

〔研究ノート〕

20m シャトル・ラン・テストについて

楠 本 秀 忠
中 尾 美喜夫

1. は じ め に

個人の体力を的確には把握することは、健康を維持・管理する上で重要な意味を持つ。体力の評価について種々の方法が提案されているが、わが国ではこれまで主として、体力・運動能力テストによって瞬発力、柔軟性、持久性などの評価が行なわれてきた。現在、わが国で文部科学省が実施を奨励している体力テストの測定項目は、6歳～64歳では、握力、上体おこし、長座体前屈、反復横とび、20m シャトル・ラン・テスト（12歳～19歳では持久走、20歳～64歳では急歩のいずれかを選択実施）[1]である。中でも20m シャトル・ラン・テスト（ここでは20m シャトル・ラン・テストの表記を van Mechelen ら（1986）[2]が用いた 20-MST（Maximal Multistage 20 Meter Shuttle Run Test）とする）は心肺機能を調べるために従来行われていた踏み台昇降運動に変わって導入された。20-MST は全身持久性能力を知る上で重要な要素である最大酸素摂取量（ $\dot{V}O_2\text{max}$ ）の推定法として、「多数」の「幅広い」年齢層の被験者を対象に、「簡便」に、他の間接的な手法よりも「正確」に $\dot{V}O_2\text{max}$ を推定できるとされている。山路[3]は「この方法は本質的には最大作業であるが、作業形態が一定速度による exhaustion ではなく、漸増負荷による exhaustion であるため、最大努力は exhaustion 近くの短時間である」とし、その「安全性」についても本手法の特徴であると述べている。しかし、実際に体育の授業で、20-MST を実施してみると最大速度に達する前にテストを中止してしまう学生がいることも否定できない。20-MST を用いて、 $\dot{V}O_2\text{max}$ を推定する場合にこのような影響はないのであろうか。本研究では 20-MST が $\dot{V}O_2\text{max}$ の推定法として妥当性であるか否かを検討したこれまでの報告を概観し、20-MST を用いて $\dot{V}O_2\text{max}$ を推定する場合の問題点について検討しようと考えた。

20-MST は1982年 Eur. J. Appl Physiol Occup Physiol に Leger ら[4]がその方法と検討結果を報告したことにより周知のものとなった。Leger ら[4]が報告した20-MST は、スタート時 8.0 km/h の速度から始まり、2分毎に 0.5 km/h ずつ速度を増加するという方法であった。彼らは 20-MST での最高速度と treadmill を用いた直接法による $\dot{V}O_2\text{max}$ の関係を

$$y = 5.857x - 19.458 \quad r = 0.84 \quad \text{SEE} = 5.4$$

y : $\dot{V}O_2\text{max}$ (ml/kg/min), x : 走速度 (km/h)

で表し、20-MST を用いて $\dot{V}O_2\text{max}$ の推定が可能であることを示した。被験者は成人91名（男性32名（ 27.3 ± 9.2 歳），女性59名（ 24.8 ± 5.5 歳））を用いた。さらに、同一被験者50名による 20-MST 再テストの成績（ $r=0.975$ ， $SEE=2.0 \text{ ml/kg/min}$ ）から高い再現性があることを報告した。他方、彼らは、摩擦抵抗が異なるビニールアスベストとゴムという材料の異なる床の上で 20-MST を行なわせ、2つの異なる床材でその成績に差異がないことを示した。1984年、Leger ら（1984）[5]は6～17歳について、20-MST による $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定のための基準を作成するために、カナダ・ケベック州の6～17歳の男女（男子3,669名，女子3,355名）を対象にした 20-MST による $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定のための基準を報告した。ここでは、スタート時、8.5 km/h の速度から始まり、1分毎に 0.5 km/h ずつ速度を増加するという方法が用いられた。先に述べた protocol とともに Leger らが示した2つの 20-MST の方法は、1996年、Naughton ら[6]によって、それぞれ発表された論文誌の名前を取って European version (ET)，Canadian version (CT) と名づけられた。つまり、ET は最初 8.0 km/h でスタートし、2分毎に 0.5 km/h 増加する方法であり、CT は 8.5 km/h で始まり、1分毎に 0.5 km/h 増加する方法である。

Naughton ら（1996）[6]はこれら ET と CT というの2つの protocol の異なる負荷法について(1)両者の差異と(2) $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定のためには何れが最善であるかについて検討した。彼らはまず、(1)について、12歳～16歳の被験者500名に ET と CT のそれぞれ2つのテストを実施し、両者の成績をみた。その結果、ET と CT の間には、有意な差異が存在すること、両者には $r=0.834$ の有意な相関が見られることを示した。さらに(2)を解決するために、彼らは ET と CT を行った被験者の中から50名を選び、treadmill を用いた直接法により $\dot{V}O_2\text{max}$ を測定 (DM) し、ET ならびに CT との成績と比較した。DM と ET，CT の間にはそれぞれ $r=0.93$ ， $r=0.87$ の有意な相関があった。しかも、DM と ET の間には有意な差異が示された。すなわち、DM では $\dot{V}O_2\text{max}$ の平均値 $\pm SD$ が $37.6 \pm 0.37 \text{ ml/kg/min}$ であったのに対し、ET では $34.7 \pm 0.56 \text{ ml/kg/min}$ と約8%低い値を示し、CT では逆に $41.9 \pm 0.62 \text{ ml/kg/min}$ と約11%高い値を示した。これらの結果から彼らは、ET は $\dot{V}O_2\text{max}$ を低く推定するが DM との相関が CT よりも良好であるので $\dot{V}O_2\text{max}$ を推定するにはよりよい方法であるとした。

Poortmans ら（1986）[7]は、201名の被験者（14歳～30歳）を用いて、20-MST (CT) の妥当性を自転車エルゴメータによる直接法 (DM) との比較において検討した。推定された $\dot{V}O_2\text{max}$ は DM による測定値に比して、 2.71 ml/min/kg (5.2%) 過少に評価されることを示し、測定値よりも約11%高い値を示すとする Naughton ら（1996）[6]の結果とは異なる報告を行なっている。

van Mechelen ら（1986）[2]は82名の少年少女（男子41名，女子41名，12歳～14歳）を被験者に用いて、20-MST と 6分間持久走を treadmill による直接法 (DM) の結果と比較した。ここで用いられた 20-MST は、開始時 8.0 km/h，1分間毎に 0.5 km/h の速度増加を行う方法であり、ET 並びに CT とは異なっている。DM による測定値との比較において、20-MST と 6分間持久走はそれぞれ $r=0.76$ (± 4.4)， $r=0.63$ (± 5.3) の相関を示し、

