

スポーツ栄養剤におけるホスファチジルセリン(PS)の使用

～トレーニングは厳しく、ただしスマートに。精神的ストレスと闘う際にも有効なPS～

ラルフ・イエーガー博士

デグサバイオアクティブス社・研究開発担当取締役
(リパミン広報センターアドバイザー)

1. 過度のトレーニング

過度のトレーニングは、競技スポーツにおいて自然に伴っている危険と言える。練習の無理が機能・免疫力の低下、怪我、精神的な抑鬱状態などの結果をもたらすが、時には重症となる場合がある¹⁾。若い女性運動選手は、過度のトレーニングによって骨密度の低下という深刻な結果になる傾向がある。トレーニング過度の初期段階、例えば1回か2回の練

習で無理をし過ぎたような場合には、筋肉痛が起こり、休憩時や軽い運動をしている際の心拍数、およびコルチゾール・レベルが増大し、テストステロンのレベルが低下する。そのとき身体は調節困難になっているが、普通は数日間の休息で回復する。慢性的なトレーニング過度によって、しばしば同化促進（筋肉を作る）ホルモンであるテストステロンと、異化促進（筋肉を消耗させる）ホルモンであるコルチゾールの比率が好ましくない状態に陥る。

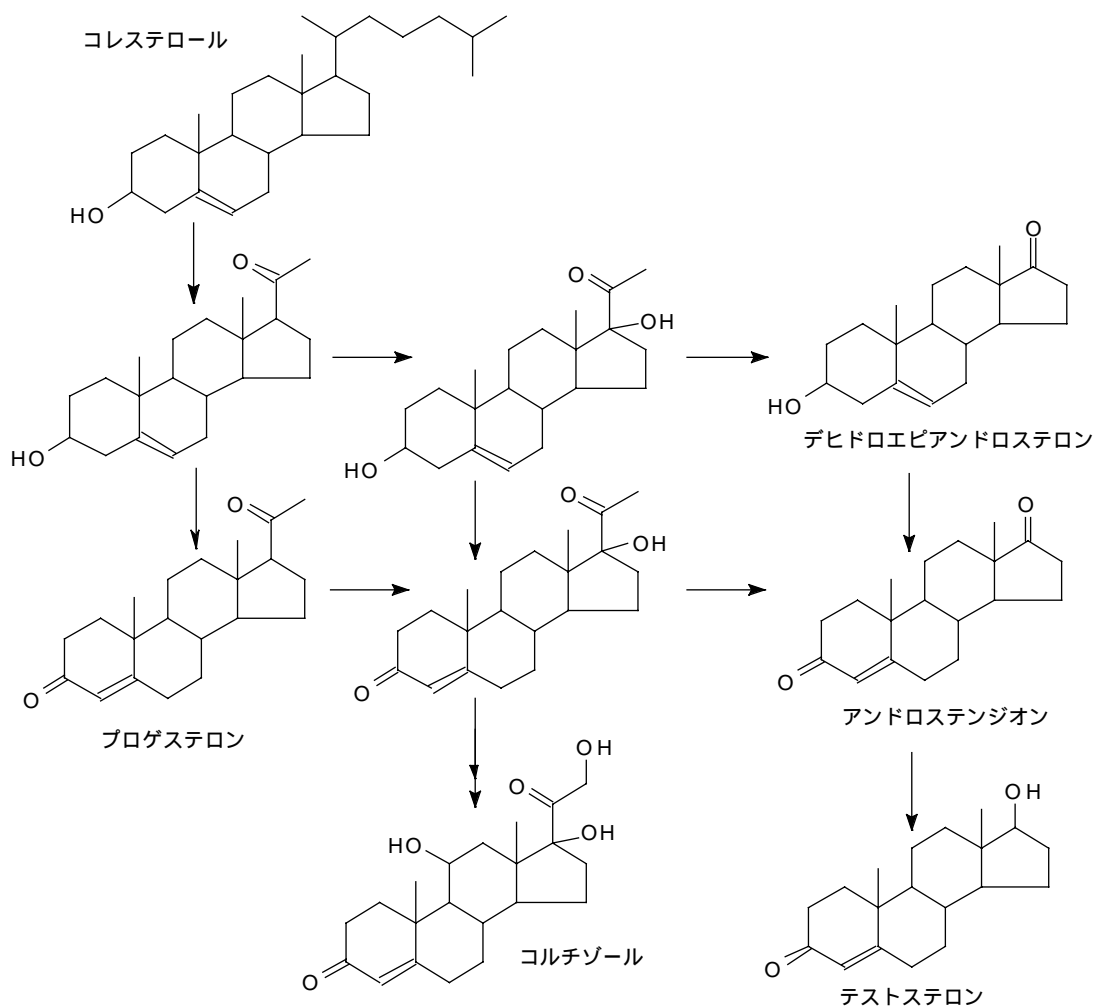


図1 コルチゾール（異化の促進：筋肉の分解を含む）およびテストステロン（同化の促進、筋肉内における蛋白質合成の刺激）の生合成経路

2. コルチゾールとテストステロン

テストステロンは同化作用を促進する性質を持ち、蛋白質合成を刺激して筋肉を増強する。一方コルチゾールは、テストステロンとは逆方向に働き、運動選手が苦勞して身に付けた筋肉を分解させてしまう。