

Agyérkatasztrófát szenvedett betegek objektív minősítése

Jobbágy Ákos, BME Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék
Fazekas Gábor, Országos Orvosi Rehabilitációs Intézet, Szent János Kórház

Az agyérkatasztrófát szenvedettek állapotának minősítésére különböző skálákat használnak. Ezek célja többnyire a motoros vagy szenzoros károsodás illetve az önellátási képesség mérése. Az önellátás elvégezhető csökkent funkciójú végtagokkal is, így a hagyományos skálák az ujjak és végtagok mozgásában jelenlevő korlátozottságot elfedhetik.

A korlátozottság objektíven minősíthető mozgás analízátor felhasználásával. Előre definiált mozgásmintákat kell végrehajtani, az ujjakra és a karra helyezett markerek követése alapján történik az értékelés.

15 agyérkatasztrófát szenvedett beteg vizsgálata történt az Országos Orvosi Rehabilitációs Intézetben (OORI). A mozgások analizését felhasználva objektíven értékelhető a paciensek aktuális állapota és így a rehabilitáció folyamata.

BEVEZETÉS

Az agyérkatasztrófát szenvedettek állapotának felmérésére használt skálákról [1] ad részletes értékelést. A legelterjedtebbek: Functional Independence Measure (FIM, [2]), Activity Index, Orgogozo Scale, Rivermead Scale [3], Barthel Index [4], Ashworth Scale [5], Hand Movement Scale (HM). A skálák egyik csoportja a motoros és/vagy szenzoros károsodás fokát, másik csoportja a legfontosabb napi aktivitásokat (pl. étkezés, tisztálkodás, öltözködés) vizsgálja. Ebből adódóan a hüvelykujj benuálása jóval nagyobb mértékű teljesítményromlást jelent, mint bármely más ujj benuálása.

Kutatómunkánk célja agyérkatasztrófát szenvedettek aktuális állapotának objektív megállapítása volt. A betegek a zongorázást utánzó mozgást (finger-tapping) és a mutató mozgást (pointing) végezték el, ez utóbbit külön a bal és a jobb karral. Megtörtént a paciensek hagyományos skálák szerinti felmérése is. Az eredmények azt mutatják, hogy a mozgásminták alapján történő és a Rivermead skála szerinti értékelés adja a leginkább hasonló eredményt ($r = 0.5$). Az objektív minősítés elterjedéséhez szükséges egy markerbázisú mozgásanalízátor, amelynek kezelése műszaki és informatikai szakértelmet nem igényel, így orvosi/klinikai használatra alkalmas. Ennek fejlesztése a BME Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszéken történik. A többéves munka eredményeként létrejött mozgásanalízátor kísérleti jellegű alkalmazására kerül sor 2006-ban az OORI-ban és a Szent Imre Kórházban (Budapest). A neurológusok, gyógytornászok és ápolók által történt mérések tapasztalatait felhasználva várható, hogy a készülékből – a hozzá kidolgozott mérési és kiértékelési eljárással együtt – igény esetén terméket állítunk elő.

MÓDSZEREK

Tesztelt személyek

Az Országos Orvosi Rehabilitációs Intézetben (OORI) 15 agyérkatasztrófát szenvedett (7 férfi és 8 nő) beteg mozgását vizsgáltuk (1. táblázat). A paciensekről részletes ismertetést ad [6]. A paciensek között többen is balesetet szenvedett fiatalok voltak.

