

PROSZTETIKUS KEZEK ÁLTAL KIFEJTETT ERŐ A KORMÁNYKEREKEKRE

FORCES APPLIED ON STEERING WHEELS BY PROSTHETIC HANDS

Kmetz Barbara, MSc gépészmérnök hallgató, Jálícs Károly, címzetes egyetemi docens

ABSTRACT

Artificially made limbs have almost reached human's force limits, sometimes they even exceed them. These prosthetics make life easier for a lot of people, for example many prostheses are suitable to drive cars. With the right forces applied by an artificial hand a person can drive a car with even two missing limbs. This article deals with estimating connections between prosthetic hand's force and driving force.

1. BEVEZETÉS

Manapság a gyors prototípusgyártás már sokak számára elérhető gyártómódszer, számos amatőr vásárol magának otthonra is hobbygépeket. Az egész világon széles körben elterjedt a 3D nyomtatás. Mára már prosztetikus végtagokat is nyomtatnak az emberek. A cikk megvizsgálja, hogy ezeknek a prosztetikus végtagoknak mekkora erőt kellene kifejteniük a kormányzáshoz, illetve összehasonlítja kormányerőt az izmok erejével izomjelek formájában.

2. ELEKTROMIOGRÁFIA SZENZOR (EMG)

Az elektromiográfia szenzorok egyre jelentősebbek a gépészeti, biomechanikai és klinikai területeken. Napjainkban már készítenek rehabilitációs készülékeket, prosztetikus végtagokat, illetve robotokat is elektromiográfia vezérléssel. Az elektromiográfia, röviden EMG az izom elektromos jeleinek detektálására, feldolgozására és elemzésére használatos.

Az elektromiográfia szenzor összegyűjti az izom jeleit, amelyek az idegrendszer irányításával keletkeznek izomösszehúzódság alatt. A jel az izom fiziológiai és anatómiai tulajdonságait mutatja. Tulajdonképpen az EMG jel az izom motorikus egységeinek az elektromos aktivitása. Kétféle elektromiográfiáról beszélünk. Az egyik a felületi EMG, a másik pedig az intramuszkuláris EMG, amely azt jelenti, hogy az adott izomba az ideg lefutása mentén két elektródát helyeznek fel, két különböző pontra. Jelen esetben azonban az előbb említett felületi EMG-vel foglalkozunk, mivel számunkra ez elérhető. A felületi elektromiográfia jóval

egyszerűbben kivitelezhető eljárás, ezzel szemben sokkal pontosabb is lesz és csak közelítő értékeket fog adni az izom erősségéről.



1. ábra. Elektromiográfia szenzor

Az elektromiográf jelek leghasznosabban elektrofiziológiai jelekként hasznosíthatók az orvoslásban és a műszaki alkalmazások területén. Az emberi test izmai működésének megismeréséhez egyszerűen elvégezhető eljárása a felületi EMG. A biológiai elektromos jeleket lehet gyűjteni minden olyan testrésztől, amelyek mozgásakor elektromos jeleket hoznak létre a motoros egységek által. A jel alapján véve egy bizonyos időlefordítás alatt értelmezett jel, emellett amplitúdóval, frekvenciával és periódussal rendelkezik. Az EMG jel, egy olyan fiziológiai jel, amely az izom elektromos jelét méri összehúzódság, neuromuszkuláris aktivitást mutatva. Az izmok működtetése mindig idegi alapon történik, az idegrendszer felelős érte. Láthatjuk, hogy az elektromiográfia egy rendkívül összetett elemzési módszer, amely számos fiziológiai és anatómiai adottságtól függ. Jelenleg a legnagyobb igény a szenzor használatára az orvosi diagnosztikában és az egészségügyi, mechatronikai mérnökök (művégtag fejlesztők) között van.

3. KORMÁNYKERÉK MEGENGEDETT EREJÉNEK MEGHATÁROZÁSA

A kormányberendezés erejének meghatározására külön szabvány van felállítva. A szabvány egy mérési módszert határoz meg az erő megállapításához.

A kormány úgy is működhet, hogy a vezető erején kívül, kiegészítő erő van igénybe véve, amely lehet erőrásegítő kormányberendezés vagy szervó kormány. A legtöbb jármű szervó kormányval rendelkezik, amely a motor járó állapotában segíti a kormányzást. A kormányt lehet csak külső erővel is működtetni, ilyen például a hidraulikus gépkormány. Ezen vezérléssel működő járműveknek álló (nem járó) helyzetben is üzemszerűen működőképesnek kell lennie.