異化促進ホルモンであるコルチゾールは、筋肉の蛋白質をアミノ酸に分解し、肝臓はそのアミノ酸をブドウ糖に変えて、アミノ酸が筋肉細胞に取り入れられるのを妨げる。コルチゾールもテストステロンもコレステロールから生合成されるステロイドホルモンで、筋肉を増強するテストステロンと筋肉を消耗させるコルチゾールの比率を最適化させることが、運動選手の努力目標の一つである。運動選手にとって、厳しい鍛錬は競争力を身に付けるために不可欠だが、ハード・トレーニングは筋肉内に薬も毒も発生させる。激しい練習の結果コルチゾールとテストステロンが放出されることにより、運動選手はジレンマに直面する。トレーニング・プログラムは、トレーニング過多に陥らないようにしながら運動選手の技能を高めるほどの激しさをも求めなくてはならない。

コルチゾール/テストステロン・レベルの調節に重要なもう一つの物質は、副腎皮質刺激ホルモン (ACTH = Adrenocorticotropic Hormone : コルチコトロピン) である。運動後にACTHレベルが上昇すると、コルチゾール・レベルが高くなる。筋肉を増強するテストステロン合成経路を援助し、コルチゾールに誘発される筋肉の分解を阻止するために、アナボリック・ステロイド (テストステロンとその前駆体) を用いる運動選手 (アスリート) たちがいる。しかし、アナボリック・ステロイドの長期使用は、男性不妊症の原因となったり、肝臓腫瘍、腎臓障害、および心臓病のリスクを増大させる場合がある。

3. ホスファチジルセリン(PS)の補充によって、運動に誘発されるコルチゾール・レベルの上昇が抑止される

運動前にホスファチジルセリンを補足投与することによって、運動に誘発されるコルチゾール・レベルの上昇を予防し、かつハード・トレーニングに係る他の標識を改善できるか否かを研究するため

