

筋トーヌ異常(固縮・痙縮)を客観的に評価する

筋トーヌ筋電計の活用

独立行政法人 国立病院機構 刀根山病院 名誉院長

監修 佐古田 三郎 先生

独立行政法人 国立病院機構 刀根山病院 神経内科

遠藤 卓行 先生



Medicalnics Co., Ltd.

筋トーンスの客観的評価の確立

筋トーンスの評価は一定でなく、評価者による誤差が生じるなど問題がありました。今回、誰が評価しても同じ結果となる評価機器を作成しました。

「筋トーンス筋電計」は、現状の診断方法と同じように、腕の曲げ伸ばしを行うことで、固縮と痙縮を評価します。操作は簡単で、誰でも使用可能です。

これまで、検者の経験により判断していました「触診の感覚」の一部を高性能センサーにより数値化し、客観性の高い評価を実現しています。



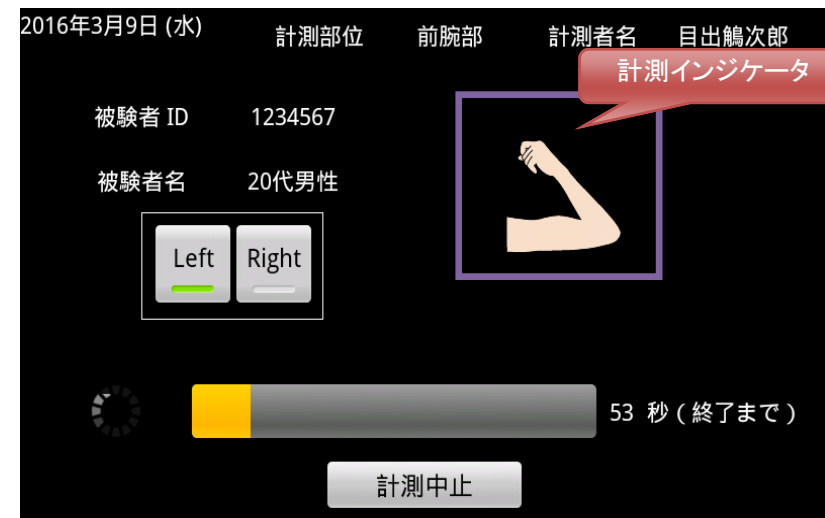
筋トーンス筋電計 MTM-06

評価の Protokol

評価の Protokol は、アシスト画面を参考にして、計測インジケータに従って行うため一定となります。専門外の医師は勿論、看護師や理学療法士など、診断経験(※)を問わず、客観的でかつ再現性の高い結果を得ることができます。



アシスト画面



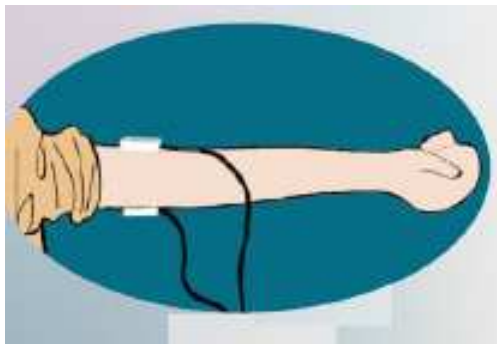
計測インジケータ

(※) 機器の操作に関しては知識と経験が必要です。

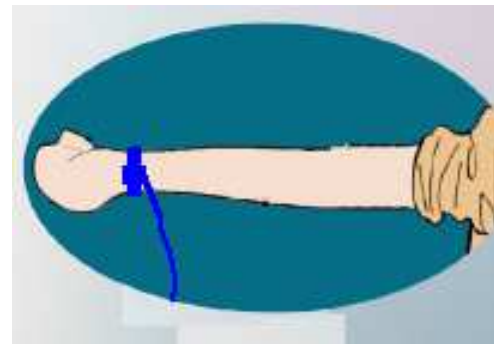
計測するデータ

計測するデータは、上腕二頭筋と上腕三頭筋の筋電、及び肘関節角度と肘関節トルクの4点を計測します。

表面電極を上腕二頭筋と上腕三頭筋に貼り付け、2筋の筋電を計測します。
(基準電極は反対側の手首に取り付けます)