A kormány szerkezetet olyanra kell tervezni, hogy üzemzavara jelentkezésekor a kormányzás vezérlése és a kormányzott kerekek erőátvitelére (mechanikus meghibásodást nem számítva) a gépjárművet kormányozni lehessen. Az így keletkező erők meghatározását szigorú, leírások alapján lehet elvégezni.

A vizsgálat véghezviteléhez a következő feltételeknek kell teljesülnie:

- A rendelet 5.2 pontja szerint kell végrehajtani a mérést
- Az eljárás lényege, hogy a járművel egy 50 méter sugárral rendelkező kanyarban kell haladni tangenciális irányban
- A haladási sebesség legtöbb esetben 40 km/h vagy 50 km/h kell, hogy legyen
- Figyelembe kell venni a jármű fajtáját a sebesség megállapításához (M1, M2, M3 jelű járműveknek 50km/h-val kell haladniuk, a N1, N2, N3 jelű járműveknek 40km/h sebességgel vagy a jármű legnagyobb tervezési sebességével, ha az kevesebb a feltüntetett sebességeknél)
- A megfelelő tapadást kell biztosítani, emellett pedig a tesztfelületnek vízszintesnek kell lennie
- A vizsgálat előtt a gumikerekek nyomása ellenőrizendő és beállítandó az adott megfelelő értékre.

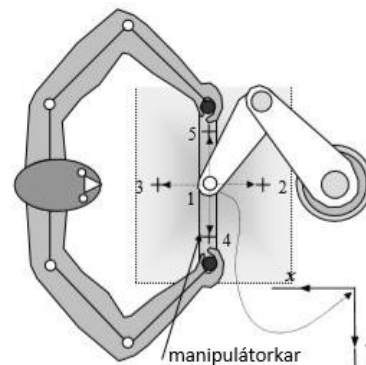
„A kormányzáshoz szükséges erő kifejtés mérése során a 0,2 másodpercnél rövidebb ideig ható erőket nem kell figyelembe venni.”

Ezen feltételek és kikötések teljesülése mellett a kormánykeréken a kormányzáshoz szükséges kerületi erő nem haladhatja meg a 150 N-t.

4. EGY ISMERT ELJÁRÁS TANULMÁNYOZÁSA

Sajnos nem született még megfelelő eljárás, számítás az elektromiográfia szenzor által kibocsájtott jel és az erő közötti kapcsolat meghatározására. Közelítő kísérletezésekből is csak néhány angol irodalmat lehet találni, ezek közül a legtöbb nem érhető el az olvasók számára. Szerencsére sikerült találni egy leírást egy közelítő számításról és kísérletről. Az izomjelek technikai, anatómiai és fiziológiai adottságai miatt rendkívül nehéz feladat párhuzamot felállítani az izomjelek és az erő között. A kutatók az izmok számos biológiai és neuro-fiziológiai tulajdonságát kutatták az elmúlt évtizedekben, hogy meghatározzák az előbb említett kapcsolatot, azonban pontos meghatározás az ismert adatok alapján még a mai napig nem született. A kapcsolat megfejtése magában azonban nem elegendő megoldás a protézisek használatára autóvezetés közben.

A napjainkban használt művétagokra még mindig azt kell, hogy mondjuk, hogy a flexibilitásuk és a funkcionális használhatóságuk nagyban korlátozott, nem is beszélve a finommotorikus mozgáselemekről. Lényegében két nagy nehézség megoldására lenne szükség, az egyik a protézisek mechanikai designja, amelynek biztosítani kellene a megfelelő mozgástartományt. A másik probléma egy komplexebb elektronikának a kifejlesztése, amely képes a mechanikailag is fejlettebb művétag kezelésére.



