

A testlengés és a kéz tremor mérés technikája

BRETZ KÁROLY JÁNOS

BME, Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék
bretz@mit.bme.hu

Reviewed

Kulcsszavak: stabilometria, tremor, stressz, mérés technika

A testtartás stabilitását bonyolult bio-szabályozási rendszer tartja fenn. A szabályozott jellemző a test tömegközéppont függőleges vetületének pozíciója. Amennyiben ez a pont a bázisfelületen belül van, az állás stabil [2,3,6]. Nagyszámú kísérlet bizonyítja, hogy a rendszer az optimális pozíciót keresi, miáltal a tömegközéppont függőleges vetülete a bázisfelület közepe felé tart. A szabályozás pontossága egyénenként jelentős mértékben eltérő. Állásban a test lengéseket végez. A visszacsatolás három, funkcionálisan jól elkülöníthető körben történik, nevezetesen: a vizuális, vestibuláris és a proprioceptív „visszacsatoló rendszerek” részvételével. A stabilometriában a fentiekben definiált szabályozott jellemzőt közvetve regisztráljuk, a nyomásközépponti trajektóriák meghatározásával.

1. Bevezetés

Az állás stabilitásának a jelentősége nagy, bár ennek értelmét csak eleséskor észleljük. Ipari példaként az építőállványon végzett munkát említjük [3].

A tremor valamely testrész akaratlan, ritmikus remegése [6]. Létrejöttét az antagonisták izmok reciprok innervációjával magyarázzák. A tremor a kéztartás instabilitásának és a mozgási rendellenességeknek leggyakoribb tünete.

A kar, a kéz és az ujjak tremorjának diagnosztizálása a klinikumban történik. Egészséges embernél, a munkakörü alkalmasság eldöntésénél, a finommechanika és optika, valamint a mikroelektronika egyes területein vélelmezik a fiziológiás tremor vizsgálatának fontosságát. A kéz és az ujjak tremorja akadályozó tényező lehet a mikromanipulációk esetén, kisméretű szerszámok használatánál [6].

A tremor típusainak megkülönböztetéséhez Fourier-analízissel meghatározható domináns frekvencia ad felvilágosítást [6,9,10]. Ennek alapján:

- 3-4 Hz kisagyi eredetű tremor
- 4-6 Hz esszenciális (idősebb korban),
Parkinson-, izomtónus- és
pszichés eredetű tremor.
- 6-12 Hz esszenciális (fiatal korban),
fiziológiás, álló helyzetben jelentkező,
izomtónus- és pszichés eredetű tremor.

Selye (1953) megfogalmazásában a stressz „nem specifikus válasz, amely különböző specifikus megnyilvánulásokra szuperponálódik”. Az állás stabilitását, a tremor paramétereit befolyásoló hatások egyike a stressz lehet.

Jelen munka célja a testtartás stabilitásának, a kéz tremornak és a stressz faktornak meghatározására fejlesztett, illetve felhasznált mérés technikai eljárások ismertetése és e három pszichofiziológiai paraméter kölcsönhatásainak bevezető tanulmányozása.

2. Metodika

A kísérletekben egyetemi hallgatók vettek részt. Tizenkilenc személy adatait értékeltük.

A mérések első részénél az alanyok Romberg-kísérleti pozícióban egyenesen álltak, zárt lábbal, előrenyújtott kézzel, a tenyerüket lefelé fordítva, nyitott és csukott szemmel, 20-20 másodpercig [3]. Ebben a testhelyzetben az egyensúlyi szabályozást és a kéz tremort mértük (1. ábra).

A kísérletek második szakaszában, a tremor mérésénél, előrenyújtott kézzel ültek a résztvevők. A mérési idő 20 másodperc volt.

A harmadik részben a manualitást és a tartás biztonságát ellenőriztük az e célra tervezett eszközzel, ülő helyzetben, könyöktámasszal, 30 másodperces mérési idővel [6].