20-MST が最大有酸素パワーを評価することに適した手法であると結論した。しかも、彼らは 20-MST の有効性について体育授業において 6 分間持久走より 20-MST の方が好まれたことを挙げ、これらを授業に導入する場合の被験者による意識の高低の問題について触れている。

Paliczka ら (1987)[8]は、成人被験者 9 名 (35.4 歳 $\pm$ 5.8 歳) を対象に、20-MST によって 10 km 走の成績を推定する場合の妥当性について treadmill を用いた直接法 (DM) との比較において検討した。その結果、20-MST と DM による測定値、20-MST と 10 km 走の成績、DM による測定値と 10 km 走の成績の間に、それぞれ $r=0.93$, $r=-0.93$, $r=-0.95$ の有意な相関があることを示した。これらの結果より、20-MST が呼吸—循環器系の持久性能力の有効なフィールドテストであるということを確認し、10 km 走の成績を推定することに使用できることを示唆した。

Leger ら (1988)[9]は先に発表した推定式を各年齢層に適用できるか否かについて CT を用いて検討した。その結果、18 歳の年齢に用いている推定式が 18 歳～50 歳の各年齢にも適用できることを報告した。その上、テスト・再テストの信頼度係数が子供 (少年少女 139 名; 6 歳～16 歳) では 0.89, 成人 (男女 81 名; 20 歳～45 歳) では 0.95 であることを示した。

Ramsbottom ら (1988)[10]は 20-MST による $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定法としての妥当性と 5 km 走能力の推定法としての有効性について、被験者 74 名 (男性 36 名, 女性 38 名) を対象に treadmill を用いた直接法 (DM) による $\dot{V}O_2\text{max}$ と比較することによって検討した。DM による $\dot{V}O_2\text{max}$ (男性 58.5 ± 7.0 ml/kg/min, 女性 47.4 ± 6.1 ml/kg/min) と 20-MST の折り返しレベル (男性: 12.6 ± 1.5 , 女性: 9.6 ± 1.8 , $P < 0.01$) の間には 0.92, DM による $\dot{V}O_2\text{max}$ と 5 km 走成績との間には -0.94 , 20-MST の折り返しレベルと 5 km 走成績との間には -0.96 の高い相関があることを示し、20-MST が $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定法として妥当であること、並びに 5 km 走の能力を推定するための有効な手法であることを示唆した。

Leger ら (1989)[11]は、成人の $\dot{V}O_2\text{max}$ を推定する上での CT の妥当性を検討した。かれらはそれらを検討するために①直接法から求めた $\dot{V}O_2\text{max}$ (TE- $\dot{V}O_2\text{max}$), ②シャトル・ランの O_2 回復曲線の時刻での逆推定法による $\dot{V}O_2\text{max}$ (SR- $\dot{V}O_2\text{max}$), ③以前に子供を用いて開発した推定法を修正したもの (SP- $\dot{V}O_2\text{max} = -27.4 + 6.0$ S-MAS) より求めた $\dot{V}O_2\text{max}$ と最大シャトル・ラン速度 (S-MAS) とで比較した。その結果、S-MAS と TE- $\dot{V}O_2\text{max}$, S-MAS と SR- $\dot{V}O_2\text{max}$ の間にそれぞれ $r=0.90$, $S_{yx}=4.4$, $r=0.87$, $S_{yx}=4.7$ の相関係数と標準誤差をみた。また、TE- $\dot{V}O_2\text{max}$, SR- $\dot{V}O_2\text{max}$, SP- $\dot{V}O_2\text{max}$ の各値が、それぞれ 49.4 ± 10.1 mL/kg/min, 48.8 ± 9.3 mL/kg/min, 47.1 ± 8.3 mL/kg/min ($p > 0.05$) と似通った値になることを示し、20-MST が成人の $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定の有効な手法であると報告した。

Boreham ら (1990)[12]は、PWC170 身体作業能テストと 20-MST について $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定法としての妥当性を、男子生徒 24 名 (15.6 ± 0.6 歳) と女子生徒 24 名 (15.4 ± 0.7 歳) を被験者として treadmill を用いた直接法 (DM) によって得られた $\dot{V}O_2\text{max}$ と比較すること

によって検討した。全てのテストを終了した被験者（少年23名，少女18名）の男女の DM による $\dot{V}O_2\text{max}$ ，PWC170，20-MST の結果は，それぞれ $53.3 \pm 5.9 \text{ ml/kg/min}$ と $42.6 \pm 5.8 \text{ ml/kg/min}$ ， $2.84 \pm 0.47 \text{ w/kg}$ と $1.86 \pm 0.39 \text{ w/kg}$ ， $81.7 \pm 15.9 \text{ laps}$ と $50.4 \pm 12.5 \text{ laps}$ であり，PWC170 と DM による $\dot{V}O_2\text{max}$ ，20-MST と DM による $\dot{V}O_2\text{max}$ のそれぞれの関係は，相関係数が男女それぞれ $r=0.84$ ， $r=0.87$ であることを示し，両テストともに $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定法としては妥当であるとした上で，時間や検者の専門知識の制約から，20-MST がフィールドでの有酸素能力を評価する方法として好ましいと結論した。

Ahmaidi ら（1992）[13]は，18～30歳の男性被験者11名を用いて $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定法として 20-MST とモントリオール大学・トラック・テスト（UM-TT）のどちらが妥当であるかを treadmill による直接法（DM）の成績との比較において検討した。その結果，DM による $\dot{V}O_2\text{max}$ ，HRmax，ピーク血中乳酸値では 20-MST，UM-TT，DM の3つのテストの間に差異を見出さなかったことから，どちらの手法も $\dot{V}O_2\text{max}$ の推定法としては妥当であると結論した。

