

リラクセーションのための飲用水が筋電図 および尿中化学成分に及ぼす影響

村本 茂樹

Influence of Administering of Some Drinks for Relaxation on Electromyogram (EMG)
and Chemical Composition of Urine

Shigeki MURAMOTO

要 旨

人体の体重の約60～70%は水である。平常時の成人一人当たりの水の摂取量は約2 Lである。飲料水と食物からそれぞれ1 L、そのほかに体内代謝から0.5 Lが必要とされる。スポーツなどでは多量の水分補給が必要となるが給水には量と質の問題がある。ここでは、質の異なる飲用水がいかなる影響を身体に与えるか筋電図測定値（EMG）の積分値からリラクセーション獲得の比較を行った。典型的な飲用水として痙攣防止剤のツムラ68、カルシウム電解液、およびアルコール（ビール）を飲用した際の筋電図を三谷式の筋緊張度減衰法の処方を行い投与影響を調べた。その結果、カルシウム水は筋電図の乱れの影響がほとんどなく、痙攣予防のツムラ68とアルコール（ビール）に differential control の乱れ現象の発生が認められた。また尿中成分の変化もみられ今後の詳細の研究が待たれる。

キーワード：リラクセーション、飲用水、投薬、筋電図（EMG）、尿中成分

はじめに

人々が文化祭の発表会や運動会等、パフォーマンスを行う時あがりの克服やスタミナ確保のために、何らかの薬を服用する事例がかなりある。一般に投薬の影響の研究の多くは何らかの疾患を持つ、患者に対する薬効としての研究がほとんどである。スポーツにおけるパフォーマンスと投薬（種々の飲料水の服用も含むが以後投薬と記す）の影響は筋肉増

強の目的で使用される男性ホルモンにその典型例をみることができる。

スポーツ選手達は自らの体力的弱点を少しでも捕捉しようとして、薬をはじめ様々なものを服用することが多い。例えば、筋肉痙攣を防ぐために痙攣予防剤の服用、スタミナが心配されるビタミン剤やいわゆるスタミナドリンク剤の服用、さらにはあがりを抑えるために精神安定剤の服用等様々なケースが

ある。

しかし、スポーツマン以外の一般人の投薬による筋肉や神経への影響についてはあまり知られていない。特にオリンピック等のようにドーピングチェックが行われる場合は問題は無いのだが、ドーピングチェックの無い国内大会等では選手達は様々な投薬をしているケースが多く、それが肉体的、生理的にどのような現象として現れるのかについてはほとんど検討されていないと言っても過言ではない。最も高いパフォーマンスにおいては心技体がバランスされ、しかも学習曲線に対し、パフォーマンス曲線が上回った時、それは実力以上の力を発揮したことになる。その逆にコンディショニングの失敗等による体力的要因以外に心理的要因が起因して、パフォーマンスが明らかに低下することもしばしば発生する。この心理的要因によるパフォーマンス低下現象はアクチベーションレベル（覚醒度）により左右されると考えられ、大脳あるいはその人の活性度、すなわち緊張度との関係が高く、ある程度まで緊張度が増すとパフォーマンスの結果は良くなるが¹⁾、過緊張の状態に至ると全く自分の意志を失い成績は明らかに低下することになると言われている。しかも更に厄介なのはこの緊張度の変化のコントロールが極めて難しいことである。さらには投薬等の他の条件が加わるともっと複雑になるわけである。

最高の心理状態でパフォーマンスができる状況をIPS (Ideal Performance State) と呼び、この状態が一流選手には要求されるし、一般の人でも良い心理状態にあるといえ、これは積極的に獲得されるものであるといわれている²⁾。この状態とは、「肉体的にリラックスしていて、気負いなく、むしろ落ち着いていて、不安が無く意欲的な気持ちである。楽観的に構え、ゲーム自体が楽しく無理をせずに自然なプレーができる。頭がさえ、注意力や集中力が高まり自信が感じられる。さらに、自己コントロールができていくという意識がある状態」とジムレーヤーは