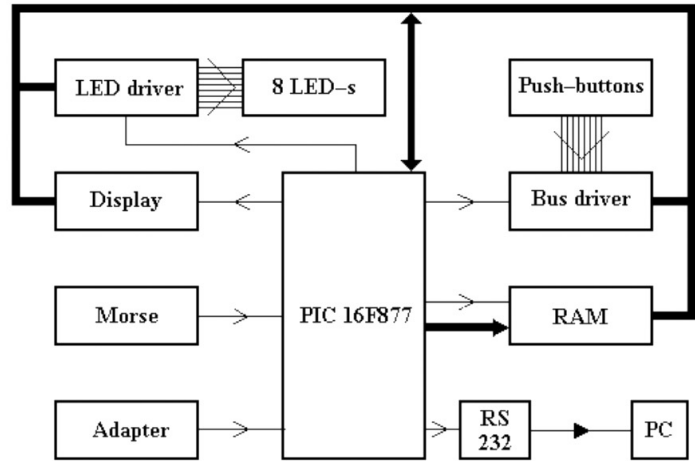
Az irodalom az állás egyensúlyi stabilitását és a tremort modellek felállításával is tárgyalja [5,7,13]. Az előbbi vizsgálatának legegyszerűbb módja az, hogy a testet egyetlen merev tömegnek tekintik és az invertált inga modellt alkalmazzák.

Megvizsgálták, hogyan függ az ízületekben ható forgatónyomatéktól a testszegmens gyorsulása [5,13].

Az invertált inga egyensúlyozásának vizsgálatára PD szabályozó modell is eredményre vezet. A szabályozás késleltetésének kritikus értékére kiszámított adat egybeesik a stabilometriával nyert eredményekkel.

3. Mérőeszközök

A stabilométer berendezés három érzékelővel ellátott erőmérő platformot (platformokat), hatcsatornás erősítőt, mikroszámítógépet – utóbbit analóg multiplexerrel, A/D-val, mikrokontrollerrel és interfész áramkörrel –, valamint egy személyi számítógépet tartalmaz (2. ábra) [3].

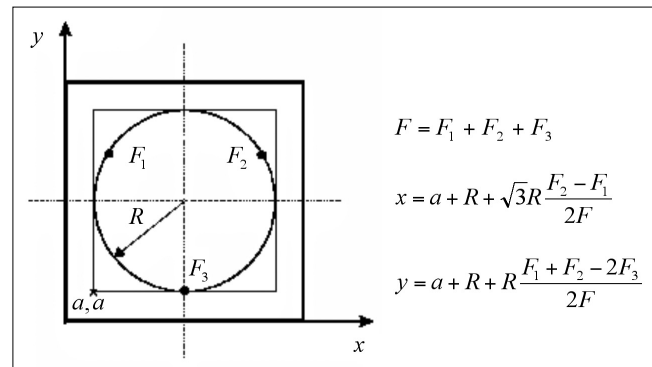
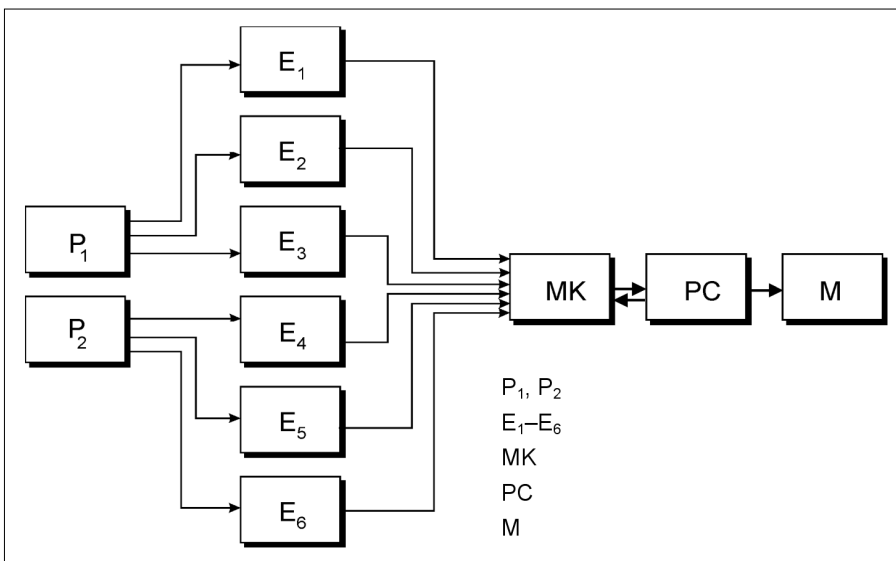


