

筋力トレーニングのベンチプレス系 3 種目における大胸筋、前鋸筋 および三角筋の筋電図学的研究

Electromyographical investigation of the pectoralis major, serratus anterior and deltoid muscles during three bench press exercises

半田 徹¹⁾ 加藤浩人²⁾ 長谷川 伸³⁾ 岡田純一⁴⁾ 加藤清忠⁴⁾
Tohru Handa¹ Hiroto Kato² Shin Hasegawa³ Junichi Okada⁴ Kiyotada Kato⁴

¹⁾東京スポーツ・レクリエーション専門学校

²⁾二葉栄養専門学校

³⁾九州共立大学スポーツ学部

⁴⁾早稲田大学スポーツ科学学術院

¹⁾Tokyo Sports Recreation College

²⁾Futaba Nutrition College

³⁾Faculty of Sports, Kyusyu Kyoritsu University

⁴⁾Faculty of Sports Sciences, Waseda University

キーワード: 筋力トレーニング, ベンチプレス系種目, 筋電図

Key words: muscle training, bench press exercise, electromyography

抄 録

大胸筋、前鋸筋および三角筋はプレス動作の機能発揮のために重要な役割を果たす筋として筋力トレーニングの対象となる。従来、大胸筋、前鋸筋および三角筋を鍛える種目としてプレス系の種目が用いられているが、3筋に対する負荷刺激の大きさの種目間差異が十分に認識されているとは言えない。そこで、本研究では、上体の傾斜角度の異なる3種類のプレス系種目、フラットベンチプレス(FBP)、デクラインベンチプレス(DBP)およびインクラインベンチプレス(IBP)において3筋の筋活動を分析し比較検討した。筋力トレーニングに熟練した成人男子8名を被験者とし70%1RMの負荷で各種目3試行行わせた。得られた筋電図のRMS値を基準化し、以下のような結果を得た。

大胸筋では鎖骨部と胸肋部ともに筋活動水準は $DBP \approx FBP > IBP$ であった。前鋸筋は $FBP \approx IBP > DBP$ であり、DBP種目が最小の筋活動を示した。三角筋は $IBP > FBP > DBP$ の順となり、すなわち上体の傾斜角度が大きいプレス種目においてより筋活動が大きいことが示唆された。すべての種目において、各筋ともに肘屈曲局面に比べて肘伸展局面において高いRMS値を示す傾向が見られ、本研究において実施したトレーニング種目は肘伸展局面の効果を中心とする運動であることが示唆された。

したがって、このような筋活動水準の結果から本研究で実施したバーベルによるベンチプレス系3種目において、大胸筋では鎖骨部と胸肋部ともにフラットベンチプレスとデクラインベンチプレス種目が有効であり、前鋸筋ではフラットベンチプレスとインクラインベンチプレス種目が、三角筋ではインクラインベンチプレスが有効な種目であると思われる。以上のことから、フラットベンチプレスは同時にこれら3筋に高い筋活動を引き起こすトレーニング種目であると考えられる。

スポーツ科学研究, 5, 58-70, 2008 年, 受付日:2007 年 10 月 18 日, 受理日:2008 年 4 月 1 日
連絡先: 半田徹 早稲田大学大学院人間科学研究科 359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島 2-579-15
E-mail: t-handa@kurenai.waseda.jp

I. 緒言

従来, 大胸筋, 前鋸筋および三角筋は上肢によるプレス動作の機能発揮のために重要な役割を果たす筋として, 筋力トレーニングの実践にあたって, これらの筋の強化が主要なテーマの一つとなっている。しかし, これらの 3 筋は, 比較的大きな筋で複雑な形態をしており, それぞれの筋の部位によって機能的な差異を有していることが知られている。機能解剖学的には, 大胸筋は上腕骨を内転し, 内旋するが, さらに鎖骨部においては上腕骨を前方に上げ, 腹部は肩を下げる時にも働く。前鋸筋は全体としては肩甲骨を前方に引くが, とくに下 2/3 の筋束は下角を前方に引きながら肩甲骨を回し, 上腕の屈曲と外転を助けると共に, 最上部の筋束は肩甲骨をやや引き上げる作用をもつ。三角筋は上腕を外転し, その前部は上腕を前方に上げ内旋し, 後部は後方に上げ外旋する作用をもつとされている(森ら, 1982)。

筋力トレーニングにおいては, これらの筋を鍛える種目の一つとしてしばしば採用されるのがベンチプレス系の種目である。このベンチプレス系種目としては, フラットベンチプレスを中心として, デクラインベンチプレスやインクラインベンチプレスなどの種目が実施される。最近の代表的な指導書の中では, これらのトレーニング種目に共通する効果筋としては大胸筋, 前鋸筋, 三角筋および上腕三頭筋の 4 筋が示されている。しかし, どの指導書においても単なる筋名の列挙にとどまり, 詳細な情報は不足している(Grymkowski et al.,1984, Pauletto,1991,Yessis,1992,Laura and Dutton, 1993, Norris,1993,Fahey,1994,)

筋力トレーニング種目に関する筋電図学的分析による筋活動の研究は, 幅広く行われている。Bauer et al. (1999), Wright et al. (1999), Pick et al. (2000)および Boyden et al. (2000)らはスクワット系種目やデッドリフト系種目に関連して, Guimaraes et al. (1991), Whiting

et al. (1999)および Clark et al. (2003)はシットアップ系種目に関連して, さらに Signorile et al. (2002)や半田ら(2005)はプル系種目に関連した種目を対象に筋活動を分析している。プレス系種目に関しては, McCaw and Friday (1994), Barnett et al. (1995)および半田ら(2002)の報告が見られる。McCaw and Friday (1994)は, 大胸筋, 三角筋前部, 三角筋中部, 上腕三頭筋および上腕二頭筋を被験筋として 1RM の 60%および 80%を使用して, フリーウェイトとマシンを用いてのベンチプレス中の伸張性局面および短縮性局面時の筋電図を分析し, トレーニング様式と負荷重量は筋放電に影響を及ぼすことを明らかにした。Barnett et al. (1995)は, 上体の傾斜角度をフラット, インクライン, デクラインおよびバーティカル の 4 つの条件で設定し, 被験筋を大胸筋胸部部, 大胸筋鎖骨部, 三角筋前部, 上腕三頭筋および広背筋として筋電図活動を比較検討し, プレス動作試行時の上体の傾斜角度と筋放電との関係性に関して報告した。半田ら(2005)は, 三角筋前部, 三角筋中部, 三角筋後部および上腕三頭筋を被験筋として, ワイド・ベンチプレス, ナロー・ベンチプレス, インクライン・ベンチプレス, フロントプレスおよびバックプレス試行時の筋活動を分析し, 上腕三頭筋の筋活動は上体の傾斜角度による差が見れないことを明らかにしている。

