ƒ ‹ F | Œ fi a ‹ ˙ ' e › ß • | , §U–M^D‹ ª¤s

¡ ¡ ¡ ¡ ¡ ¡ ¡ ¡ ¡ ¡ ¡ ¡ ¡¡ ¡ ¡ ¡

¡ ¡ ¥ H fl « , g ƒ ƒ „ q ¤ ° ¿ E › « « flÆfI ŁŒl ¶ ¸ flƒ ⁄ H ⁄

¡ • s – – ¤ ˘ [' ⁄ ¸ ¤ ¥˜ ƒ ¡ ƒ ˝ † ¸ ⁄ ¡ § ¡ ª o

¡ ¡ ¡ ¡ ¡ ¡ ¡ ¡ ¡ ¡ ¡ ¡ ¡¡ ¡ ¡ ¡

› p ê §G¡ … › § @‹ ›p ¢ … ª ƒ ¥‹ ›p e

› p ªs¡G NSC 89 - 2213 - E - 038 - 009

ı ƒ ·`¶G 89 ƒ~ 7 ⁄° 1 ⁄ Ø 90 ƒ~ 7 ⁄° 31

⁄Ø

› pe¥ Ø⁄ HG· '• ¥ x ¥ _ ´ ˙ ⁄ j ˘ ˙ |·_ •‹

ƒ @ ƒ ¥D‹‹Ø¡G‡ fl A ›° ¥ x ¥ _ ´ ˙ ⁄ j ˘ ˙ |·_ •‹

… B ¥¤} Œ¥ ¥x˘W⁄ j˙ – æu‹ ª{¤ ˙s

› pe »P⁄H›ß¡G‡ fl °§» Œ¥ ¥x˘W⁄ j˙ – æu‹ ª{¤ ˙s

¥ » ƒ ¤ " G ‡§¥H¥] ‹UA ‡"¥§" ¥ ¡G

¡…› u Œ ¥ ¥Xfiª¦' ¸ ⁄ – o ‡§i⁄@¥

¡…›u⁄j‡ ƒ a ¥Xfiª¦' ¸ ⁄ – o ‡§i⁄@¥

¡…¥ X fi uŒ»˙‡ N • | ˜ ‡ ⁄–o‡ ło§i⁄§‰ ⁄ ƒ⁄@¥

¡… Œ ƒX§@‹ ª¤s› pe Œ~‹ ª¤ s ‡ ł § fii ⁄@¥

ƒ ‡ ƒ ¡G¥ x ¥ _ ´ ˙⁄j´ ˙ |·_ •‹

⁄⁄ ¥` Œ 90 ƒ~ 10 ⁄° 18 ⁄Ø

ƒ ‹ F | Œfi a ‹ ˙ ' e › ß • ┼M^D‹ª¤s›p

¥ H fl « , g ƒ ƒ „ q ¤ º ¿ E › « « fl ÆE•l¶¸flf/H/§fl,¥ ¥

• s – – ¤ ˘ [' / ¸ ¤ ¥ ƒ¡¤t†¸/§‹ª o

FNS to restore standing function to paraplegics: New control method investigation & portable system development

› p e ‰,NSC 89-2213-E-038-009

ı ƒ ˙ ›89¡G~ 7 ⁄ ° 1 ⁄ Ø 90 ƒ~7 ⁄ ° 31 ⁄ Ø

¥ D ⁄ HG· '• ¥ x ¥ _ ´ ˙ ⁄ j ˘ ˙ |·_ •‹

ƒ ¶P¥ D ⁄ HG† fl A ›° ¥ x ¥ _ ´ ˙ ⁄ j ˘ ˙ |·_ •‹

… B ¥¤} ¥ ¥x˘W⁄ j˙ – æ ⁄ u {‹ ª¤s'

› pe »P⁄H›ß¡G† fl °¸§» ¥ ¥x˘W⁄ j˙ – æ ⁄ u{‹ ª¤s

'

