

ソフトテニス選手のゲーム鑑賞中における集中度に関する研究 Fm 波 , 眼瞼運動 , 心拍数による解析モデル作製の検討

深町明夫*・中林忠輔**・川角 浩***
青木 亘****・霞 啓子*****

How Soft Tennis Players Watch An Analysis of Eyelid Movement, Pulse and Fm Wave

Akio FUKAMACHI, Tadao NAKABAYASHI,
Koh KAWASUMI, Wataru AOKI, Keiko KASUMI

1 はじめに

スポーツの競技成績は競技水準が高くなればなるほど精神的要素が大きく影響する。精神力は競技力そのものを支えるものと、競技直前や競技中の集中力などが考えられる。何時どのようにそれらの力を高めたらよい成績につながるかについてはスポーツ種目や場面及び個人の技術レベルによっても異なると思われる。

ソフトテニスは硬式テニスに比べて勝敗を決める獲得ゲーム数が少ないため試合時間が短い。そのためゲームのキーポイントにおける集中力や閃きといった心理的要素が大きく勝敗を左右する競技である。藤江¹⁾はソフトテニス選手に必要な精神的要素として前衛後

衛ともに集中力を上位に挙げている。しかしながら、実際のゲーム中において何時どのように集中すればよいのか、またどの程度集中しているかについて客観的に把握することは困難である。

藤田²⁾は鍛練された被験者に自分の得意とするスポーツを行なっているイメージを描かせた時に脳波、眼球運動、四肢の筋電図、脈波、呼吸運動をオシログラフ上に同時に測定し、あたかも実際に運動している時のようなリズムカルなパターンをもった変化が現れることを報告している。また熟練したプレーヤーの場合、高い運動反応スキーマを示すため、メンタルプラクティスにおいて脳波の変化を測定³⁾することは十分可能であると考えられている。

本研究では精神作業の中でも特に持続的な注意集中を要する作業で出現する脳波の中で Fm 波に注目した。Fm 波とは、frontal midline theta rhythmの略語であり「前頭正中線部分付近に最も優勢に出現するシータ律動で、普通は6～7 Hzの周波数を持ち、精神作業で増強される。」と定義されている。⁴⁾

*ふかまち あきお 文教大学教育学部

**なかばやし ただお 文教大学教育学部

***かわすみ こう

日本医科大学日本医学技術専門学校

****あおき わたる

日本医科大学附属病院生理機能センター

*****かすみ けいこ 東武医学技術専門学校

そして一般には1 sec以上続くものを指し、覚醒時、精神作業時に明瞭に出現するのが最大の特徴である。

脳波は実際の運動中では測定出来ないのが本研究においては編集した試合のビデオを鑑賞させる中で測定をした。そしてFm 波を指標としてソフトテニス選手が集中度を高めるポイント時を知ろうとするものである。またこの試合鑑賞ビデオによる方法が集中度を發揮させて、さらに分析可能なものかについても検討に加える事とした。また脳波測定時に記録した心拍数並びに眼瞼運動数(瞬き数)も緊張や集中との関連があると思われるので、各ポイントごとに分析してFm 波出現との関係を検討した。

2 実験方法

1) 被験者

本研究の目的及び方法を十分に説明し同意の得られた、関東学生リーグ一部に所属する文教大学女子ソフトテニス選手15名を対象とした。選手にはソフトテニスの経験や技術レベルの差は認められるが、本研究がゲームビデオ鑑賞中における集中度およびその解析モデル作製の検討であるので、それらの個人差は考慮せずに研究を進めた。

2) クレペリンテスト中の脳波測定

予備実験として内田クレペリン用紙による連続1位加算テスト⁶⁾を15分間行ない、その間の脳波を測定した。

3) 鑑賞用試合ビデオの作製

1999年秋期首都学生ソフトテニス選手権大会決勝戦の試合を、コート後方より全体が画面に収まるようにワイドレンズを使用してビデオ撮影して、全ポイントをサーブからボールデッドまでをカウントコールを入れて編集した。ポイント間やサイドチェンジの時間を省いたことで実際には56分かかった試合を短縮して20分程度にまとめた。