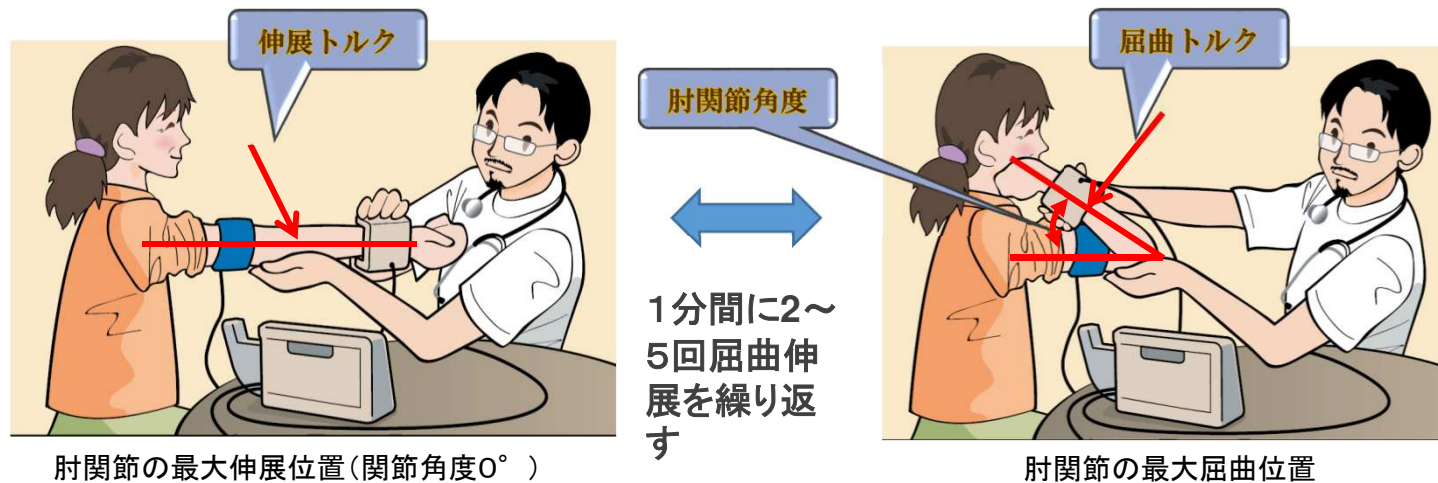


表面電極



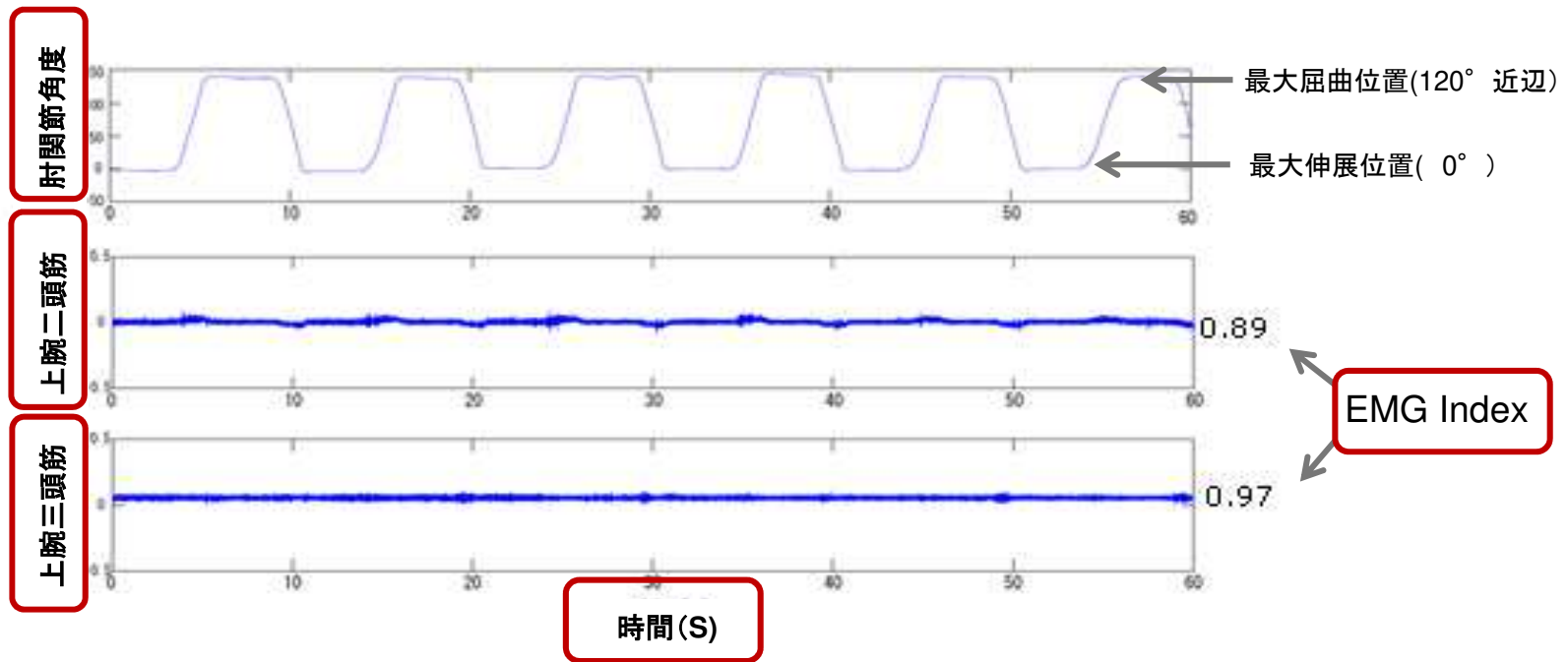
基準電極

手首に装着するセンサー部では、角速度センサーとロードセルにより、肘関節角度と肘関節トルクを計測します。



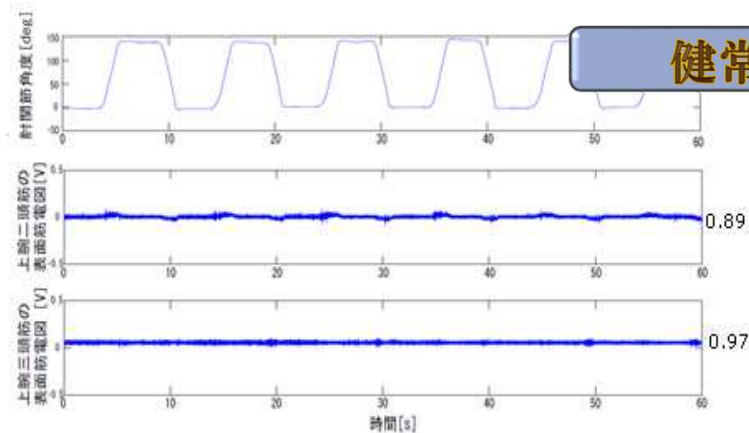
計測結果 (筋電図表示)

下図は、筋電の計測結果のグラフです。1分間の屈曲伸展中の肘関節角度と上腕二頭筋、上腕三頭筋の筋電を計測しグラフ表示します。また、筋強剛を特徴づける要素としてEMG Indexが表示されます



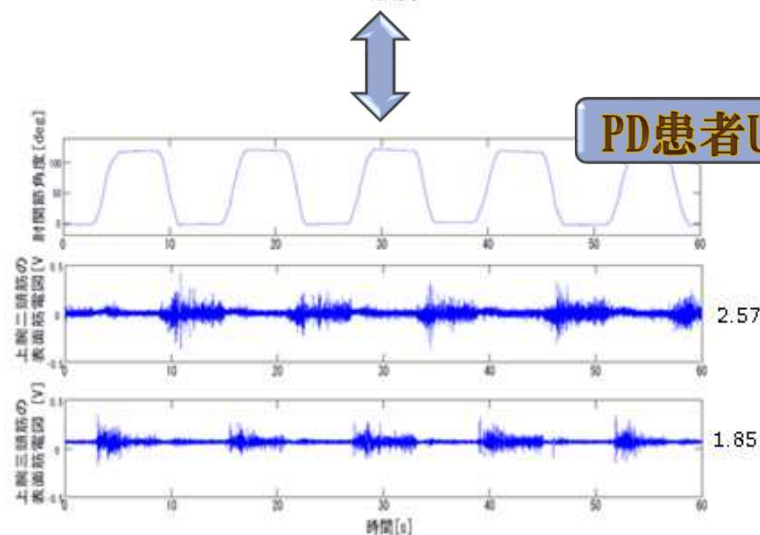
筋電の計測結果

健常者とPD患者の筋電図比較



健常者

健常者とパーキンソン病患者の筋電図計測結果を比較してみます。上図が健常者で、下図がパーキンソン病患者の結果です。



PD患者UPDRS3

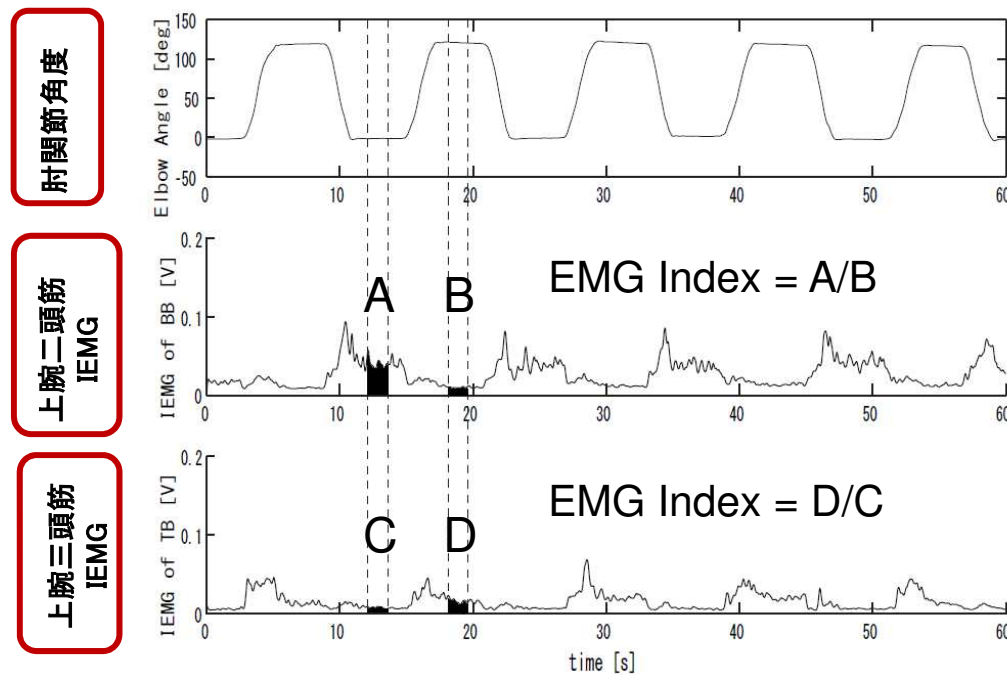
肘関節角度の最大屈曲位置(角度が 120° 近辺)で上腕三頭筋に、そして最大伸展位置(角度 0°)には上腕二頭筋に筋電波形が現れています。

他動的屈曲伸展において、最大屈曲位と最大伸展位の各静止相に筋緊張があることが分かります。

筋強剛を特徴づける要素の抽出

筋電図からの指標: EMG Index

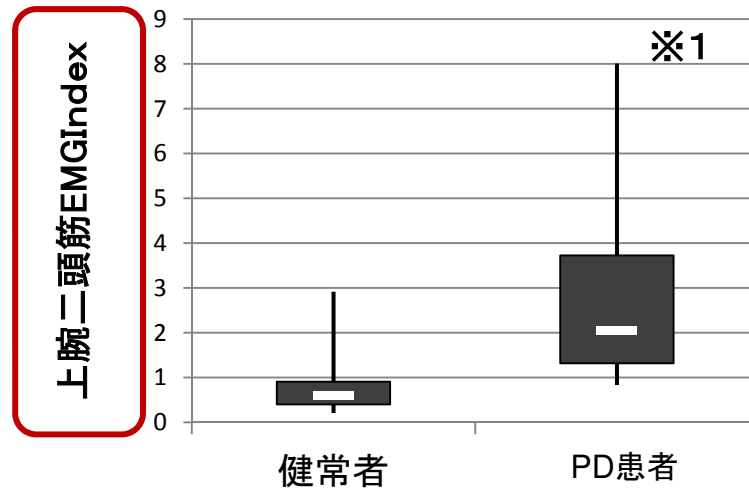
筋強剛患者には、静的な定常状態でも筋緊張があり筋電波形が現れるため筋電図から筋強剛の特徴量を定義します。