述べている²⁾。

このIPSの状態の最も大切な肉体的リラックスと精神的落ち着き（リラックス）の要素を獲得する方法はいわばコーチングの重要なポイントの1つでもある。

これまで精神的練習としての心の調整の問題と肉体的リラクゼーション獲得の問題としてそれぞれ研究され、多くの報告がある¹⁾²⁾³⁾。しかし、なんらかの投薬によるパフォーマンスへの影響に関する研究は数少ない。そこで、投薬によるコンディショニングの方法の肉体的影響を知るために、投薬前と投薬後の筋電図 (EMG) の比較および尿中成分 (Ca、Mg、Na、K、Cl、SO₄、NO₃) の比較から検討を行った。同時に、心理学的療法によるリラクゼーションの獲得の影響をみるために、三谷の方法⁴⁾による筋緊張度の減衰法（リラクゼーション）の処方を組み合わせて、投薬の影響を検討した。

ここで検討する投薬による筋電図のパターン変化⁵⁾および尿中の成分変化⁶⁾は多くの要因の複合としてこれらに反映すると考えられ、生理学的に明瞭な考察および結論は単純には得れないが、実際のスポーツのパフォーマンス時における投薬の影響解析および評価のための基礎的資料として報告する。

1. 実験方法および装置

筋電図測定法：実験方法は三谷式により、心理的処方と投薬による筋電図測定実験は岡山大学文学部心理学教室実験室で実施した。三谷教授による心理的リラクゼーションの獲得法⁴⁾を併用して、投薬の前後の筋電図を測定し、その比較による投薬の筋電図に対する影響を検討した。心理的リラクゼーションの方法の概略を図1に示した。

また、筋電図測定装置は日本光電 kk ポリグラフシステム（筋電図アンプ AM-601G）を使用した。電灯コントローラーのある実験ベッドに仰向けに横たわり、テープに吹き込まれた心理処方の教示

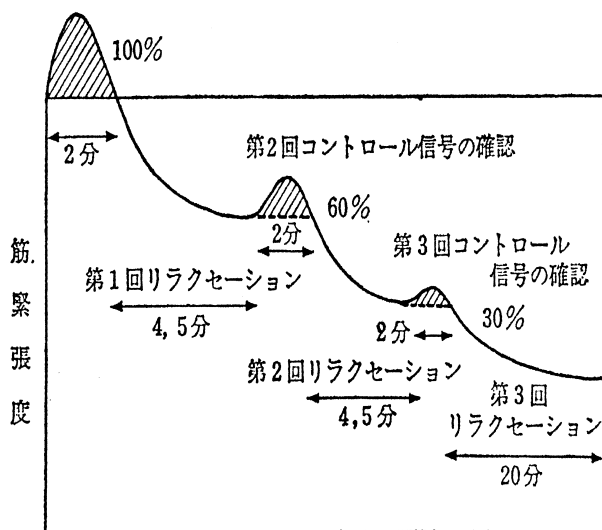


図1 三谷式リラクセーション法による筋緊張度の時間的減衰の理論曲線⁴⁾

に従って、図1の手順で投薬前の筋電図を測定した。まず右足首のみを最大の力で曲げて約3分間継続し（100%トルク）、ついで「ハハリとハンカチーフが落ちるように」脱力（リラクセーション）を2分間、次に60%の力で2分間、足首を曲げる、再度、脱力を2分間し、最後に30%の力で3分間足首を曲げ、その後、再び脱力をする。各々の薬を服用後、約1時間経過時に先の手順と同じ方法で投薬後の筋電図を測定した。

なお筋肉への電極の装着は5チャンネルとし、皿電極をそれぞれ上腕二頭筋(2)下腿筋(2)およびアース(1)に装着した。

採尿：投薬前の筋電図測定直前に採尿を行い、完全放尿状態にし筋電図測定を終わり、次に投薬後の筋電図測定後約2～3時間経過した時点で投薬後の採尿を行った。

薬品：本実験では3種類の薬についてのみ行った。痙攣予防剤として、漢方薬の「ツムラ68番」を用い、4gを吸収を速めるために湯で溶解して服用した。これは芍薬甘草エキス顆粒で甘草（*Glycyrrhizae Radix*）および芍薬（*Paeonia Radix*）が混合された生薬である。主要成分はそれぞれトリテルペノイド配糖体（サポニン）およびモノテルペ