しかし, これらの報告には, 大胸筋の筋活動部位と上体の傾斜角度との関係性に関しては, トレーニングの実践現場での一般的奨励と食い違った報告も見られる。さらにプレス動作で重要な働きをする前鋸筋の筋活動分析が欠如している。そこで, 本研究ではフリーウェイト(Barbell)を用いて行う上体の傾斜角度が異なるベンチプレス系のトレーニング種目を選択して, 各種目における大胸筋, 前鋸筋と共に三角筋の筋活動を分析し, 種目間の差異について比較検討した。

Table.1 Mean and SD of IRM in each of the three press exercises

Variables	Mean ± SD
FBP 1RM (kg)	88.4 ± 23.3
DBP 1RM (kg)	92.5 ± 27.8
IBP 1RM (kg)	68.1 ± 16.6

FBP: Flat Bench Press, DBP: Decline Bench Press
 IBP: Incline Bench Press, IRM: One Repetition Maximum

II. 方法

A. 被験者

筋力トレーニングに熟練した成人男子 8 名を被験者とした。被験者の平均年齢は 23.0±2.7 歳, 平均身長は 174.8±5.1cm および平均体重は 78.1±11.6 kg であった (Table1)。実験に先立ち, 被験者に実験の目的, 方法, 実験の安全性等について, 文書ならびに口頭で説明を行い, 実験の内容を十分に理解してもらったうえで同意書を得た。本研究は, 早稲田大学スポーツ科学部研究倫理委員会の承認を受けた。

B. トレーニング種目の試技方法

実験の対象としたトレーニング種目は, フラットベンチプレス, デクラインベンチプレスおよびインクラインベンチプレスの 3 種目であった。実験に先立ちそれぞれの種目において各被験者の 1 回反復最大重量(One Repetition Maximum: 1RM)を測定した。測定は同一日に FBP, DBP, IBP をランダムに各種目とも被験者からの自己申告による 1RM の 50% の重量で 10 回のウォーミングアップ後, 3 分間の休息を入れながら 10kg, 5kg, 2.5kg のいずれかの増量によって挙上不可能となる重量まで試技を行った。種目間には 10 分間の休息時間を設けた。

EMG 測定時にはすべて 1RM の 70% の負荷を用いた。ただし, すべての種目において用意できるプレートの重量との関係で, 必ずしも正確な 70% 設定とすることは不可能であり, 2.5kg を最小の重量設定幅とした。測定は同一日に FBP, DBP, IBP をランダムに各種目とも

10 分間の休息時間を設けて行われた。すべての試技は肘関節屈曲局面(Elbow Flexion Phase, 以下 EFP とする)から肘関節伸展局面(Elbow Extension Phase, 以下 EEP とする)へと, 各局面 2 秒間合計 4 秒間のテンポで 3 回繰返された。繰返しのテンポは, 験者がストップウォッチを見ながら, 被験者に口頭で合図を送ることでより規定された。各種目の方法は以下の通りである (Fig.1)。

フラットベンチプレス(Flat Bench Press, FBP)

手幅は上肢を 90° 外転して肘を直角に曲げた時の両肘間の長さとした。仰臥姿勢で両足を床上に置くと共に, 試技中に臀部をベンチ台から浮かして体幹を過伸展させ胸を持ち上げる姿勢を禁止した。なお, 負荷システムにはスミスマシンを使用した (Fig.1-1)。

デクラインベンチプレス(Decline Bench Press, DBP)

手幅は上肢を 90° 外転して肘を直角に曲げた時の両肘間の長さとした。仰臥姿勢で両足をボックス台上に置くと共に, 試技中に臀部をベンチ台から浮かして体幹を過伸展させ胸を持ち上げる姿勢を禁止した。ベンチの角度は -30° とした。なお, 負荷システムにはスミスマシンを使用した (Fig.1-2)。

インクラインベンチプレス(Incline Bench Press, IBP)

手幅は肩幅より両手それぞれこぶし 1 つ分外側の幅として, 試技にあたってはバーを鎖骨上に降ろした後再び鉛直上方に挙上させた。ベンチの角度は 60° とした。なお, 負荷システムにはスミスマシンを使用した (Fig.1-3)。

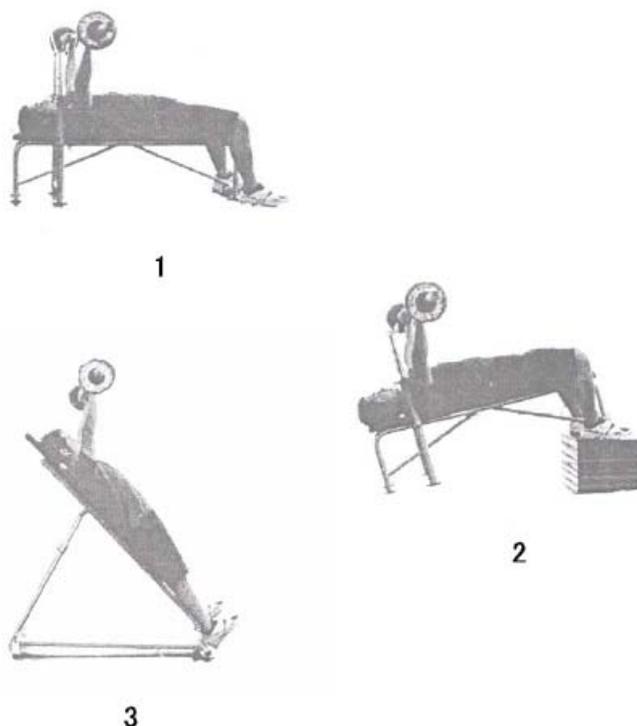


Fig.1.Three exercises examined.