上腕二頭筋(BB)、上腕三頭筋(TB)について、静的な定常状態におけるIEMG(整流平滑化したEMG)の比を求め、EMG Indexと定義します。

筋強剛を特徴づける要素の抽出

筋電図からの指標: EMG Index



EMG Index 特異度、感度

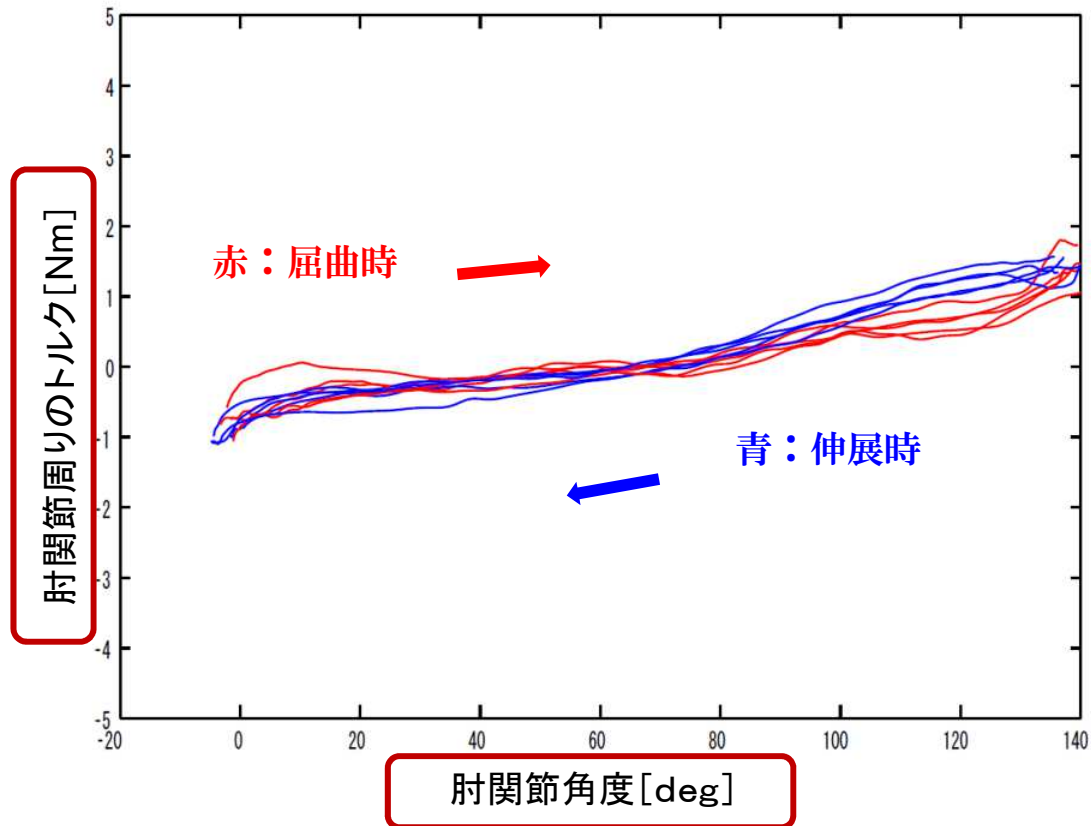
カットオフ値 1.1	1.1未 満	1.1以 上	特異度 感度
健常者	31	8	80% (特異度)
固縮患者	4	46	92% (感度)

上腕二頭筋のEMG Indexを用いることで、健常者と固縮患者を感度92%、特異度80%でスクリーニングすることができます。

※1:このデータは、健常者:24名(男性18名、女性6名)年齢 67.6 ± 9.0 歳、固縮(パーキンソン)病患者(UPDRS3相当):27名(男性16名、女性11名)年齢 70.0 ± 7.4 歳による実験結果によるものです。

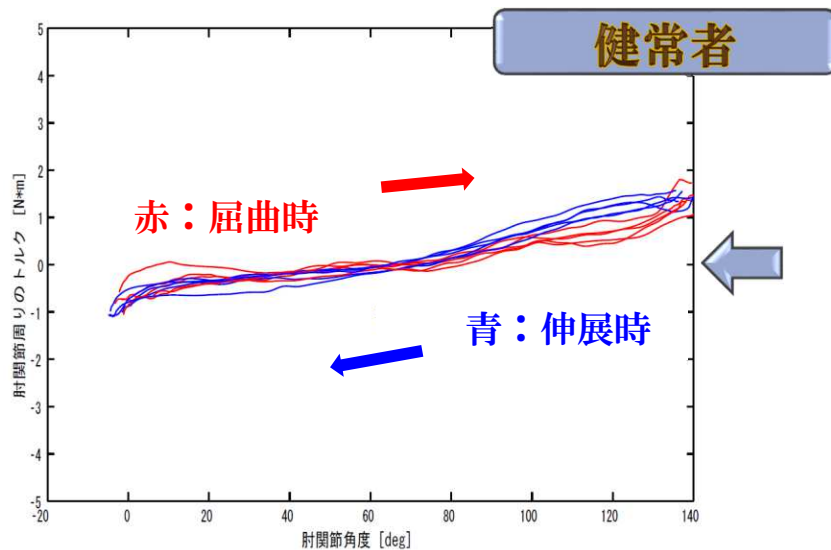
計測結果 (2. 肘関節トルク)