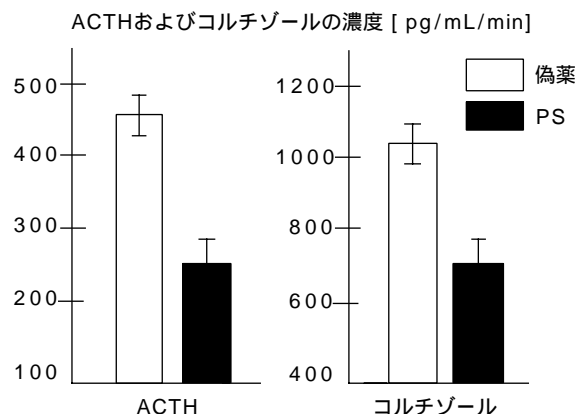


図2 運動に対する血清中ACTHおよびコルチゾール・レベルの応答

PSの補足投与により、運動に対するACTHおよびコルチゾール・レベルの応答は著しく抑制される²⁾。

に、対照に偽薬 (プラセボ) を用いた二重盲検法による複数の臨床試験が実施された。

3-1. サイクリング

身体を鍛えていない健康な24~42歳の男性志願者8人を使って、1週間の間隔を置いて3回ずつの、サイクリング運動によるエルゴメーター (筋肉作業量測定) 試験を実施した。試験開始10分前に、被験者に偽薬かホスファチジルセリンを静脈注射によって投与した。予想通り、偽薬群では身体の運動の結果、ACTHおよびコルチゾールのレベルが著しく上昇した。しかし、ホスファチジルセリンの補足投与を受けた群では、運動に対するACTHおよびコルチゾール・レベルの応答の著しい抑制が見られた²⁾。

1日当り400mgまたは800mgのPSを10日間経口投与しても、同様の結果が得られた^{3, 4)}。無作為化されたクロスオーバー手法による偽薬対照二重盲検法による試験で、モンテレオン (Monteleone) 等は、PSの補足投与によって、身体の運動 (サイクリング運動によるエルゴメーター試験) に対するコルチゾールおよびACTHの応答が抑制されることを示した。偽薬の場合に比べ、PS800mg投与の場合にはコルチゾールのレベルが30%低く、PSの補足投与によって運動に対するストレス応答の強さを和らげることが証明された。

3-2. ウェイト・トレーニング

カリフォルニア州立大学で1998年に実施された研究は、リパミンPS (Degussa BioActives社製品) をウェイト・トレーニングの経験を積んだ運動選手に投与した場合のホルモン・レベル、筋肉痛、および

充足感に対する影響を調べた⁵⁻⁷⁾。2週間のトレーニング期間中、ウェイト・トレーニングを受ける11人の運動選手（年齢 22.8 ± 3.4 才、体重 69.0 ± 3.9 kg、身長 170.2 ± 2.8 cm）に、偽薬もしくは1日当り800mgのリパミンPS（Degussa BioActives社製品）を投与する試験（二重盲検法、偽薬を対照として使用、クロスオーバー手法）を行なった。ウェイト・トレーニングは被験者をオーバートレーニングに陥らせるように計画され、運動選手が普通行うトレーニング

よりもはるかに苛酷なプログラムで実施された。被験者たちは、それぞれ2週間のトレーニング期間中、週4日できる限り激しいトレーニングを行い、しかもそれぞれの鍛錬メニューで限界一杯の重さの器具を使用するように指示された。3週間の原状復帰段階の後に、運動選手たちは摂取する薬剤を切り替え、続く2週間、同じトレーニングのプログラムを繰り返した。

主観的尺度の内では、オーバートレーニングの標識として最も信頼できると考えられる充足感と筋肉痛が解析された。偽薬投与の場合よりも、PSを摂取している時の方が、運動選手たちの筋肉痛ははるかに軽度であった。

運動選手が感じる充足感は、心理面と競技精神に少なからぬ影響を及ぼす。被験者たちの充足感はリパミンPS（Degussa BioActives社製品）を投与された場合に、計測可能な改善を示し、特にトレーニングの最初の1週間後には、目立った改善が見られた。