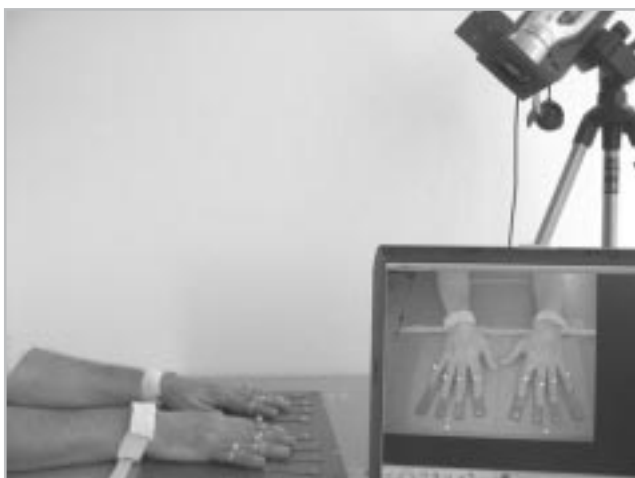
azonosító	kor	nem	érintett oldal	hetek száma a betegség óta	Rivermead	FIM	Barthel
J01	49	N	B	55	14	115	100
J02	25	F	J	28	10	126	100
J03	25	N	B	5	9	75	65
J04	35	N	J	45	9	109	85
J05	23	F	B	22	2	116	90
J06	24	F	B	22	13	124	90
J07	26	F	J	4	0	32	10
J08	39	F	B	23	15	116	100
J09	59	F	J	2	4	104	70
J10	59	N	J	25	8	103	100
J11	79	N	J	2	8	115	55
J12	23	N	B	5	15	47	15
J13	52	F	B	7	0	20	20
J14	29	N	B	2	1	25	10
J16	53	N	B	2	8	99	80

1. táblázat
A vizsgálatban részt vett paciensek

A felhasznált mozgásanalízátor

A felvételek egyszerű, passzív marker bázisú mozgásanalízátorral (PAM, [7]) készültek. A készüléket orvosi/klinikai használatra fejlesztettük. A lényegesen költségesebb általános célú mozgásanalízátorok (pl. [8]) sokkal jobb felbontást nyújtanak, mind térben mind időben. Ebben az alkalmazásban azonban erre nincs szükség.

A PAM analízátor passzív markerek helyzetét tudja meghatározni. Másodpercenként 50 mintát vesz, a marker pozíciók függőleges és vízszintes vetületét számítja ki. Az általunk használt kar-, kéz- és ujjmozgások vizsgálatához ez a mintavételi frekvencia elegendő [7]. A kétdimenziós marker pozíció meghatározás miatt a kamera és a mozgások relatív helyzete állandó kell legyen. Az 1. ábra mutatja a felhasznált mérési elrendezést. A zongorázást utánzó mozgásnál gumiszalagok biztosítják a csuklók kamerához képesti állandó helyzetét. A mutató mozgásnál két, az asztalon levő pontot kell felváltva megérinteni. A kameraállvány az asztal lapjához rögzített.



1. ábra
Ujjdoboló mozgás vizsgálata PAM analízátorral

A PAM infravörös tartományban érzékeny videokamerát használ. A kamera lencséje körül infraLED-ekből álló gyűrű helyezkedik el, amely a képszinkron jel után 2 ms késleltetéssel 2 ms időre felvillan. Ez biztosítja a környezeti fényelnyomást és az éles markerképet. A kamera IEEE 1394-es interfészen keresztül egy számítógéphez csatlakozik. A számítógépen Linux operációs rendszer alatt fut a felvételt készítő és kiértékelő program. A program kezelése néhány gomb megnyomásával történik, szakértelmet nem igényel, így orvosi/klinikai használatra kiválóan alkalmas. Bekapcsolás után a felvételt és kiértékelést végző program automatikusan elindul, kéri az aktuálisan vizsgálandó mozgás kiválasztását (menüből) és a paciens azonosító megadását. Ellenőrzi, hogy az adott mozgásmintához szükséges darabszámú marker van-e a képen. Ha ettől eltérő számú markert detektál, akkor figyelmezteti a kezelőt, és nem indítja el a mérést. Ha a markerek száma megfelelő, akkor egy gombnyomásra elindul a mérés, majd ennek befejeződése után ismét automatikusan megtörténik a kiértékelés. A PAM beállításától függően a videofelvétel és a markerek trajektóriái automatikusan eltárolásra kerülhetnek.

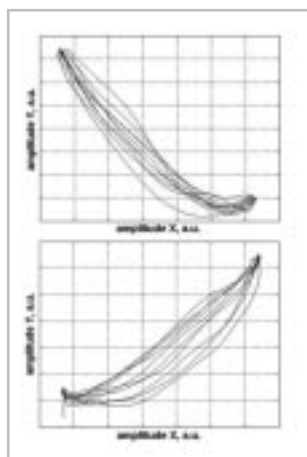
Felvételek

A felvételek az OORI-ban készültek, 2003. november 11. és december 17. között. A betegek három mozgását