1: Flat Bench Press, 2: Decline Bench Press, 3: Incline Bench Press

C.筋電図の導出

被験筋は大胸筋鎖骨部, 大胸筋胸部部, 前鋸筋下部および三角筋前部の3筋4箇所とし, すべて右側について表面筋電図により導出した. 電極の貼付箇所の同定にあたっては, 栢森(1997)の方法を参照した. 筋電図導出のための電極および不関電極には, 直径8mmの銀円盤の皮膚表面電極(小型生体電極, 日本光電社製)を用いた. 電極の装着にあたっては, 筋電図導出部位をアルコール綿と皮膚処理剤(スキンピュアー, 日本光電社製)で十分に拭き, 各筋腹の中央に2cmの間隔をとり, 粘着カラーで固定した. 得られた電気信号は, マルチテレメータシステム(WEB-5000, 日本光電社製)から, MacLab(MacLab, ADInstruments社製)に送られ, サンプリング周波数1000Hzでデジタル変換され PC (VAIO PCG-9A2N, SONY社製)に記録された.

D.肘関節角度の測定

ゴニオメータ(KINETO-ANGLE TRANSDUCER

TM-511G, 日本光電社製)を肘関節の軸と一致するように装着し角度変位を記録した. ゴニオメータのアームは, 肘関節をまたいで前腕と上腕に固定用のバンドを用いて取り付けられた. 得られた電気信号は, 筋電図と同様の経路で記録された.

E.測定値の処理と統計分析

筋電図信号は, ゴニオメータとの同期により, 各種目において肘関節屈曲局面(EFP)と肘関節伸展局面(EEP)の各局面におけるRMS値を算出し(Fig.2), さらにEFPの3分割とEEPの3分割の合計6分割におけるRMS値として処理された. そしてWhitingら(1999), Wrightら(1999)の方法にしたがい, 各種目におけるHFPとHEPの各局面におけるRMS値は, それが最大となる種目の値を基準値とする相対値で表した. その値に基づき, 筋活動水準における種目間の比較を行った. しかし, 全可動域の6分割における経時的比較には, その絶対値を用いた.

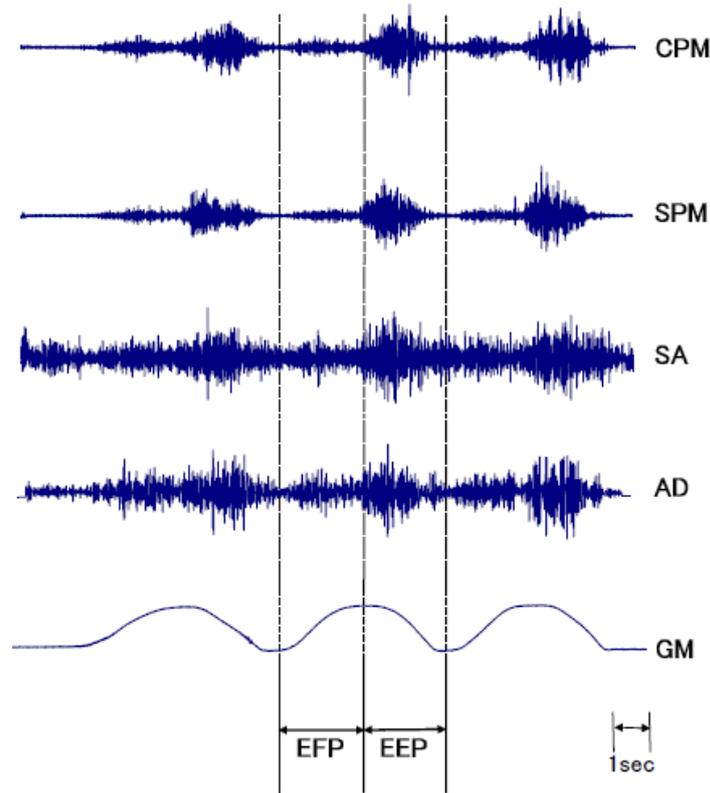


Fig.2. An example of the electromyographic and goniometric signals obtained during the decline bench press.

EFP:Elbow Flexion Phase, EEP:Elbow Extension Phase

CPM:(clavicular pectoralis major), SPM:(sternocostal pectoralis major),

SA:(serratus anterior), AD:(anterior deltoid), GM:(goniometer)

各種目から得られた同一の筋における電位のRMS値の平均値と同一種目における経時的変化の検定には、二元配置の分散分析を用いた。そして、有意差が認められた場合には、Tukeyの多重比較によって検定した。全可動域の6分割における経時的比較には、各筋についてそれぞれ最初のEFP1/3の値に対して有意差検定を行った。なお、有意水準は危険率5%未満とした。

Ⅲ. 結果

A. トレーニング種目別の比較

同一筋における基準値には、統計的に肘関節屈曲局面(EFP)と肘関節伸展局面(EEP)の両局面間に交互作用が認められなかったため、両局面をまとめて有

意差検定を行った。得られた筋電図のRMS値を基準化して比較した(Table 2, Figs. 3~6)。

大胸筋鎖骨部では、FPとDPはIPに対して有意に大きい筋放電が得られた($p < 0.01$) (Fig. 3)。大胸筋胸部部においても同様の結果が得られた。有意水準はFPとIP間で $p < 0.01$ 、DPとIP間で $p < 0.001$ であった(Fig. 4)。前鋸筋ではFPとIPはDPに対して有意に高い値であった($p < 0.001 \sim 0.01$) (Fig. 5)。三角筋においては、前鋸筋と類似した傾向が観察されFPとIPはDPに対して有意に高い値であり($p < 0.001 \sim 0.01$)また、IPはDFに対して有意に高い値であった($p < 0.001$) (Fig. 6)。

EFPとEEPの比較のために、各筋について種目ごとにEFP局面に対するEEP局面の比率を計算した(Table 2)。大胸筋鎖骨部では0.54~0.61、大胸筋胸部

部では 0.47~0.59, 前鋸筋では 0.52~0.62, 三角筋では 0.58~0.65 という値であった. 特に低い値を示したのは FP における大胸筋胸肋部(0.47)であった. 一方, 高い値を示したのは IP の三角筋(0.65)であった.