Anderson（1992）[14]は，カナディアン・エアロビック・フィットネステスト（ST），20-MST（SR），1.5マイル走（DR）を63名の学生（男性37名，女性26名）に行わせ，これらの方法が有酸素能推定法として妥当性であるか否かについて検討した。女性の SR と ST の組み合わせを除くと各グループ，各ジェンダーの分析結果では全て可能な組み合わせで $\dot{V}O_2\text{max}$ の結果に有意な相関が見られたことを報告した。

その後，Leger ら（1988）[9]の 20-MST に適用されてる $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定式が他国の被験者においても妥当性であるか否かの検討がなされた。

Liu ら（1992）[15]は，アメリカの12歳～15歳の児童・生徒に対して Leger ら（1988）[9]の 20-MST が適用できるか否かについて，①テスト再テストによる信頼性，②ラップ数による $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定の妥当性，③カナダの子供たちを対象に開発された推定式が適用できるか否かについて検討を加えた。彼らは12歳～15歳の児童・生徒20名（男子12名，女子8名）を被験者に用いて，検討した結果，①，②，③のいずれにおいても妥当であると結論した。特に，②について treadmill による直接法（DM）との比較から，男子，女子，男女合計のいずれにおいても DM による $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ とそれぞれ $r=0.65$ （ $n=22$ ， $p<0.001$ ）， $r=0.51$ （ $n=26$ ， $p<0.01$ ）， $r=0.69$ （ $p<0.001$ ）で有意な相関を有することを示し，Leger ら（1988）[9]の 20-MST による $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定式がアメリカの同世代の子どもたちに適用できることを報告した。

Mahoney（1992）[16]は，20-MST と PWC170 フィールドテストの $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定における妥当性を英国の12歳の子供を対象に treadmill による直接法（DM）との比較から検討を加えた。その結果，20-MST と DM による $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ の間に，男子，女子でそれぞれ $r=0.83$ ， $r=0.76$ （ $P<0.03$ ）の有意な相関を示した。しかし，PWC170 と DM による $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ との間の相関は低く有意ではなかった（少年； $r=0.64$ ，少女； $r=0.54$ ）。このことから，彼は設備が制約される大集団における有酸素能のテストとして，20-MST が妥当であると結論した。

Sproule ら (1993)[17]は、アジア人 (シンガポール) の被験者20名 (男性16名, 女性4名) について, 20-MST による $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定の妥当性を直接法 (DM) による $\dot{V}O_2\text{max}$ との比較によって検討し, それぞれ $r=0.90$, $r=0.91$ の相関係数を得, その信頼性を確認した。そして, 20-MST にラムスボトム基準 (Ramsbottom norms for the 20-MST) (1988)[10]を使用した場合, 被験者のうち75%が直接法の結果より低く $\dot{V}O_2\text{max}$ ($P<0.01$) が推定されることを示した (測定値: 51.5 ± 6.04 ml/kg/min, 推定値: 49.1 ± 6.55 ml/kg/min)。この差異について, 異なった人種の集団, シンガポールの気候条件, サンプル数が少なかったということをその理由に挙げた。

また, 各種トラックテストと 20-MST の比較においてその妥当性が検討された。

Berthoin (1994)[18]らは, 体育大学の学生17名を対象に, 連続的漸進負荷トラックテスト (continuous multi-stage track test (Leger ら (1980)[19]), 20-MST (Leger ら (1984)[5]) を行い, treadmill による直接法 (DM) との比較によって各フィールドテストによる $\dot{V}O_2\text{max}$ の推定法の妥当性を検討した。トラックテストによって推定された $\dot{V}O_2\text{max}$ の値 (56.8 ± 5.8 ml/kg/min) と DM による $\dot{V}O_2\text{max}$ (56.8 ± 7.1 ml/kg/min) との間には有意差はなく, 20-MST (CT) によって推定された値 (51.1 ± 5.9 ml/kg/min) はそれらより低い値を示した。また, 最大有酸素速度 (MAS) の平均値においてトラックテストと treadmill テストの間には有意差はなく (それぞれ 15.8 ± 1.9 km/h, 15.9 ± 2.6 km/h), 20-MST の MAS の平均値は有意に低い (13.1 ± 1 km/h) ことを示した。そして, トラックテストと 20-MST の MAS の値の間の直線回帰式が

$$\text{MAStack} = 1.81 \times \text{MASshuttle} - 7.86 \quad (r=0.91)$$

で表せることを示し, 多様なトレーニングに使用できることを示唆した。

Grant ら (1995)[20]は, 22名の成人男性 (22.1 ± 2.4 歳) を用いてクーパーのウォーク・ラン・テスト (Cooper walk run test), 20-MST, 最大下自転車テスト (predicted L/E) の結果を treadmill による直接法 (DM) の結果と比較し, それらのテストの $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定の妥当性を検討した。DM による測定値とクーパーのウォーク・ラン・テスト, 20-MST, predicted L/E の間には, それぞれ $r=0.92$, $r=0.86$, $r=0.76$ の相関があった。また, 20-MST と predicted L/E は treadmill の値よりも低いことを示し, クーパーのウォーク・ラン・テストがこれら3つのテストのうちで $\dot{V}O_2\text{max}$ を最も良く推定することを報告した。

McNaughton ら (1998)[21]は, 1)トレッドミル・ジョギングテスト, 2) 1.5マイル走, 3) クーパーの12分間走, 4) 20-MST (Ramsbottom ら (1988)[10]の4つテストの中で $\dot{V}O_2\text{max}$ を最も正確に推定できる方法の同定を treadmill による直接法との比較によって行なった。被験者は32名の男子大学生が用いられた (20.14 ± 0.34 歳)。 $\dot{V}O_2\text{max}$ 測定値と各種推定値の関係は, 12分間走: $r=0.87$, 1.5マイル走: $r=0.87$, 20-MST: $r=0.82$, トレッドミル・ジョギングテスト: $r=0.50$ であり, トレッドミル・ジョギングテストを除く全てのテストが $\dot{V}O_2\text{max}$ を良く表現すると結論した。

Stickland ら (2003)[22]は, 20-MST が $\dot{V}O_2\text{max}$ を下方に推定することに対する修正式を提案した。122名の被験者 (男性60名; 25.3歳, 女性62名; 25.1歳) を用いて, 20-MST

のステージと treadmill を用いた直接法による $\dot{V}O_2\text{max}$ 測定値から

男性用； $Y=2.75X+28.8$ ($r^2=0.77$, $SEE=4.07\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)