下図は、肘関節角度と肘関節トルクのグラフです。X軸が肘関節角度でY軸が肘関節トルクになります。赤線が屈曲時のトルクを、青線が伸展時のトルクを示します。

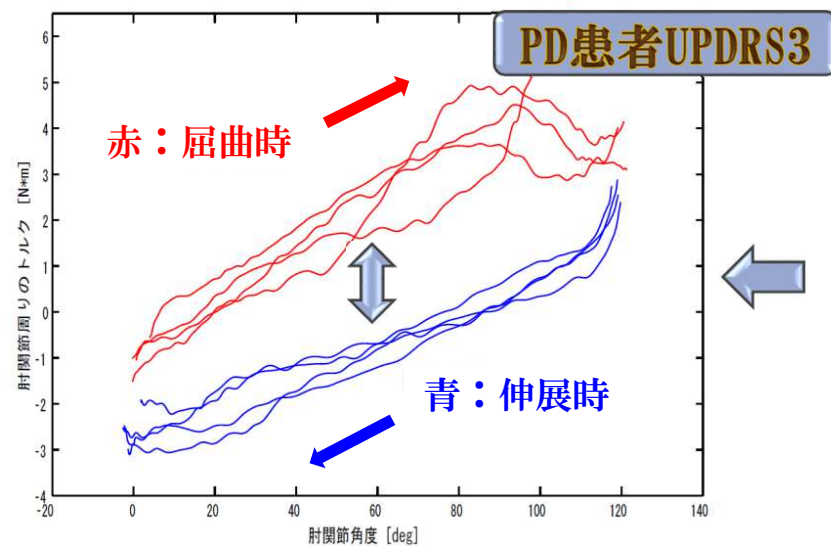


肘関節角度と関節トルクの計測結果

健常者とPD患者の肘関節トルクの比較



健常者は、屈曲時並びに伸展時のグラフがほぼ重なっており乖離がありません。また、グラフの傾斜も緩やかになっています。

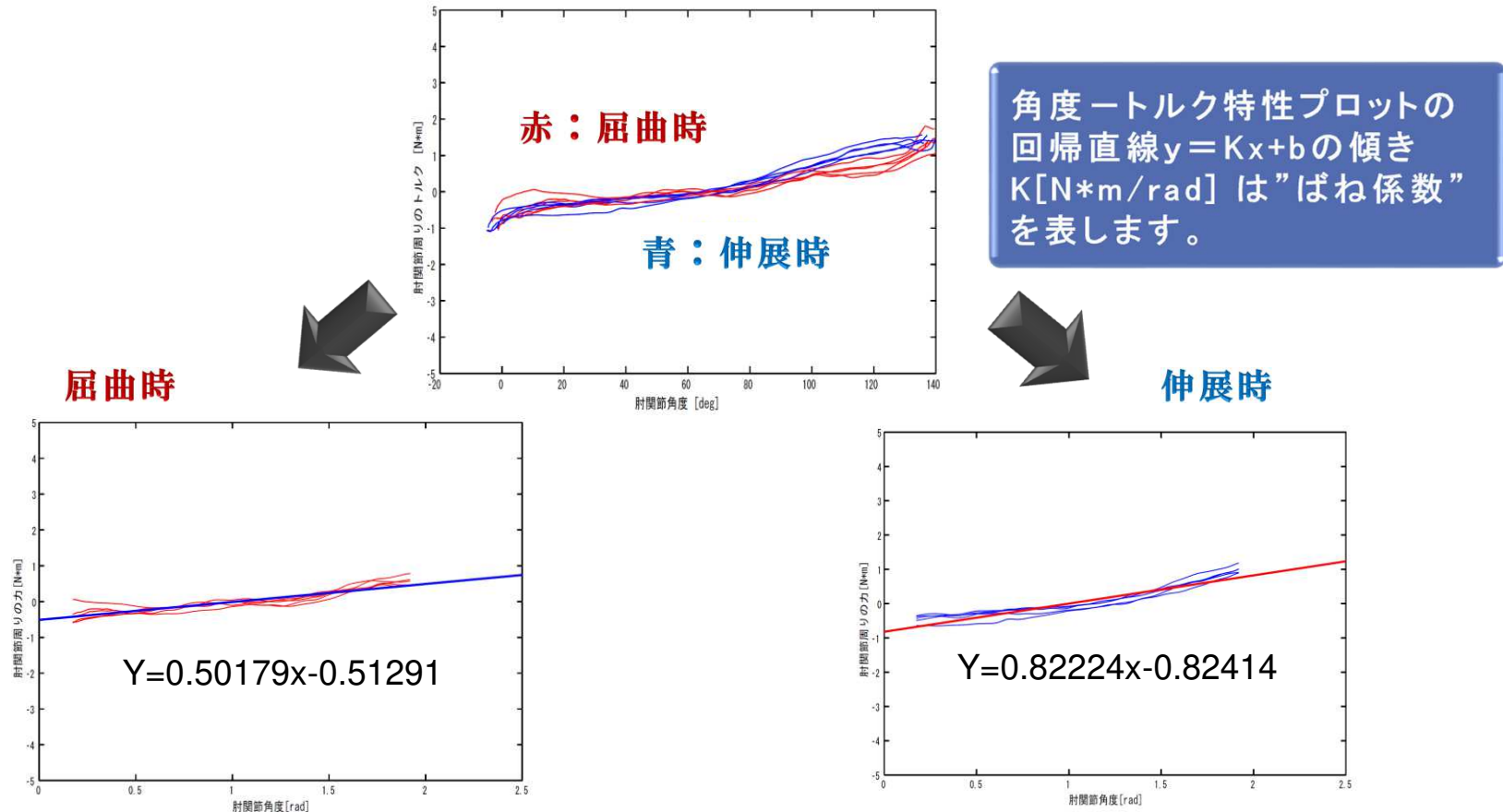


一方、PD患者の場合は、屈曲時と伸展時のグラフが乖離し、かつ、その傾斜も急になっているのが分かります。

筋強剛を特徴づける要素の抽出

ばね係数 (Elastic coefficient)

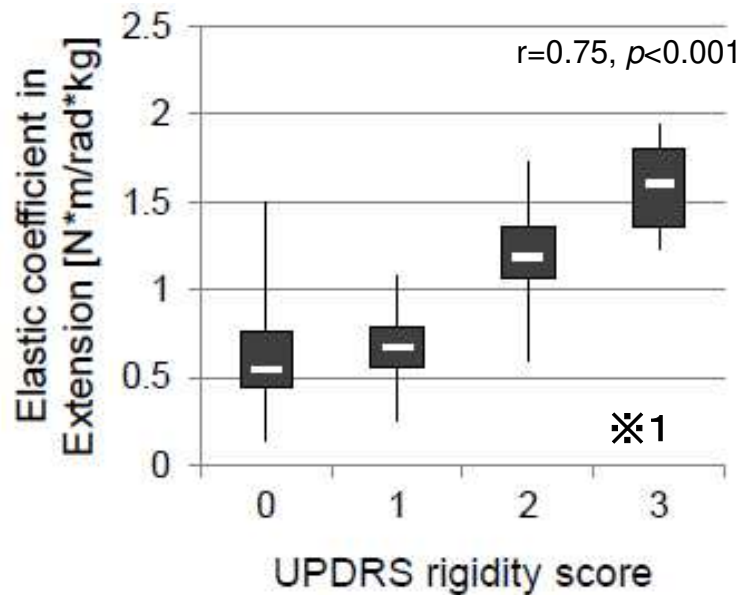
屈曲時の角度ートルク特性プロットの回帰直線 $y = K_f X + b$ の傾き $K_f [N \cdot m / rad]$ を“屈曲ばね係数”と定義します。同じく伸展時の回帰直線の傾き $y = K_e X + c$ の傾き $K_e [N \cdot m / rad]$ を“伸展ばね係数”と定義します。



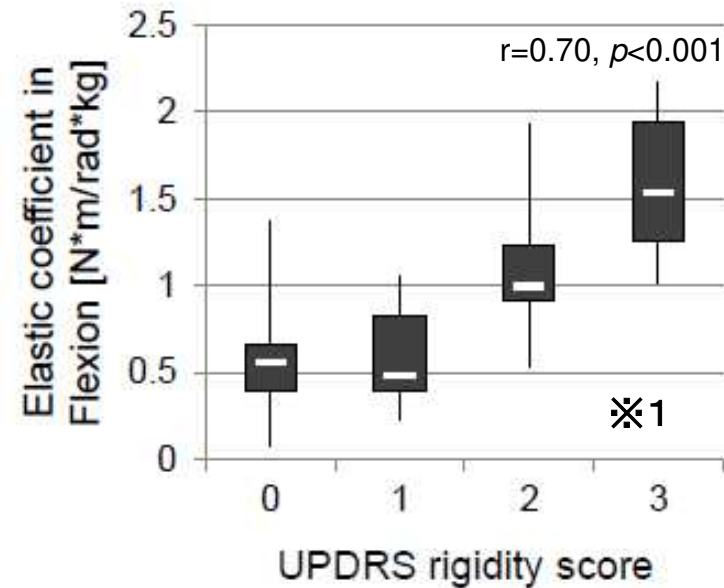
筋強剛を特徴づける要素の抽出

ばね係数 (Elastic coefficient)

伸展時ばね係数 K_e



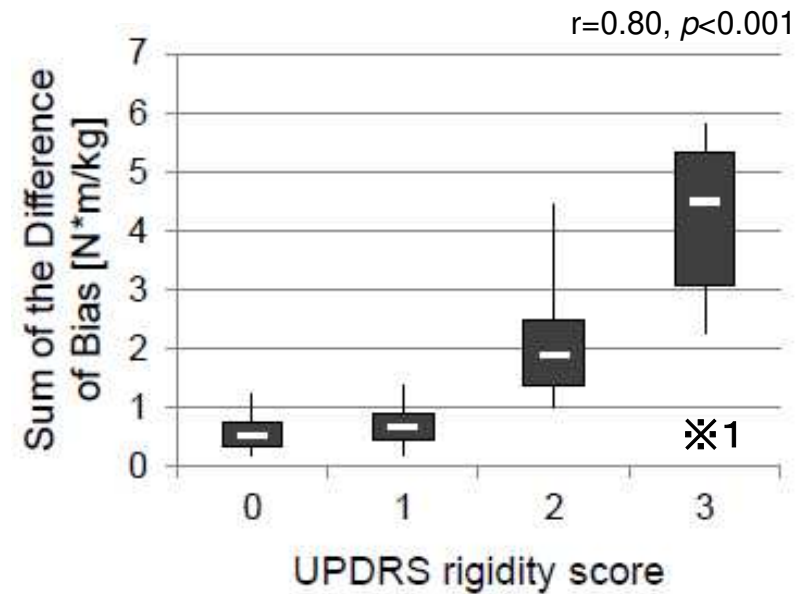
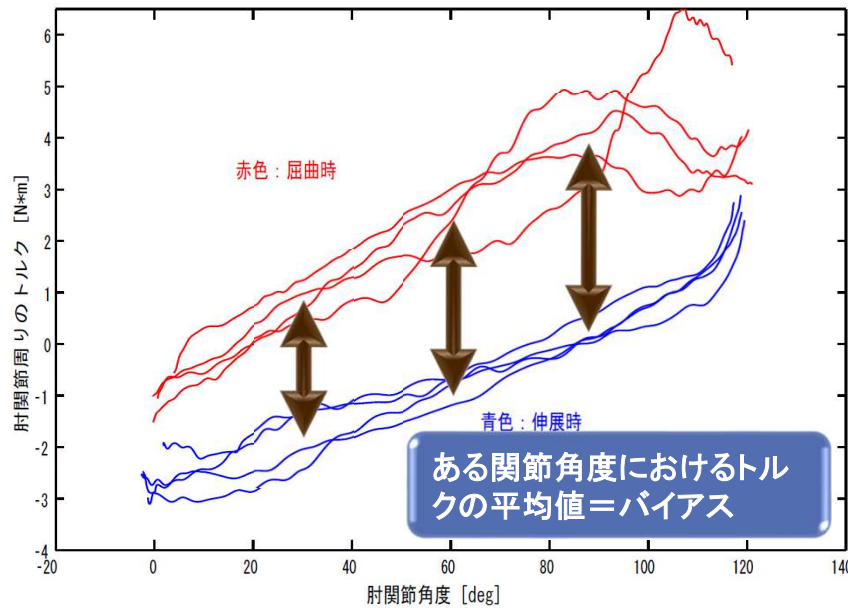
屈曲時ばね係数 K_f