Table 2. Mean, standard deviation, and elbow flexion/elbow extension ratio of normalized integrated EMG muscle activity for the pectoralis major, serratus anterior and deltoid during the FBP, DBP and IBP.

Muscle	FBP	DBP	IBP
clavicular pectoralis major			
Elbow Flexion Phase	0.483 ± 0.160	0.490 ± 0.143	0.326 ± 0.209
Elbow extension Phase	0.841 ± 0.127	0.914 ± 0.116	0.531 ± 0.196
EFP/EEP ratio	0.57 ± 0.144	0.54 ± 0.130	0.61 ± 0.203
sternocostal pectoralis major			
Elbow Flexion Phase	0.423 ± 0.073	0.486 ± 0.127	0.332 ± 0.144
Elbow extension Phase	0.903 ± 0.115	0.971 ± 0.070	0.559 ± 0.194
EFP/EEP ratio	0.47 ± 0.094	0.50 ± 0.099	0.59 ± 0.169
serratus anterior			
Elbow Flexion Phase	0.475 ± 0.245	0.296 ± 0.147	0.420 ± 0.149
Elbow extension Phase	0.826 ± 0.207	0.477 ± 0.202	0.815 ± 0.124
EFP/EEP ratio	0.58 ± 0.226	0.62 ± 0.175	0.52 ± 0.137
anterior deltoid			
Elbow Flexion Phase	0.387 ± 0.153	0.214 ± 0.090	0.610 ± 0.177
Elbow extension Phase	0.617 ± 0.187	0.369 ± 0.240	0.940 ± 0.122
EFP/EEP ratio	0.63 ± 0.170	0.58 ± 0.165	0.65 ± 0.150

EFP/EEP ratio : Elbow flexion/Elbow extension ratio

FBP: Flat Bench Press, DBP: Decline Bench Press, IBP: Incline Bench Press

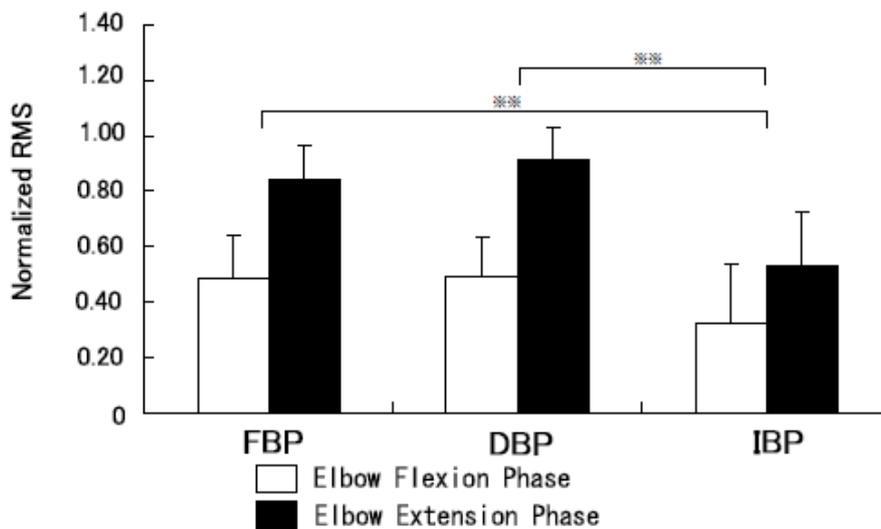


Fig.3 Mean NrmsEMG values for the clavicular pectoralis major.

FBP: Flat Bench Press, DBP: Decline Bench Press, IBP: Incline Bench Press

※ p < 0.05, ※※ p < 0.01, ※※※ p < 0.001

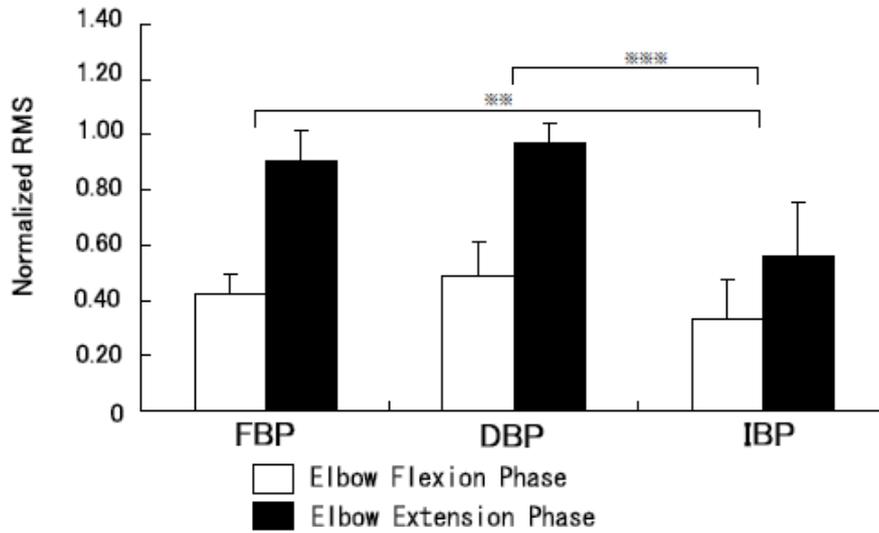


Fig.4 Mean NrmsEMG values for the sternocostal pectoralis major.
 FBP:Flat Bench Press , DBP:Decline Bench Press ,IBP:Incline Bench Press
 ※ p<0.05 , ※※ p<0.01, ※※※ p<0.001