1. ábra Romberg-teszt stabilométeren és finommechanikai ipari munkaalkalmasságot tesztelő, tremor mérésére szolgáló berendezés blokksémája

A platform fedőlapjának mérete: 0,5x0,5 m (3. ábra). A mérőrendszer linearitása +1,5%, hiszterézise +1,5%. A nyomásközéppont x-y koordinátái 1 mm felbontással adottak. A mintavételi frekvencia állítható a 20-1000 Hz tartományban. A nyomásközéppont mozgásának trajektóriáit: a stabilogramot, ennek idődiagramját a frontális és a szagittális irányú felbontásban, ez utóbbiak Fourier-spektrumát, valamint a stabilogram útvonal hosszát regisztráljuk [3].

A stabilométerrel összekapcsolt, azzal szinkron működő mérőkészülékünk a tremort regisztrálja [6]. Ennek részei középső ujj végéhez erősített kétdimenziós gyorsulásmérő, DC erősítők, A/D és interfész. A gyorsulásmérő érzékelő az Analog Devices Co. ADXL202 típusú eszközt tartalmazó áramkör. Mérési tartománya: ±2 g.

2. ábra A stabilométer blokksémája



3. ábra A stabilométer elvi felépítése és a stabilogram előállításának egyenletei

Ipari alkalmasság-vizsgálati célra kifejlesztett készülékünk a tremort és a reakcióidőt méri. Az elektronikus egységét PIC16F877 mikrokontroller vezérli. Ezen kívül fogadó adaptert, valamint az órácsavarhúzó és a miniatűr forrasztópáka modelljeit tartalmazza (1. ábra).

A stressz és a kardiovaszkuláris állapot felmérésére Cardioscan készüléket használtunk (Energy Laboratory Technology GmbH, Germany).

Ez a készülék a stressz szintjét 0-100%-os skálán, a kardiovaszkuláris rendszer állapotát 1-5 pontos skálán határozza meg és az EKG-jel numerikus analizését szolgáltatja. A mérési idő 1 perc.

Összehasonlító adatsorként szolgáltak a Spielberger kérdőívvel analizált „szorongás”, „harag”, „kíváncsiság” és „depresszió” paraméterek [4].

4. Eredmények és értékelés

Az állás stabilitásának mérésével meghatározott egyik jellemzője a karakterisztikus kör sugara: „r”. A karakterisztikus kör a stabilogram mintavételezett pontjainak 68%-át, illetve a 95%-át foglalja magába [3]. Bármelyik használható, de összehasonlítás esetén ugyan azt a mértéket kell használni. Rendszeresen sportoló egyetemi hallgatók adatainak értéktartománya r: 5-8 mm nyitott szemmel, r: 6-10 mm csukott szemmel a 68%-os értelmezéssel.

Jelen vizsgálatban a tremor regisztrátumok többségét fiziológias amplitúdó és frekvenciatartományba tartozónak lehetett minősíteni. A tartásos kéztremor és a testtartás instabilitása közötti korreláció csak olyan mértékben mutatkozott, amennyiben a merev kartartás következtében a test tömegközéppontjának lengése a karokra is átterjedt. Mivel az ujjak reciprok innervációja lényegesen kisebb időállandójú, mint a testtartásban résztvevő bio-szabályozási rendszeré, ezért az ujjakon mérhető tremor magasabb frekvenciasávba esett, nevezetesen 10-12 Hz-es tartományba.