伸展時ばね係数 K_e [N*m/rad]、屈曲時ばね係数 K_f [N*m/rad] は、いずれも UPDRS rigidity score と相関しています。

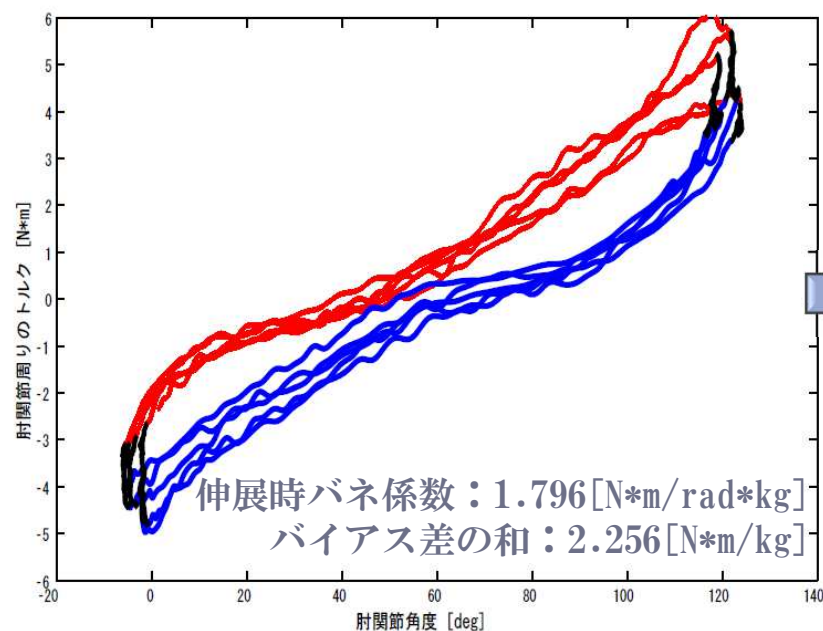
筋強剛を特徴づける要素の抽出

バイアス差の和 (Sum of the Difference of Bias)

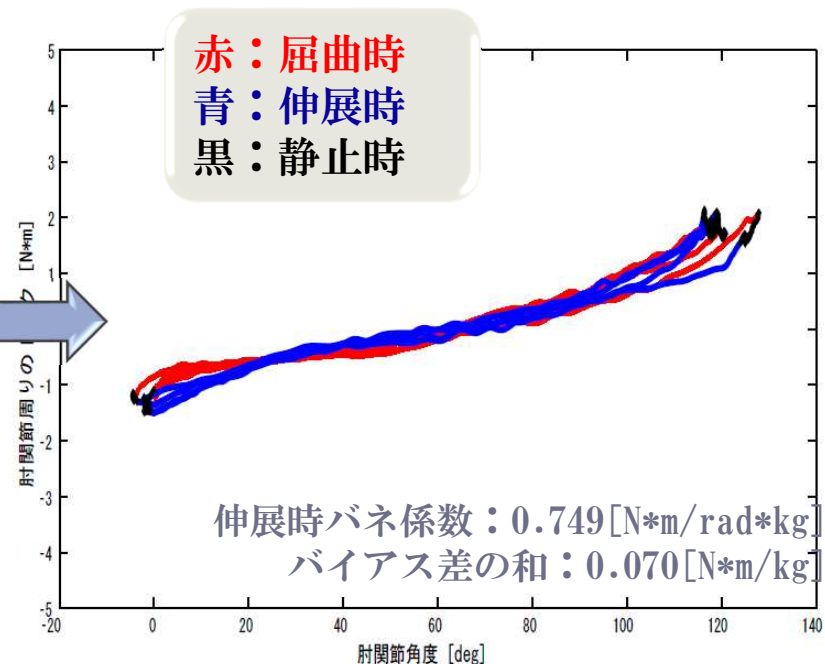


30° ,60° ,90° におけるバイアス差の総和もUPDRS rigidity scoreと相関します。

治療効果判定の一例 ～DBS(Deep Brain Stimulation)



DBS手術前
(UPDRS 3)

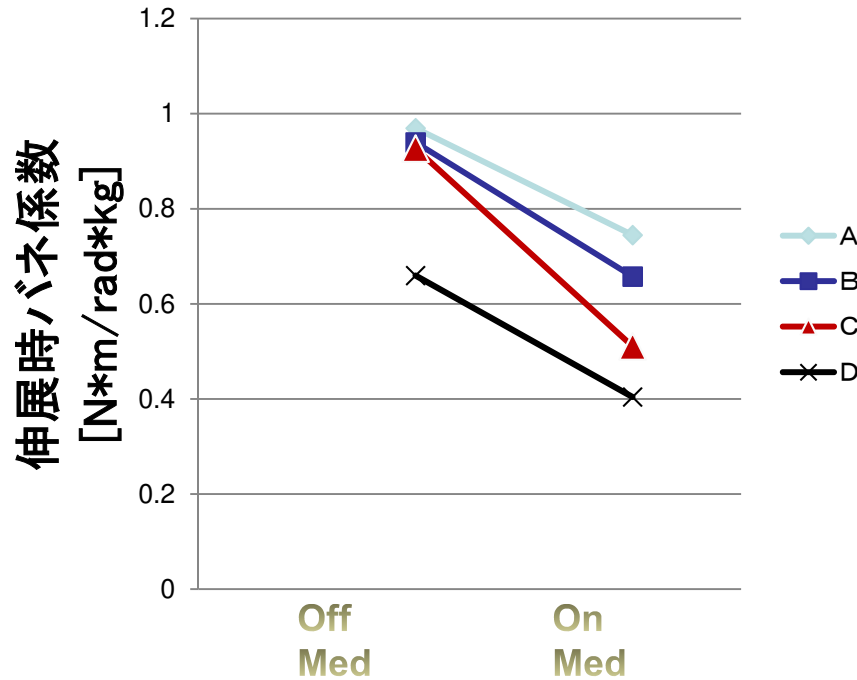


DBS手術後
(UPDRS 1)

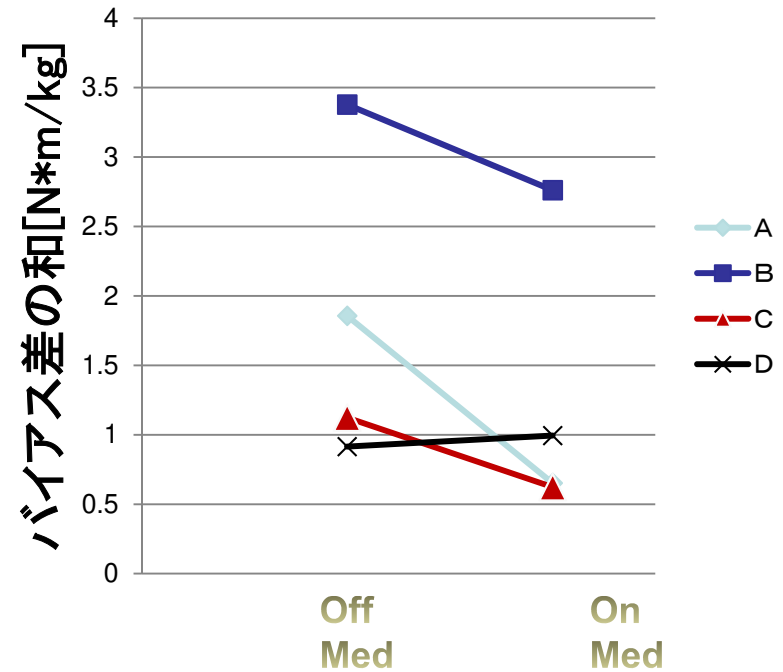
パーキンソン病に対して脳深部刺激術(DBS)を行った結果です。
治療により筋強剛が著明に改善していることが定量的に示されました。

