

MESTERSÉGES TAPINTÁSÉRZÉKELÉS

A mai ember a mesterséges érzékelést és információmegjelenítést alapvetően a látáson és halláson alapuló eszközökhöz kapcsolja. A tévé és a rádió – a jelenlegi felgyorsult világban szinte ősinek tekinthető – kultusza mellett a legújabb, legmodernebb eszközök, az MP3 lejátszók, digitális fényképezőgépek, videokamerák, LCD kijelzők, házimozzi rendszerek legfőképpen audiovizuális információ rögzítésére és későbbi megjelenítésére szolgálnak. Számunkra a „mesterséges tapintás” jobbára ismeretlen fogalom.

Ennek a ténynek az oka alapvetően emberi sajátságainkban keresendő. Ha például delfineként, esetleg denevéreként uralnánk a Földet, biztos, hogy plazmatévék helyett 3D-s ultrahang-rendszerekért állnánk sorba az elektronikai üzletekben – azaz a mesterséges kijelzőinket alapvetően és nyilvánvalóan a saját emberi érzékszerveink befogadóképességéhez igazítjuk. Mindazonáltal a látás és a hallás mellett számos fontos érzékszervvel rendelkezünk. A mesterséges érzékelés és kijelzés szempontjából a szaglásban, tapintásban, ízlelésben rejlő lehetőségek jelenleg többnyire kiaknázatlanul hevernek.

E felettébb igazágtalan megosztás egyik oka az érzékelési folyamatok fizikai megvalósulásának különbségeiben rejlik, és ez szorosan kapcsolódik egy másik meghatározó emberi tulajdonsághoz, a lustasághoz. Annak ellenére ugyanis, hogy egy ponton túl mindenfajta művészet értéke a befogadó mélységén, hozzáállásán és figyelmén múlik, mind a látást, mind a hallást joggal nevezhetjük passzív érzékelési formának a szagláshoz, ízérzékeléshez, tapintáshoz képest. Munka után beesni a puha kanapéba és bámulni, hallgatni a focimeccset sokkal egyszerűbb, sokkal inkább passzív folyamat, mint ehelyett kedvesünket simogatni, szaglászni, ízlelni. Hogy mégis sok esetben a sivárabb első lehetőség a nyertes, egyfajta szomorú igazolása a lustaság hatalmának. Többek között tehát ez az oka például a mesterséges tapintás háttérbe szorultságának.

Míg a látó- és hallórendszerünk aktív figyelem nélkül is egész hatékonyan, jórészt automatizmusként működik, a tapintásérzékelés alacsonyabb szintjé-

hez is sokkal inkább aktív figyelem és koncentráció, valamint visszacsatolt mozgás szükséges. Ez persze a mesterséges tapintásérzékelők és kijelzők előállítását, működtetését is nagyságrendekkel nehezesebbé teszi, és egyben magyarázza piaci elmaradottságukat is. Kutatócsoportunk az MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézetének, az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézetének, a Semmelweis Egyetem Neurobiológiai Kutatócsoportjának és a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai Karának együttműködésével ennek ellenére – vagy talán pont ezért – azt a járatlan utat választotta 2000-ben, hogy mesterséges tapintásérzékelők fejlesztésébe kezd.