また激しいウェイト・トレーニング後、リパミンPSを摂取した被験者では、コルチゾール・レベルの顕著な低下が見られた。

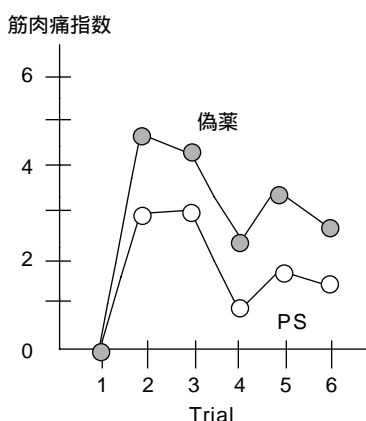


図3 PS投与による筋肉痛の軽減

筋肉痛指数
 10：極度の筋肉痛で衰弱が甚だしい
 8：筋肉痛がひどく日常の活動に支障がある
 6：筋肉痛で不快感が強い
 4：筋肉痛はあるが活動に支障はない
 2：軽度の筋肉痛
 0：筋肉痛なし

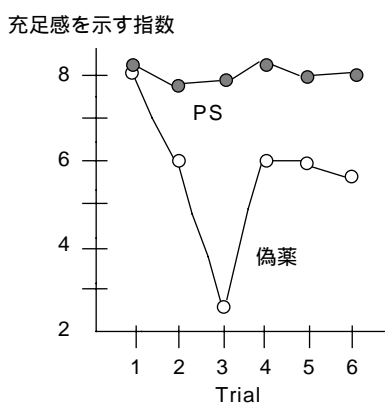


図4 PSによる充足感の顕著な改善

充足感を示す指数
 10：最高の気分
 8：非常に良い気分
 6：まずまずの気分だが疲れを感じる時もある
 4：ほとんどの場合に疲労感があるが機能は正常
 2：疲労感。精力減退で日常生活に支障あり
 0：極度の疲労感。流感類似の症状、極度の衰弱

3-3．長距離ランナーの選手

最近、セントクラウド州立大学で実施された研究により、リパミンPS（Degussa BioActives社製品）

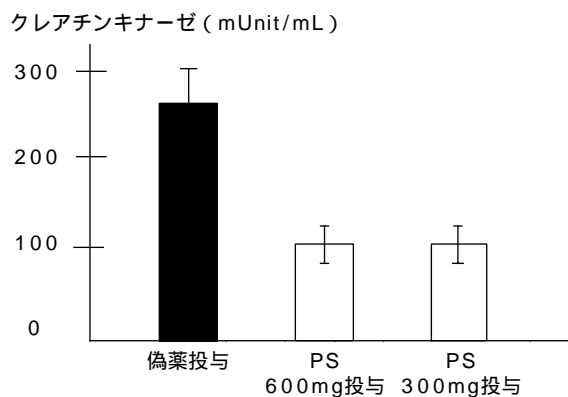


図5 PSの補足投与によるクレアチンキナーゼ・レベル（筋肉の損傷を示す標識）の顕著な低下

クレアチンキナーゼは、運動後の骨格筋の損傷を示す標識である。平均クレアチンキナーゼレベルは、偽薬（247.8 U/L）に比べ、PS 600mg（98.1 U/L）およびPS300mg（87.7 U/L）投与の場合が著しく低い⁵⁾。

を補足投与することにより、運動してから24時間後のクレアチンキナーゼ（CK）レベルが著しく低下することが示された。CKレベルは、細胞膜の損傷と筋繊維の壊死を示す標識であることが一般に認められている^{8, 9)}。トレーニングを積んだランナー12人に300または600mg/日のPS、もしくは偽薬を15日間投与し、その後、このクロスオーバー手法による二重盲検法による試験の15日目に、90分間のランニングを行わせた。健康で休養十分な筋肉では、クレアチンキナーゼは筋肉細胞の形質膜中に含まれており、血液中のレベルは低いのが普通である。激しい運動や活動によって筋肉の損傷が起こると、血清および血漿中のクレアチンキナーゼのレベルが上昇する。リパミンPS（Degussa BioActives社製品）の補足投与を受けた熟練ランナーの場合、偽薬の投与を受けた者に比べて、著しい運動直後の状況改善が見られた。

