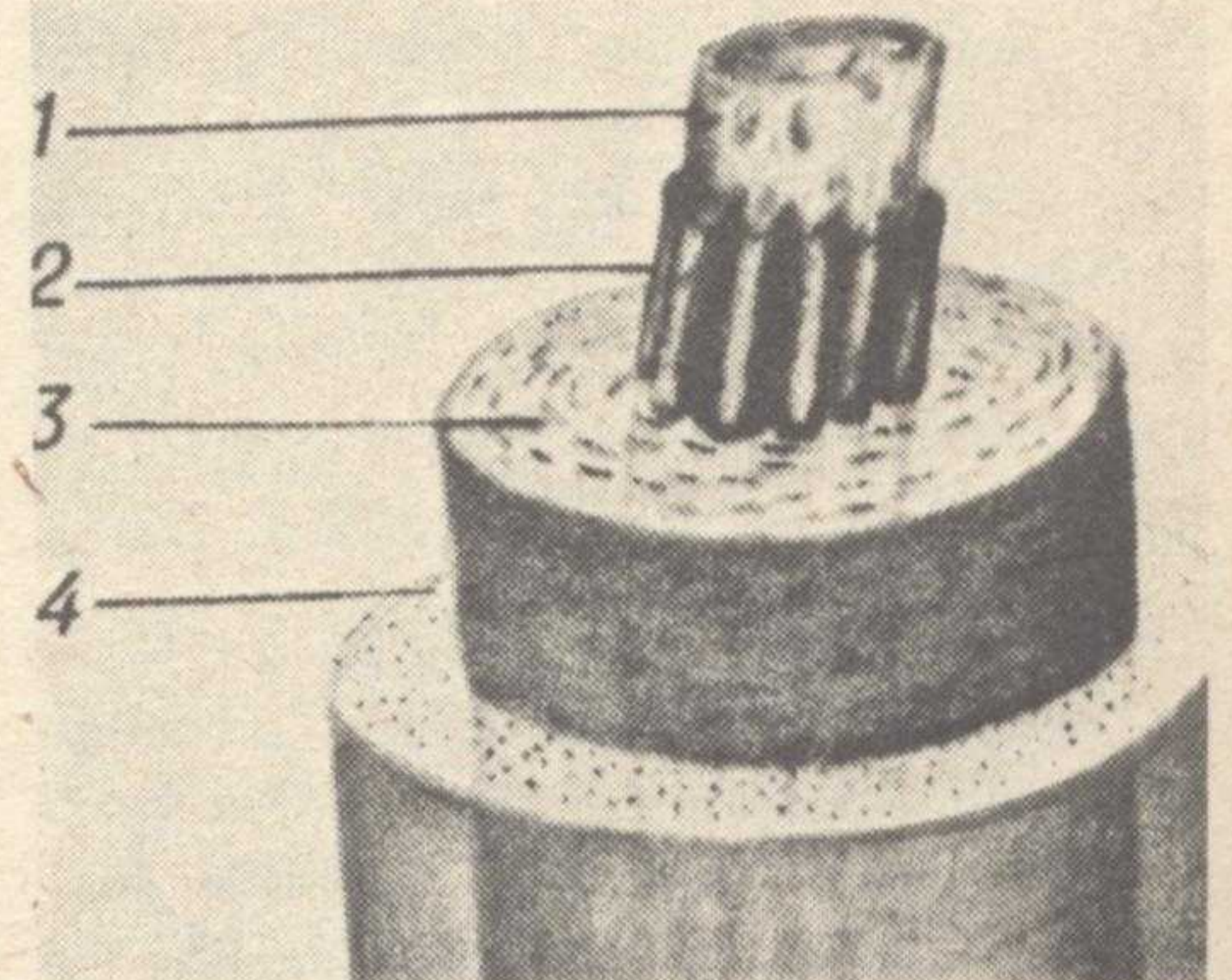


Ļeņingradas ražošanas apvienībā «Sever» izgatavotās tipveida asinsvadu protēzes: a — aortas bifurkācija (sazarojums); b — aortai; c — iegurņa artērijai; d — vidēja diametra artērijām (augšstilba, pleca, augšdelma, paduses, miega artērijai).



Artērijas uzbūves arhitektoniskais modelis no biomehānikas viedokļa: a — aortas augšupejošais zars; b — krūšu aorta; c — vēdera aorta; A — gludās muskulatūras šķiedru spirāles; B — elastīgās šķiedras; C — kolagēna šķiedras.

Artēriju sienas sastāv no vairākām kārtām. Vidējā kārtā gludās muskulatūras šķiedras veido lēzenas spirāles. Artērijai pulsējot, spirāles kāpuma leņķis mainās. Sarežģītā mijiedarbībā starp elastīgajām, kolagēna un gludās muskulatūras šķiedrām mainās artēriju sienas forma un spriegumi tajās. Spēja deformēties ir atkarīga no spirāles kāpuma leņķa ~, kas dažāda diametra artērijām ir atšķirīgs.