2. ábra. A kísérlet váza

A leírásban az egyszerű erő-jel kapcsolatot vizsgálták, az EMG szenzort a különböző izomokra rögzítve. A kísérlethez egy kétkarú manipulátort használtak, így mindkét karból tudtak egy egységes jelet rögzíteni. A manipulátort 0,75 méter távolságban helyezték el a kényelmes mozgathatóság érdekében. A kísér-

lethez két, 25 és 35 év közötti egészséges jobbkezes alanyt használtak. Az alanyoknak a meghatározott pozícióban kellett helyet foglalnia és a kart elfordítania meghatározott ideig. A kart egy adott séma szerint kellett mozgatni, a sémát három különböző részre lehetett osztani. Az első a kezdő fázis, amelyet 2 másodpercig kellett tartani, a második a megtartó fázis, amit 4 másodpercig kellett megtartani, végül a visszaállító fázis, amely szintén két másodpercig tartott. A kísérletet tízszer ismételték meg és a kapott erőket, izomjeleket összegyűjtötték és kiértékeltek. A kísérlethez használt EMG szenzor erősítőbe, négy csatornán keresztül érkezett a jel, ennek hála négyizom erejét tudták rögzíteni. A négy izom a bicepsz, a tricepsz, a pectorialis és a trapéz izom volt. Azért ezen izmokat vizsgálták, mert ezeket az izmokat használja az ember legjelentősebben kormányzáskor. Nagyon fontos az elektródák pontos elhelyezése az izmok közepén, hiszen így kapható a legpontosabb jel. A még jobb eredmények érdekében egy speciális gélt használtak a szenzorok rögzítésekor a zavaró jelek jobb szűrése érdekében. A kiértékelések alapján különböző összefüggéseket állapítottak meg, amelyekkel közelítő értékeket lehet számítani a jel és az erő között. A kísérlet konklúziója szerint képesek kimutatni a kapcsolatot maximum 15% hibalehetőség mellett, amely nagyon szép teljesítmény, de távol áll a közel pontosnak mondható számítási módszerektől. Ezen kísérletet, és egyéb leírásokat tanulmányozva szerettük volna megpróbálni kimutatni az erő és az izomjelek kapcsolatát egy másfajta módszer alapján. A tanulmány első fázisairól szólnak a következő fejezetek.

5. EGY LEHETSÉGES KÍSÉRLETI ELJÁRÁS

A tanulmányozásokat olvasva kirajzolódott egy másfajta megközelítési módszer tesztelése. Saját ötlet alapján a 3. pontban meghatározottak alapján erő mérését kíséreltük meg EMG szenzor jelek párhuzamos felvétele közben. A kísérlet három autó használatával lett elvégezve, megfelelő mennyiségű különböző mérés alapján. A kísérlet helye: Miskolc, Auchan parkoló területe. Mindhárom jármű az M1 (személyautó) kategóriába tartozik, ami azt jelenti, hogy 50km/h sebességgel kellett haladni a járművekkel. A három autó a különböző adottságaik és karakterisztikájuk miatt lett kiválasztva. Az első számú autó egy Renault Clio, szervó kormányos, két kerék meghajtású, kézi váltós, 800kg

tömegű személyautó. A második számú autó egy Toyota Rav4, egy városi crossover terepjáró négy kerék meghajtással, szervó kormányval és automata váltóval, a jármű össztömege 1,9 tonna. A harmadik számú személyautó egy Audi A4 allroad quattro, szervó kormányos, szintén négy kerék meghajtású (saját szabályozás, és arányosítás alapján használva a kerekeket szükség esetén) 1,5 tonna össztömegű jármű. Kísérlet előtt a járművek megfelelő tapadása és a gumikerekek előírt nyomása ellenőrzésre került. Az előírások szerinti feltételeknek eleget téve ment végbe a kísérlet. A kísérlet helyszínére indulás előtt készített kép látható a 3. ábrán.



3.ábra. Kísérlet előtt szenzorok a karon rögzítve

Az erők mérése rugós erőmérővel történt álló és haladó helyzetekben, mivel az autók szervója már a motor beindítása után is segíti a kormányzást, nem szükséges elindulni a járművel. A kísérlet elvégzése közbeni biztonsági megfontolásokból adódóan az adatokat segítő személyek rögzítették. Az erő mérése többször lett elvégezve, szám szerint minden egyes eshetőségre tíz mérés lett végezve. A tíz különböző mérés átlagolva lett, majd a mért erők táblázatban lettek rögzítve.

