

活動能力指標(前期: $\beta = .22, p < .01$; 後期: $\beta = .26, p < .01$; 超高齢期: $\beta = .21, p < .05$), 握力(前期: $\beta = .11, p < .05$; 後期: $\beta = .16, p < .01$; 超高齢期: $\beta = .11, n.s$), 疾病の有無(前期: $\beta = .14, p < .01$; 後期: $\beta = .17, p < .01$; 超高齢期: $\beta = .09, n.s$)と, β の値が前期もしくは, 後期高齢者よりも超高齢期で低く老研式活動能力指標を除いて有意な影響が認められなかった。

主観的健康感の予測モデルにおいては, すべての年齢群を込みにした場合には, 決定係数 ($R^2 = .17, p < .01$)で, 老研式活動能力指標 ($\beta = .21, p < .01$), 握力 ($\beta = .09, p < .05$), 疾病の有無 ($\beta = .28, p < .01$), および教育歴 ($\beta = -.05, p < .05$)が有意な影響をもつことが示された。年齢群ごとにみるとモデル全体の決定係数は前期高齢者 ($R^2 = .22, p < .01$), 後期高齢者 ($R^2 = .24, p < .01$), 超高齢者 ($R^2 = .08, p < .05$)であり, PGC モラールスケールと同様にモデルの当てはまりは超高齢者で低かった。変数ごとの標準偏回帰係数および有意水準をみても, それぞれ老研式活動能力指標(前期: $\beta = .22, p < .01$; 後期: $\beta = .30, p < .01$; 超高齢期: $\beta = .11, n.s$), 握力(前期: $\beta = .23, p < .01$; 後期: $\beta = .15, p < .01$; 超高齢期: $\beta = .14, n.s$), 疾病の有無(前期: $\beta = .31, p < .01$; 後期: $\beta = .28, p < .01$; 超高齢期: $\beta = .21, p < .05$)と, β の値が前期もしくは, 後期高齢者よりも超高齢期で低く疾病の有無を除いて有意な影響が認められなかった。

なお, 本分析は年齢群間の分析可能対象者の差異のために前期・後期高齢者と超高齢者間の説明率の違いに影響した可能性が残る。そこで, 前期・後期高齢者群で, 超高齢者と性別ごとに同数の対象者を3回ランダムに抽出し, 同様の分析を実施した。その結果, β および有意水準で若干の変動はあるものの, 前期・後期高齢者ともに全対象者を分析した場合とほぼ同様の傾向を示すことが確認できた。

3. 認知機能と主観的心理評価の関係

超高齢者では, 認知機能の低下が主観的評価尺度得点に影響する可能性も指摘されているために, MMSE得点と, 主観的健康感とPGCモラールスケールの相関係数を求めてその関連を検討した。その結果, 主観的健康感, PGCモラールスケール総得点, PGCモラールスケールの下位項目の, 老いに対する態度, 心理的動揺では相関関係は観察されなかったが, 孤独感で, 緩やかな相関が観察された ($r = .18, p < .05$)。

IV. 考 察

本研究の目的は超高齢者における客観的機能側面の低下と, 主観的心理側面の維持による両側面の乖離の拡大を検証し, 超高齢者の心理的適応を検討することであった。客観的機能の指標として老研式活動能力指標, 握力, および疾病状況, 主観的心理状態の指標としてPGCモラールスケール, 主観的健康感を採用し前期・後期高齢者と超高齢者の間で比較した。その結果, 老研式活動能力指標, 握力で年齢が高い群ほど低い傾向が観察された。疾病は, 前期高齢者で他の群より少なく, 後期高齢者と超高齢者で同じ水準であった。PGCモラールスケールは, 前期高齢者で最も高く, 後期高齢者および超高齢者は同じ水準であった。主観的健康感は, 後期高齢者で最も低く, 超高齢者は前期高齢者と同じ水準であった。次に, 主観的健康感, PGCモラールスケールを従属変数とし, 性, 教育歴, 老研式活動能力指標, 握力, 疾病の有無を独立変数として, 年齢群ごとに各変数の影響を比較した。その結果, 前期, 後期高齢者では, 老研式活動能力指標, 握力, 疾病の有無が, PGCモラールスケールおよび主観的健康感に影響することが確認された。一方, 超高齢者では, 老研式活動能力指標が主観的幸福感に, 疾病の有無が主観的健康感にそれぞれ緩やかに影響することが示されたが, 他の指標の影響は, 観察されなかった。なお, 超高齢者では客観的に自らの状態を評価する能力が低下する可能性が考えられることから,