表1 イオンクロマトアナライザーの分析条件

装置	：イオンクロマトアナライザー Model IC-500
プレカラム	：陰イオン用プレカラム 4.6×50mm
分離カラム	：陰イオン陽カラム 4.6×250mm
サプレッサー	：陽イオン交換膜チューブ形
温度	：40℃
溶離液	：0.04M NaHCO ₃ / 0.04M Na ₂ CO ₃
除去液	：0.05M DBS 2 ml/min
レンジ	：Cl ⁻ のみ 1 mS/cm FS, その他100μS/cm FS
分析法	：5～10μlの尿を直接注入、標準溶液より検量

ン配糖体等である。薬理作用の主なものは鎮静、鎮痙および消炎作用であり、急迫症状を抑制することと、筋肉の硬化引き攣りによる疼痛症状の治癒である。また安定剤および痙攣予防剤としてカルシウム電解液（タチカワペニシリンkk、Ca²⁺80mg/100mL）を用い、40mlを服用した。さらに亢進剤としてはアルコール（エビスビール、アルコール5%）を用い、400mlを服用した。

尿分析法および装置：pHはpHメーター（HORIBA F-13）を使用した。またCa, Mg, Na, kは常法により原子吸光装置（Jarrell-Ash社製、AA-8200型）を用い分析し、陰イオンのF⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻, NO₃⁻はイオンクロマトグラフ装置を用いて分析を行った。イオンクロマトアナライザーの尿の分析条件をTable 1に示す。

被験者：個体差を少なくするためおよび実験装置との関係から1名とし、国体および全日本選手権の経験を持つテニスプレーヤーを選んだ。

実験結果および考察

2. 投薬による筋電図の変化

2-1. 「ツムラ68」の服用による筋電図測定値の変化

筋電図の周波数成分は10～2000Hzの範囲である。測定電圧は平静時は20μVで測定したが、足首

にそれぞれ既定の differential control を送った時は 200–400 μ V で測定した。今回は下腿筋のデーターのみについて以後検討する。100%, 60%, 30% の各 differential control を送る前、および各リラックスに入る前の60秒間における波高の積分値の10秒毎の平均を算出し、作図し図 2 a～図 4 b に示した。

「ツムラ68」を服用すれば明らかに筋電図の波形に変化が見られ、薬効が認められた。すなわち、服用後の特徴的变化は differential control が乱れ、100%, 60%, 30% のいずれの時でも投薬前に比べかなり低い値を示し、各 differential control に乱れ現象の発生が確認された。しかし、最終的なリラクゼーション時の波高は低く、リラクゼーションは獲得された結果を示した。これらのことから、痙攣常習者がその防止のために「ツムラ68」の服用を行いプレーする場合、痙攣防止効果と同時に服用前よりやや低い筋肉緊張度への differential control の乱れをも伴うことを示唆する結果を示した。つまり、投薬により筋肉のコントロールを含め、身体のコーディネーションバランスを失う結果が示された。もちろん、筋肉の緊張は減少し、リラクゼーションと類似した値を示すが、differential control の乱れ等から判断して、鎮静効果による脱力とも推測される。しかし、この点は明確ではない。

2-2. カルシウムの服用による筋電図測定値の変化

同様の方法でカルシウム服用前後の筋電図の積分値より作図し、Fig. 6a–6 b に示した。「カルシウム電解液」の20g 服用1時間後における筋電図測定値から先の「ツムラ68」の結果とは反対に、differential control の乱れはほとんど無く、各 differential control において、服用前に比べやや強い筋肉緊張度を示した。すなわち、カルシウム投与による筋肉の動作性はやや高い緊張度に保たれ、リラクゼーションも獲得できているといえる。このことは、痙攣常習者により現実に行われているプレー前のカルシウム粒剤