⁄ @ ¡ B ⁄ ⁄ ”K ›n

¥ \ fl'fl « , g ƒ ƒ„ qFNSE ^ ©¥ ¸ ¤ « ·_fl Æ ¯ Ł • ¶¸¥w\“fl' ° ° § @ ” ”Ł“k⁄§ ⁄ @ ¡ A ¤ ⁄ ⁄ ⁄ @ †¥·_⁄OUw¥„ b«¤ ¯›ı”¨ ¨ fl §⁄¥ ¶ ' “”‹ ¤s¡ C † \ ƒ h ⁄Ł ª›–“ ¤s¡ A ⁄ · ¥ „ fl @fiM ⁄ U ¥ b ¤ › ī”¨ ¨ – fl ,_»P” C ” C §⁄UFNS ¤ t¸ ¶i⁄@ ¤B‹ ª s»P ß ¡C‹ ¤s¥ …–‹ O« ¥ ⁄ fiM¤ ˘¥ ¸ ⁄ †¡⁄ … fl , §⁄§ t¸¡A¤ ^ ofi i fiM A¥ ⁄¸§ – – ¤ ¤t¡A¤ flf⁄H´ ˙ ¥§¤}“”§Uƒ „ q‰ · ¨Wfl,¥ ¡Aƒ b ‰ ªƒ Ł– ¤ … ˘ ¥ B ƒ Ł flf⁄H¤ ˘¥ ¸ U¡A ' ¥ H ß ƒ ¥ § ¥X§ §OK ¥ ¤ –¸–¤…˘¡Cƒ ¥~¡A' ƒ † †¨”• L «⁄¡˘A ¤ ˘ ª ›fl §⁄¤ t † ¥iƒ ¤ „ Œ ¯«“¥†ı ƒX¡C

^ ` ¡G¥ \ fl'fl « , g ƒ ƒ q ¤¿ƒB⁄ U ¥¤ › ¯ ¨¡Bfl §⁄¥ ¶ ¡ B † ‹ j¸ ¤ ¡B ¥i˜ ƒ¡

Abstract

Functional neuromuscular stimulation (FNS) is a method to restore functional movements of spinal cord injury patients. A part of researches of this method is to restore the standing function to paraplegic. Many researches in this field have never done more advanced researches and evaluated for the patient-driven system make paraplegics stand up and sit down. This study attempts to establish an arm-supported system for standing and sitting function and develop a properly control system making paraplegics stand up from a wheelchair with a modified walker, then evaluates the results after adjusting different controller parameter and using by more patients, and then finds out each patient's optimizing controlling parameters. Besides, minimizing all instruments is our final objective to move the system outside the laboratory.

Keywords: Functional Neuromuscular Stimulation (FNS), Paraplegia, Standing and Sitting Function, Close-loop Control, Portable

⁄G¡B‰ t ¥ ¥ ”