この試合は文教大学学生同士の対戦であり、対戦した4選手以外の者は観戦している。そこでこれから鑑賞するビデオ内容が被験者達が実際に過去に体験した題材であること、そして被験者は前衛あるいは後衛各々の立場で実際に自分がプレーしているつもりで鑑賞してほしいとの説明をゲーム開始前に挿入して編集した。

4) Fm 波、心拍数、眼瞼運動の測定

作製したビデオをオリンパス製バーチャルメガネ(オリンパスアイトラック-FMD-100)を装着して鑑賞させた。外部の視界や音を遮断し、62型テレビ相当の画面に集中できる環境を整えて脳波の測定を行なった。

脳波の測定は国際10-20電極配置法に従い探査電極をFp₁、Fp₂、F₃、F₄、Fz、O₁、O₂、の7部位から、基準電極は両耳朶(A1、A2)として単極導出した。眼瞼運動はFp₁、Fp₂の記録より判定した。心電図は第I誘導にて導出し心拍数を記録した。

心拍数ならびに眼瞼運動は各ポイントごとに測定し1分間あたりの換算値を算出し比較検討した。

5) 被験者への問診

測定終了後、リラックスして鑑賞できたか 集中して鑑賞できたか 実際に自分がプレーをしている気持ちになれたか 鑑賞したゲームを勝者組敗者組もしくはどの選手の立場で鑑賞したか 測定中に特に感じたことがあったか、を問診した。

3 結果と考察

1) クレペリンテスト中のFm 波について

予備実験として大学女子ソフトテニス選手に対して15分間の内田クレペリン精神検査用紙を用いた連続1位加算テストを行ない、その際の脳波を測定した。

集中の指標であるFm 波に注目して分析

した結果、被験者15名中7名(47.7%)に出現を認めた。この7名の15分間におけるFm

波の出現率は最高6.60%、最低0.54%、平均2.14%であった。また15分間を5分ごとに区切って見た場合、実験開始から5分(前期)においては、7名中4名(57.1%)、5分から10分(中期)において6名(85.7%)、10分から15分(後期)において6名(85.7%)にFm波の出現を認めた。(表-1参照)

山口ら⁷⁾は18歳から20歳代の被験者を対象としたFm波出現率を約40%と報告しているが、今回我々はほぼ同様の結果を認めた。また、15分間のテスト中を前、中、後期に3分割した場合、出現を認めた者はそれぞれ4名、6名、6名であり中期以降に多く出現している。これは堀ら⁸⁾の報告と同様に、Fm

波の出現にある程度時間を要する傾向が認められた。

これらのことより本研究における被験者はFm波の出現率およびその時期などにおいて一般的傾向を示しており、集中度分析の対象として適確であると考えられる。また全被験者に対するFm波の出現の有無はほぼ半数であるので、本実験のビデオ鑑賞時の結果との関連を2群に分けて分析を試みた。

表-1 クレペリンテスト中のFmの出現

| No. | 0~15分 | 0~5分 | 5~10分 | 10~15分 |
|------|-------|------|-------|--------|
| 1 | 6.6 | 1.2 | 8.4 | 10.2 |
| 2 | 2.94 | 0.67 | 3.38 | 4.78 |
| 3 | 2.81 | 4.56 | 2.14 | 1.72 |
| 4 | 0.8 | 0 | 0.7 | 1.7 |
| 5 | 0.76 | 0.4 | 0 | 1.87 |
| 6 | 0.57 | 0 | 1.7 | 0 |
| 7 | 0.54 | 0 | 1.2 | 0.3 |
| 8~15 | 0 | 0 | 0 | 0 |

(%) = 出現率

2) 試合ビデオ鑑賞時におけるFm波、心拍数、眼瞼運動について

本研究のビデオに採用した試合は首都学生選手権大会の決勝戦である。1999年には東日本および全日本学生ソフトテニス大会の試合も数多く収録したが、その中で試合内容がよくゲームが緊迫した接戦であったことと、被験者達が実際に試合をしたり観戦した経験が鑑賞時により条件になると考えて採用した。

試合はゲームカウント5対3であったが、第3ゲームが試合の流れをつかむ上で重要であったことと、第7ゲームに勝敗を左右するきわどいポイントがあったことは共同研究者に共通するゲーム分析と認識である。従ってこれらのターニングポイントに被験者がどのように反応するかということは、指導者や熟練者との意識との合致度を知ることになり、今後の練習や集中を中心としたメンタルトレーニングに生きるものと考えた。