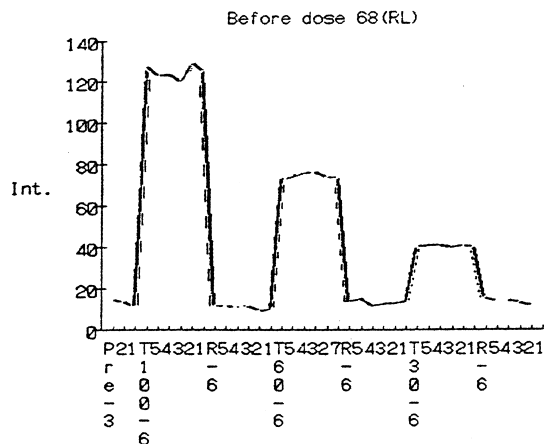


図 2 a 投薬前のリラクゼーション処方時の筋電波高の10秒毎の積分値図

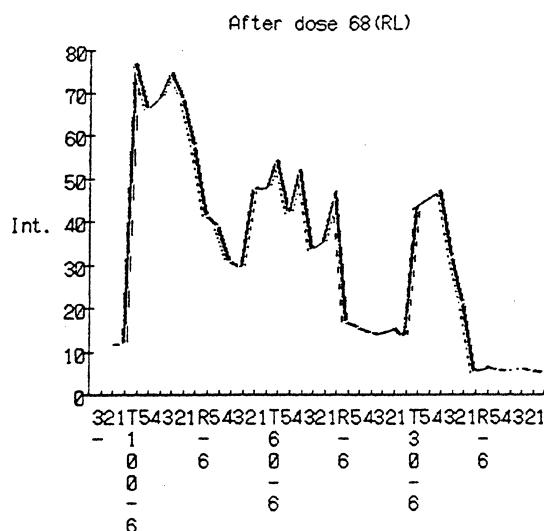


図 2 b 「ツムラ68」投薬後の筋電波高の10秒毎の積分値図

の服用効果はあるものと推測される。本実験ではカルシウムの吸収率を高めるためと、吸収速度を速めるために、カルシウム電解液を用い投与した。したがって、カルシウム電解液に比べやや吸収率と吸収速度の劣るカルシウム粒剤の効果を得るためには、すこし時間的に早めに服用することと、お湯で飲むことが必要と考えられる。またカルシウムは電解質のなかでも身体中に最も多量に含有され、成人約60 kg として約1,000mg のカルシウム量であるが、大部分は硬骨組織（骨、歯）に含有されている。