女性用； $Y=2.85X+25.1$ ($r^2=0.66$, $SEE=3.64\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)

Y： $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定値

X：折り返し回数

の修正式を提案した。

その後、20-MST の新たな手法の開発や、スポーツ種目の異なる被験者についてその妥当性が検討された。

Flouris ら (2004) [23] は、20-MST 中のストップやターン、サイドステップなどの影響を少なくすることを目的に 20-MST を正方形で行う方法 (modified 'square' variation; SST) を開発した。50名の男性被験者を対象に 20-MST, SST, treadmill による直接法 (TT) を実施し、検討を加えた。SST から得られた平均の $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定値と TT から得られた測定値の間には有意差はなかった。一方、20-MST による推定値は TT による測定値よりも有意に高いことを示した ($p<0.001$)。さらに、TT による $\dot{V}O_2\text{max}$ の測定値と SST, 20-MST による $\dot{V}O_2\text{max}$ の推定値との間に、それぞれ $r=0.88$ ($p<0.001$), $r=0.61$ ($p<0.05$) の相関を示した。これらの結果より、20-MST に比して、SST は TT とより高い一致を持つと結論した。

Wilkinson ら (1999) [24] は 20-MST に用いられる口頭アナウンスが被験者のドロップアウトの一因になる可能性を指摘し、その影響について検討した。すなわち、20 m の折り返し毎にスピードを 0.014 m/s 増加し、口頭でアナウンスしない修正インクレメンタル・シャトル・ラン・テスト (modified incremental shuttle run test) を開発し、従来の 20-MST と比較した。その結果、20-MST での口頭での合図が被験者のドロップアウトに影響を与えることを示唆した。

St Clair Gibson ら (1998) [25] は、陸上長距離とスカッシュという異なるスポーツ種目の選手の $\dot{V}O_2\text{max}$ を推定する場合に、20-MST を用いることが妥当性であるか否かについて Treadmill を用いた直接法 (DM) との比較によって検討した。DM による $\dot{V}O_2\text{max}$ と 20-MST による推定値は、陸上長距離選手、スカッシュ選手それぞれ $r=0.61$ ($P<0.05$), $r=0.71$ ($P<0.05$)、アスリート全体では $r=0.67$ ($P<0.01$) の相関を示した。ただし、陸上長距離選手とアスリート全体で $\dot{V}O_2\text{max}$ が低く推定されることを報告し (それぞれ $n=10$; $P<0.01$, $n=20$; $P<0.01$)、20-MST による $\dot{V}O_2\text{max}$ を推定する際にはスポーツ種目の違いによって推定精度が異なることを指摘した。

Falgairrette ら (1994) [26] らや Neya ら (2002) [27] は高度の違い、酸素濃度の違いによる 20-MST 成績の妥当性について検討を加えている。

Falgairrette ら (1994) [26] らは、フィールドテストと実験室でのテストによる体力評価が高度の高い場所においても妥当性であるか否か検討するために、高い高度 (高度3700 m; HA) と低い高度 (高度300 m; LA) で①30 m スプリット (V30m), ②30-秒シャトル・ラン (V30s), ③最大有酸素的速度までの漸進的なシャトル・ラン・テスト (VmaxSRT) を,

実験室においては①張力-速度テスト (force-velocity test) ($P_{\max}$), ②ヴィンゲートテスト (Wingate test) (P_{Wing}), ③自転車エルゴメータによる $\dot{V}O_2\max$ 計測 ($\dot{V}O_2\max B$) を平均年齢10.6歳と13.7歳の少年を用いてそれぞれのテストを行った。その結果, 無酸素性能力に関する項目 (V_{30m} , $P_{\max}$) には HA と LA で有意差はなかった。また, P_{Wing} においても有意差を示さなかった。しかし, V_{30s} は HA 群で LA 群よりも有意に低い値を示した。また, $P_{\max}$ (watts per kilogram) と V_{30m} (HA: $r=0.76$; LA: $r=0.84$), P_{Wing} と V_{30s} (HA: $r=0.67$; LA: $r=0.77$) の間で有意な関係が両方の高度で観察された。一方, $\dot{V}O_2\max$, $V_{\max SRT}$, $\dot{V}O_2\max B$ はそれぞれ 9 %, 12 %, 20 %, HA の方が LA よりも低いことを示した ($P<0.05$)。ただし, $\dot{V}O_2\max B$ と $\dot{V}O_2\max SRT$ の関係は HA, LA いずれの場合も, 同様に有意な相関 (それぞれ $r=0.88$, $r=0.93$) を示すことを報告した。

Neya ら (2002) [27] は, 正常酸素条件下と別の 2 つの酸素条件下で 20-MST による $\dot{V}O_2\max$ 推定値と幾つかの生理的パラメータの変化並びにこれら 3 つの条件下での 20-MST による低酸素症の影響を検討した。6 名の大学長距離選手 (LR), 7 名の大学ラグビー選手 (RG), 8 名の非鍛錬大学生男子 (UM) を用い, treadmill により $\dot{V}O_2\max$ の測定を行い, 酸素濃度 17.5 % (HYP (17.5 %)), 15.5 % (HYP (15.5 %)), normoxia (NOR (20.9 %)) で 20-MST を実施した。 $\dot{V}O_2\max$ 測定値 (57.2 ± 8.3 ml/kg/min) と NOR (20.9 %) での推定値 (54.6 ± 8.0 ml/kg/min) との間で有意な相関が観察されることを示した ($r=0.80$, $p<0.05$)。さらに, NOR (20.9 %) と HYP (17.5 %) の間 (51.1 ± 8.0 ml/kg/min) で $r=0.90$ ($p<0.05$), NOR (20.9 %) と HYP (15.5 %) の間 (48.1 ± 7.3 ml/kg/min) で $r=0.82$ ($p<0.05$) の高い相関が観察されることを報告した。これらの結果から, 彼らは 20-MST が $\dot{V}O_2\max$ を過小に推定するが, 有酸素パワーを評価するには効果的であり, 有酸素パワーに対する酸素濃度の影響を検知することができることを示唆した。