脳波測定において水木ら⁹⁾は、Fm波の出現抑制の要因として不安な精神状態を挙げている。そのため我々は被験者の不安をより少なくする配慮として試合ビデオの鑑賞前に監督の声による説明を加えた。そのためか、被験者殆どがリラックスした状態で検査に臨めたと検査後に内省している。また河野¹⁰⁾は、精神活動時の脳波の解析ではその導入時における意識状態のわずかな差異が脳波上に反映することを報告していることから、脳波測定前に監督による説明を挿入したことは意義のあることと言えよう。

脳波測定結果では、ゲームカウント0-2の第3ゲーム、ボールカウント1-1からの第3プレー中において15名中1名(6.7%)の被験者に、プレー開始8.6秒後、1.23秒間Fm波を認めた。この第3プレーのラリー時間は全プレー中最長の37.5秒間であった。

15名中1名の出現はクレペリンテストの結果に比べ低値であったが、石原¹¹⁾は単一思考が持続する課題を遂行している被験者にFm

波の出現が促進され、多様な思考が動員されたり、異質な思考が混入する課題ではFm

波の出現が妨害される傾向を認めている。実際ソフトテニスのゲームでは選手は様々な状況を分析し多様な思考が動員されるため、本質的なFm 波は出現しにくいのかも知れない。また思考の持続性から検討してみると、内田クレペリン精神検査用紙を用いた連続1位加算テストでは改行を行わず15分間連続の作業を測定条件としているのに対して、今回編集したゲーム内容は最長のラリーでも37.5秒であった。

ソフトテニスは国際ルールになってモラリー数が少ないポイントが多く、この実験対象の試合でも同様である。編集の過程でボールデッド中の間合いを無くしたためゲーム進行が途切れることなく続く上にゲーム展開と局面はすぐ変化してしまう。そのため、実際の試合とは違った淡々とした心境でゲームの推移を追うことになったのではないと思われる。さらに鑑賞中に作業をしていない点もクレペリンテストとは異なる。しかしながら1名に集中度を示唆するデータが得られたことは方法論的には可能であると思われるので、ビデオ内容や構成に改良を加えて分析、検討を継続したい。

表 - 2 第3ゲームにおけるポイント毎の心拍数の変化 (クレペリンテストにてFm 出現した群)

| Count | | | | | | | | AV |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0-0 | 72.89 | 72.89 | 63.78 | 68.34 | 68.34 | 82.00 | 86.56 | 73.54 |
| 1-0 | 76.74 | 69.77 | 69.77 | 62.79 | 69.77 | 76.74 | 90.70 | 73.75 |
| 1-1 | 73.60 | 68.80 | 73.60 | 67.20 | 68.80 | 76.80 | 83.20 | 73.14 |
| 2-1 | 69.21 | 69.21 | 60.56 | 73.54 | 73.54 | 73.54 | 86.52 | 72.30 |
| 2-2 | 66.87 | 66.87 | 66.87 | 66.87 | 72.95 | 79.03 | 79.03 | 71.21 |
| 2-3 | 66.67 | 66.67 | 53.33 | 66.67 | 66.67 | 66.67 | 66.67 | 64.76 |
| 3-3 | 72.60 | 67.42 | 67.42 | 67.42 | 72.60 | 77.79 | 72.60 | 71.12 |
| R | 70.45 | 70.45 | 70.45 | 74.36 | 66.54 | 78.28 | 82.19 | 73.25 |

次に脳波測定時に付随して記録される心拍数並びに眼瞼運動数に着目した。

心拍数は緊張や集中によって影響されることから、研究対象の試合において重要な意味を持つ第3ゲームにおける心拍数に絞って調査した。被験者15名の第3ゲーム中の心拍数の測定では、各ポイントのサーバーが構えた時点からボールデッドとなるまでの時間のR - R間隔数を1分間あたりに換算して比較検討した。さらにクレペリンテストでFm 波の出現を認めたグループと認められなかったグループとで比較、検討した。(表 - 2, 表 - 3 参照)