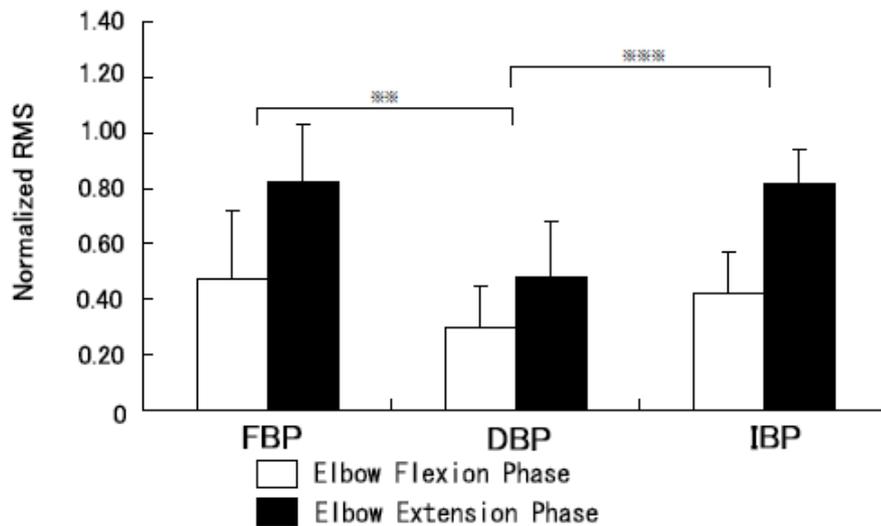


Fig.5 Mean NrmsEMG values for the serratus anterior.
 FBP: Flat Bench Press , DBP: Decline Bench Press , IBP: Incline Bench Press
 ※ p<0.05 , ※※ p<0.01, ※※※ p<0.001

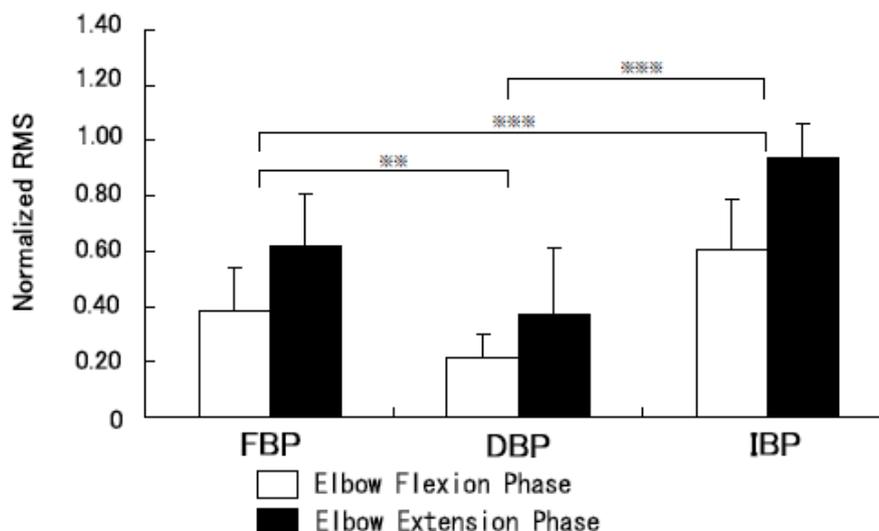


Fig.6 Mean Normalized RMS values for the anterior deltoid.

FBP: Flat Bench Press, DBP: Decline Bench Press, IBP: Incline Bench Press

* p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001

B. 可動域におけるRMS値変化

Fig.7~Fig.9は、各種目において肘関節角度1/3ごとに、全可動域における各筋のRMS値変化を示す。

FBP種目では、大胸筋鎖骨部、大胸筋胸肋部、前鋸筋および三角筋すべての筋において角度変位に伴う有意差が観察された(Fig.7)。大胸筋鎖骨部、大胸筋胸肋部ともにEEP1/3, 2/3はEFP1/3より有意に大きな値を示した(p < 0.01 ~ 0.05)。前鋸筋においてEEP2/3はEFP1/3よりもp < 0.05で有意に大きな値を示し、EEP1/3もp < 0.05で有意に大きな値を示した。三角筋に関しては前鋸筋と類似傾向が見られ、EEP3/3もp < 0.05で有意に大きな値を示したことのみに差異であった。

DBP種目では、大胸筋鎖骨部、大胸筋胸肋部および三角筋において有意差が観察された(Fig.8)。大胸筋鎖骨部においてEEP1/3, 2/3はEFP1/3より有意に大きな値を示した(p < 0.01)。大胸筋胸肋部ではEEP1/3, 2/3, 3/3ともにEFP1/3より有意に大きな値を示した(p < 0.01 ~ 0.05)。三角筋においてはEEP2/3はEFP1/3より有意に大きな筋放電であった(p < 0.05)。

IBP種目で角度変位に伴う有意差が見られた筋は大胸筋鎖骨部と三角筋であった(Fig.9)。大胸筋鎖骨部においてEEP2/3はEFP1/3より有意に大きな値を示した(p < 0.05)。三角筋ではEEP1/3, 2/3の筋放電はEFP1/3よりも有意に大きかった(p < 0.001)。

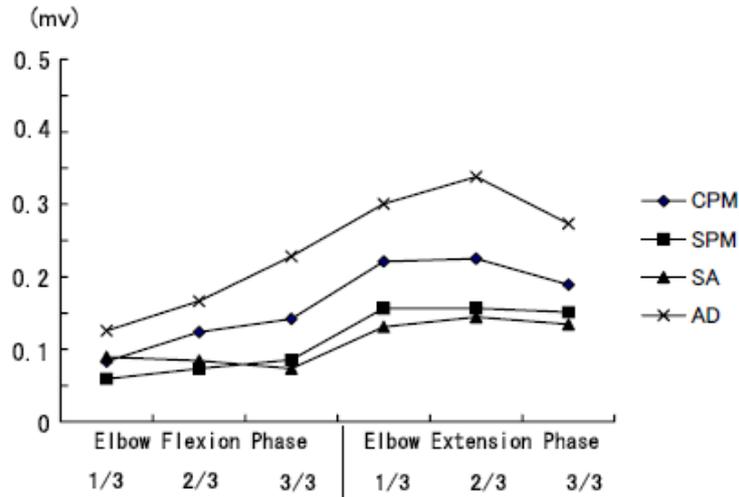


Fig.7 Mean EMG value changes for the muscles during elbow flexion phase and elbow extension phase of flat bench press.