一方, 20-MST を種々のスポーツ種目の特性に合うように改良し, 選手の適正を検討するための試みもなされている。Nicholas ら (2000) [28] はサッカーのゲームにおける行動パターンの特性をシミュレートしたシャトル・ラン・テストを開発し, その信頼性を検討した。彼らはプロトコルをパート A とパート B に分け, パート A は 20 m 間隔の可変強度シャトル・ラン, パート B は, 55 % から 95 % $\dot{V}O_2\max$ の間で 20 m 毎に変化する連続的なランニングを疲弊するまで行うものと構成した。

Boddington ら (2004) [29] は, フィールドホッケー選手の体力評価に用いるため新たに 5-mMST (5-m multiple shuttle test) を開発し, その妥当性を検討した。その結果, 20-MST で推定される $\dot{V}O_2\max$ (42.7 ± 7.1 ml/kg/min) と 5-m MST (650.9 ± 59.2 m) の走距離合計の間で高い相関を示した ($r=0.92$)。一方, 地方の代表選手の方がクラブチームレベルの選手よりも多くの距離をカバーすることを示した ($p<0.01$)。さらに 5-m MST の総距離 (706.0 ± 37.5 m) と試合中の平均移動距離 (61.0 ± 6.0 m) の間に相関 ($r=0.74$) があることを示し, フィールドホッケー選手の体力を評価する上で 5-m MST が妥当であると結論した。

Lemmink ら (2004) [30] は, 新たに開発した断続的に行われるシャトル・ラン・テスト

(Interval Shuttle Run Test (ISRT)) がサッカー競技における競技レベルの違いを見分けることができるか否かを検討した。すなわち、ISRTにおいては20-MSTで行われている60秒のランニング／ステージに代わり、30秒のランニングと15秒のウォーキングとが1ステージ当たり2度交互に行われる。被験者は、オランダプレミアリーグのプロ選手とプレミアリーグ選手、そして3部のアマチュアレベルの男子選手が用いられた。テストの結果、ISRTだけが競技レベルを識別し、サッカー競技においてその競技レベルの区別を行う上でISRTが妥当であると結論した。

また、20-MSTによる $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定値の妥当性を認め、それを持久性能力の指標として用いられている報告は数多い[31-45]。

例えば、Tomkinson ら (2003) [31] は、子供やティーンエージャーの有酸素能力が低下していると言われる点について、1991年から2000年の間に行われた20-MSTの各国のデータに基づき言及した。その結果、データとして利用可能な11カ国の有酸素能力と年齢・性の各グループにおいて有意な減少を見、少なくとも先進国においては過去20年間に亘って子供とティーンエージャーの有酸素能力が急速に低下していると報告した。

以上20-MSTに関するこれまでの報告では、20-MSTが $\dot{V}O_2\text{max}$ を過小に評価するという意見と過大に評価するという意見はあるにしても、いずれも20-MSTと $\dot{V}O_2\text{max}$ 測定値の間に高い相関があることを認めており、 $\dot{V}O_2\text{max}$ を推定する手法としてその妥当性については肯定的である。また、5kmや10kmの走能力を推定する手法として適用できること、並びに種々の年齢の被験者に適用できることが示されている。しかし、Leger ら (1982) [4] が方法で述べているように低年齢の被験者は補助者が併走する必要があるため、その影響を考える必要があることや、成人の被験者であっても20-MSTに対する意識の違いが $\dot{V}O_2\text{max}$ の推定値にどの様に反映されているかについては疑問が残るところである。もし、低年齢の被験者においては補助者の誘導の仕方、あるいは、被験者の意識の違いが20-MSTの成績に何らかの影響を与えているとすれば、全ての被験者について一義的に $\dot{V}O_2\text{max}$ を推定することは危険であるとも考えられる。そこで、今回は、まず大学生が20-MSTに対してどのような意識を持っているかについてアンケート調査を行ない、意識の違いが20-MSTの成績にどのような影響を与えるかを検討する場合の基礎的資料を得ようと考えた。

2. 20-MST に対するアンケート調査

大阪にあるO大学及びK大学に通学する大学生を対象として、20-MSTに対する意識の高低を知るために、別紙1に示す30項目のアンケートを180名（女子40名、男子140名、平均年齢 18.9 ± 0.97 歳）の学生に実施し、全てのアンケート用紙を回収した。項目毎に20-MSTに対して好意的な回答には○、非好意的な回答には×、どちらでもない場合は△を付けさせ、それぞれに+1、-1、0の点数を与えた。それらを合計し、各被験者の20-MSTに対する意識の得点とした。用いたアンケート用紙を資料1に示した。

資料1 20mMST に対する意識調査 アンケート用紙

次の意見に対して、賛成なら○，反対なら×，どちらともいえない場合は△を記入して下さい。

賛成 ○，反対 ×，どちらでもない △

1. シャトルランテストはとても楽しみだ。・・・・・・・・・・・・・・・・・・
2. シャトルランテストはやる意味がある。・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3. シャトルランテストで走るのが楽しい。・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4. シャトルランテストで自分の限界を知りたい。・・・・・・・・・・・・・・・・
5. シャトルランテストでは誰にも負けたくはない。・・・・・・・・・・・・・・・・
6. シャトルランテストで自分に注目を集めてみたい。・・・・・・・・・・・・・・・・
7. シャトルランテストは、価値あるものだ。・・・・・・・・・・・・・・・・・・
8. シャトルランテストの後に残る脱力感が好きだ。・・・・・・・・・・・・・・・・
9. シャトルランテストは、できるなら月に一度はやりたい。・・・・・・・・・・
10. シャトルランテストには、自分から積極的に参加したい。・・・・・・・・・・
11. シャトルランテストで、良い記録を出したい。・・・・・・・・・・・・・・・・
12. シャトルランテストで、途中であきらめるようなことはしたくない。・・・・・・
13. シャトルランテストでは、一番になりたいと思う。・・・・・・・・・・・・・・・・
14. シャトルランテストが終わった後、爽快感が残る。・・・・・・・・・・・・・・・・
15. シャトルランテストは、走っているうちに頑張りがたくなる。・・・・・・・・
16. シャトルランテストは、体力を測定するのにちょうどいいと思わない。・・・・・・
17. シャトルランテストでは、本気にはなれない。・・・・・・・・・・・・・・・・
18. シャトルランテストは、自己満足にすぎない。・・・・・・・・・・・・・・・・
19. シャトルランテストは、何をねらっているのかわからない。・・・・・・・・・・
20. シャトルランテストは、できるなら避けたい。・・・・・・・・・・・・・・・・
21. シャトルランテストは、苦痛だ。・・・・・・・・・・・・・・・・・・
22. シャトルランテストは、自分にプラスにはならない。・・・・・・・・・・・・・・・・
23. シャトルランテストでは、自分に限界を作ってしまう。・・・・・・・・・・
24. シャトルランテストでは、目標など必要ない。・・・・・・・・・・・・・・・・
25. シャトルランテストでは、自分の本当の体力を測れないと思う。・・・・・・
26. シャトルランテストにおいて、自分の居場所はない。・・・・・・・・・・・・・・・・
27. シャトルランテストで、途中であきらめることを何とも思っていない。・・・・・・
28. シャトルランテストの意味をわかっていない。・・・・・・・・・・・・・・・・
29. シャトルランテストは、やる気が起こらない。・・・・・・・・・・・・・・・・
30. シャトルランテストは、あまり必要ないと思う。・・・・・・・・・・・・・・・・