4 . ホスファチジルセリンと精神的ストレス

精神的ストレスと肉体的ストレスは密接に関連しており、人体に同一の応答を起させる。若い健康な志願者を用いた最新の研究では、PSを補足投与すると精神的ストレスと闘う際に有効であることが示されている。男性の大学学部学生48人が、30日間、1日当り300mgのリパミンPS（Degussa BioActives社製品）または偽薬の投与を受けた。これらの学生たちは、その後に難解な数学の課題を与えられ、精神的ストレスを誘発させるようにした。PSを補足投与した結果、統計学的に有意なレベルで、頭が冴え、平静で、自信に満ちた感覚、および張り切った意気盛んな感覚が改善された¹⁰⁾。

年をとると頭脳の働きが鈍くなる傾向があるが、ホスファチジルセリンは長くその改善に用いられてきた。リパミンPS（Degussa BioActives社製品）を用いた数多い臨床試験で、名前や顔や数を覚える記憶課題での改善、さらには学習、集中力、気分および挙動における改善が示された。環境に対する関心や注意の幅広さが増大する一方で、モチベーション、社会性および自発性の喪失度が低下することが観察されている¹¹⁾。身体的ストレスに対するPSの効能は証明済みだが、PSはそれらに加えて、運動や作業の間、皆様の精神面をお守りする助けとなり得るで

あろう。

5 . 運動選手に対する有効用量

成人は1日当り約100gの脂質を消費するが、その約16%はリン脂質の形で消費される。そのリン脂質中に含まれるホスファチジルセリンの量は、食物により0.1~12%とまちまちである。PSは、主として動物の内臓、例えば脳や肝臓中に見られる。私達の現代風食餌の変化（低脂肪、低コレステロール）およびBSE（狂牛病）騒ぎのせいで、毎日のPS消費量が著しく減少している。今日の食餌による平均PS消費量は、臨床試験から導かれた有効用量よりもはるかに少ないものであり、現在では、食餌をPSで補足する必要があることが示されている。

スポーツ医学の研究におけるリパミンPS（Degussa BioActives社製品）の有効用量は、短期間（10~15日間）の施用ならば1日当り300~800mgの範囲である。身体的ストレスと密接に関連している精神的ストレスに対する有効用量は、30日間投与の場合1日当りリパミンPS 300 mgである。しかしながら、認識機能に関する長期間の研究では、1日当りリパミンPS100mgという低用量でも、無視できないほどの生理的効果が認められている。運動選手に対する最低有効用量は、現在のところ知られていない。臨床試験の結果から、運動選手は規則的なトレーニングの間には1日当り100mgのリパミンPSを摂取し、極度に激しいトレーニングの前には、2週間にわたって高用量（1日当り400~800mg）を摂取するのが適切であろう。

ホスファチジルセリンは大豆から得ることができ、天然物としての大豆の組成は種々異なっており、リパミンPS（Degussa BioActives社製品）はスポーツにおける栄養補給に有効であることが証明された唯一の大豆由来製品である。

6 . 結 論

PSは、スポーツの練習に誘発されるストレスと闘い、練習のし過ぎ（過剰トレーニング）に伴う身体の疲労を和らげるのに有効な補助栄養剤である。サイクリング運動、ウェイト・トレーニングおよび耐久走に従事した運動選手を対象として行われた研究

の結果は、PSは回復を早め、筋肉痛を予防し、運動選手たちが苛酷なトレーニング中にも最高の気分を保つ助けとなり得ることを示唆している。PSはコルチゾールを抑制するが、その効果はコルチゾール放出を制御するホルモンの働きを阻害し、それによって筋肉組織からのアミノ酸の移動性を低下させている可能性が最も高いと思われる。可能なもう一つのメカニズムは、筋肉の外傷に反応して生ずるホスホリパーゼによる損傷からの筋肉膜の保護である。PSはブドウ糖が筋肉細胞内に搬入される速度を高め、それらの細胞を価値ある栄養素の喪失から防護する。結論として、PSは運動選手がより厳しいトレーニングができるよう、そしてより速やかに回復することができるようにする効果がある。