Artēriju sienas uzbūve: 1 — endotēlijs; 2 — iekšējā elastīgā membrāna; 3 — gludā muskulatūra; 4 — saistaudi.

nība nebūtu pārāk liela — tās caurlaidība nedrīkst pārsniegt 50 cm³ minūtē caur kvadrātcentimetru.

Lai apmierinātu šīs pretrunīgās prasības, tekstilnieki piedāvā caurulītes, kuru sienas satur zināmu daļu diegu, kas ar laiku uzsūcas, tādējādi atbrīvojot vietu, kur protēzes struktūrā var iespieties organisma audi. Ir arī cits paņēmieni. Ķirurgiem pieņemamu protēzes caurlaidību operācijas un pēcoperācijas laikā panāk, iepriekš piesūcinot caurulīti ar asinīm vai speciāliem šķīdumiem, kuri pēc tam izšķīst organismā.

Padomju zinātnieki sāka pētīt asinsvadu protēžu izgatavošanas problēmas 50. gadu vidū. L. Lebedevs un L. Plotkins īsā laikā radīja asinsvadu protēzes no lavsāna. Jau 1960. gadā tās sāka lietot klīniski. Šim pītajām cauruļveida protēzēm caurlaidība bija lielāka nekā austajām, bet mazāka nekā adītajām. Nedaudz uzlabotas, šīs caurulītes kļuva par galveno cauruļveida protēžu tipu Padomju Savienībā.

1962. gadā abi minētie zinātnieki izgatavoja vēdera aortas protēzi — austu cauruli ar diviem atzarojumiem. Kombinējot teflona un lavsāna diegus, 1963. gadā parādījās jaunas protēzes. Ļeņingradas ražošanas apvienībā «Sever» O. Mihailovas un L. Plotkina vadībā noorganizēja rūpniecisku ražotni, kas līdz pat šai dienai piegādā ķirurgiem austas un pītas protēzes.

Lai gan asinsvadu tekstilprotēžu ražošanā un izmantošanā uzkrāta liela pieredze, vairākas problēmas vēl nav atrisinātas. Tāpēc implantācijas operācijas ne vienmēr ir veiksmīgas vai arī pēc zināma laika tās ir jāatkārto. Viena no galvenajām problēmām šajā jomā — kā panākt, lai caurulišu sienas kļūtu antitromboģenas.

Kā zināms, asinīm izdaloties no dzīva organisma vai asinsvadā iekļūstot svešķermenim, sākas asins koagulācija (recēšana). Tā ir organisma aizsargreakcija pret kritiskiem asins zudumiem. Saskaroties ar svešķermeni, tam pielīp šūnas, kas piedalās asins recēšanā. Šīm šūnām pielīp citas utt., tā rodas receklis — trombs. Procesam turpinoties, trombs ar laiku stipri palielinās un var atrauties no protēzes sienas. Nonākot šaurā asinsvadā, trombs to aizsprosto, sākas tromboze. Diemžēl, pagaidām vēl nav izdevies atrast tādu materiālu, kurš, nonākot saskarē ar asins plūsmu, neizraisītu trombu veidošanos.

Ieteikti vairāki paņēmieni, kā ierobežot šo procesu. Viens no tiem — mākslīgo asinsvadu veido ar cilpiņām vai cita veida mikronelīdzenumiem, kas nodrošina stiprāku saistību starp caurulītes sienām un tās bioloģisko iekškārtu. Protēzes izgatavošanai turklāt izvēlas diegus, uz kuriem šūnas nogulsnejas mazāk (piemēram, teflonu).

Cits risinājums izriet no tā, ka asinsvadu endotēlija elektropotenciāli mainās no 3 līdz 13 milivoltiem un ka arī asinīs ir šūnas — negatīva lādiņa nesējas. Ļoti iespējams, ka tieši polimēru materiāla virsmas elektriskais lādiņš ir viens no galvenajiem faktoriem, ar kuru var regulēt trombu veidošanās procesu.

VFR zinātnieki ieteikuši trešo iespēju — izgatavot mākslīgos asinsvadus no sintētiska auduma vai plēves, kas pilnīgi uzsūcas organismā. Lai protēzes struktūra būtu tāda pati kā dabiskajos asinsvados, viņi uzskata, ka sintētiskā materiāla ārpusē vajadzētu «ieaudzēt» saistaudu, bet iekšpusē — endotēlija šūnas.

Tas panākams, protēzes noteiktu laiku turot barošanas šķīdumā, kam ir cilvēka ķermenim raksturīgā temperatūra. Pirmie mēģinājumi savietot dzīvus audus ar sintētisku materiālu devuši cerības, ka šī metode ir perspektīva. Zinātnieki, kas pēta ar tās ieviešanu saistītās problēmas, sola, ka jau pēc dažiem gadiem ķirurgi varēs saņemt gandrīz dzīvas protēzes.