3. 結果並びに考察

表1は20-MSTに対する意識調査の結果を示した。G1（高好意的意識）：30～21点，G2（好意的意識）：20～11点，G3（やや好意的意識）：10～0点，G4（やや非好意的意識）：－1～－10点，G5（非好意的意識）：－11～－20点，G6（高非好意的意識）：－21～－30点の6つのグループに分け、20-MSTに対する被験者の意識の違いを見た。

表1. 20mMST に対する意識調査の得点によるグループ分け

得点は 20-MST に対して好意的な回答は 1 点

非好意的な回答は -1 点

どちらでもない場合は 0 点とし、被験者毎に合計した

得点	グループ	男	女	合計 (名)	備考
30～21	G1	10	2	12	高好意的意識
20～11	G2	22	3	25	好意的意識
10～0	G3	40	14	54	やや好意的意識
-1～-10	G4	42	11	53	やや非好意的意識
-11～-20	G5	20	9	29	非好意的意識
-21～-30	G6	6	1	7	高非好意的意識
	合計	140	40	180	

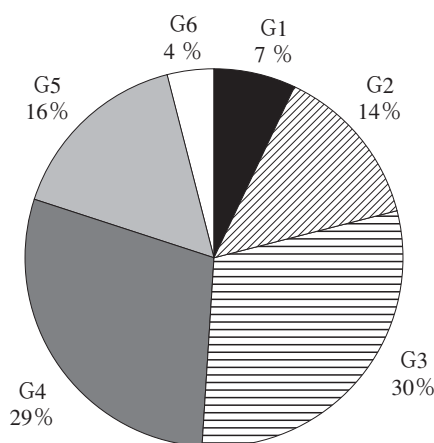


図1. 20mMST に対する意識調査結果 (男女: n=180)

G1: 高好意的意識, G2: 好意的意識, G3: やや好意的意識

G4: やや非好意的意識, G5: 非好意的意識, G6: 高非好意的意識

図1は、全被験者の結果を示している。20-MST に高好意的、好意的な意識を持つと考えられる G1 と G2 はそれぞれ 7 % (12名)、14 % (25名) であった。一方 20-MST に高非好意的、非好意的な意識を持つと考えられる G5 と G6 はそれぞれ 16 % (29名)、4 % (7名) であった。やや好意的、やや非好意的な意識を持つ G3 と G4 はそれぞれ 30 % (54名)、29 % (53名) であった。すなわち、20-MST に対して好意的である学生が 21 %、非好意的である学生が 20 %、どちらでもないと考えられる学生が 59 % となり、20-MST に対する意識が学生によって大きく異なることが分かる。

男女に分けると、G1 は男子、女子それぞれ 7 % (10名)、5 % (2名)、G2 は 16 % (22名)、8 % (3名) であった。G5 では 14 % (20名)、23 % (9名)、G6 はそれぞれ 4 % (6名)、3 % (1名) であった。G3 と G4 は男女それぞれ 29 % (40名) と 34 % (14名)、

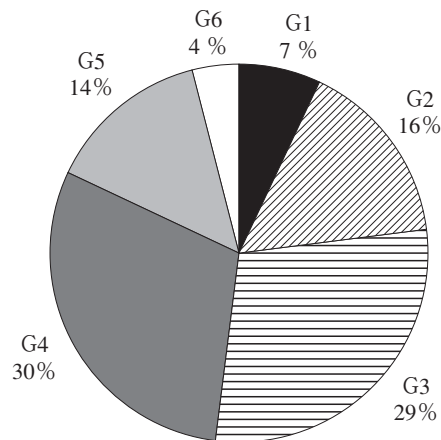


図 2. 20mMST に対する意識調査結果 (男子：n=140)

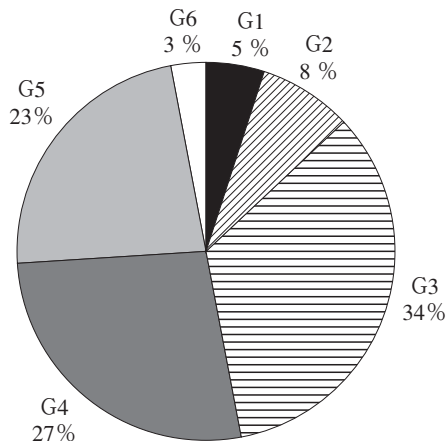


図 3. 20mMST に対する意識調査結果 (女子：n=40)

30% (42名) と27% (11名) であった。G1 と G2 を合計した場合、男女で違いを示す。すなわち、男子23%に対し、女子では13%と低く、逆に G5 と G6 の合計では男子の18%に対して、女子では26%と多くなる傾向が見られ、男子よりも女子において 20-MST に対して非好意的であることが分かる。

以上の結果は、学生たちにおいて 20-MST に対する意識に大きな違いがあり、その違いが運動成果に影響を与えている可能性があり、種々の被験者に対して、20-MST によって一義的に $\dot{V}O_2\max$ の推定値を決めることが危険であることを示唆している。今後実際に 20-MST を実施し、直説法による $\dot{V}O_2\max$ 測定値との比較において、被験者の意識の高低が推定値に与える影響について検討する必要があることを指摘したい。