A kísérlet másik része az izomjelek rögzítése volt. Sajnos nem volt lehetőség a legdrágább, legfejlettebb elektromiográfia szenzorok beszerzésére, egy egyszerűbb, kísérletezés szempontjából megfelelő készülék volt használva a teszthez. A korábbiakban már be lett mutatva, hogy mi is ez a szenzor és hogyan működik. A kísérlet pontosságának érdekében utánaolvastam, hogy milyen izmokat célszerű használni és hogyan kell az elektródákat elhelyezni. A kar izmai kifejezetten alkalmasak a jelek felvételére, ugyanis itt nagy és fejlett iz-

mok tapadnak a csontokra. Minél tónusosabbak egy ember izmai, annál erősebb jelet tud a területéről felvenni az elektróda. A karon a tricepsz és a bicepsz rendkívül erősek, ezért kiválóak a tappancsok rögzítésére, én azonban az alkar izmait választottam, mert ez közelebb esik távolságban az esetünkben tekintett hiányzó végtagrészhöz, valószínűleg ezen a területen kell majd rögzíteni a művégtag használókon is az elektródákat. Az elektróda három ágát különböző színekkel jelölték meg. A piros színű elektróda kerül az izom testére, a zöld elektróda kerül az izomcsoport végére, a sárga elektródát pedig csont közelében helyezem el a megfelelő földelés céljából. Ezután egy mikroszámítógép segítségével a jelek felvételre kerülnek és a számítógép kijelzőjén láthatók lesznek. A felvett jelek és rögzített erők összehasonlítása után a következő táblázat készült.

1. táblázat-Kísérlés mért eredményei

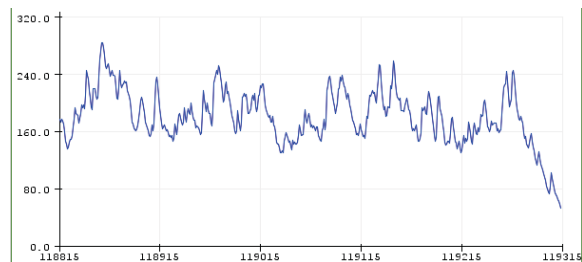
Autó sorszám	Mért érték[kg] [N]	EMG jel
1. szervő álló	2 kg~20 N	160
1. szervő járó	1,5 kg~15 N	120
2. szervő álló	1,9~19 N	150
2. szervő járó	0,9~9 N	70
3. szervő álló	1,2~12 N	100
3. szervő járó	0,8 kg~8 N	60

Az 1. táblázat csak az átlagolt értékeket prezentálja mivel az egész táblázat beszúrására nincsen mód. A mért értékek alapján levonható következtetés, hogy a jel és az erő viszonyára nem lehet egy teljesen lineáris skálát felállítani. Az értékek alapján párhuzam vonható az adatok közé. A párhuzam pontosabb megállapításához diszkrét Fourier transzformációk további tanulmányozása szükséges. A kutatás következő fázisaiban kerül majd sor ezen képletek pontos leírására.

6. AZ EMG SENZOR ZAVARÓ TÉNYEZŐI

A szenzor két legjelentősebb befolyásoló tényezőjét szeretném említeni, ami torzítja a mérés hitelességét. Az egyik a jel-zaj arány. A szenzor zajt is felvesz a jel felvétele közben. A jel több réteg szöveten keresztül jut el a jelfelvező elektródához, ezért nem csak veszít a jel erősségéből, hanem továbbítás közben különböző zavaró zajokat is összeszed. Jelenleg a zajt olyan elektromos jelekként definiáljuk, amelyeket nem szeretnénk, hogy részei legyenek a végső felvett jelnek. A másik probléma a jel disztorziója. Bármilyen frekvencia komponens relatív hozzájárulása megváltoztathatja az EMG

jeleket. Ezen zavaró tényezőkkel kell számolni a jelfelvétel közben.



4.ábra. Szenzor jel zavarói

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatás célja egy módszer kifejlesztése volt, amellyel lehet kormányerőt mérni, illetve izomjeleket felvenni és rögzíteni. A kutatás további fázisaiban pontos képletek kerülnek meghatározásra diszkrét Fourier transzformációk felhasználásával.

8. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] 6/1990. (IV. 12.) KöHÉM rendelet a közúti járművek forgalomba helyezésének és forgalomban tartásának műszaki feltételeiről
- [2] Yunus Ziya Arslan, Mehmet Arif Adli, Aydin Akan: Investigation of the relationship between EMG signals and the forces applied to human arms, 2005
- [3] Yahui Liu, Xuewu Ji, Hayama Ryouhei, Mizuno Takahiro: Function of shoulder muscles of driver in vehicle steering maneuver
- [4] Kmetz Barbara: Kéz művégtag fejlesztése, szakdolgozat, Miskolc, 2018