一部分は非結晶性リン酸カルシウム、炭酸カルシ

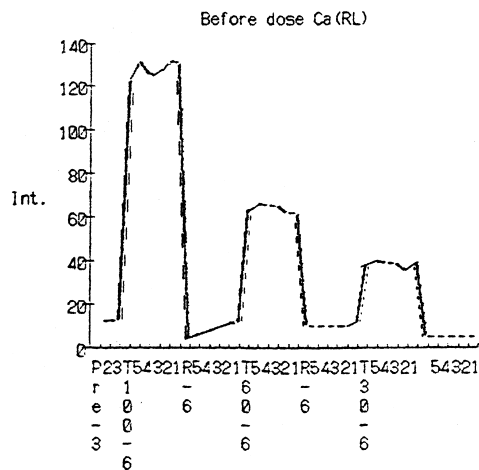


図3 a 投薬前のリラクセーション処方時の筋電波高の10秒毎の積分値図

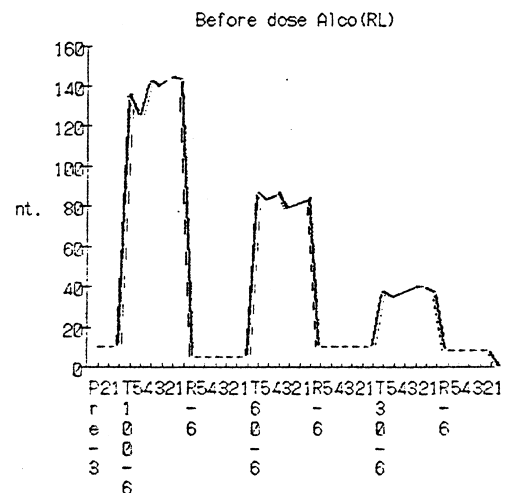


図4 a 投薬前のリラクセーション処方時の筋電波高の10秒毎の積分値図

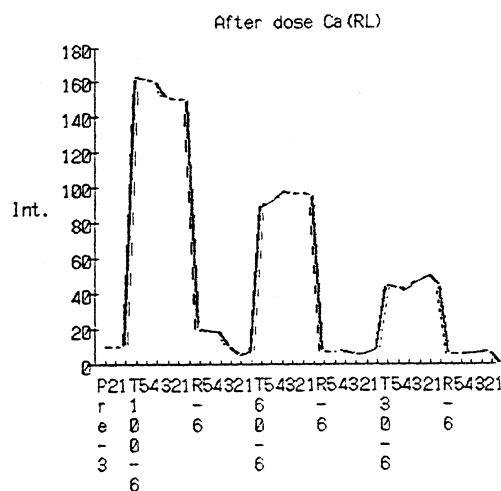


図3 b 「カルシウム」投薬後の筋電波高の10秒毎の積分値図

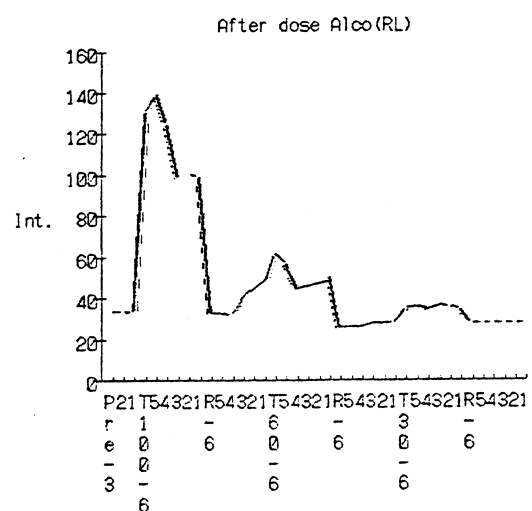


図4 b 「アルコール」投薬後の筋電波高の10秒毎の積分値図

ウムとして骨の基質に沈着しているが、大部分はリン酸と結合したハイドロキシアパタイトの形態であり、血液や間質液との間を自由に動き、一日約700 mg のカルシウムが骨と血液間を移動するといわれている⁷⁾。

これらに比べ細胞内外の体液に含まれるカルシウムは10g 以下と極めて少量であるが、神経、筋肉の活動、細胞運動、ホルモン作用等にとって重要である。カルシウムは主に補酵素としての働き、殊に筋肉の収縮機能への関与が大きい。筋肉は筋原線維が束になって形成した筋線維が束になった構造を有し

ており、手足の筋肉は横縞筋をした横紋筋である。筋線維中のカルシウム濃度が増大すると酵素のトロポニンが活性化され、その作用でアクチン・フィラメントとミオシン・フィラメントとの間にスライディング（滑り実験）が生じ、筋肉の収縮を起こすといわれている⁸⁾。また本実験からはカルシウムによる痙攣抑止効果の判定はできないが、カルシウムは生体の細胞内の調節因子で最も基本的な成分であり、やや筋緊張度が上昇する傾向が認められ、痙攣抑止との関係について、今後の検討が望まれる。

2-3. アルコールの引用による筋電図測定値の変化

亢進剤の1つとしてアルコールを用いた。飲用後の経過時間によっては弛緩剤としての作用も大きいので、ここではアルコール飲用1時間後の興奮状態において筋電図測定を開始した。アルコール飲用前後の筋電図の積分値より作図し、Fig. 7a-7bに示した。アルコール飲用後（アルコール約20g）では、服用前に比べ、非常に異なる筋電図の波形を示した。各 differential control を足首に与えた時の波形の乱れが著しく、この点は「ツムラ68」服用時と類似した結果を示した。すなわち、いずれの differential control を与えた場合にもやや低い緊張度を示し、特に30%の differential control 時には極めて低い波高を示した。さらに、アルコール服用時のリラクセーションの獲得が顕著でない傾向が見られた。

これらのことから、痙攣の発症あるいは発症の気配があった時、プレーヤーがしばしば飲用するアルコールの特徴的な影響は、differential control 時の筋電図中の波形の乱れに見られるように、身体のコーディネーションがスムーズでなくなると同時に筋肉のパワーコントロールもかなり困難になることが示唆された。また、リラクセーションの獲得も容易でなく、意識的にリラクセーションを試みても常に筋肉には不規則な緊張が発生あるいは残っている現象が筋電図の波形に示された。