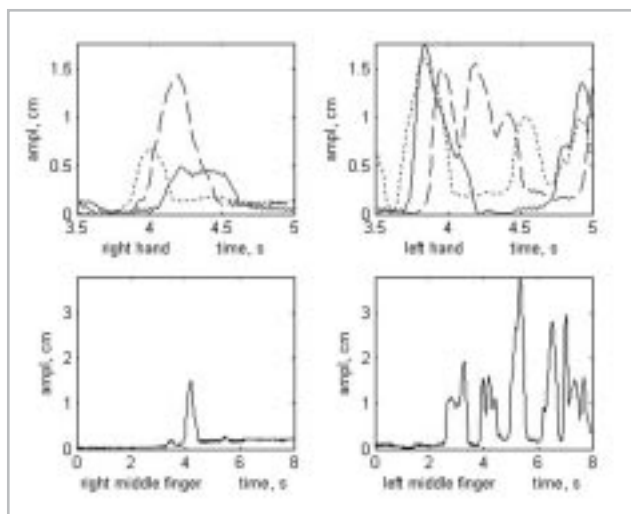
vizsgáltuk: ujjdoboló mozgás, mutató jobb karral, mutató bal karral. Az ujjdoboló mozgás a zongorázást utánozza. A beteg – a hüvelykujjait kivéve – egyszerre felemeli mind egyik ujját, majd leüt az asztalra ismét az alábbi sorrendben: kis-, gyűrűs-, középső- és mutatóujj. Az utasítás az, hogy a lehető leggyorsabban végezzék a mozgást és igyekezzenek a lehető legmagasabbra emelni ujjukat.

A mutató mozgás 5 ciklusból áll. Két megjelölt pont van az asztalon, egymástól kb. 40 cm-re. A mutatóujj kezdetben a pacienshez közelebbi megjelölt ponton van. Innen felémelve a másik pontot kell megérinteni, majd az ujjat a kiinduló helyzetbe visszavinni. Ezt a mozgást kell ötször megismételni.

A 2. és 3. ábra a J11-es paciens mozgásáról készült felvételeket mutatja az agyérkatasztrófa bekövetkezése után két héttel. A 3. ábrán a felső két diagram másfél másodperces részt mutat a mutató-, középső- és gyűrűsujj mozgásáról. Az alsó két diagram a középső ujjak mozgásáról készült nyolc másodperces felvételeket mutatja.

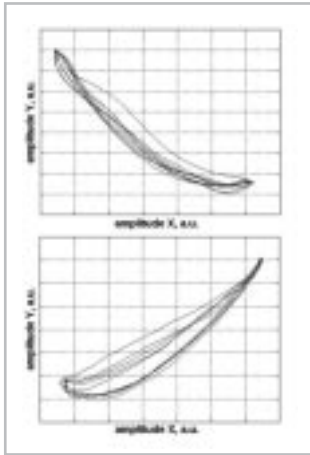


2. ábra
A J11-es paciens mutató mozgásának trajektóriái 2 héttel az agyérkatasztrófa után. Érintett oldal (jobb): lent

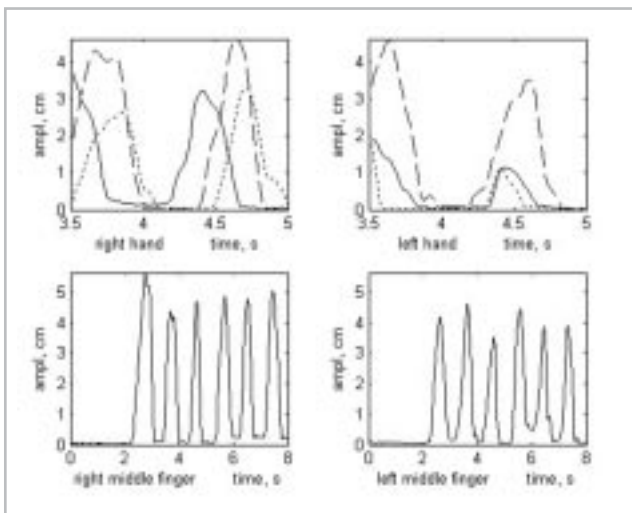


3. ábra
A J11-es paciens ujjdoboló mozgása 2 héttel az agyérkatasztrófa után.
A felső két diagram másfél másodperces részt mutat a mutató-, középső- és gyűrűsujj mozgásáról. Az alsó két diagram a középső ujjak mozgásáról készült nyolc másodperces felvételeket mutatja

Az ujjdoboló mozgást a trajektória alapján nehéz felismerni. A 4. és 5. ábra a J11-es paciens mozgását mutatja 24 nappal a 2. és 3. ábrán bemutatott vizsgálat után.