Amit a vakondról tudni kell

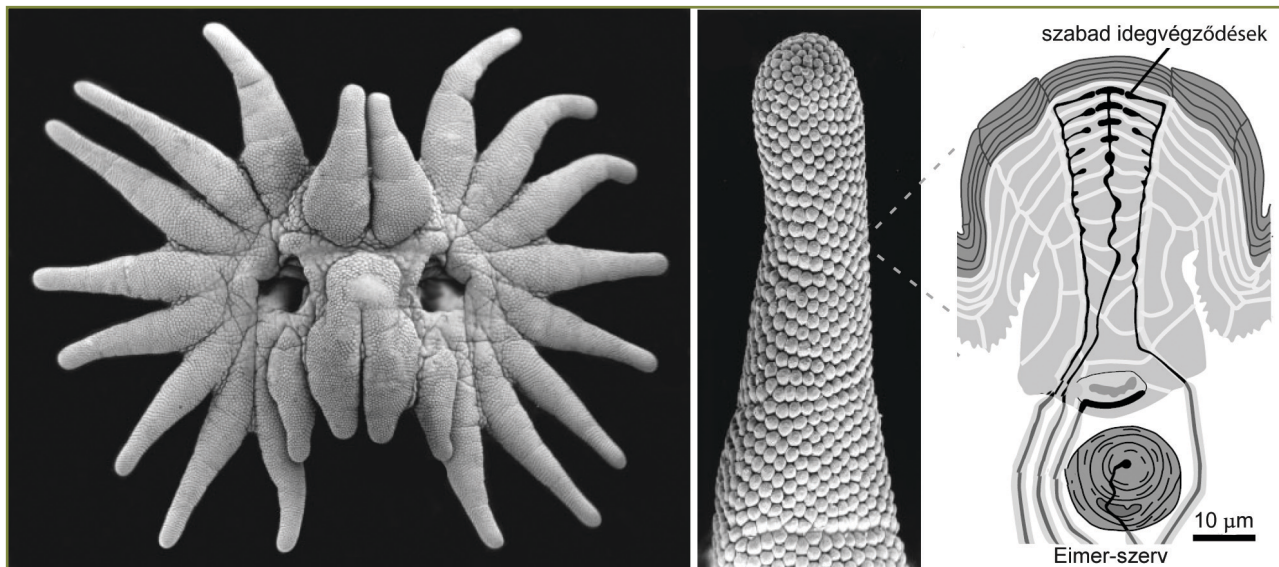
Új eszközök tervezésénél egy felettébb hasznos kiindulási irány a természet mint első számú példakép figyelmes és alázatos vizsgálata, azaz a *bio-inspirált* szemlélet. Nagyon nehéz olyan emberi talál-

mányt mondani (a vécépapíron, gumióvszeren és egyéb, csak az emberi civilizációban nélkülözhetetlen sikertermékeken kívül), aminek alapkonceptiója ne jelenne meg valahol a természet végtelen, változatos és évmilliók alatt kifinomult ötlettárában. Különösképpen igaz ez az érzékelési folyamatokra, mivel a természetben az állandóan változó körülmények közti életben maradásnak alapvető feltétele a külvilágból származó információk minél pontosabb befogadása és feldolgozása. A tapintásérzékelők esetében két természetes példaképet vizsgáltunk, ezek közül az egyik a csodálatos emberi ujj.

Mesterséges tapintásérzékelőink legfontosabb tulajdonságainak tervezésekor az emberi tapintást vettük alapul. Olyan érzékelőméretet, sűrűséget, elemszámot, érzékenységi tartományt és érzékelési struktúrákat kívántunk megvalósítani, amelyet az ujjainkban található *mechanoreceptorok* képviselnek. Az érzékelőink működési elve természetesen merőben más, mint a biológiai érzékelőké, de alapfeladatuk ha-

A csillagorrú vakond. Az orrán lévő ujjacskák tapintásérzékelői szolgálatják az állat számára az elsődleges információt a külvilágról