この結果は被験者がアルコールに対する抵抗力が弱いためかとも考えられるが、飲用1時間後の筋電図測定であり、興奮剤として作用していると考えられる時間だが、時間経過とともにアルコールには弛緩作用もあるため、今後さらに飲用後の時間経過による筋電図変化の検討も必要と考える。

3. 投薬による尿中化学成分の変化

「ツムラ68」、「カルシウム電解液」、「アルコール」の服用時における尿中成分のイオンクロマトグラフのチャートを Fig. 8a-8f に示した。各々の

投薬により生体内に変化が生じる。血液と尿の両方から判断する方法が考えられるが、ここでは尿中の成分濃度の変化について考察した。体内老廃物は面に水溶液として尿中に排泄される。したがって尿は生体内の中間代謝の影響が直接的に反映される。成人の水の排泄量は凡そ尿1,300-1,600g、皮膚900g、肺450gであり、3:2:1の割合を示す。通常、尿には酸性物質が排泄され、血液の予備アルカリの減少がくいとめられる。例えば、pH4.8の尿ができる時、リン酸塩が腎の糸球体から濾過尿として出てくると、5分子のリン酸塩当たり9個の Na^{++} であったものが、尿細管では4個の Na^{++} が吸収され、腎の carbonic anhydrase によって CO_2 から生じた H^+ が分泌され、 Na^+ と H^+ の交換が行われ、リン酸塩はすべて第1リン酸塩(NaH_2PO_4)となり、体には NaHCO_3 が回収される。尿のpHはほぼ弱酸性であるが、摂取食品等によっても異なる。植物性食品には有機酸のK塩が多いので、有機酸が CO_2 と H_2O に分解され、 CO_2 は呼気から排泄されるため、 K^+ は尿中に排泄されアルカリに傾き、反対に動物性食品の摂取ではタンパク中の含アミノ酸から硫酸を、リン脂質からリン酸を生じるので酸性に傾く傾向にあることが腎臓における酸排泄機構⁶⁾により示されている。すなわち、「ツムラ68」は芍薬と甘草の植物が主体であるために、尿はややアルカリ性に傾くと推察される。また「カルシウム電解液」もカルシウムによりアルカリに傾くと考えられ、「ビール」も原料の小麦によりややアルカリになったと推測される。pH測定結果を表2に示した。

また投薬前および投薬後2-2.5時間経過時の尿中の成分、Ca, Mg, Na, K, Cl, $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, SO_4 , Fの各濃度を Fig. 10に示し、Ca, Mgについてはスケールを変えて Fig. 11に示した。これらの値から、投薬前後の各成分の濃度変化を知るために、濃度比を算出し Table 3 に示した。