CPM: clavicular pectoralis major, SPM:sternocostal pectoralis major

SA: serratus anterior,AD:anterior deltoid

CPM: $p < 0.01$ (EEP1/3,2/3), SPM: $p < 0.05$ (EEP1/3,2/3),

SA: $p < 0.01$ (EEP2/3) $p < 0.05$ (EEP1/3),

AD: $p < 0.01$ (EEP2/3) $p < 0.05$ (EEP1/3,3/3),

Significant difference from elbow flexion phase 1/3.

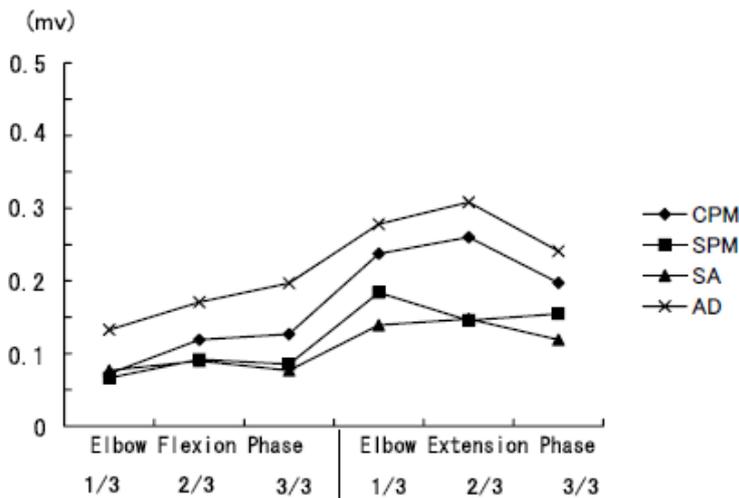


Fig.8 Mean EMG value changes for the muscles during elbow flexion phase and elbow extension phase of decline bench press.

CPM: clavicular pectoralis major, SPM:sternocostal pectoralis major

SA: serratus anterior,AD:anterior deltoid

CPM: $p < 0.01$ (EEP1/3,2/3),

SPM: $p < 0.01$ (EEP1/3) $p < 0.05$ (EEP2/3,3/3)

AD: $p < 0.05$ (EEP2/3)

Significant difference from elbow flexion phase 1/3.

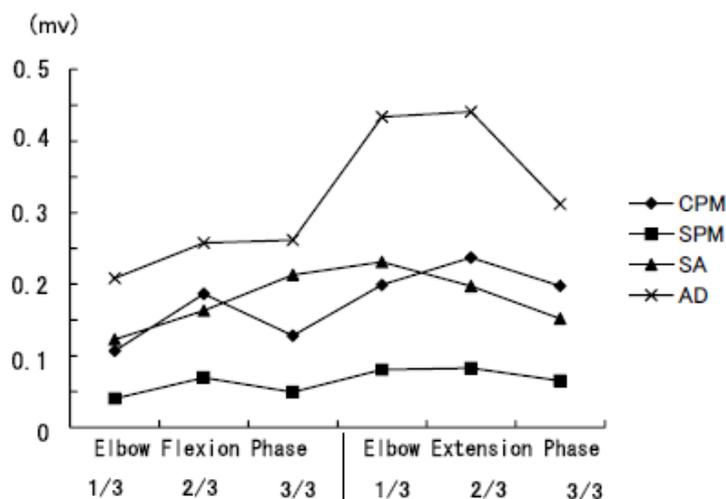


Fig.9 Mean EMG value changes for the muscles during elbow flexion phase and elbow extension phase of incline bench press.

CPM: clavicular pectoralis major

SPM: sternocostal pectoralis major

SA: serratus anterior, AD: anterior deltoid

CPM: $p < 0.05$ (EEP2/3)

AD: $p < 0.001$ (EEP1/3,2/3)

Significant difference from elbow flexion phase 1/3.

IV. 考察

大胸筋鎖骨部の筋放電に関しては, Barnett et al.(1995)は,フラットベンチプレス,インクラインベンチプレス,デクラインベンチプレス間には差が見られなかったことを報告している. 一方, Gold's Gym(1984)の記載は,大胸筋鎖骨部もインクラインベンチプレスにおける効果筋の一つであるとしている. しかし, 本研究の結果では, これらとは異なりフラットベンチプレスとデクラインベンチプレスにおいてインクラインベンチプレスよりも大胸筋鎖骨部に有意に大きい筋放電が見られた(Fig.3). Barnett et al.(1995)は,大胸筋鎖骨部の強化のために特にインクラインベンチプレスを用いることは,あまり意味のないことであると報告している. 本研究からも同様の結果が得られたが, 大胸筋鎖骨部においてデクラインベンチプレスがインクラインベンチプレスの筋放電を上回ったことは注目すべきポイントである. 両プレス間における相対重量は統一したものの絶対重量には差異があり, この結果を招いた原因の一つとして考え

られる. トレーニングの現場では, 大胸筋鎖骨部の強化にインクラインベンチプレスの実施が奨励されるが, フラットベンチプレスにおいて大胸筋鎖骨部は十分な筋活動が得られると考えられる.