4. 要 約

20m シャトル・ラン・テスト (20-MST) は全身持久性能力を知る上で重要な要素である最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\text{max}$) を「多数」の「幅広い年齢層」の被験者を対象に、「簡便」に、他の間接法よりも「正確」「安全」に最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\text{max}$) を推定する手法とされている。しかし、学校等で実施する場合、最大努力前に走行を中止してしまう学生がいることも否定できず、20-MST に対する意識の高低が $\dot{V}O_2\text{max}$ の推定値に影響を与えている可能性がある。本研究では、20-MST が $\dot{V}O_2\text{max}$ の推定法として妥当性であるか否かを検討したこれまでの報告を概観し、20-MST を用いて $\dot{V}O_2\text{max}$ を推定する場合の問題点について検討しようと考えた。その結果、20-MST は $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定法として肯定的であったが、被験者の意識の高低が推定結果に与える影響について検討した報告はなかった。

そこで、今回は、大学生180名 (女子学生40名, 男子学生140名) を対象に 20-MST に対する意識調査を行ない、G1 (高好意的意識: 30~21点), G2 (好意的意識: 20~11点), G3 (やや好意的意識: 10~0点), G4 (やや非好意的意識: -1~-10点), G5 (非好意的意識: -11~-20点), G6 (高非好意的意識: -21~-30点) の6つのグループに分け、20-MST に対する被験者の意識の高低を見た。

得られた結果について以下にまとめる。

- (1) 全被験者について見ると、G1 と G2 の合計では21%, G5 と G6 の合計では20%, G3, G4 では、59%となり、20-MST に対する意識が学生によって大きく異なることが分かる。
- (2) 男女別に見ると、G1 と G2 を合計した場合、男女で違いを示した。すなわち、男子の23%に対し、女子では13%と低く、逆に G5 と G6 の合計では男子の18%に対して、女子では26%と多くなる傾向が見られ、男子よりも女子において 20-MST に対して非好意的であることが分かる。
- (3) (1), (2) の結果は、学生たちにおいて 20-MST に対する意識に大きな違いがあり、その違いが運動成果に影響を与えている可能性がある。このことは、20-MST によって一義的に $\dot{V}O_2\text{max}$ の推定値を決めることが危険であることを示唆している。今後実際に男子、女子に分けて 20-MST を実施し、直説法による $\dot{V}O_2\text{max}$ 測定値との比較において、被験者の意識の高低が推定値に与える影響について検討する必要があることを指摘した。

引用文献

- [1] 文部科学省 (2006) http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/03040901.htm
- [2] van Mechelen W, Hlobil H and Kemper HC. (1986) Validation of two running tests as estimates of maximal aerobic power in children. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 55 (5): 503-6.
- [3] 山路啓司 (2001): 最大酸素摂取量の科学, 大修館書店, p.50.
- [4] Leger LA and Lambert J. (1982) A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict $\dot{V}O_2\text{max}$. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 49 (1): 1-12.

- [5] Leger L, Lambert J, Goulet A, Rowan C and Dinelle Y. (1984) Aerobic capacity of 6 to 17-year-old Quebecois-20 meter shuttle run test with 1 minute stages *Can J Appl Sport Sci.* 9 (2): 64-9.
- [6] Naughton LM, Cooley D, Kearney V and Smith S. (1997) A comparison of two different shuttle run tests for the estimation of $\dot{V}O_2\text{max}$. *J Sports Med Phys Fitness.* 37 (2): 156-7.
- [7] Poortmans J, Vlaeminck M, Collin M, and Delmotte C. (1986) Indirect estimation of the maximal aerobic power of a male and female population from Brussels aged 6 to 23 years. Comparison with a direct technic for measuring maximal oxygen consumption. *J Physiol (Paris).* 81 (3): 195-201.
- [8] Paliczka VJ, Nichols AK, and Boreham CA. (1987) A multi-stage shuttle run as a predictor of running performance and maximal oxygen uptake in adults. *Br J Sports Med.* 21 (4): 163-5.
- [9] Leger LA, Mercier D, Gadoury C, and Lambert J. (1988) The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci.* 6 (2): 93-101.
- [10] Ramsbottom R, Brewer J, and Williams C. (1988) A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *Br J Sports Med.* 22 (4): 141-4.
- [11] Leger L, and Gadoury C. (1989) Validity of the 20 m shuttle run test with 1 min stages to predict $VO_2\text{max}$ in adults. *Can J Sport Sci.* 14 (1): 21-6.
- [12] Boreham CA, Paliczka VJ, and Nichols AK. (1990) A comparison of the PWC170 and 20-MST tests of aerobic fitness in adolescent schoolchildren. *J Sports Med Phys Fitness.* 30 (1): 19-23.
- [13] Ahmaidi S, Collomp K, Caillaud C, and Prefaut C. (1992) Maximal and functional aerobic capacity as assessed by two graduated field methods in comparison to laboratory exercise testing in moderately trained subjects. *Int J Sports Med.* 13 (3): 243-8.
- [14] Anderson GS. (1992) A comparison of predictive tests of aerobic capacity. *Can J Sport Sci.* 17 (4): 304-8.
- [15] Liu NY, Plowman SA, and Looney MA. (1992) The reliability and validity of the 20-meter shuttle test in American students 12 to 15 years old. *Res Q Exerc Sport.* 63 (4): 360-5. Review.
- [16] Mahoney C. (1992) 20-MST and PWC170 validity in non-Caucasian children in the UK. *Br J Sports Med.* 26 (1): 45-7.
- [17] Sproule J, Kunalan C, McNeill M, and Wright H. (1993) Validity of 20-MST for predicting $VO_2\text{max}$ of adult Singaporean athletes. *Br. J. Sports Med.* 27 (3): 202-4.
- [18] Berthoin S, Gerbeaux E, Turpin E, Guerrin F, LenseleCorbeil G, and Vandendorpe F. (1994) Comparison of two field tests to estimate maximum aerobic speed. *J. Sports Sci.* 12 (4): 355-362
- [19] Leger L, and Boucher, R. (1980) An indirect Continuous Running Multistage Field Test: The Universite de Montreal Track Test. *Can J Appl Sport Sci.* 5: 77-84.
- [20] Grant S, Corbett K, Amjad AM, Wilson J, and Aitchison T. (1995) A comparison of methods of predicting maximum oxygen uptake. *Br. J. Sp. Med.* 29 (3): 147-152
- [21] McNaughton L, Hall P, and Cooley D. (1998) Validation of several methods of estimating maximal oxygen uptake in young men. *Percept Mot Skills.* 87 (2): 575-84.