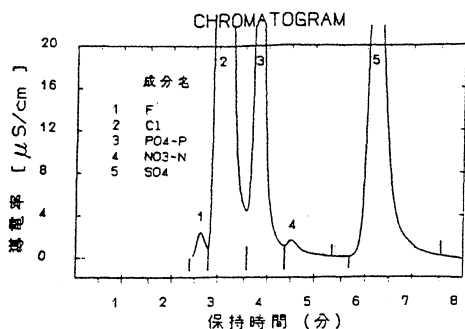


図5 a 投薬前

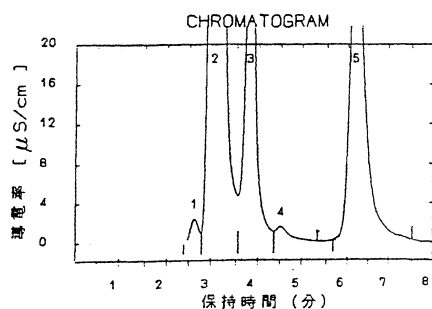


図5 b 「ツムラ68」投薬後

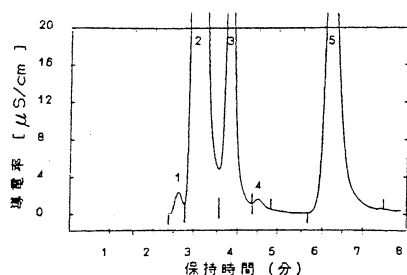


図6 a 投薬前

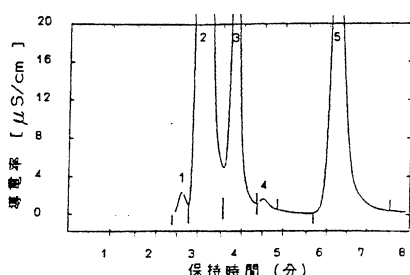


図6 b 「カルシウム」投薬後

統計的な解析はできないが、投薬前後における各化学成分の濃度比を比較した場合、約40%前後の顕著な変化のみられた成分を示すと、「ツムラ68」では、Ca, Na, Cl, NO₃, Fの減少がみられ、逆にPO₄に

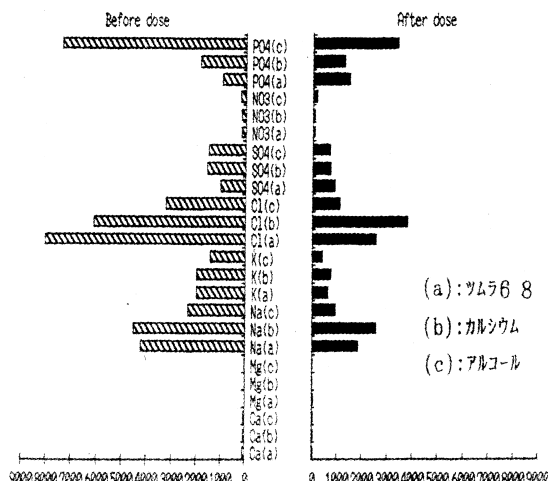


図7 投薬前後の尿中Ca, Mgの濃度比較

は増大がみられた。Mgもやや増大の傾向を示し、pHはやや上昇傾向にあった。「カルシウム溶解液」ではCa, Mg, Na, k, Cl, NO₃, Fのいずれも減少傾向がみられ、pHはやや上昇傾向にあった。

アルコールではCa, Mg, Na, k, Cl, PO₄, NO₃, SO₄, Fいずれも減少傾向がみられたが、pHはわずかな変化しか認められなかった。これらの結果から、特に神経および筋肉の機能に関係が深いと考えられる、Ca, Mg, Na, kについてみると、Caは「ツムラ68」にやや減少が大きく、Mgは「ビール」が最も減少が著しく、逆に「ツムラ68」飲用時に濃度上昇がみられた。すなわち、本来、細胞内の濃度変動の少ないMgに投薬前後に尿中濃度の変化がみられたことは興味ある結果であるが、今回のみのデータではその作用機序は明確にはできない。またNaは「ツムラ68」および「ビール」飲用で顕著な減少を示した。Kは「ツムラ68」、「カルシウム」、「ビール」のいずれも顕著な減少を示し、投薬により筋電図の波形の変化に影響がみられると同時に生体内の中間代謝の影響が現れる尿中の成分にも変化がみられることが確認された。

なお、投薬前および投薬後1時間毎の主な尿中化学成分、Ca, Mg, Na, k, Cl, SO₄の濃度変化を図2に示した。

表2 供試薬投与前と投与後1時間毎の尿中化学成分の濃度 (mg/l)

供試薬	化学成分	投与前	投与後 1時間	2時間	3時間	4時間	5時間
ツムラ 68	pH ⁺	6.25	5.98	5.74	5.73	5.54	5.48
	Ca	76.33	72.49	69.23	68.34	67.75	65.68
	Mg	50.84	48.20	47.72	45.80	47.72	47.24
	Na	3263	3491	3670	3948	4029	4127
	K	1798	2237	2482	2675	2719	2807
	Cl	5591	6119	6557	7267	7370	7351
	SO ₄	839	964	1041	1084	1119	1224
カルシ ウム電 解液	pH ⁺	6.05	5.98	5.95	5.93	5.90	5.84
	Ca	60.65	68.34	71.89	72.49	69.53	70.12
	Mg	56.59	71.70	73.86	70.02	68.35	65.95
	Na	5057	5057	4876	5139	4976	5008
	K	1553	1737	1816	1891	2307	2421
	Cl	6081	6576	6693	6927	7102	7276
	SO ₄	1912	1929	1846	1804	1802	1807