Megvizsgáltuk a nyomásközéppont mozgásának, mely a Romberg tesztben elfogadható közelítéssel a tömegközéppont mozgására jellemző, és a kéz- (illetve ujj-) tremornak a kapcsolatát. Spektrális vizsgálatok és korrelációs elemzések rávilágítanak arra, hogy jelentősen eltérő időállandójú folyamatokról van szó. A tömegközéppont mozgása lényegesen lassúbb, és kisebb frekvenciájú mint a kéz, illetve az ujj tremorja. Emiatt a két folyamat nem korrelál: $r = -0,0186$. A merev kartartás azt eredményezi, hogy a kar mozgása követi a test tömegközéppontjának mozgását. A kéz, illetve az ujjak tremorja, oszcillációja erre szuperponálódik. A spektrumvonal ennek megfelelően a kéz (csukló) mozgására nézve 2 Hz körüli helyi maximumot jelez, az ujjak remegésére vonatkozóan kb. 6 Hz-nél mutat maximumot (4. ábra). Utóbbi érték esszenciális (ismeretlen eredetű) tremor meglétére utal.

Elvégeztük a stabilogram és tremor regisztrátum szakaszok korrelációs vizsgálatait, melyekben a szinkronizálás céljából intenzív karmozdulatot tettünk.

Szignifikáns kapcsolatot találtunk a gyorsulásdiagram és a vertikális erő változásai között (kéz-, karmozdulat) A korreláció mértéke $r = 0,909$ volt.

Karmozdulattal gerjesztett regisztrátum szakaszon a tömegközéppont szagittális (előre-hátra) és frontális (balra-jobbra) mozgásának, valamint az ujj gyorsulásának (gyorsulásmérő) korrelációját is megvizsgáltuk. Mindkét esetben szignifikáns eredményt kaptunk.

A Cardioscan készülék a kardiológiában ismert HRV-t (heart rate variability) és a percenkénti pulzusszám átlagát, szórását, a spektrum jellemzőit értékeli. Az alanyok egyik csoportjánál (tíz fő) írásbeli vizsga előtt a stressz faktor 24%, vizsga után, eredményhirdetés előtt 22% volt. Tehát a feszültség fennmaradt. A másik csoportnál (9 fő) és másik vizsgatárgynál a vizsga előtti átlag 30,2%, vizsga és eredményhirdetés után 17,5%. A stressz faktor skálája 0-100% terjedelmű [4,12].

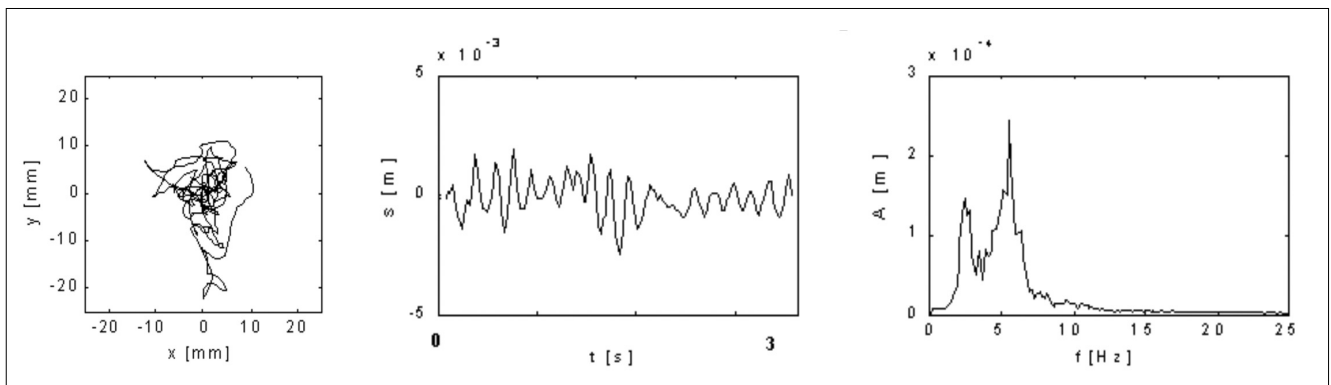
Néhány esetben a stressz nagyobb értékeihez megnövekedett amplitúdójú tremor tartozott. A korrelációs együtttható értéke $r = 0,32$ ($n = 15$) nem érte el a szignifikancia szintet egészséges egyetemi hallgatók esetében. Megjegyezzük, korábbi vizsgálatunkban pszichiátriai pácienseknél szorosabb kapcsolatot regisztráltunk.