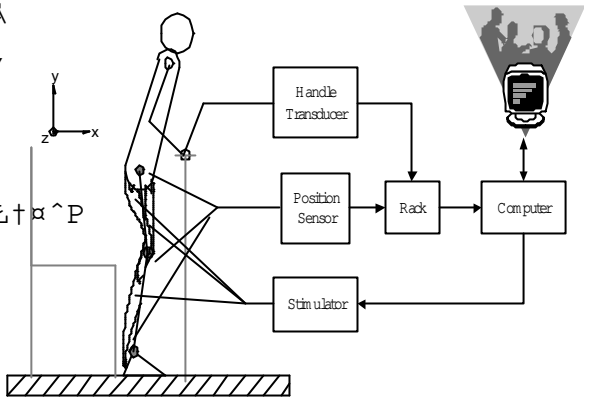
1961 ƒ~¡ALiberson ¥⁄H·£¥X§Q¥ ¸„ q° ¿E“ ” ⁄ Ł k§¡A ‰ ¯ı¡]hemiplegia¡ ^flf⁄H“” « ¤‹¡]drop foot¡ ^† ¶H¡A¤ ˘« ¤‹† { ¶–¥H § ‰¡CLiberson „ ƒ„” ¥ \ fl ' ° „ ¶ kU⁄F ⁄@› ' wq¡G¡u„ ⁄⁄…˘fl ‹gflefl f' † ƒ¤“ ”ı ”¨ƒ ƒ ¡ A¸„ q ¤¿E ”Łƒ¡¡A˜† ¤ ƒ ‹ Y¡A ¥H† ¥˝¥ \ fl'“ ” §@¡¡vBhadra ƒb¤ ⁄ †„ ⁄⁄·£¤ ƒb 1962 ƒ~¡AMoe 'MPost –Nƒ„” ¥\ fl '„qł“k' R W‹¥ \ fl ' ° ¸¤FES¡¡A – ƒ„⁄§« Æ « ¥£¥“ƒ„ƒW” ¡Cƒ 15 ƒ~«eƒ†⁄H §Q¥ ¸fl « , g ƒ ƒ„q(Functional Neuromuscular Stimulation ¡V FNS) “ ”Łƒ¡

- ／U " ˇ - ı " ¨ fl f ／H ƒ ∀-q·¨／l(1W0h,300¡£Cgsq¡A»P Knee extension／Š
ƒ „ ¡ ŠQ¥NS¥ H › « « fl Æ ¯ Ł • ¶ ¸flf／«H"¡"Cfl,¥
¥ \ fl « K ƒ ¤ ‹ › « ¤"／Š ª ¤sŒ Æ Aƒ ‡ ¡C\
ƒ h ^ 'FNS " " ‹ ª s¥¡A ‹ Æ fl Æ ¯ Ł ¶ ¸fl,
Š ‹Bfl ¥ ¡ B ƒ ¤ « Þ Š¥ \／fl¥C

ƒ b «·／U¥ Þ › ¯ ‰ ¨— W fl , ¥ ¥ \fl t ¸
o fi ‡Ł¡A„ gLƒhƒ ¤ " " ª ¤s ф{¡ ŒH FNS
fl, ¡A„ fl f ／H Ÿ"ƒ""† G · ` Þ '‰Ł†¤^P
""` Š K‰B／Ÿ ˇƒ ƒ""— j ˃ ¥Æ ƒ ‡¥ ¿—
fi˜¡C M ¡A„ ' ¤ fl Š _ «·fl_ fHfl ¥¿""
fl , ¥ ¥fk ρA¶ } l ^ ‡C ƒ ‹ ¤ ¥ «e ／ ¡A
／¤Sƒ ‡／ @ fi M tfl ¸ ¯ flf／H ／ ' "_ " fl _
¤ » ƒC"Ÿ Š／／ ŸC› p ¥D« fl ф{¡ Œ «e
""¤ t ¿／Š' ¥H¥..fl „ F ¤ ¥ ·fl f¥˜D ƒ‹ ρA
／j‡ ‹ " " ª ¤"Š ‡ £ ¿ †／W¥F b ¤ ƒfl b ¥ „L
{／" " « ›n v̄T¡A» ~N "／ Š fØ ¥ " •
ƒ¤ "˜¯／ fl ¥ " ƒ …{¡Aƒ ª ¤ t ¸ L ‰‡
¤¿／ˇ¡C