参考文献

- 1) T.D. Fahey. : Biological markers of overtraining. *Biol. Sport*, 14, 1-19(1997); H. Kuipers, H.A. Keizer. : Overtraining and elite athletes: Review and directions for the future. *Sports Med.*, 6, 79-92(1988)
- 2) P. Monteleone, L. Beinat, C. Tanzillo, M. Maj, D. Kemali. : Effects of Phosphatidylserine on the Neuroendocrine Response to Physical Stress in Humans. *Neuroendocrinology*, 52, 243-248(1990)
- 3) P. Monteleone, M. Maj, L. Beinat, M. Natale, D. Kemali. : Blunting by chronic phosphatidylserine administration of the stress-induced activation of the hypothalamo-pituitary-adrenal axis in healthy men. *Eur. J. Clin. Pharmacol.*, 41, 385-388(1992)
- 4) B. Fritz. : Phosphatidylserine: Have we found a Medically Proven Cortisol Antagonist at Last? *IM*, February, 74-75(1996); B. Fritz. : Phosphatidylserine: Can this natural supplement reduce cortisol elevation from workouts? *Muscle & Fitness*, October ,98-100(1996)
- 5) E.R. Burke, T.D. Fahey. : Phosphatidylserine (PS): Promise for Athletic Performance. Keats Publishing, New Canaan, Connecticut, USA, ISBN: 0-87983-979-1(1998)
- 6) E.R. Burke. : PS: An Answer To Intense Training. *Nutrition Science News* , 3, 252-253(1998)
- 7) T.D. Fahey, M.S. Pearl. : The Hormonal and Perceptive Effects of Phosphatidylserine Administration During Two Weeks of Weight Training-Induced Over-Training. *Biol. Sport*. 15(2), 135-144(1998)
- 8) K.M. Fernholz, J.G. Seifert, D.W. Bacharach, E.R. Burke, O. Gazal. : The Effects of Phosphatidylserine on Markers of Muscular Stress in Endurance Runners. Annual Meeting of the American College of Sports Medicine, *Indianapolis*, June 3rd (2000)
- 9) E.R. Burke. : Phosphatidylserine Protects from Muscle Damage. *Nutrition Science News*, 5, 371-372(2000)
- 10) D. Benton, R.T. Donohoe, B. Sillance, S. Nabb. : The Influence of Phosphatidylserine Supplementation on Mood and Heart Rate when Faced with an Acute Stressor. *Nutritional Neuroscience*, 169-178(2001)
- 11) T.H. Crook. : The PS Factor: The key to peak mental performance for life. Mind Publishing, Burnaby, B.C., Canada, ISBN: 0-9685168-0-7(1999); T.H. Crook. : Treatment of Age-Related Cognitive Decline: Effects of Phosphatidylserine. In *Anti-Aging Medical Therapeutics*, Vol II, edited by R.M. Klatz, Health Quest Publications, Chicago, 20-29(1998); P.M. Kidd. : Phosphatidylserine: The nutrient building block that accelerates all brain functions and counters Alzheimer's disease. Keats Publishing, New Canaan, Connecticut, USA, ISBN: 0-87983-755-1(1998); R. Jäger. : Phosphatidylserine. *SIE* ,January/February, 39(2002)

ラルフ・イエーガー博士 / Dr.Ralf Jäger



1994年 有機化学、無機化学、物理化学学士取得、1997年 ドイツ・ボン大学卒業にて合成有機化学博士号取得、1998年 アメリカ・カリフォルニア工科大にて生物有機化学博士号取得、1999年 SKW トロストバーク、ファインケミカルズ部門において、ダイエタリーサプリメント開発を手掛ける。2000年 デグサ社ヒューマンニュートリション研究開発部門部長に就任後、現在、同社のバイオアクティブ部門研究開発担当取締役役に就任。