治療効果判定の一例 ～ 抗パーキンソン病薬 ～

抗パーキンソン病薬投与による
伸展時バネ係数の変化



抗パーキンソン病薬投与による
総バイアス差の変化

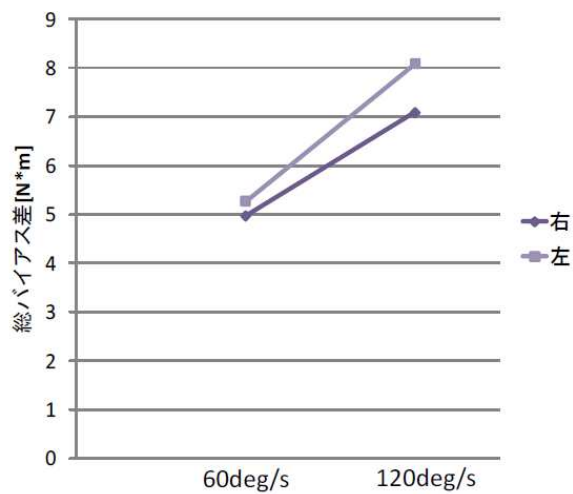
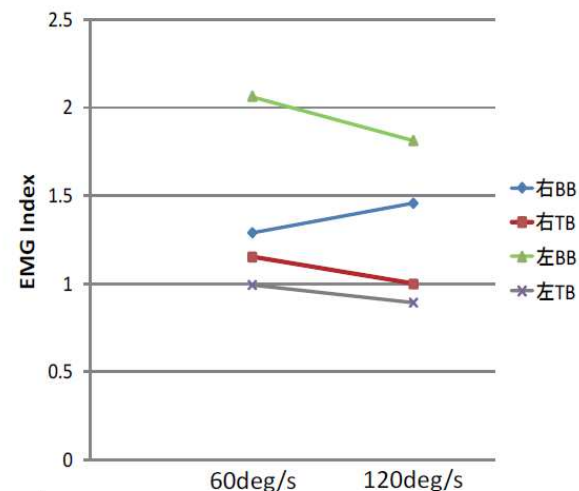
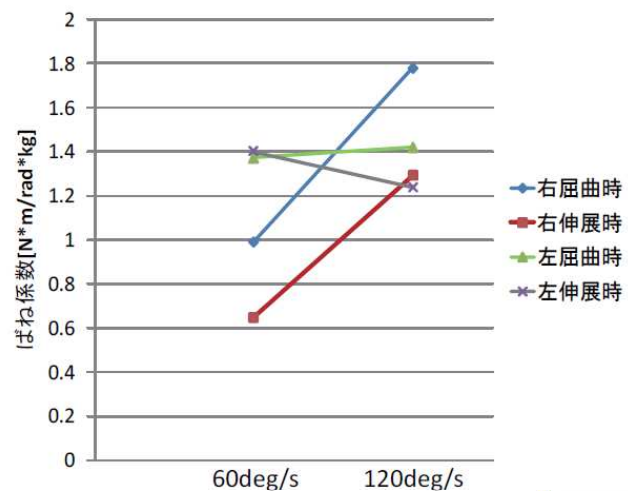


薬効評価例(患者2例の両上肢について計測)治療効果が定量的に示されていることが確認できます

A,B: On Medication時ドーパミン受容体刺激薬 1mg/日

C,D: On Medication時L-dopa100mg/日

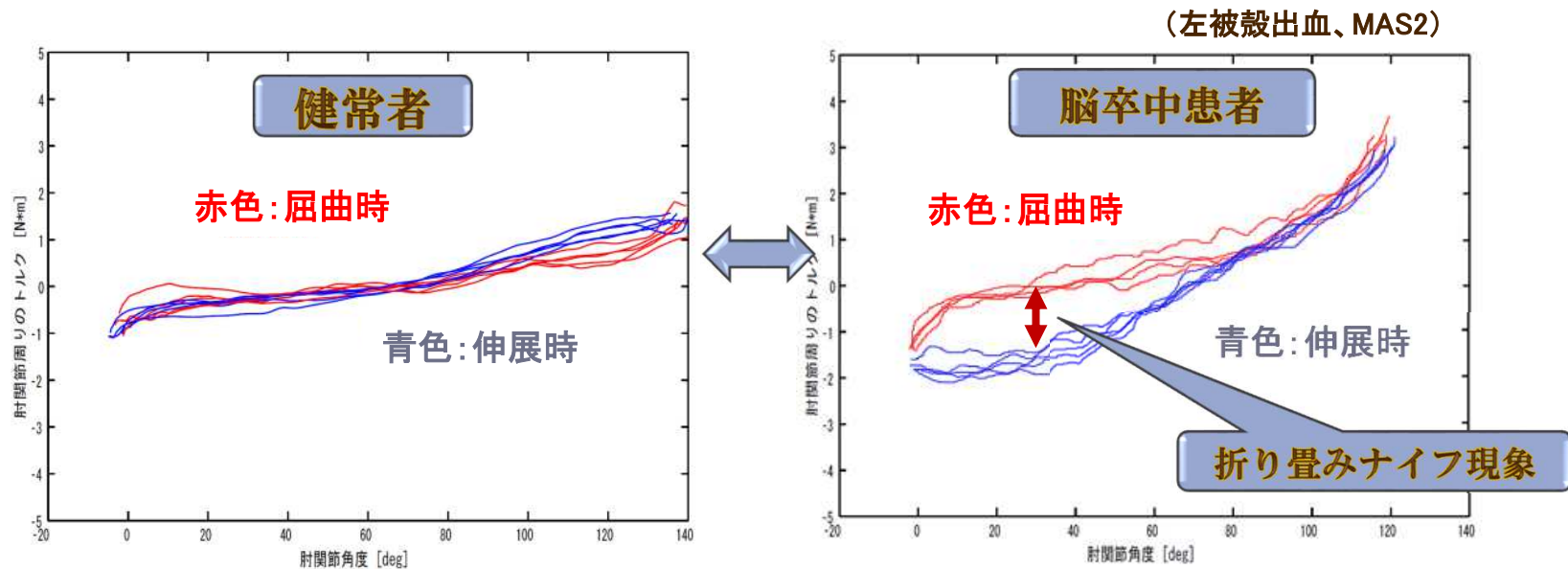
屈曲伸展速度による特徴量の変化



PD患者
(左右ともUPDRS 2)

肘関節角度対トルクグラフから痙縮を読みとる

左が健常者、右が脳卒中患者の計測結果です。肘関節角度対トルクのグラフに「折り畳みナイフ現象」を捉えていることが分かります。

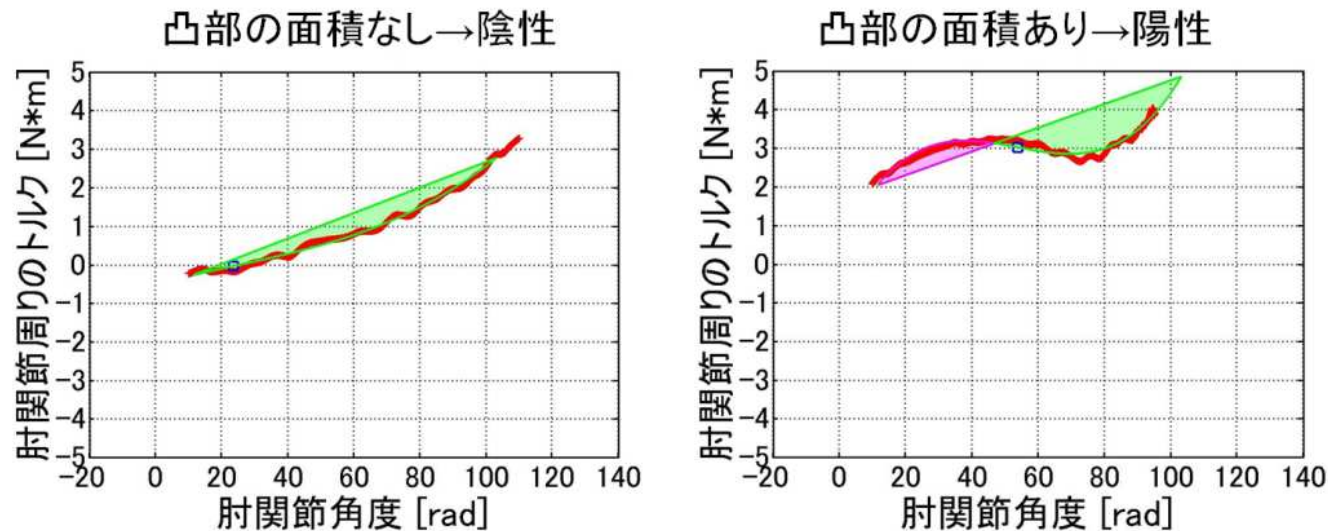


肘関節角度が、 $0 \sim 60^\circ$ の間で、屈曲と伸展のグラフに乖離が見られ、 $60^\circ \sim 120^\circ$ にかけて乖離がなくなる、いわゆる「折り畳みナイフ現象」を初めて視覚的に捉えたグラフとなります。

痙縮を特徴づける要素

痙縮評価指標による診断情報の提供

関節角度対トルクのプロット図を3次関数で近似し、最大伸展位置と最大屈曲位置を結ぶ直線より上にでた、図22の凸部(MVI: Maximum value of Integral)の面積を計測して折り畳みナイフ現象を判断します。判定基準は表2に示す通りA～Dの分類で評価します。