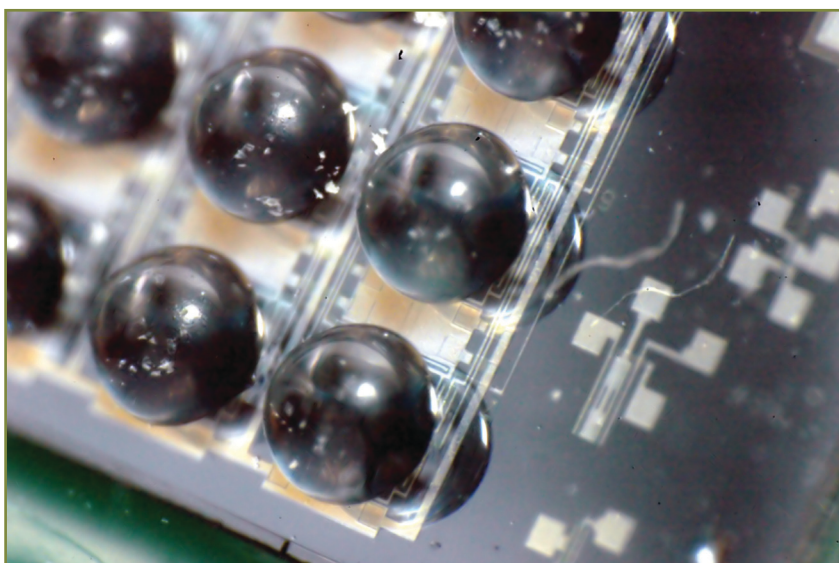
A csillagorrú vakond orrán lévő ujjszerű nyúlványokon rugalmas félgömbök találhatók gondos elrendezésben, a tapintásérzékelők ezekbe a struktúrába vannak ágyazva – nem véletlenül (FORRÁS, FOTÓ: KENNETH C. CATANIA, USA)

sonló: egy tárggyal történő fizikai kontaktus során a mechanikus környezeti ingereket számszerűsíthető jelekké alakítják, és továbbküldik a feldolgozó egységnek. A feldolgozó egységben – ami esetünkben nem az agy, hanem egy egyszerű számológép – úgynevezett *neuromorf* algoritmusok várják a jeleket és értelmezik az adott alkalmazásnak megfelelően.

A másik, felettébb különös tapintó példaképünk a csillagorrú vakond (*Condylura cristata*). Az Eszak-Amerika gilisztában dús mocsarait túró állatknak az egyik legfigyelemreméltóbb tulajdonsága, hogy egyszerűen az orrán lévő *tapintó* nyúlványokkal lát. Legfontosabb és legfejlettebb érzékszerve a tapintó orr, ennek megfelelően a világról alkotott képe (amit mi képnak hívunk, mert látáson alapszunk) a tapintási információból származik. Vajon milyen „képet láthat” ő?

Ez is érdekes kérdés, de mi inkább a „hogyan”-t vizsgáltuk, ugyanis a csillagorrú vakond orrának felépítéséből szintén értékes ötleteket tudtunk átvenni.

Ugyanúgy, ahogy az emberi ujjban lévő érzékelők is rugalmas közegbe, a bőrbe vannak ágyazva, a vakond orrán is rugalmas, bőrszerű struktúra foglalja magába a tapintásérzékelőket. Az ujjainkon ujjlenyomatok találhatók, a vakond orrán jól meghatározott, geometrikus rendben egymás mellett elhelyezkedő rugalmas félgömbök. Ahogy az emberi mechanoreceptorok egyes fajtái is az ujjlenyomat-barázdák men-



8×8-as tapintásérzékelő tömb a csillagorrú vakond érzékelőinek mintájára létrehozott félgömbös borítással. A rugalmas struktúra alatt jól látszik a szilícium-mikroérzékelők struktúrája. Egy félgömb átmérője körülbelül 0.6 mm

Mechanoreceptorok: a tapintási információ kódolásáért felelős parányi struktúrák az élőlények (köztük az ember) bőrében, amelyek a környezetből származó mechanikus tapintási hatásokat különböző részekre, csatornákra bontják (statikus nyomás, kis- és nagyfrekvenciás rezgések, nyíróerők stb.), és idegi ingerületté alakítva az agyba küldik a jelek további feldolgozására.

Neuromorf: olyan mesterséges folyamatok, algoritmusok jelzője, melyek az idegrendszer működési elvein és szabályszerűségein alapulnak, a neurális jelfeldolgozás módszereit és eredményeit valósítják meg mesterséges számítástechnikai eszközökkel.