第3ゲームのカウントごとの心拍数は表 - 2・3の通りである。全体的には顕著な傾向が見出せないため、カウント1 - 1後の第3プレーに注目して比較した。クレペリンテストでFm 波を検出した群(7名)では最少67.20, 最高83.20, 平均73.14であった。一方出現が認められなかった群(8名)では最少65.60, 最高92.80, 平均79.00を示した。平均値を比較するとFm 波を検出した群のほうが約6低い傾向が認められた。測定中は安静に近い状態であるので、ビデオ観戦での集中や緊張が心拍にどの程度影響するかについてと共に、実際のプレー鑑賞とバーチャルメガ

表 - 3 第3ゲームにおけるポイント毎の心拍数の変化 (クレペリンテストにてFm 出現を認めなかった群)

| Count | | | | | | | | | AV |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0-0 | 82.00 | 72.89 | 68.34 | 72.89 | 91.12 | 72.89 | 59.23 | 72.89 | 74.03 |
| 1-0 | 83.72 | 76.74 | 62.79 | 69.77 | 97.67 | 76.74 | 55.81 | 76.74 | 75.00 |
| 1-1 | 84.80 | 80.00 | 65.60 | 75.20 | 92.80 | 89.60 | 65.60 | 78.40 | 79.00 |
| 2-1 | 73.54 | 82.19 | 60.56 | 69.21 | 90.84 | 95.17 | 60.56 | 77.87 | 76.24 |
| 2-2 | 79.03 | 72.95 | 66.87 | 72.95 | 97.26 | 91.19 | 60.79 | 85.11 | 78.27 |
| 2-3 | 93.33 | 80.00 | 53.33 | 66.67 | 93.33 | 93.33 | 53.33 | 80.00 | 76.67 |
| 3-3 | 82.97 | 72.60 | 67.42 | 72.60 | 93.34 | 82.97 | 62.23 | 82.97 | 77.14 |
| R | 82.19 | 66.54 | 66.54 | 70.45 | 93.93 | 78.28 | 58.71 | 82.19 | 74.85 |

ネを装着させた実験室でのビデオ鑑賞では交感神経の亢進状態の点でかなりの相違が示唆されるので、これらを合わせて今後の研究課題としたい。

眼瞼運動は瞬きの動作であり緊張や集中度と深い関係があるところに着目した。そこで心拍数と同様に第3ゲーム中の眼瞼運動数を測定した。測定に際し、各プレーをサーバーが構えた時点よりボールデッドとなるまでの間とボールデッドから次のプレー開始までの間、すなわちプレー中とその間に分割して、計16partについて検討した。その各々のpartにおいて出現した眼瞼運動数を1分間あたりに換算して15名の被験者を比較した。

図は縦軸に眼瞼運動数を横軸にpartを示した。Partの奇数番目はインプレー時、偶数番目はボールデッドの間合いの時の眼瞼運動数をプロットしたもので、縦型のジグザグを呈

している。また、図1はFm波を認めた被験者のもので、図2～4は他の被験者の中で比較的一般的なものの3例を示した。(図-1～4参照)その結果被験者全般においてインプレー中よりもボールデッド時に眼瞼運動(瞬き数)が多く記録される傾向を認め、予想どおりインプレー中には集中して見つめていることが伺えた。

Fm波を検出した被験者では第3プレー(part 5)の前後において眼瞼運動数の変化がpart 4で54.05回、part 5で49.60、part 6で56.07、part 7で56.24と他の14名の被験者に比べ変化が著しく少ない事が認められた。これは一定の集中度がこのプレー中特に持続されていることが示唆される。またFm波を検出した瞬間には眼瞼運動は認められず、丹羽ら¹²⁾はFm波出現時に瞬きの頻度が著しく減少する現象を報告しており、我々はこれと

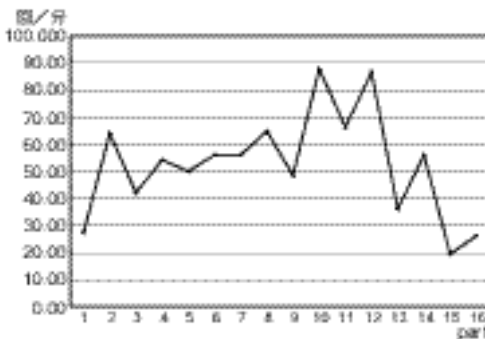


図 - 1 第3ゲームの眼瞼運動の変化 (Fm 波出現者)