4. ábra
A J11-es paciens mutató mozgásának trajektóriái 24 nappal az első teszt (38 nappal az agyérkatasztrófa) után



5. ábra
A J11-es paciens ujjdoboló mozgását jellemző trajektóriák 24 nappal az első teszt (38 nappal az agyérkatasztrófa) után

A mutató mozgásról felvett marker trajektóriák alakja nem változott meg lényegesen, viszont az öt oda-vissza mutatás ideje jelentősen lerövidült. Az ujjdoboló mozgás esetében a javulás nyilvánvaló, különösen az érintett (jobb) oldalon.

A mérések kiértékelése

Neurológusok felmérték a kéz és a kar motoros funkcióit a hagyományos skálák (HM, Módosított Ashworth, FIM, Rivermead) szerint. Az eredmények az 1. táblázatban találhatóak.

A mozgásokról készült felvételek kiértékelése során vizsgáljuk azok szabályosságát. Mivel a pacienseknek ugyanazokat a mozdulatokat kell ismételni, a szabályosságot azzal jellemezzük, mennyire áll közel a kváziperiodikus

mozgás a periodikushoz. Erre jól használható az SVD analízis [9, 10]. A Fourier analízissel szemben itt a bázisfüggvények tetszőlegesen lehetnek, nem csak szinuszosak. A mozgás periodikussága (PM) annál nagyobb, minél nagyobb súllyal szerepel a teljes mozgás leírásában a domináns bázisfüggvény. Ha a bázisfüggvényeket súlyuk szerint sorba rendezzük, akkor

$$PM = \frac{\sigma_1^2}{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}$$

ahol σ_i az i . bázisvektor súlya. Ha σ_1 -n kívül az összes többi σ_i értéke nulla, akkor periodikus a jel, $PM = 1$.

Lassan könnyebb a mozgást szabályosan elvégezni. Ezért a szabályosságon kívül a végrehajtás sebességét is vizsgálni kell. Az ujjdoboló mozgást könnyebb gyorsabban végezni kisebb amplitúddal, azaz ha nem emeljük az ujjakat magasra. A mozgás sebességét az amplitúdó és a frekvencia szorzatával jellemezzük:

$$amxfr = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{T_i}}{n}$$

ahol A_i az i . ujjdobolási ciklus amplitúdója cm-ben, T_i az i . ciklus periódusideje s-ban, n az adott idő (vizsgálatainkban 20 s) alatt végrehajtott ciklusok száma.

Ezek alapján az ujjdoboló mozgást minősítő paraméter (Finger-Tapping Test Score):

$$FTTS = (PM - 0.6) * amxfr$$

A mintegy 300 kiértékelt ujjdoboló mozgás tanulmányozása alapján 0.6 levonása azért szükséges, hogy a szabályosság és a gyorsaság az eredményben azonos súllyal szerepeljen.

FTTS meghatározható minden ujra. Egy kéz teljesítményét a mutató-, középső- és gyűrűs ujj FTTS értékének átlaga, a vizsgált személy teljesítményét pedig a két kézre kiszámított érték átlaga jellemzi.

A mutató mozgást is jellemzi a szabályosság és a gyorsaság. Ezen kívül a két megjelölt pont közti trajektória szakasz simaságát és egy pont megérintésekor az ujj helyzetének szórását kell figyelembe venni a mutatás minősítésekor [11], (Pointing Test Score):

$$PTS = fr * PM * (1 - h_{sm}) * (1 - h_{ac})$$

ahol fr a mozgás frekvenciája (ciklus/másodperc), PM a mozgás periodikussága, h_{sm} a mozgás simasági hibája (a legjobban illeszkedő másodfokú görbétől való relatív eltérés), h_{ac} a végpontok megérintésekor kapott relatív szórás.