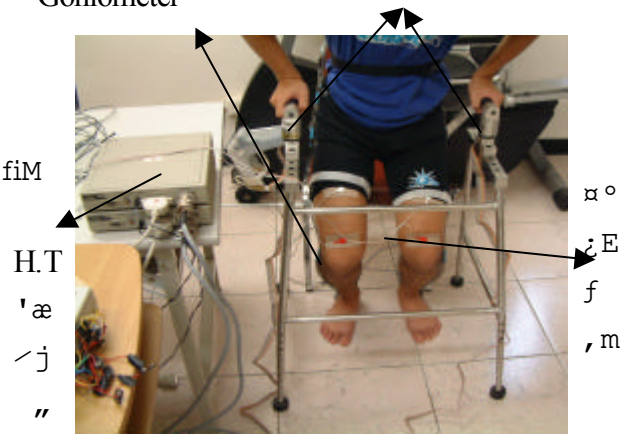
¥ ƒ „A›p e ¥«ØHƒb› ^Œ o fi i ƒ／@fiM
ƒ …{／W¤ › ›.¯"FNS fl ¥ ¤ t ¿¡A¤^—N／Š·œ
, ' ／@ƒ ／U " ˜ ı(T6)" " fl ƒH¡C G o
†{¡A¤ , " ƒb¤ˇ¥ ƒ„¤ t ¿fi ¡ A W"»P／ Ÿˇ
fl ƒ M"／‹ ‹ ¤ ¸ŒAƒ ¤ˇfl ¥ , ßƒ ¥ ¡B, ß
／£ ¶ Øu¡Cƒ]ƒ „AŠ › ‹ ƒ‹„H@• s"—¤
˜ [fl ¯ FNS fl ¥ ¤ t ¸' „C¥ ¿／ˇˇ ¶i／@／j
¤B¡C

Š › Š ˜¥ ¯fl„• s — — ¤ ˜fl M¥ ¿ ƒ hƒ
fl Æ ¯ Ł l ¶ W ¡A¤ ˜— W —o¥H H ／ ' "_ fl,
_¤ » P C"C Š A¤^« ¥ ／ fl M ' fl, Š／¶q
／˜"" ƒ ／Łƒ ¡¤ Š P w¤ t ¸ fl H¡ C„¥~¡A¤t
† ¿„ s ¥ •L«ŏP¥ i ˜ '¡°Aƒ p q¤ ¿E „
¡]stimulator¡^¡BŠUƒ „¡]walker¡^¡B„q／l¶q
¤／ „¡]goniometer¡^¡B／ ‡¡／ Š@¥ ¿／O¶q·œ „
¡]handle transducer¡^¡A¥ ‹ OŠ › fii" ¥
… ‡A¤ˇ ª ¤ t ¿—o¥H´ ¶}„C¯ «·ƒ — W •Q
› ℋ"¥ ／@‡ı' ¡C

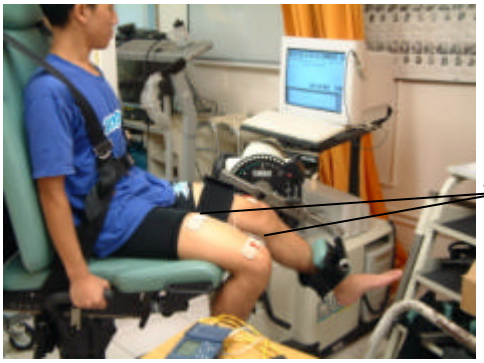


„ˇ1 ¤ t ¿‹ [C„ˇ

Goniometer Handle transducer (H.T)