この表からみられるように、投与後1時間目では尿中濃度変化があるが、本実験で行った投与後2－3時間では尿中各化学成分とも投与後の5時間目までの値の平均値とほぼ同値を示した。このことから投与後に体に吸収され、尿への排泄される成分の変動を検討するには2－3時間後の尿で代表させることが可能と推測された。なお、供試薬として使用した「ツムラ68」の主な化学成分含有濃度を示すと、Ca 76.4 mg/L, Mg 1770 mg/L, Na 950 mg/L, K 32.5 mg/L, Cl 449 mg/L, PO₄-P 304 mg/L, SO₄ 608 mg/L, F 1900 mg/Lであり、pH 6.23であった。殊に、Mgが高濃度のほか、Ca, Na, Cl, PO₄, SO₄, F等も高い含有量であった。

以上、本実験では心理的処方によるリラクセーションの獲得の筋電図による検討とそれに及ぼす亢進剤、鎮静剤、精神安定剤等の各種投薬の影響を検討した。スポーツの実践の場では、多くのプレーヤーが痙攣防止、スタミナ確保や精神安定のために種々の薬品を投与している。それら投薬の影響が筋電図の波形に明らかに変化が現れることが確認された。カルシウムの服用は筋肉の緊張度を増す傾向が

みられたが、differential controlには乱れがなく、リラクセーションの獲得も行われていることが示された。また、特に、痙攣予防もしくは疼痛の抑制剤として服用されている代表的薬品の「ツムラ68」および亢進剤として代表させた「ビール」の飲用は、明らかに differential control に乱れと筋肉調整機能の低下が示され、アルコールに強くない人の場合はやはり注意が必要であることが示唆された。痙攣予防薬等プレーヤー達が試してきたように確かに痙攣の防止効果があるのかもしれないが、一方で明らかに身体の神経や筋肉等のコントロールを失したと推測される現象も出現した。これらのことは、より高度のパフォーマンスを目指すためには投薬を中止するか、あるいはこれらのことを認識した上で行う必要があることを示唆していると考えられる。

今回の実験結果のみからはデーターも十分でなく、明確な結論は得られなかったが、今までほとんど実験例のないスポーツプレーヤー達が実践の場で行っている投薬の一例についてリラクセーションに及ぼす影響並びに神経、筋肉に及ぼす影響についてポリグラフを用いた筋電図と尿の分析から検討することができた。さらに、多くの事例と血液等の対象項目を加え明らかにされることが望まれる。

参考文献

- 1) 松田岩雄ほか編. 1987. 運動心理学入門. 大修館書店.
- 2) ジム・レヤー (小林信也訳). 1987. メンタル. タフネス-勝つためのスポーツ科学-
- 3) セイヤーほか (浅見俊雄、平野裕一訳). 1986. スポーツ・ボディーマインド-
- 4) F.T. マクギーガン (三谷恵一、森昭胤訳). 1981. リラックスの科学. 講談社
- 5) 永田 晟. 1982. からだ. 運動の科学. 現代体育スポーツ科学. 朝倉書店.
- 6) 荒谷真平、菊池吾郎、立木 尉. 1970. 一般医化学. 南山堂.
- 7) 武藤泰平. 1979. 消化. 吸収. 第一出版株式会社.

8) 山本啓一. 丸山工作. 1987. 筋肉 Bioscience series. 化学同人.

Summary

About 60–70% of the weight of the human body is water. The adult needs the moisture of about 2.5L with water and the water of metabolism contained in the drinking water and food each day a person. The acquisition of relaxation was compared from the integration value of electromyogram measurements (EMG). whether the drinking water with different quality gave the body any influence in this report. The electromyogram of a for drinking difference was examined, and the attenuation method of the stripe tension level of the Mitani type was prescribed and the administering influence was examined as a typical drinking water of Tsumura 68, the calcium electrolysis water, and the alcohol (beer) of the convulsion prevention medicine. As a result, the calcium water did not influence by the disorder of the electromyogram, and was admitted the generation of the disorder phenomenon of differential control in Tsumura 68 for the convulsion prevention and alcohol for the headache control. Moreover, the change in the element is seen in urine and the research of details in the future is waited for.