EREDMÉNYEK

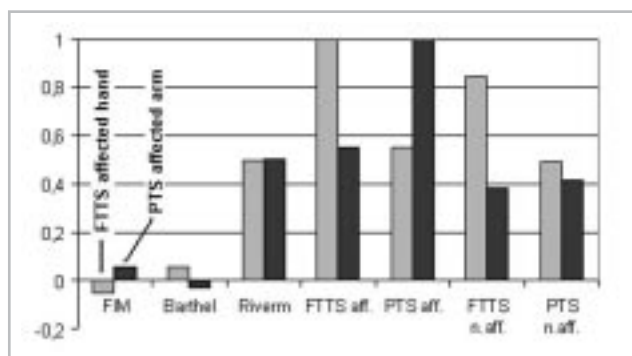
A betegek mozgásának mozgásanalizátor segítségével elvégzett jellemzését összehasonlítottuk a hagyományos skálák által nyújtott értékeléssel.

A 2. táblázat adatai megerősítik, hogy FTTS és PTS más jellemzőket mér, mint a FIM és a Barthel index. (Ezek a skálák a mindennapi élettevékenységet vizsgálják, amiben fontos, de messze nem egyedüli szerepe van a kéznek.) A Rivermead skála hasonló értékelést ad, mint FTTS és PTS. (A Rivermead skálának a felső végtagi motoros károsodást mérő blokkját vizsgáltuk, amiben a kézmozgások szerepe kiemelkedően fontos.) A 6. ábra mutatja a vizsgált 15 beteg FTTS és PTS értékei (mind az érintett mind a nem érintett oldalon) és a hagyományos skálák szerinti értékelések közötti kapcsolatokat. Szoros korreláció volt az érintett és a nem érintett oldali FTTS értékek között. Ennek oka a két kéz ujjainak mozgása közti szinkronizáció. Ilyen szinkronizációt nem találtunk a korábbi, Parkinson kóros betegeken végzett vizsgálataink során [12]. Mivel a mutató mozgás egyszerre csak az egyik oldalt vizsgálja, nincs ilyen összefüggés az érintett és a nem érintett oldalak PTS értékelése között.

	FIM	Barthel index	Rivermead
<i>FTTS érintett oldal</i>	$r = -0.05$ ($p > 0.85$)	$r = 0.06$ ($p > 0.85$)	$r = 0.50$, ($p < 0.07$)
<i>PTS érintett oldal</i>	$r = 0.05$ ($p > 0.85$)	$r = -0.03$ ($p > 0.90$)	$r = 0.50$, ($p < 0.07$)

2. táblázat
Korreláció az érintett oldali FTTS, PTS és a hagyományos skálák minősítése között

Korábbi vizsgálatainkban Parkinson kórosok vettek részt. Az ő mozgásuk szignifikánsan különbözik az agyérkatasztrófát szenvedettek mozgásától. A Parkinson kórosok



6. ábra
Korrelációs értékek az érintett oldalra számított FTTS (világos csíkok), PTS (sötét csíkok) és a hagyományos skálák illetve a nem érintett oldalra számított FTTS és PTS között

sztochasztikus jelleggel tértek el a szabályos mozgástól. Az agyérkatasztrófát szenvedettek között több olyan beteg is volt, aki eltért ugyan a szabályos mozgástól, de az eltérés minden periódusban közel azonos volt.

A mérések alapján megállapítható, hogy a passzív markerbázisú analízis a neurológiai betegségekben szenvedők aktuális állapotának jellemzésére nagy felbontású módszert kínál. Széles körben történő klinikai elterjedés esetén különböző neurológiai betegségekben szenvedőkről készíthetők felvételek. Az így létrejövő adatbázisra támaszkodva a mozgások objektív vizsgálata a különböző neurológiai betegségek jobb diagnosztizálását és a betegek aktuális állapotának pontosabb megállapítását fogja segíteni. (Jelenleg a neurológiai betegségek – különösen korai – diagnosztizálása viszonylag nagy hibaszázalékkal történik.) A betegek együttműködése elengedhetetlen a helyes eredményhez, ebben a gyógytornász vagy az ápoló szerepe kiemelkedően fontos.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben leírt kutatómunkát az OTKA T 049357 pályázat támogatta. A felvételeket Baumgartner Ildikó készítette.

IRODALOMJEGYZÉK

[1] Herndon RM (ed.): Handbook of Neurologic Rating Scales. Demos Medical Publishing, 1997.