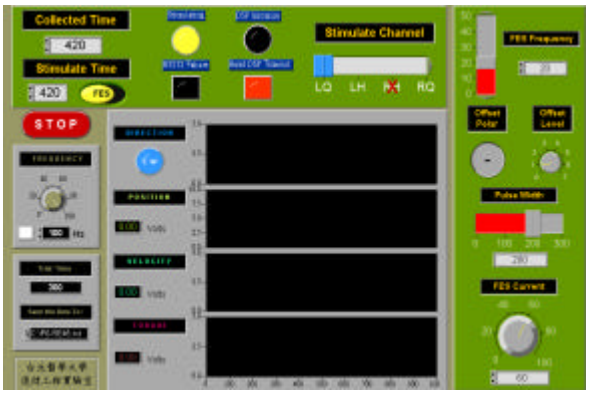


„ˇ2 ¶q·œ¤ t ¿／Š w¯Ø¤ˇ¥ ¿— Š¸



¤°
¿E
ƒ
,m

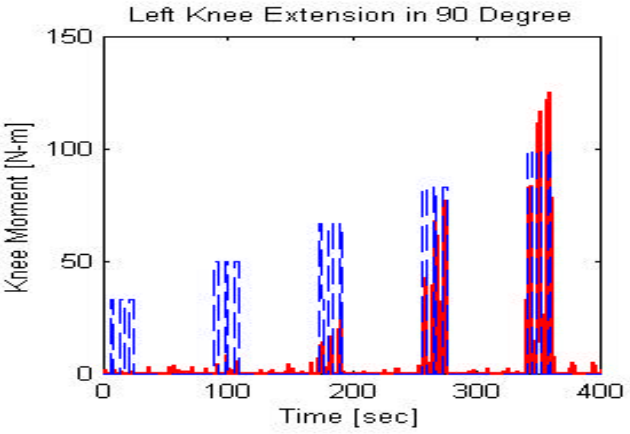
„ˇ3 Cybex¤ˇ¥ ¿— Š¸



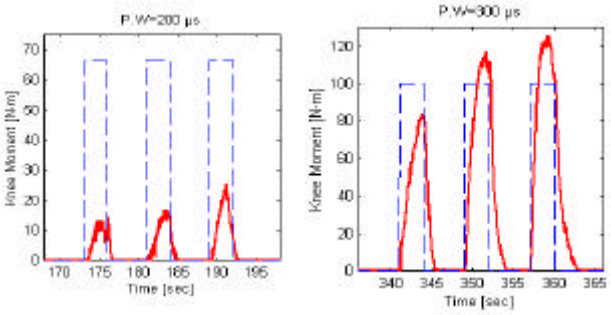
„ˇ4 Cybex／Š LabVIEW ／H ／¶›„ˇ

／T¡B †G»PQ‰

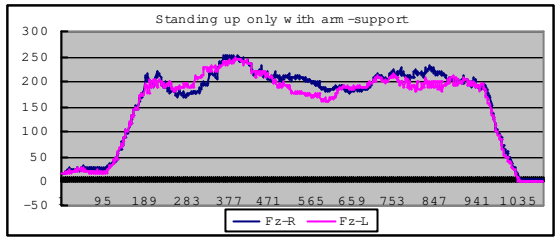
¤ t ¿‹ ˜fcfp„ˇ1»P„ˇ2 ' ¥ ¡A／w« ¥
／ fl M¶q·œ／ ‡¡／ Š@¥ ¿／O»P／ Ÿˇ¤／« ""¤t
† ¿¡A„g´ ¤œ« Æ ¡ ŠQ¥ąbVIEW ‡ n ¯ Ø B¡Bz
fii¥ »P ƒs' ´ ¤œ"… ˇ ¡ C„¥~¡ A Š¥ ¸
Cybex ¤œ— ρq¤ ¿E—j« »P／ Ÿˇƒ Ÿqƒ ƒ ／O
flx^ «Y¡ ŒH—o¤ «¨ˇ [»P" ‰T"— ¤ ¤ ¿E—j
« ¡A¤ ¤ˇ¥ ¿— Š ¸ƒp„ˇ3 ' ¥ ¡A´ ¤œ {ƒ ƒp
„ˇ4 ' ¥ ¡A´ ¤œ« ÆŠ.. ˇ ‡Bfhp„ˇ5 ' ¥ ¡G
ƒb 'T ' ¥q‹ y (90mA) ¥ B Š¯ P.W. ／U