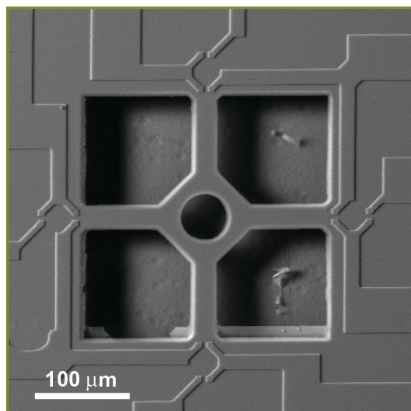
tén helyezkednek el, úgy a vakond orrán lévő érzékelők is rendre az egyes rugalmas félgömbök középpontjai alatt találhatók, jól meghatározott pozícióban. Ennek oka pedig nem más, mint a bőr, azaz a beágyazó rugalmas közeg nélkülözhetetlen és meghatározó jelfeldolgozó szerepe a tapintásérzékelés folyamatában.

Az talán mindenki számára egyértelmű, hogy a mezítlás talpon nyár végére megvastagodó bőr vagy a vonós hangszerek bal kezének ujjain található bőrkeményedések szerepe a sérülékenység megelőzése mellett a tapin-

tási érzékenység egyszerű csökkentése, de az valószínűleg kevésbé köztudott, hogy a bőr, mint látszólag egyszerű mechanikus struktúra ennél mennyivel összetettebb jelfeldolgozó szereppel bírhat. A bőr adott pontokba sűrítetheti a mechanikus feszültségeket, lehet élkiemelő hatása, viselkedhet aluláteresztő szűrőként vagy akár mechanikus erősítőként is. A mesterséges tapintásérzékelőink kialakításakor részletesen vizsgáltuk és modelleztük az ujjunknak és a vakond orrának mechanikus felépítését, a rugalmas bőr szerepét, eredményeinket pedig felhasználtuk mind a tervezési mind a kivitelezési fázisban.

Mikroérzékelők szilíciumból

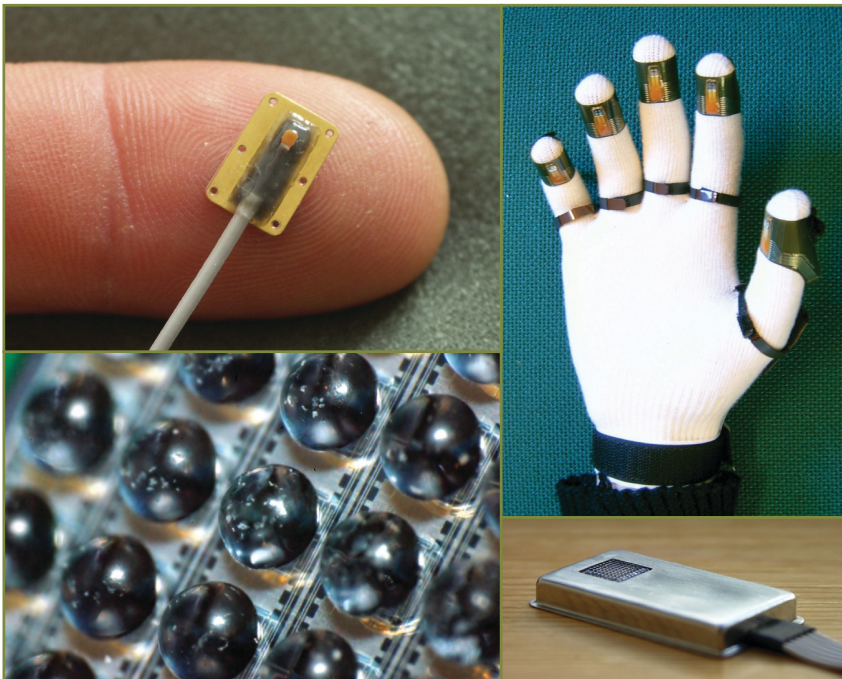
A mesterséges érzékelő alapstruktúrákat Magyarország egyetlen mikrotechnológiai laboratóriumában, az MTA MFA-ban fejlesztjük és gyárt-