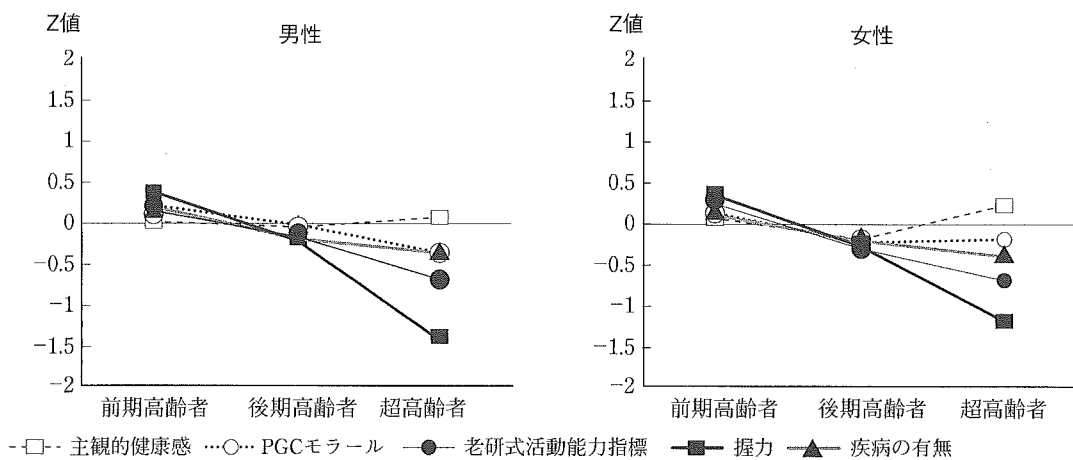


図1 老研式活動能力指標総得点、握力、疾病の有無、主観的健康感、PGCモラルスケール総得点の加齢に伴う変化

超高齢者群ではMMSE得点と主観的心理尺度との相関関係を確認した。その結果、MMSE得点とPGCモラルスケール下位尺度の孤独感の間にはMMSE得点が高いほど孤独感が高いという緩やかな相関が観察された。しかし、主観的健康感、PGCモラルスケール総得点やその他の下位尺度との間には相関関係は観察されなかった。以上、本研究では、まず第1に、前期高齢者から後期高齢者にかけて加齢に伴う客観的機能側面では明確な低下が確認できたが、主観的心理側面では明確な低下が観察できなかつた。つまり、超高齢者における両側面の乖離の拡大が確認できた(図1)。第2に、主観的心理側面に与える客観的機能側面の影響は、前期、後期高齢者では観察できたが、超高齢者では観察できなかつた。第3に、超高齢者における主観的心理側面の評価には認知機能の低下が影響しないことが確認できた。

サクセスフルエイジング¹²⁾という概念においては、疾病や障害がないこと、心身の機能および社会的活動や生産性の維持が構成要素としてあげられている。疾病を避け身体機能を維持することは、サクセスフルエイジングの重要な要因であることはまちがいない。しかし、超高齢者研究を概観すると、疾病の増加、身体機能や認知機能の低下が指摘されており^{3-10, 35, 36)}、従来考えられてきた、

高齢期におけるサクセスフルエイジングの枠組みを維持することが、困難になることが予想される¹⁵⁾。しかし、本研究では超高齢者において客観的機能側面の低下にもかかわらず、それに共変し低下すると考えられる、主観的心理側面が低下しないことが確認できた。これは、高齢期の発達課題である身体機能の喪失に対する心理的適応³⁷⁾が超高齢者に十分維持されていることを意味する。つまり喪失を補償する心理的機能は超高齢者において低下する¹⁵⁾のではなく、身体的機能の低下が著しい超高齢者においては、より強く機能することを示唆するものであるといえる。本研究では、詳細なメカニズムを検討することはできないが、少なくとも超高齢期には、エリクソン²⁹⁾が主張するような前期・後期高齢期とは異なる心理的に適応した状態が存在することが確認されたのではないだろうか。加齢に伴う感情変化の構造面を検討した研究では、超高齢期には正の感情が上昇し、負の感情が低下すること²²⁾や、楽天的気分と考えられる因子が強調されること²⁰⁾が報告されている。本研究の結果においても、PGCモラルスケールの下位尺度の年齢群間の違いをみると、心理的動揺には、加齢に伴った変化は観察されない。これを客観的機能側面で調整すると、先行研究で示されたように²²⁾、不安といった負の感情が弱くなり、