„ˇ5-1 Cybex , Œ fi ₹B†z

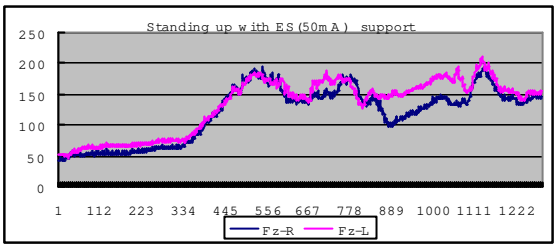


„ˇ5-2 Cybex , Œ fi ˘ ₹ B † ƶ$/ ‹q´I



/ … / Øj50 / ₿y¡Cf„H.T … ˘ ¥i• ß/«Œ
₹‹ ¿ – ¤ ‴„ •†¡C

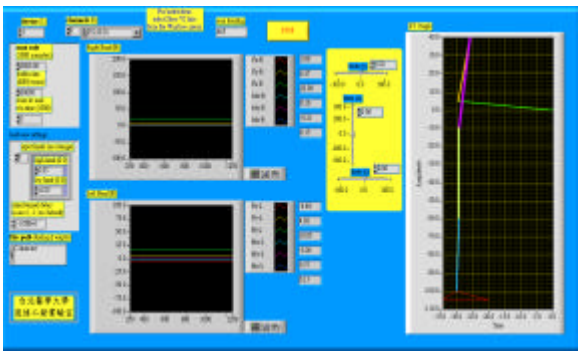
„ˇ7 Only arm-support fl,¥ fi /$/O¶q
Fz-R¡F¥k/ »Pƒa›–« ‰/$/O¶q
Fz-R¡F¥‴/ »Pƒa›–« ‰/$/O¶q



„ˇ8 With ES support fl,¥ fi /$/O¶q

¥ | ¡ B › p ₿¤“Gƒ ß

¥ « e † { ¶ ¥ ‹ q $ „ ƒ ¤ ‴ ‘O' ƒ₹¶q·æ¤₩ƒ†¤¥¡”A ¥ «e›‴þ e ¶ i ƒ¤„Œ{$
₹ n w ¯ Ø ‹ [” c ¡ A ¤ ^ $ „ ƒ ¤ …˘ - ¶”¥ˊq¡›¥ B₹Þ†z¥ ¶•$›n₡¥¥ ¿ ¹/•Hs– ¤
» P x ƒ s ¡ A w ¯ Ø ‹ ¶c2$¤ˇ¥¥¸¡ÆƒÞ„[¤ t ţ·æ¡A– ƒ A ¶ i ƒ/₩U¥bı ”–w
´ ^ ¤ œ ₹ ñØ₿þ„ˇ ¥¡C



„ˇ6 H.T »P Goniometer/$ LabVIEW / H /¶„˘

" "”` $ „ Œ ¡C„ ¥h"”/@ƒ ¤ ¡A/w$ „ ₿¤t
† ¸ ‴₹z ‹ [‘¡Bj₹¡/ " ” ₥ ₩¶Ø» P[
₹]¡ Æ^, g ¥ „ Œ ¯ ө"» „$qH,°¥ÞP₹‹
þ – ¤ "”¥ † n'¡°Af ¤ , –w‴¤ •‰/]
/ w ‰'¡WAƒ ¥~¡ A ' ´^¤œ" ” …˘ /]$ ¤ ₹B
† ₹B$Q¥ ‟”/ Łk¡A– ¿ ƒ ¤ " ‘O/@₹ ₿Œ"”
` $ „ Œ ¡C¥ ¤ /@ƒ~‴ ¥ …–‹ O$ ˘ ' ƒ¤˘
¥¸ƒ„¤ ₺ fl,$/"”– w "‹¥i Ħ ' – ¥Bk /O
ƒw¥ "”fl ,_¤ »P" C ” $/¡W^$Q¥ ¦ « ¥
"” ß / Ł¡¡A· ₪ ¤ ¥¸ƒ„¤ t ţ"₹" ¤/¡˘C
" ł » ¤ ¡ A 'ƒ₩ ₹˘"”• L «/»P¥i˜ '°¥
‹ O$ › –‹"”fbk´ ŧC