Egy érzékelőelem, ami nem más, mint egy deformálódó egykristályos szilícium hidacska. A mikroérzékelő közepén lévő lyukba egy hajszál pont befelé

juk. Az érzékelők úgynevezett MEMS-eszközök, melyek a hagyományos mikrocsipektől (processzorok, memóriák stb.) annyiban térnek el, hogy mechanikus, mozgó alkatrészeket is tartalmaznak, ezáltal egész másfajta, speciális előállítási folyamatokat igényelnek.

Egy tapintásérzékelő-elem tulajdonképpen nem más, mint egy apró szilícium hidacska, amely mechanikai erőhatás következtében deformálódik. A deformáció hatására a hídba ültetett piezo-ellenállások értéke a deformációval arányosan megváltozik, az ellenállás-változást pedig elektromos jellé alakítva mérjük. Egy tapintócsipen nem feltétlenül csak egy érzékelő elem található. A



Különböző alkalmazásokhoz készült tapintásérzékelő prototípus termékek az 1, 4, 64 elemű érzékelőtömbökre épülve

jelenlegi prototípusaink 1, 4 vagy 64 érzékelőt tartalmaznak egy legfeljebb ujjbegynyi területen.

Érdekes, hogy míg például a látás esetében a biológiai és a mesterséges rendszerekben is milliós nagyságrendű érzékelőre van szükség (nem is számolunk már másban, mint megapixelben, azaz millió, 1000×1000 érzékelőben), addig a tapintásérzékelők száma az ujjban ennél jóval kevesebb, körülbelül 10×10-es, 100×100-as nagyságrendű ujjan-

ként, típustól függően. Ezt ellensúlyozza a tapintás már korábban említett aktív jellege – egy tárgyat a tapintásunkkal úgy érzünk csak igazán, ha mozgatjuk rajta az ujjunkat, azaz a térbeli felbontás hiányosságát időbeli felbontással pótoljuk.

A tapintásérzékelőink legfőbb újdonsága és egyedisége a világ többi hasonló eszközéhez képest, hogy az érzékelőelemeken nemcsak az adott pontban ébredő nyomás nagyságát, hanem a fellépő erők irányát is mérni tudjuk minden irányban. Azaz ha megfogunk az érzékelővel egy tárgyat, nemcsak azt érezzük, hogy mennyire szorítjuk meg, hanem a súrlódási erőkön keresztül azt is, hogy mekkora a tárgy súlya a fogási felülettel párhuzamosan. Ez az információ a biológiai rendszerekben nyilván nélkülözhetetlen, a mesterséges eszközök pedig eddig csak azért nem tudták mérni, mert az oldalirányú nyíróerők meghatározása (amit például egy joystick nagy méretben, összesen egy pontban tud), milliméternél kisebb struktúrákkal, egy felület több pontjában egyszerre cseppet sem triviális feladat.

Mire jó a mesterséges tapintás?

A tapintásérzékelőkkel kapcsolatos kutatásunk és fejlesztésünk nyolc év küz-

MEMS: az angol „Micro-Electro-Mechanical Systems” rövidítése. Olyan mikrotechnológiai eszköz, melyben mechanikus, mozgó mikroalkatrészek is vannak. A XXI. század érzékelőforradalma sok tekintetben az örült ütemben fejlődő MEMS-eszközökre épül.

Piezo-ellenállás: olyan ellenállás, ami mechanikai feszültség hatására, azzal arányosan megváltoztatja értékét. Az anyagban ébredő feszültségek mérésére szokás használni.

Spin-off: (angolból: legördülő) olyan vállalati forma, amely a tudományos kutatási eredmények piaci felhasználására, hasznosítására szakosodott, a kutatási anyaintézmények kezdeti támogatásával, a piaci eredmények függvényében egyre inkább leszakadva róluk. A spin-off irány az USA-ban a tudományos eredmények ipari hasznosításának egyik jól bevált formája, Magyarországon egyelőre kevés példát találunk rá.