Izpētot asinsvadu sienas uzbūvi, noskaidrots, ka tās sastāv no triju veidu audiem — gludās muskulatūras, elastīna un kolagēna šķiedrām. Dažāda tipa asinsvados šie audi sastopami dažādās proporcijās. Atkarībā no specifisko šķiedru satura pieņemta šāda asinsvadu klasifikācija:

- elastīgais tips, kura sienas galvenokārt veidotas no elastīna un kolagēna šķiedrām. Pie tā pieder ķermeņa lielākās artērijas — aorta un tās galvenie zari;

- jauktais tips, apmēram vienādā daudzumā tajā sastopamas kolagēna, elastīna un gludās muskulatūras šķiedras (piemēram, iegurnā artērija);

- muskuļtips, kura sienas galvenokārt veidotas no kolagēna un gludās muskulatūras šķiedrām (piemēram, jūga, apakšējā dobā un iegurnā vēna).

Sienas dažādās uzbūves dēļ asinsvadu deformācijas un citi mehāniskie raksturlielumi ir atšķirīgi. Piemēram, elastīgā tipa artērijas ir ļoti izturīgas un elastīgas, asins plūsma tajās ir daudz vienmērīgāka. Šī daudzveidība ievērojami apgrūtina protēžu izveidi. Mediķi un biologi tagad uzskata, ka katram asinsvadam vajadzīga sava protēze. Tāpēc caurulišu izgatavošanai nepārtraukti meklē jaunus materiālus un jaunu izgatavošanas tehnoloģiju.

Neliela diametra artērijām un vēnām ASV plaši lieto nesen izveidotās protēzes no «Gore Tex». Tas ir mikroporains materiāls (poru īpatsvars ir 80% no protēzes sienas tilpuma) no īsām politetrafluoretilēna šķiedrām. «Gore Tex» protēzēm ir negatīvs lādiņš; lai gan tās ir ļoti porainas, to caurlaidība ir maza. Šādu protēzi lokot, tā nesakļaujas, tādējādi nodrošinot normālu asinsriti arī saliektā stāvoklī.

Līdzīgas mikroporaina teflona protēzes radītas arī Japānā. Tās sekmīgi lieto klīniskajā praksē. 70—95% no caurulišu sienas tilpuma aizņem poras. Protēžu iekšējā sienas turklāt ir veidota no daudz smalkākām šķiedrām nekā pārējā daļa, tādējādi nodrošinot labvēlīgus apstākļus asins plūsmai.

Ļeņingradas ražošanas apvienībā «Sever» izveidota pīta mikroprotēze MPL-79. Lai gan tā ir ļoti poraina, asins zudums caur sienām ir gandrīz pilnīgi novērsts. Ar MPL-79 sekmīgi aizstāj maza diametra artērijas.

Problēmas, kas saistītas ar asinsvadu protēžu ekspluatācijas īpašību uzlabošanu risina arī mūsu republikas zinātnieki.

Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas Polimēru mehānikas institūta Biomehānikas laboratorijā veikti plaši asinsvadu un to aizstājēju pētījumi. Tur izveidoti dažādu asinsvadu sienas uzbūves teorētiskie modeļi, noteiktas to protēžu deformācijas un citi mehāniskie raksturlielumi.

A. Pelšes Rīgas Politehniskā institūta Šķiedru materiālu mehāniskās tehnoloģijas katedras speciālisti rada jaunu struktūru protēzes, kuru mehāniskās īpašības atbilst biomehānikas prasībām. Caurulišu izgatavošanai tur lieto modernas augstspējas stelles.

Vairumam tagad lietoto protēžu piemērotā būtiskā trūkums — maza stiepjamība radiālā virzienā. Lai gan pītās un adītās protēzes šajā ziņā ir nedaudz labākas nekā austās, arī to stiepjamība ir stipri mazāka nekā dabiskajiem asinsvadiem.

Pētījumi rāda, ka organisma lielo artēriju diametrs sirds cikla laikā mainās vairāk nekā par 10, bet dažu citu asinsvadu diametrs pat par 15 procentiem. Sintētisko austu protēžu diametrs ciklā mainās tikai par vienu diviem procentiem. Turklāt, kad mākslīgais asinsvads jau nokalpojis zināmu laiku, tā spēja paplašināties radiālā virzienā samazinās vēl vairāk un protēze sāk funkcionēt kā cieta caurule. Nelielās radiālās deformēšanās spējas dēļ nākas lietot protēzes, kuru diametrs ir 1,4—1,5 reizes lielāks nekā protezējamai artērijai. Diametru neatbilstība rada stiprus asins plūsmas virpuļus, kas izraisa intensīvu fibrīna šķiedru nogulsnešanos uz protēzes sienām.

Lietojot diegus ar dažādām fizikāli mehāniskajām īpašībām un izveidojot sarežģītākas struktūras sienas nekā līdzšinējās austajās protēzēs, izdevies panākt nepieciešamo caurulītes stiepjamību gan aksiālā, gan radiālā virzienā, kā arī radīt mikronelīdzenumus uz tās virsmas. Iespējams, ka jaunā sienas struktūra dos iespēju izgatavot protēzes bez gofrēšanas. Jaunajās protēzēs novērsts vēl viens austu asinsvadu trūkums — nepietiekama sienas porainība.