大胸筋胸肋部に関しては, Barnett et al.(1995)は,フラットベンチプレスはインクラインベンチプレスとデクラインベンチプレスよりも有意に大きい筋放電が得られるとしている. また, Gold's Gym(1984)の記載は,大胸筋胸肋部はフラットベンチプレスとデクラインベンチプレスにおける効果筋であるとしている. 本研究の結果は, Barnett et al.(1995)の報告とは異なり, 大胸筋鎖骨部と同様にフラットベンチプレスとデクラインベンチプレスはインクラインベンチプレスよりも有意に大きい筋放電をもたらした(Fig.4). この結果は, フラット, デクラインの両種目において, Barnett et al.(1995)の報告とは異なるが, フラットベンチプレスがより効果的でありインクラインベンチプレスは大胸筋胸肋部の筋活動を高めるための種目としては適さないという点では一致している. 本研究から得

られたデクラインベンチプレスにおける大胸筋胸部部からのフラットベンチプレスと同等の筋放電は新たな知見である。本研究と Barnett et al.(1995)の報告には差異が見られるが、大胸筋の鎖骨部と胸部部のいずれにおいてもフラットベンチプレスが最も効果的にそれらの筋活動を高めるという点は共通した見解である。実践現場において、従来言われているように、大胸筋鎖骨部に対してはインクラインベンチプレス、大胸筋胸部部に対してはデクラインベンチプレスがより有効であるとの考え方には、疑問符がつくということが示唆される。

前鋸筋に関しては、筋電図学的研究の報告は非常に少ない。Micheal et al.(1999)は、徒手によるリハビリテーション運動において、前鋸筋の活動を報告しているが、フリーウェイトによるベンチプレス運動中の筋活動に関する報告は見られない。本研究では、フラットベンチプレスとインクラインベンチプレスはデクラインベンチプレスよりも有意に大きい筋放電をもたらした(Fig.5)。トレーニング指導書においては、Laura and Dutton(1995)がベンチプレスにおいて大胸筋、三角筋と共に主働筋の一つとして前鋸筋を挙げている。Micheal et al.(1999)は、Push-up plus や Dynamic hug などの種目において前鋸筋の活動がより大きいことを報告している。Push-up plus は、姿勢上ではフラットベンチプレスと類似していると考えられ、これは本研究とも類似した傾向であると言える。しかし、前鋸筋は全体としては肩甲骨を前方に引く作用を担い通常のプレス動作における関節可動域内ではその作用は十分に機能しないと考えられる。したがって、本研究の結果から、水平位から上体をより上方へ起こした姿勢でのベンチプレスが前鋸筋の筋活動を高めるにはより有効であるということにはなるものの、より効率的に負荷をかけるためには、通常の挙上後のさらなる押し出しが必要になるであろう。

三角筋に関しては、Laura and Dutton(1995)や Gold's Gym(1984)は、三角筋前部はプレス動作の主働筋として報告している。しかし上体の傾斜角度の異なる種目間差異についての記載は見られない。三角筋前部に関しては、本研究ではインクラインベンチプレスはフラ

ットベンチプレスとデクラインベンチプレスよりも有意に大きい筋放電をもたらし、またフラットベンチプレスはデクラインベンチプレスよりも有意に大きい筋放電をもたらした(Fig.6)。半田ら(2002)はプレス動作の上体の傾斜角度の違いが三角筋前部・中部・後部と上腕三頭筋の筋放電に及ぼす影響を明らかにした。水平位でのベンチプレス、ベンチ角度 60°でのインクラインプレス、座位による頭上へのプレスを比較して、上腕三頭筋の筋放電は上体の傾斜角度により影響を受けないが、三角筋前部・中部では水平姿勢よりも垂直姿勢においてより大きい筋活動を示す傾向が見られた。この結果はインクラインベンチプレスが三角筋前部により大きい筋放電をもたらした本研究結果と同様の傾向であった。三角筋前部において水平位でのベンチプレスがデクラインベンチプレスの筋放電より有意に大きかったことは、本研究からの新たな知見である。三角筋前部における筋放電の種目間差異は上体の傾斜角度とともに、インクラインプレスの手幅の狭さも一要因として考えられる。

本研究において、肘関節の屈曲局面と伸展局面との比率では、FBP 種目の大胸筋胸部部のような 0.5 を下回る低い値を示した一部例外はあるが、他はおおよそ 0.5 ~ 0.7 の範囲の中に入って伸展局面の RMS 値の方が高い値を示し、いずれも伸展局面の筋刺激を中心とした種目と考えられる(Table2)。この結果は、Wright et al.(1999)のレッグ・カール、スティフレッグド・デッドリフトおよびスクワット種目や、McCaw and Friday(1994)のベンチプレス種目の筋活動における Concentric Phase と Eccentric Phase の比率でもほぼ同様の傾向が報告されている。本研究では、このような両局面における比率の傾向は可動域における RMS 値変化とも関連しており、その全体的な傾向は EFP から EEP へと右上がりの変化を示している。したがって、本研究において実施したバーベルを用いるベンチプレス系のトレーニング種目は、EFP よりも EEP の効果を重視すべきトレーニング種目であると考えられる。

以上のように、本研究で実施したベンチプレス系のトレーニング種目において、大胸筋、前鋸筋および三角

筋に対する筋活動の度合には明らかな差異が観察された。その結果, 大胸筋では鎖骨部と胸肋部ともにフラットベンチプレスとデクラインベンチプレス種目の両種目において, 前鋸筋ではフラットベンチプレスとインクラインベンチプレスの両種目において効果的な筋活動が得られることが示唆された。三角筋は上体の傾斜角度がより高い種目において筋活動が促進されることが明らかになった。更に, 可動域内の EEP と EFP との比較では, それぞれの種目において各筋ともに前者の局面においての筋活動水準が高く, このような方式のトレーニング種目はすべて肘関節伸展局面の負荷刺激を中心とした運動であると示唆された。

V. まとめ

上体の傾斜角度の異なるベンチプレス系3種目, フラットベンチプレス(FP), デクラインベンチプレスおよびインクラインベンチプレス(IP)において, 大胸筋, 前鋸筋および三角筋の筋活動を分析して比較検討し, 以下のような結論を得た。

1. RMS値の基準化による比較から, 大胸筋では鎖骨部と胸肋部ともに筋活動水準は $DBP \approx FBP > IBP$ であった。
2. 前鋸筋は $FBP \approx IBP > DBP$ であり, DBP種目が最小の筋活動を示した。
3. 三角筋は $IBP > FBP > DBP$ の順となり, すなわち上体の傾斜角度が大きいプレス種目においてより筋活動が大きいことが示唆された。
4. すべての種目において, 各筋ともに肘屈曲局面に比べて肘伸展局面において高いRMS値を示す傾向が見られ, 本研究において実施したトレーニング種目は肘伸展局面の効果を中心とする運動であることが示唆された。