Könyvtermés

ALBERT VALÉRIA
ROVATA

delmes munkája eredményeképpen mára olyan szintre jutott, hogy az érzékelő rendszereinket egy erre a célra létrehozott *spin-off* cégen, a TactoLogic Kft-n keresztül forgalmazni tudjuk. Tapintásérzékelőink felhasználói köre főleg nemzetközi kutatóintézetekből áll, fő irányvonallal a robotika és az orvostudomány területén.

A robotkezek – legyen szó akár ipari, akár lakossági célú eszközökről – tárgyak megfogására, manipulálására készülnek. Ha egy tárgy érintésekor a robotkézre szerelt érzékelőkön keresztül összetett tapintási információ származtatható, a robotkar vezérlését a környezethez, az aktuális állapotokhoz alkalmazkodva lehet módosítani. Ez a visszacsatolt folyamat az intelligens robotvezérlés alapja. Az ipari gyártósorok, az intelligens konyharobotok, az úreszközök vagy a távsebészeti robotok teljesítőképessége egyaránt növelhető tapintás- (és persze sok egyéb) érzékelő beépítésével.

Az orvostudományban úgyszintén számos különböző felhasználási területe lehet a mesterséges tapintásérzékelőknek. A fizikális diagnosztika számszerűsítése, azaz az orvosok kézi „tapogatásának” objektív mérése és kijelzése legalább annyira fontos és nemes cél, mint például tapintásérzékelőket tartalmazó katéterek, endoszkópok fejlesztése vagy érzékelő művegtagok készítése.

A XXI. században a tranzisztor mindent elsőprő térhódítása után a mikro-érzékelők és beavatkozók forradalmát éljük. A látáson és halláson alapuló világképünk tágulni látszik, lassan a leggyorsabb elektronikai eszközök is számos apró érzékelőt tartalmaznak, hogy a környezet változásaira minél szélesebb skálán tudjanak reagálni. Terjednek az érintőképernyők, a fényképezőgépeink mérik a GPS-koordinátákat, az állásszöveget, a sírók játékbábákat fájdalom- és szeretethiány-érzet hiányában gyorsulásmérők készítetik pityergésre, lassan nem lesz fikció a szagos mozi sem. Hogy a mi tapintásérzékelőink hosszú távon művegtagban, mobiltelefonban, tamagocsiban vagy intelligens vécépumpában végzik, az a jövő zenéje, ami biztos, hogy számunkra a dicsőség minden esetben kézzelfogható.

VÁSÁRHELYI GÁBOR

Gyermekeink lelki problémáiról

Kézhez álló, finom papírra nyomott kis kötet, egyfajta zsebkönyv, de 424 oldalnyi terjedelmével a dinamikus gyermekpszichiátria korszerű összefoglalása. Második, kibővített kiadás immár. Az első kiadás 2001-ben jelent meg. Akkor még élt az egyik szerkesztő és szerző, *Vikár György*, a magyar pszichoanalízis és gyermekpszichiátria meghatározó egyénisége. A könyvben az ő szemlélete, módszere tükröződik. Ezért is ajánlják szerkesztőtársai az új kiadást Vikár emlékének, és ezért is maradt meg a neve a címlapon. Az első kiadásban Vikár György volt az első szerkesztő, a második Vikár András, a fia. Most, a második kiadásban lépett a szerkesztő gárdába Székács Eszter.