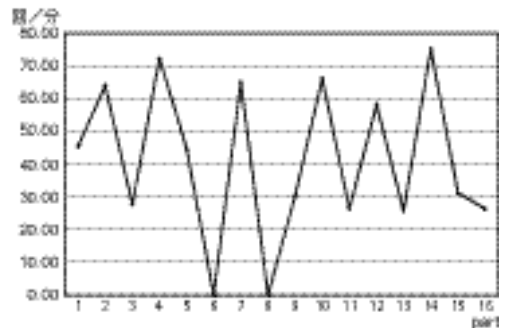


図 - 3 第3ゲームの眼瞼運動の変化

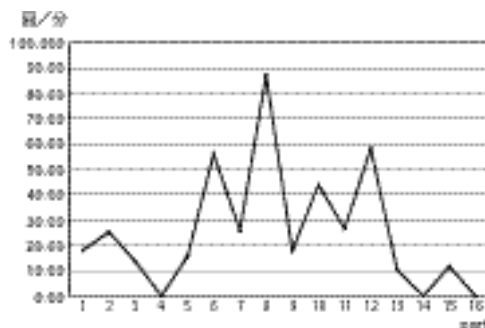


図 - 2 第3ゲームの眼瞼運動の変化

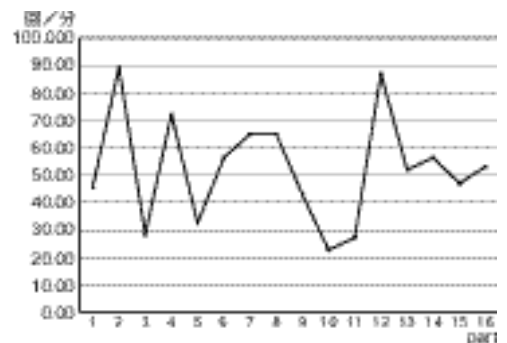


図 - 4 第3ゲームの眼瞼運動の変化

同様の現象を確認した。集中度の指標として瞬きの回数も重要な意義があると思われるので分析を進めたい。

3) 脳波測定後の問診結果について

脳波測定後に、1 実験方法5)で述べた5項目について問診した結果は表-4に示した通りである。(表-4参照)

測定時にリラックスできたと答えた者14名(93.3%)、実際に自分がプレーしている気持ちになったと答えた者9名(60.0%)、何本かのラリーに実際に自分がプレーしている気持ちになったと答えた者4名(26.7%)、プレーしている気持ちになれなかったと答えた者2名(13.3%)であった。どちらの立場で鑑賞したかについては、各自のポジションや勝敗によって選んだり、出場者は自分自身というように分かれた。集中したかについては多くの者が集中できたようであるが中には眠かったと答えた者もいた。また、ビデオの題材となった試合の敗者は、自分のプレーの鑑賞中に悔しい気持ちが生じたと内省している。

敗者が過去のゲームを再び鑑賞する場合、負けた悔しさがFm 波の検出に影響を及ぼす可能性は否定できない。Fm 波の出現は、注意、集中などの精神活動と一定の対応が認められるものの、山口ら¹³⁾の報告のように情緒的に安定傾向にある被験者のほうが出現しやすい、という理由からである。

測定環境は外部からの影響を受けない実験室で行ない、被験者が集中して測定を受けられるように整えた。また、普通のテレビ映像では他のものが視野に入って集中を妨げることになるのでパーチャルメガネを使用した。しかし、頭に電極を装着する際頭髪をさけて密着させるために多少時間がかかることや、練習の合間や休憩時間に測定したことなどが、眠気や疲労感を誘い、やや集中を妨げる原因になったと思われる。従って、実験を行なう適切な時間帯などについても検討する必要性