[2] Cavanagh SJ, Hogan K, Gordon V, Fairfax J: Stroke-specific FIM models in an urban population. J Neurosci Nurs. 2000 Feb;32(1):17-21.

[3] Wade DT, Collen FM, Robb GF, Warlow CP: Physiotherapy intervention late after stroke and mobility. BMJ. 1992 May 2;304(6835):1179-80.

[4] Mahoney FI, Barthel D: Functional evaluation: the Barthel Index. Maryland State Med Journal, 1965; 14:56-61.

[5] Williams LS, Weinberger M, Harris LE, Clark DO, Biller J.: Development of a stroke-specific quality of life scale. Stroke. 1999 Jul;30(7):1362-9.

[6] Herczeg E, Baumgartner I, Fazekas G, Kovács Zs, Nepusz T: Mozgásanalizáló rendszer alkalmazása féloldali bénult betegek kézfunkciójának felmérésére. Rehabilitáció, 14. évf. 4. szám, 2004. december, 31-34. old.

[7] Jobbágy Á, Hamar G: PAM: Passive Marker-based Analyzer to Test Patients with Neural Diseases. Proc. of 26th Annual Conference of IEEE EMBS, 1-5 Sept. 2004, San Francisco, CA USA, pp. 4751-4754.

- [8] Jobbágy Á, Furnée EH: Marker Centre Estimation Algorithms In CCD Camera Based Motion Analysis. Medical & Biological Engineering & Computing, Vol. 32. Nr. 1. Jan. 1994. pp. 85-91.
- [9] Kanjilal PP, Palit S, Saha G: Fetal ECG Extraction from Single-Channel Maternal ECG Using Singular Value Decomposition. IEEE Tr on BME, vol. 44. 1997 No. 1. pp. 51-59.
- [10] Stokes V, Lanshammer H, Thorstensson A: Dominant Pattern Extraction from 3D Kinematic Data. IEEE Tr. on BME, 1999 January, pp. 100-106.
- [11] Nepusz T: Mozgásanalízis alkalmazása agyi érkatasztrofán átesett betegek kvantitatív állapotfelmérésére. Diplomaterv, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamosmérnöki és Informatikai Kar, 2005.
- [12] Jobbágy Á, Harcos P, Karoly R, Fazekas G: Analysis of the Finger-Tapping Test. Journal of Neuroscience Methods, January 30, 2005. Vol 141/1, pp. 29-39.

A SZERZŐK BEMUTATÁSA



Jobbágy Ákos okleveles villamosmérnök. 1976 óta a BME Méréstechnika és Információs Rendszerek tanszéken dolgozik, jelenleg docensként. 1998 óta a Műegyetem oktatási igazgatója. A MATE Elektronikus Műszer- és Orvostechnikai Szakosztályának 1993-2003 között titkára, 2003 óta elnöke. Az

IFMBE Secretaries' Committee elnöke 2003 óta. Az IEEE Hungary Section Instrumentation and Measurement & Engineering in Medicine and Biology Joint Chapter elnöke 2001 óta. K+F tevékenysége során több orvosi készülék intelligens vezérlőjének fejlesztésében vett részt. Fő szakterülete a mozgásanalízis orvosi/klinikai alkalmazása és az egészségállapot otthoni monitorozása. Mintegy 70 tudományos publikációja jelent meg angolul és 40 magyarul.



Fazekas Gábor 1984-ben végzett a Semmelweis Orvostudományi Egyetemen. 1988-ban neurológiából, 1994-ben reumatológiából, 2000-ben mozgásszervi rehabilitációból szerzett szakképesítést. Jelenleg a Szent János Kór-

ház Mozgásszervi Rehabilitációs Osztályának vezetője, emellett az Országos Orvosi Rehabilitációs Intézet orvostudományi rehabilitációs kutatási programját irányítja. Érdeklődési területe a fejlett technológiai alkalmazási lehetőségei a rehabilitációban beleértve az állapotfelmérés és a terápia oldalát is.



IV. Infokommunikációs Konferencia

Helyszín: Hotel Stadion Budapest
Időpont: 2006. április 5-6.

Larix Kiadó Kft.

1089 Budapest Kálvária tér 3. 333-2434 210-2682
ime@imeonline.hu, larix@larix.hu www.imeonline.hu, www.larix.hu