したがって, このような筋活動水準の結果から本研究で実施したバーベルによるベンチプレス系 3 種目において, 大胸筋では鎖骨部と胸肋部ともにフラットベンチプレスとデクラインベンチプレス種目が有効であり, 前鋸筋ではフラットベンチプレスとインクラインベンチプレ

ス種目が, 三角筋ではインクラインベンチプレスが有効な種目であると思われる。以上のことから, フラットベンチプレスは同時にこれら 3 筋に高い筋活動を引き起こすトレーニング種目であると考えられる。

文献

- 1) Barnett,C., Kippers,V. and Turner,P. (1995) Effects of variations of the bench press exercise on the EMG activity of five shoulder muscles. *J.Strength and Cond. Res*, 9:222-227.
- 2) Bauer,J.A., Fry,A. and Carter, C. (1999) The use of lumbar-supporting belts while performing squats: Erector spinae electromyographic activity. *J.Strength and Cond. Res*, 13:384-388.
- 3) Boyden,G., Kiingman,J. and Dyson,R. (2000) A comparison of quadriceps Electromyographic activity with the position of the foot during the parallel squat. *J. Strength and Cond. Res*, 14:379-382.
- 4) Clark,K.M, Holt,L.E.and Synyard.J. (2003) Electromyographic comparison of upper and lower rectus abdominis during abdominal exercises. *J.Strength and Cond.Res*, 17:475-483.
- 5) Fahey,T,D. and Hutchinson,G. (1992) *Weight Training for Women*. Mayfield Publishing Company, California: pp.119-134.
- 6) Grymkowski,P., Connors,E., Kimber T. and Reynolds,B. (1984) *Gold's Gym Training Encyclopedia*. Contemporary books, Chicago: 47-50.
- 7) Guimaraes,A, C.S., Aurelio, M.I.A. and Marantes,R. (1991) The contribution of the rectus abdominis and rectus femoris in twelve selected abdominal exercises. *J.Sports. Med. Phys. Fitness*, 31:222-230.
- 8) 半田徹, 加藤浩人, 長谷川伸, 瀧聞久俊, 岡田純一, 加藤清忠 (2002) 筋電図学的分析による筋力トレーニングのプレス系 5 種目における三角筋・上腕三頭筋の活動の違い. *ヒューマンサイエンス リサ*

- 一チ, 11:125-135.
- 9) 半田徹, 加藤浩人, 長谷川伸, 岡田純一, 加藤清忠 (2005) 筋力トレーニングのプル系 5 種目における上腕二頭筋, 広背筋および僧帽筋の筋電図学的研究. 体力科学, 54:159-168.
 - 10) 栢森良二 (1997) 筋電図のための解剖ガイド—四肢・体幹. 西村書店, 新潟. pp166-167, 176-177, 190-191, 194-195, 260-261.
 - 11) Laura,R. and Dutton,K. (1993) Weight Training for Sports. Bantam sports, Sydney: pp42-44.
 - 12) Madsen,N. and MacLaughlin,T. (1984) Kinematics factors influencing performance and injury risk in bench press exercise. Med.Sci.Sports Exerc.,16: 376—381.
 - 13) McCaw,S.T. and Friday, J.J. (1994) A comparison of muscle activity between a free weight and machine bench press. J. Strength and Cond.Res, 8: 259-264.
 - 14) Micheal,J., Decker,M., Robert,A. ,Hintermeister,P., Kenneth,M.,Richard,J. and Hawkins,M. (1999) Serratus anterior muscle activity during selected rehabilitation exercises.Am.J.Sports Med., 27:784-791.
 - 15) 森於菟, 小川鼎三, 大内値弘, 森 富 (1982) 分担解剖学 I .金原出版, 東京: pp309,334.
 - 16) Pauletto,B. (1991) Strength Training for Coaches. Leisure press,Canada: pp.164-165.
 - 17) Pick,J. and Becogue,D.M. (2000) The relationship between training status and intensity on muscle activation and relative submaximal lifting capacity during the back squat.J.Strength and Cond. Res, 14:175-181.
 - 18) Sarti,M.A, Monfort,M, Fuster,M.A and Villaplana,L.A. (1996), Muscle activity in upper and lower rectus abdominis during abdominal exercises. Arch.Phys. Med.rehabil, 77:1293-1297.
 - 19) Signorile,J.F, Zink,A.J. and Szwed. (2002) A comparative Investigation of Muscle Utilization Patterns Using Various Hand Position During the Lat Pull-down. J.Strength and Cond . Res., 16:539-546.
 - 20) Sternlicht,E. and,Rugg,S. (2003) Electromyographic analysis of abdominal exercise devices and a traditional crunch.J.Strength and Cond . Res., 17:463-468.
 - 21) Wagner,L.L., Evans,S.A., Weir,J.P.,Housh,T., Jand Johnson,G.O. (1992) The effect of grip width on bench press performance. Int.J.Sport Biomech., 8: 1—10.
 - 22) Wretenberg,P., Feng,Y. and Arborelius, U.P. (1996) High- and low-bar Squatting techniques during weight-training.Med.Sci.Sports Exerc. ,28(2):218—224.
 - 23) Whiting,C.W., Rugg,,S., Coleman,A. and Vincent,J.W. (1999) Muscle activity During sits-ups using abdominal exercise devices.J.Strength and Cond. Res, 13:339-345.
 - 24) Wilson,G.J., Elliot,B.C. and Kerr,G.K. (1989) Bar path and force profile characteristics for maximal loads in bench press. Int.J. Sport Biomech., 5: 390—402.
 - 25) Wright, G.A., Delong, T.H. and Gehlsen ,G. (1999) Electromyographic activity of the humstrings during performance of the leg curl,stiff-leg deadlift,and back squat movements.J.Strength and Cond . Res, 13:168-174.
 - 26) Yessis,M. (1992) Kinesiology of Exercise.Masters Press, IN: pp.33,43.