A gyermeki lélek és a gyermeki magatartás betegségeit, zavarait a könyv a pszichoanalitikus elmélet alapján értelmezi és a pszichoanalízis eszközeivel ajánlja gyógyítani. A dinamikus jelző a pszichoanalitikus megközelítés fő szempontját fejezi ki. Eszerint a lelkiállapot és a viselkedés különféle erők, tényezők összjátéka – konfliktusa, illetve egyensúlya – alapján jön létre. Az egymással szembeesülő erők között vannak ösztönkésztetések, fejlődési tendenciák, alkalmazkodási törekvések a társas környezethez, valamint az én különféle szükségletei. A fejlődési mozzanat a gyerekek esetében különösen erős. Ennek jegyében gyakran állnak elő krízisek, amelyek feloldódnak vagy aránylag könnyen befolyásolhatók. Akadnak azonban hibás, kóros fejlődési tengelyek, és előfordulhatnak súlyos kórképek is a gyermekkorban.

A kötet ezt a területet mutatja be. Szerzői ismert gyermekterapeuták, analitikusok, közülük többen Vikár egykori munkatársai a ma már legendás Faludi utcai rendelőintézetből vagy az Újpesti Kórház gyermekpszichoterápiás osztályáról, amelyet egykor Vikár György vezetett.

A második kiadás egy sor fontos témával bővült ki. Egy fejezet például az alvászavarokról, az étkezési rendellenességekről is szól és új részként jelenik meg egy bővebb összefoglalás a gyermekek fizikai és szexuális bántalmazá-

sáról is. Több szerző kiegészítette, kibővítette korábbi írását.

A könyv így 14 fejezetből áll. Csecsemőkor, a gyermekkor pszichopatológia (Vikár György eredeti fejezete), diagnosztika, pszichoterápia gyermek- és serdülőkorban (több mint félszáz oldalt kitevő alapos munka), csoport pszichoterápia és pszichodráma, családterápia gyermekekkel és serdülőkorúakkal, autizmus és az ezzel rokon súlyos fejlődési zavarok (ugyancsak jókora terjedelmű írás), a hiperaktivitás és a figyelemhiány szindrómája, továbbá a speciális tünetegyüttesek. Ide tartoznak a már említett alvási és étkezési zavarok, valamint a gyermekkorban igen gyakori epilepszia, majd egy érdekes fejezet a dadogásról. Ezt követik a drogfogyasztásról, a gyermekbántalmazásról és gyermekjogok psi-

chológiai, pszichiátriai vonatkozásairól szóló részek.

A mű decimális rendszerben jól tagolt, áttekinthető, számos alcímmel és belső bontással, ami a szerkesztők gondosságát dicséri. Így valóban használható gyakorlati kézikönyvként. Minden téma könnyen megtalálható a tartalomjegyzék és a második kiadáshoz készült új tárgymutató alapján. Fontos érteke a könyvnek, hogy minden fejezet közérthető. A művelt laikus is megérti, noha a szakkifejezések és a szöveg elvontsági szintje megfelel a szakirodalmi kritériumoknak.

Több fejezet tartalmaz rövid esetismertetéseket, amelyek az elméleti összefüggéseket jól megvilágítják.

A kötet nyilván további kiadásokat is megér majd, s akkor még kiforrottabbá válik anélkül, hogy szemléletén és terápiás orientációján változtatni kellene. Egynémely fejezetet kellene talán tovább bővíteni (például a drogfogyasztásról szóló rész túl rövid, a probléma növekvő gyakoriságához, ellátási súlyához képest). Minden fejezethez tartozik irodalomjegyzék, de az abban idézett címekre nem mindig vagy nem teljes terjedelemben található meg a hivatkozások a szövegben. Egy-egy fejezetben (például a gyermekbántalmazásról szóló írásokban) ez a hiányosság szembeszökő. Holott a húsz-harminc idézett tanulmány nagyban segítheti a szakember olvasók tájékozódását az adott tárgykörben.

A kis kötet fölöttébb hasznos. Tartalmában is, jellegében is jól kiegészíti a növekvő magyar nyelvű szakirodalmat a gyermekek lelki problémáinak és terápiás ellátásának területén. (*Dinamikus gyermekpszichiátria; Medicina Könyvkiadó, Budapest, 424 oldal, 3200 forint*)

BUDA BÉLA