新しい解析手法による痙縮の有無の判定

痙縮評価指標の判定基準

痙縮評価指標の判定基準を以下の通り定義し、臨床評価(※2)の結果、特異度82%、感度84%と高い値を示しています。

痙縮評価指標の判定基準

分類	判定基準
A	5回の施行中5回とも積分値が正になる
B	5回の施行中2~4回で積分値が正になる
C	5回の施行中1回だけ積分値が正になる
D	1回も積分値が正にならない

痙縮評価指標の特異度、感度

(※2)

解析による判定	痙縮あり	痙縮なし	感度・特異度
MASによる評価			
痙縮あり	16	3	感度84.2%
痙縮なし	5	24	特異度82.8%

痙縮評価結果の表示画面では、凸部積分値(MVI)が正になる回数と、MVIの最大値を表示します。

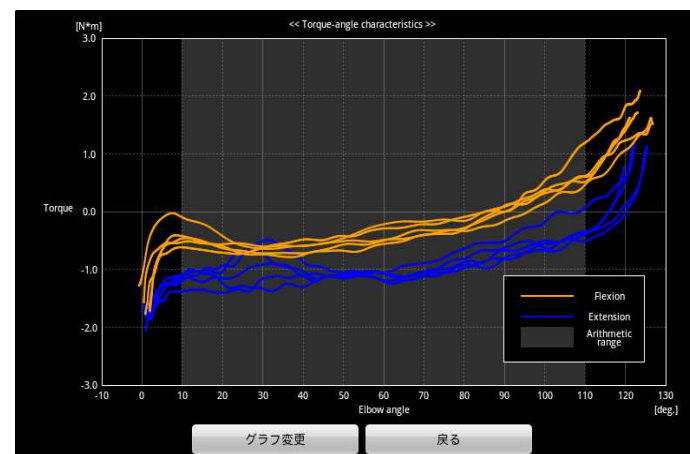
※2 症例数24例 性別:男性18例、女性6例 年齢:57.5±14.6歳 罹患歴:脳出血16例 脳梗塞8例 患者のMAS(0:5名、1:6名、1+:5名、2:3名、3:3名)で臨床評価を行った結果である

実際の計測結果画面

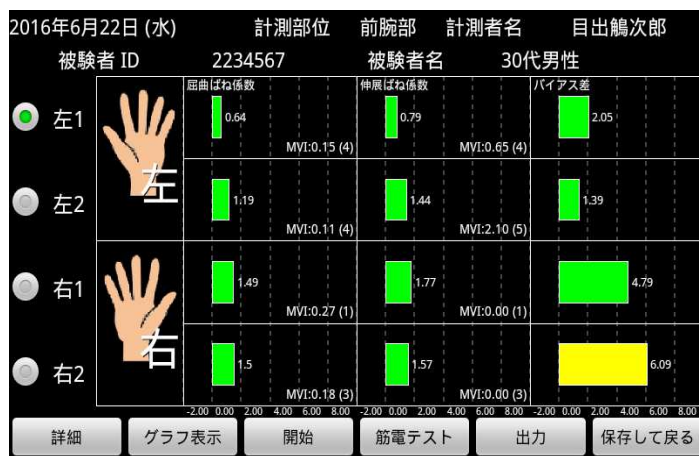
● 筋電図表示



● 関節角度・トルク表示



● 筋強剛の特徴量のグラフ表示



● 筋強剛の特徴量の一覧表

2016年3月23日(水) 計測部位 前腕部 計測者名 目出鶴次郎
 被験者 ID 3234567 被験者名 40代男性
 誕生日 1974/6/6 性別 男性 UPDRS:左 3 右 0

回数	左右	屈曲ばね係数			伸展ばね係数			バイアス	EMG BB	EMG TB
		全範囲	近位	遠位	全範囲	近位	遠位			
1	左	0.71	1.60	1.30	0.81	1.61	1.31	1.21	2.21	2.22
2	左	0.71	2.60	2.30	0.91	2.61	2.31	0.91	1.91	1.92
1	右	0.81	3.60	3.30	0.71	3.61	3.31	0.81	1.81	1.82
2	右	0.71	4.60	4.30	0.81	4.61	4.31	1.21	2.21	2.22

Button: 戻る

研究用機能の紹介（前腕、下腿、大腿部の計測）

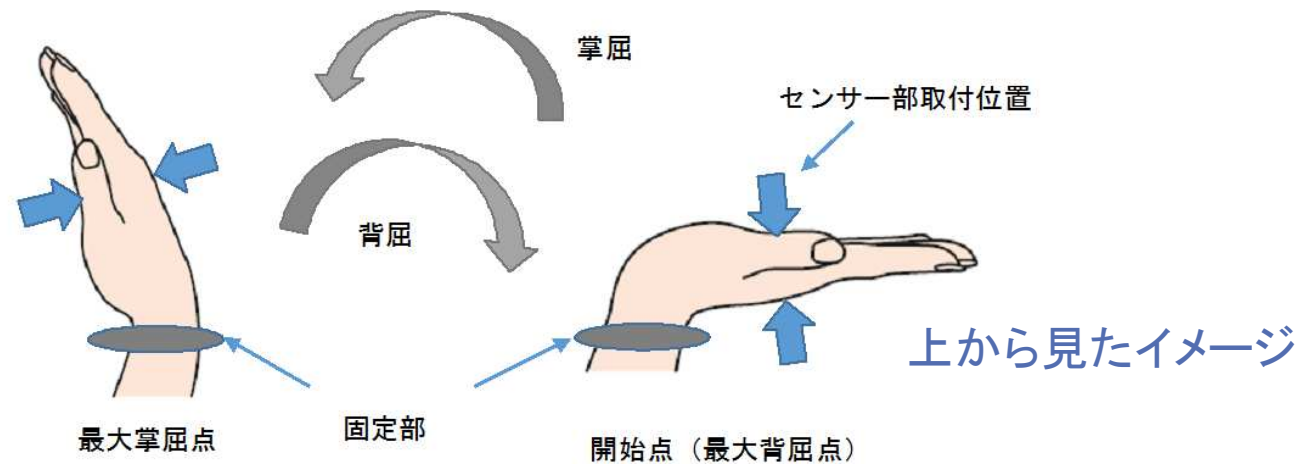
- 研究用となり計測値による評価の基準はありません。
- 治療前後の値を比較していただく相対評価に有用です。

表4:その他計測可能な関節

計測部位	関節	対象
前腕部	手首	橈側手根屈筋、尺側手根屈筋、母指内転筋など
下腿部	足首	腓腹筋、ヒラメ筋、後脛骨筋、前脛骨筋など
大腿部	膝	大腿二頭筋、半腱様筋、半膜様筋など

前腕部計測

- 左右手首関節の掌屈・背屈により計測します。

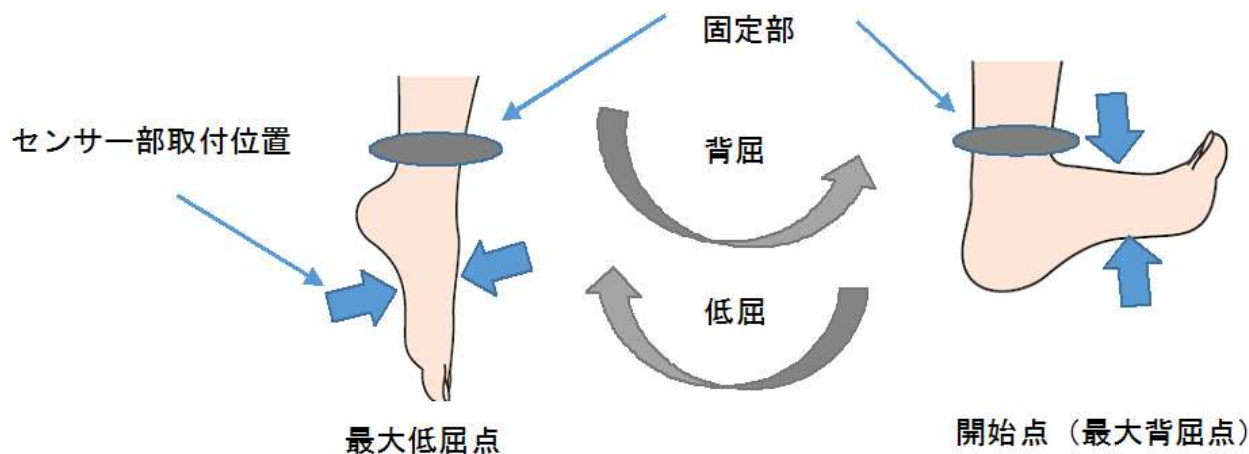


前腕部計測方法のイラスト図

- (1) 検者は、被検者の手首を垂直状態にして手首関節を固定します。
- (2) センサー部を被検者の手の甲に当てます。
- (3) アシスト画面に従い、他動的に手首を掌屈・背屈させます。
- (4) 一分間に5回の掌屈・背屈で一回の計測が終了します。