- [22] Stickland MK, Petersen SR, and Bouffard M. (2003) Prediction of maximal aerobic power from the 20-m multi-stage shuttle run test. *Can J Appl Physiol.* 28 (2): 272-82.
- [23] Flouris AD, Koutedakis Y, Nevill A, Metsios GS, Tsiotra G, and Parasiris Y. (2004) Enhancing specificity in proxy-design for the assessment of bioenergetics. *J Sci Med Sport.* 7 (2): 197-204.
- [24] Wilkinson DM, Fallowfield JL, and Myers SD. (1999) A modified incremental shuttle run test for the determination of peak shuttle running speed and the prediction of maximal oxygen uptake. *J Sports Sci.* 17 (5): 413-9.
- [25] St Clair Gibson A, Broomhead S, Lambert MI, and Hawley JA. (1998) Prediction of maximal oxygen uptake from a 20-m shuttle run as measured directly in runners and squashplayers. *J Sports Sci.* 16: 331-335
- [26] Falgairette G, Bedu M, Fellmann N, Spielvogel H, Van Praagh E, Obert P, and Coudert J. (1994) Evaluation of physical fitness from field tests at high altitude in circumpubertal boys: comparison with laboratory data. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 69 (1): 36-43.
- [27] Neya M, Ogawa Y, Matsugaki N, Kimura K, Yoshida R, and Kobayashi K. (2002) The influence of acute hypoxia on the prediction of maximal oxygen uptake using multi-stage shuttle run test. *J Sports Med Phys Fitness.* 42 (2): 158-64.
- [28] Nicholas CW, Nuttall FE, and Williams C. (2000) The Loughborough Intermittent Shuttle Test: a field test that simulates the activity pattern of soccer. *J Sports Sci.* 18 (2): 97-104.
- [29] Boddington MK, Lambert MI, and Waldeck MR. (2004) Validity of a 5-meter multiple shuttle run test for assessing fitness of women field hockey players. *J Strength Cond Res.* 18 (1): 97-100.
- [30] Lemmink KA, Verheijen R, and Visscher C. (2004) The discriminative power of the Interval Shuttle Run Test and the Maximal Multistage Shuttle Run Test for playing level of soccer. *J Sports Med Phys Fitness.* 44 (3): 233-9.
- [31] Tomkinson GR, Leger LA, Olds TS, and Cazorla G. (2003) Secular trends in the performance of children and adolescents (1980-2000): an analysis of 55 studies of the 20 m shuttle run test in 11 countries. *Sports Med.* 33 (4): 285-300.
- [32] Tomkinson GR, Olds TS, Gulbin J. (2003) Secular trends in physical performance of Australian children. Evidence from the Talent Search program. *J Sports Med Phys Fitness.* 43 (1): 90-8.
- [33] Cooley D, McNaughton L. (1999) Aerobic fitness of Tasmanian secondary school children using the 20-m shuttle run test. *Percept Mot Skills.* 88 (1): 188-98.
- [34] Manios Y, Kafatos A, Codrington C. (1999) Gender differences in physical activity and physical fitness in young children in Crete. *J Sports Med Phys Fitness.* 39 (1): 24-30.
- [35] Pope RP, Herbert R, Kirwan JD, Graham BJ. (1999) Predicting attrition in basic military training. *Mil Med.* 164 (10): 710-4.
- [36] Twisk JW, Boreham C, Cran G, Savage JM, Strain J, van Mechelen W. (1999) Clustering of biological risk factors for cardiovascular disease and the longitudinal relationship with lifestyle of an adolescent population: the Northern Ireland Young Hearts Project. *J Cardiovasc Risk.* 6 (6): 355-62.

- [37] Jones MA, Hitchen PJ, Stratton G. (2000) The importance of considering biological maturity when assessing physical fitness measures in girls and boys aged 10 to 16 years. *Ann Hum Biol.* 27 (1): 57-65.
- [38] Baquet G, Berthoin S, Gerbeaux M, Van Praagh E. (2001) High-intensity aerobic training during a 10 week one-hour physical education cycle: effects on physical fitness of adolescents aged 11 to 16. *Int J Sports Med.* 22 (4): 295-300.
- [39] Wong TW, Yu TS, Wang XR, Robinson P. (2001) Predicted maximal oxygen uptake in normal Hong Kong Chinese schoolchildren and those with respiratory diseases. *Pediatr Pulmonol.* 31 (2): 126-32.
- [40] Baquet G, Berthoin S, Dupont G, Blondel N, Fabre C, van Praagh E. (2002) Effects of high intensity intermittent training on peak VO(2) in prepubertal children. *Int J Sports Med.* 23 (6): 439-44.
- [41] Guerra S, Ribeiro JC, Costa R, Duarte J, Mota J. (2002) Relationship between cardiorespiratory fitness, body composition and blood pressure in school children. *J Sports Med Phys Fitness.* 42 (2): 207-13.
- [42] Rosendal L, Langberg H, Skov-Jensen A, Kjaer M. (2003) Incidence of injury and physical performance adaptations during military training. *Clin J Sport Med.* 13 (3): 157-63.
- [43] Boreham C, Robson PJ, Gallagher AM, Cran GW, Savage JM, Murray LJ. (2004) Tracking of physical activity, fitness, body composition and diet from adolescence to young adulthood: The Young Hearts Project, Northern Ireland. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 5; 1 (1): 1-14.
- [44] Vicente-Rodriguez G, Ara I, Perez-Gomez J, Serrano-Sanchez JA, Dorado C, Calbet JA. (2004) High femoral bone mineral density accretion in prepubertal soccer players. *Med Sci Sports Exerc.* 36 (10): 1789-95.
- [45] Vicente-Rodriguez G, Dorado C, Perez-Gomez J, Gonzalez-Henriquez JJ, Calbet JA. (2004) Enhanced bone mass and physical fitness in young female handball players. *Bone.* 35 (5): 1208-15.