, g ¥ " ¤ ₿Œ¡A/–₫"”¥ ¿ – ›Hƒb
‰ ª ƒ ¤"¶A/«Æ ¥¥¤u ¥¸ ₹ ¡ / … –q/ ¡B ƒ/˜m
/ l / ₩,¡Cf ´ · ¥ ¶}"”„q ¤ ° Ł/¡A.
' 50mA „q‹y"”„ q ª¿¶o¤ ₹«Æ¡A¥ ¿ ¹/H
¥ ¥ fl,¥ ¡ A ¥ ¤ ›"”›«¶q/ j ₥`‹ O¥ /₹¡
/O¶q· ß ¡Afl,¥ „Œ/ £ ¡A¥Bfl,¥ / Łk/]
/ £₹/ @ flf¥ "”/ Ł ƒ ¡ Fƒ¡A¥q„˘7¡ ₿˘8
/¥ ¶ ¡AOnly arm-support fl,¥ fi ' » /$/
₹ ¡ /../O, ß With ES support fl,¥ fi "”/ ₹¡

[1] Bajd T, Kralj A, Turk R. Standing-up of a healthy subject and a paraplegic patient. Journal of Biomechanics 1982;15:1-10.

[2] Yu, Chung-huang. New Method for Restoring Standing to Paraplegics: Control of Leg Muscle Stimulation by the Handle

Support Reactions. 3-1-1999. Department of Medical Physics & Bioengineering, University College London, UK. PhD Thesis

[3] Kralj AR, Bajd T. Functional Electrical Stimulation: Standing and Walking after Spinal Cord Injury. CRC Press, 1989.

[4] Donaldson N., Yu C-H. FES Standing: Control by Handle Reactions of Leg Muscle Stimulation (CHRELMS). IEEE Trans.Rehab.Eng. 1996;4:280-4.

[5] Donaldson NdN,.Yu C-H. A strategy used by Paraplegic to Stand Up using FES. *IEEE Trans.Rehab.Eng.* 1998;**6**:162-7.

[6] Franken HM,.Veltink PH. Restoring Gait in Paraplegics by Functional Electrical Stimulation. IEEE Engineering in Medicine and Biology 1994;564-71.

[7] Neural Prostheses. Stein, Richard B., Peckham, P. Hunter, and Popovic, DeJan P. 345. 1992. New York, Oxford, Oxford University Press.

[8] Bajd T, Kralj A, Turk R, Benko H, Sega J. Use of functional electrical stimulation in the rehabilitation of patients with incomplete spinal cord injuries. J-Biomed-Eng 1989;11:96-102.

[9] Cybulski GR, Penn RD, Jaeger RJ. Lower extremity functional neuromuscular stimulation in cases of spinal cord injury. Neurosurgery 1984;15:132-46.

[10] Kralj A, Bajd T, Turk R, Benko H. Posture switching for prolonging functional electrical stimulation standing in paraplegic patients. *Paraplegia* 1986;**24**:221-30.

[11] Kralj A, Jaeger RJ, Munih M. Analysis of standing up and sitting down in humans: definitions and normative data presentation. *Journal of Biomechanics* 1990;**23**:1123-38.

[12] Quintern J, Minwegen P, Mauritz KH. Control mechanisms for restoring posture and movements in paraplegics. *Prog Brain Res* 1989;**80**:489-502.

[13] Goniometers and Torsiometers, Biometrics Ltd.

[14] Astrom KJ, Wittenmark B. Computer-Controlled Systems: Theory and Design. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall Inc., 1990.

[15] Donaldson N, Munih M, Perkins TA, Wood DE. Apparatus to measure simultaneously 14 isometric leg joint moments. Part 1: Design and calibration of six-axis transducers for the forces and moments at the ankle. *Medical & Biological Engineering & Computing* 1999.

[16] Winter DA. Biomechanics and Motor Control of Human Movement. New York / Chichester /Brisbane / Tornto / Singapore: John Wiley, Sons. Inc., 1990.