下腿部計測

- 左右足首関節の低屈・背屈により計測します。

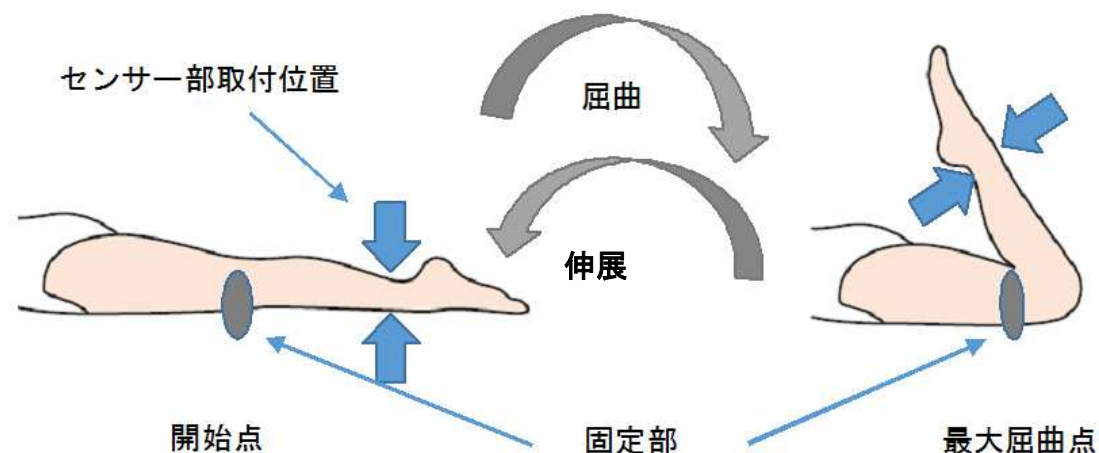


下腿部計測方法のイラスト図

- (1) 検者は、被検者の足首を垂直状態にして足首関節を固定します。
- (2) センサー部を被検者の足の甲に当てます。
- (3) アシスト画面に従い、他動的に足首を低屈・背屈させます。
- (4) 一分間に5回の低屈・背屈で一回の計測が終了します。

大腿部計測

- 左右ひざ関節の屈曲・伸展により計測します。



大腿部計測方法のイラスト図

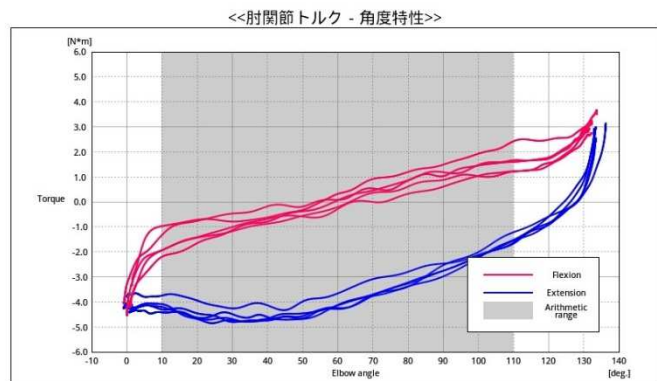
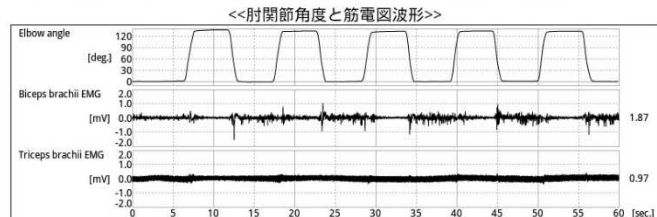
- (1) 検者は、うつ伏せになった被検者のひざ関節を固定します。
- (2) センサー部を被検者の足首に当てます。
- (3) アシスト画面に従い、他動的にひざ関節を屈曲・伸展させます。
- (4) 一分間に5回の屈曲・伸展で一回の計測が終了します。

計測結果の印刷

筋トータス筋電計 計測結果

出力日: 2017/3/23

被検者 ID	5234567	被検者名	60代男性		
性別	男性	生年月日	1954/6/6		
拠点名	メディカル病院				
計測日時	2016/11/1 18:36	計測者名	目出鶴次郎		
計測時の年齢	62	体重	60.00[kg]		
計測部位	前腕部	前腕長	25.50[cm]		
UPDRS:左	0	UPDRS:右	0		
MAS:左	0	MAS:右	0		
計測回	左1	バイアス差	7.06		
屈曲ばね係数	1.18	EMG指標(二頭筋)	1.87	屈曲時MVI	0.00 (0/5)
伸展ばね係数	0.96	EMG指標(三頭筋)	0.97	伸展時MVI	0.00 (0/5)



Copyright(c) 2015 MedicalInics Co., Ltd. All rights reserved.

計測結果の印刷例

計測結果は、印刷イメージ(JPEG書式)でUSBまたはWindowsネットワーク上の共有フォルダーに出力されます。USBメモリーは、直接プリンターに差し込んで印刷してください。

パーキンソン病の臨床評価スケール UPDRS

※筋トーン異常 (RIGIDITY, SPASTICITYなど) の臨床的評価 → 主要な関節の屈曲伸展運動による

UPDRS (Unified Parkinson Disease Rating Scale)

UPDRS Part III - 22番: rigidity (患者は座位で安静にしている。主要な関節で判断する。歯車現象は特に記載しない)

- | | |
|---|--------------------------------|
| 0 | ない |
| 1 | 軽微またはミラームーブメントないし他の運動で誘発できる程度。 |
| 2 | 軽度ないし中等度の固縮。 |
| 3 | 高度の固縮。しかし関節可動域は正常。 |
| 4 | 著明な固縮。関節可動域に制限あり。 |

MASの評定

MAS (Modified Ashworth Scale)

0	筋緊張の亢進はない
1	可動域の終りにわずかな抵抗感がある
1+	可動域の1/2以下でわずかな抵抗感がある
2	全可動域で抵抗感があるが、運動は容易である
3	他動運動が困難なほど抵抗感がある
4	拘縮状態で屈曲・伸展は困難である

参考文献

項番	タイトル	掲載先	著者	概要
1	A novel method for systematic analysis of rigidity in Parkinson's disease.	Movement Disorders 24(15);2218-2224,2009	T. Endo, R. Okuno M. Yokoe, K. Akazawa <u>S. Sakoda</u>	パーキンソン病の筋トーン異常を系統的に解析する新しい手法についての報告 (出願特許1に関連)
2	Parkinsonian Rigidity Shows Variable Properties Depending on the Elbow Joint Angle	Parkinson's Disease 2013;2013:258374	T. Endo, T. Hamasaki R. Okuno, M. Yokoe H. Fujimura, K. Akazawa <u>S. Sakoda</u>	パーキンソン病の筋強剛の特性は関節角度によって二つに分けられることの報告 (出願特許2に関連)
3	Novel Methods to Evaluate Symptoms in Parkinson's Disease - Rigidity and Finger Tapping	Diagnostics and Rehabilitation of Parkinson's Disease InTech, December 07, 2011	T. Endo, M. Yokoe H. Fujimura <u>S. Sakoda</u>	参考文献1の手法を用いてパーキンソン病の治療効果判定が可能になることを示した報告
4	Parkinsonian Rigidity Depends on the Velocity of Passive Joint Movement	Hindawi Publishing Corporation Parkinson's Disease Volume 2015, Article ID 961790, 4 pages	T. Endo, N. Yoshikawa H. Fujimura <u>S. Sakoda</u>	パーキンソン病の筋強剛の特性には、関節の運動の速さに依存する成分があることを示した報告

筋トーン異常(固縮・痙縮)を客観的に評価する

筋トーン筋電計の活用

問い合わせ先

●製造販売元

株式会社 **メディカルニクス**

〒532-0004 大阪市淀川区西宮原 1-8-29
テラサキ第2ビル

Tel:06-4866-5810 FAX:06-4866-5812
<http://www.medicalnics.co.jp>

●製造元

株式会社 **ピーアイシステム**

〒532-0004 大阪市淀川区西宮原 1-8-29
テラサキ第2ビル

Tel:06-6150-3001 FAX:06-6150-3005
<http://www.pis.co.jp>



Medicalnics Co., Ltd.