5. Konklúzió

A tremor és a testlengések vizsgálatánál hasonló, vagy azonos modellek állíthatók fel és a transducerek kivételével a mérési eljárások azonosak lehetnek. Egyes esetekben, mint az ipari munkaalkalmasság tesztelésénél, speciális adapterekre lehet szükség. A tartásos kéztremor szuperponálódik a testlengésekre. Az eltérő időállandók miatt ezek nem korrelálnak. Intenzív karmozdulathoz tartozó regisztrátumok között szoros korreláció áll fenn.

A kísérletek szerint a stressz, a szorongás fokozza a tremort. Az egyensúly szabályozási hibáját is növelheti. A jelenség nem általános. Jelen munkában a fenti két paraméter között szignifikáns korrelációt nem regisztráltunk.

4. ábra A stabilogram (balra) és a gyorsulásmérővel regisztrált esszenciális tremor (középen), melyből kétszeres integrálással és a Fourier spektrum meghatározásával (jobbra) diagnosztizálható a tremor.



Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet fejezem ki dr. Jobbágy Ákos egyetemi docensnek és dr. Sipos Kornél professzornak a hasznos tanácsaikért. Ez a munka az OTKA T 049357 pályázat támogatásával készült.

Irodalom

- [1] Agasin, F.K.: Law of statistical biomechanics. J. Mech. Polymers. Nr.5, Biomechanics. Riga, 1975. pp.590–596.
- [2] Allum, J.H.J.: Posturography Systems: Current measurement concepts and possible improvements. In Disorders of Posture and Gait. Eds.: Brandt, T., Paulus, W., Bles, W., Dietrich, M., Krafczyk, Straube, A. Georg, Thieme Verlag, Stuttgart, New York. 1990, pp.16–28.
- [3] Bretz, K.: The stability of the human body's equilibrium. Avtoreferat, VAK, Kiev. 1997, pp.1–50. (in Russian)
- [4] Bretz, K.J., Sipos, K.: Tremor and stress during college examination. Kalokagathia, 41 (1): 2003, pp.111–115.
- [5] Bretz É., Kocsis L, Bretz K.: Balance investigation based on inverted pendulum model of standing human body. In Proc. of the 1st Hungarian Conference on Biomechanics, June 11-12., 2004. pp.43–49.
- [6] Bretz, K.J., Lénárt, Á., Bretz, K., Sipos, K.: Investigation of the upper limb tremor and the stability of the human body's equilibrium. In Proceedings of the First Hungarian Conference on Biomechanics, June 11-12., 2004. pp.50–58.
- [7] Collins, J.J., De Luca, C.J., Burrows, A., Lipsitz, L.A.: Age-related changes in open-loop and closed-loop postural control mechanisms. Exp. Brain Res. 104., 1995. pp.480–492.
- [8] Edwards, R., Beuter, A.: Indexes for identification of abnormal tremor using computer tremor evaluation systems. IEEE Transactions on Biomed. Engineering. 46:1999. pp.895–898.
- [9] Jobbágy Á., Fumée, E.H., Harczos, P., Tarczy, M., Krekule, I., Komjáthi, L.: Analysis of movement patterns aids the early detection of Parkinson's disease. Proceedings of the 19th International Conference, Chicago, Ill, 30.10.-02.11.1997., Washington DC. Institut of Electrical and Electronics Engineers, 1997. pp.1760–1763.
- [10] Jobbágy, Á., Harcos, P., Károly, R., Fazekas, G.: Analysis of the Finger-Tapping Test. Journal of Neuroscience Methods, January 30, 2005. Vol. 141/1., pp.29–39.
- [11] Kuznyecov, V.V.: The structure of controlled movements of biomechanical limbs. In Morecki, A., Fidelus, K., Kedzior, K., Vit, A. (Eds.): Biomechanics VII-A., University Park Press and PWN – Polish Scientific Publishers, 1993. pp.420–426.
- [12] Sipos, K., Sipos, M., Spielberger, C.D.: First results with the Hungarian test anxiety inventory. In Spielberger, C.D., Diaz-Guerrero, R. (Eds.): Cross-cultural anxiety. Hemisphere Publishing Co., Washington D.C., 3:1986. pp.37–44.

Hírek

NewsText