を認めた。

4 まとめ

本研究においてFm 波、心拍数、眼瞼運動を指標としてソフトテニス選手のゲーム鑑

表4 問診結果

| 被験者 | A | B | C | D | その他 |
|-----|-----|------------|----------------|---------------------------------|-----------|
| 1 | Yes | Yes | 自分自身 | Yes | |
| 2 | Yes | Yes | 負け組後衛 | Yes | |
| 3 | Yes | Yes | 勝ち組前衛 | Yes | |
| 4 | Yes | Yes | 自分自身 | Yes | |
| 5 | Yes | Yes | 勝ち組後衛 | Yes | |
| 6 | Yes | Yes | 手前側後衛の立場で | あまり集中できず眠かった。 | |
| 7 | Yes | Yes | 自分自身 | Yes | くやしい気持ち |
| 8 | Yes | Yes | 自分自身 | Yes | |
| 9 | Yes | No | どちらの立場ではなく客観的に | Yes | |
| 10 | Yes | No | 負け組前衛 | No カウントによって花粉症のため測定時鼻水が気になった | |
| 11 | Yes | Yes 何本か | 勝ち組後衛 | Yes | |
| 12 | Yes | Yes 何本か | ポイントによって異なった | No 眠かった | |
| 13 | Yes | Yes | 勝ち組後衛 | No 眠かった | |
| 14 | Yes | Yes 何本か | 勝ち組前衛 | Yes | |
| 15 | Yes | Yes 何本か | 勝ち組前衛 | Yes | 目の疲労感を感じた |

A) 測定時にリラックスしていたか。
 B) 自分がプレーしている気持ちになったか。
 C) どちらの立場で鑑賞したか。
 D) 集中できたかどうか。
 また、その他気がついた点は「その他」の欄に記録した。

賞中の集中度を検討した。脳波は実際のプレー中には筋放電の混入により波形の解析が困難なため測定できないので、ビデオ鑑賞という手法によって検討した。

その結果、被験者15名中1名にFm 波を認めた。今回の条件で出現を認めたこの被験者は、クレペリンテストでの出現率は0.76%と他の出現した被験者に比べ決して高くない。今後の測定条件の詳細な検討と改善によって、少なくともクレペリンテストでFm 波を検出した被験者においてはビデオ鑑賞による出現が十分に期待できよう。さらにFm 波と心拍数並びに眼瞼運動との関係についても詳細に検討していきたい。そして、山田ら¹⁴⁾はバイオフィードバック学習によりFm 波の出現頻度が増加すると報告していることから、ソフトテニスのメンタルトレーニングにおけるFm 波測定の有効性をさらに詳細に検討すると共に指導に生かしたい。

本稿を終わるにあたり被験者として測定に協力してくれた文教大学女子ソフトテニス部の皆さんおよび鑑賞ビデオ編集にご尽力いただいた加藤明氏、脳波測定の補助をしていた元東武医学技術専門学校の大橋幸広氏に感謝の意を表する。

5 参考文献

- 1) 藤江学他：軟式テニス選手の性格的特徴 杏林書院 1986
- 2) 松田岩男他：スポーツと競技の心理 大修館書店：p.105～p.107, 1978
- 3) 日本体育学会編：体育の科学 vol.39. p.624 杏林書店 1989
- 4) 山口雄三：入門講座 Fm () 臨床脳波 vol36 No.8 p.539 1994
- 5) 山口雄三, 石原務他：Fm の定義・判定基準について 脳波と筋電図, 12: 87, 1984
- 6) 小林晃夫：内田クレペリン精神検査法による人間の理解 東京心理技術研究会 1988
- 7) 山口雄三：入門講座 Fm () 臨床脳波 vol36 No.8 p.538, p.542 1994
- 8) 堀浩, 星田徹：Fm と作業習熟過程にみられるFm 臨床脳波 vol39 p.120～126 1997
- 9) Mizuki Y, Kajimura N: Appearance of frontal midline theta rhythm and personality traits. Folia Psychiat Neurol Jpn 38 : 452～458 1984
- 10) 河野貴美子：脳波からみた座禅および気功時の意識 体育の科学 vol44 p.340 1994
- 11) 石原務：Fm の出現要因について臨床脳波 vol33 No.2 p.96～100 1991
- 12) 丹羽健市, 山口雄三：精神作業時前頭シータ突起波の精神生理 臨床脳波 17: 173～177 1975
- 13) 山口雄三：入門講座 Fm () 臨床脳波 vol36 No.9 p.601～606 1997
- 14) 山田富美雄, 森下温美他：Fm のバイオフィードバックによる自己制御 バイオフィードバック研究 14: 11～17 1987
- 15) 椎名晋一, 川良徳弘, 山田一郎, 本間伊佐子他：臨床検査講座 17 臨床生理学 p.115 医歯薬出版 1998