正の感情が強くなる可能性は高い。正の感情には、人生満足感や自らの心身の機能低下に対する適応が影響すると考えられる。超高齢期まで生き残るということは人生を振り返り、自らの存在を再認識し、自らのおかれた身体的、社会的な状況に対して再適応するための時間が十分にあることを意味している。この長い時間経過の経験そのものが後期高齢期から超高齢期にかけて正の感情が上昇する要因となるのではないだろうか。

一方、孤独感では、年齢と平行に変化し超高齢者において最も高いという傾向が観察された。超高齢者は、生き残りの過程で親しい友人や配偶者の喪失を逃れることはむずかしい。したがって、孤独感の増加は、超高齢期では避けがたい感情側面かもしれない。なお、孤独感は健康に負の影響を与える要因として知られているが³⁸⁾、超高齢者においては、健康と非常に高い相関のある、認知機能の高さと相関を示したことから、スケールで測定した超高齢者の孤独感は、前期・後期高齢者とは背景要因が異なる可能性も示唆される。

主観的健康感に関しては、主観的幸福感よりもより明確に、客観的側面との乖離が観察できた(図1, 表3)。慢性的な疾患が多くなる超高齢者においては、健康であることの基準をいかに設定するかが、自らの健康評価にとって重要である。もし、自らの若いころの状態を基準にすれば、健康感に対する評価は悪くなることが予想される。超高齢者において主観的健康感が低下しないのは、健康の比較基準を同年代の他者としているからではないだろうか。これは、単に自分が生き残っていることや認知症ではないということから生じた消極的な適応ではなく、人生における健康状態の目標を能動的に切り替えるという補償のプロセス^{13,14)}が機能していると解釈できよう。

本研究には限界もある。調査参加者235人のうち、今回分析対象とした変数すべてに欠損がなかったものは150人(63.8%)であった。これは調査対象の者331人中半数以下で、本研究の分析対象者は超高齢者のなかでも認知機能、身体機能と

もに健康な集団であった可能性が残る。認知症の有病率が25%、何らかの介護が必要な者の割合が40%を超える超高齢者研究の限界であるともいえる。また、主観的健康感や主観的幸福感の高さは、その後の死亡や身体的、機能的低下に影響することが報告されている^{39,40)}。調査に参加し、分析対象となった参加者は、自らの健康状態をよく評価し、主観的幸福感がもともと高い傾向がある可能性が残る。BASE²²⁾では、感情面の加齢変化に関して横断的に認められた結果が、縦断的にも確認されているが、今後、縦断的研究において、後期高齢期から超高齢期にかけて同様の現象を確認する必要があるだろう。

佐藤³⁰⁾は、超高齢者に関する研究の展望のなかで、自立を重視するバルテスら第4世代の立場と、虚弱の進行に基づく心理的発達を見いだそうとするエリクソンの第9段階の仮説を対比した。そして、日本的な文化では、個人の対人関係がより主観的心理側面に影響することから、後者のモデルが適応するのではないかと指摘している。本研究では、主観的心理側面に影響する要因として、個人の客観的機能を分析対象とし、その影響が超高齢者で減弱することを示した。しかし、超高齢者では、依存を背景にして、対人関係や社会的ネットワークに影響要因がシフトしている可能性は高い。本研究では心理・社会的な要因に関する質問が含まれていなかったが、今後ソーシャルサポートやネットワークといった、主観的幸福感に影響するとされる心理・社会的な要因⁴¹⁾も含めて超高齢者の心理的適応や補償の資源を検討することが必要である。

本研究は、厚生労働科学研究費補助金(長寿科学総合研究事業・研究代表者、鈴木隆雄・課題番号H14-長寿-006)、および文部省科学研究費(若手研究B・研究代表者、権藤恭之・課題番号15730346)の助成を受けた。

文 献

- 1) 国立社会保障人口問題研究所：日本の将来推計人口

- (平成14年1月推計)(2003).
- 2) 厚生省：介護給付費実態調査月報.
 - 3) Baltes PB, Mayer KU (eds.): The Berlin Aging Study ; Aging from 70 to 100. Cambridge U.P., New York (1999).
 - 4) Manton KG, Soldo BJ : Disability and mortality among the oldest old ; Implications for current and future health and long-term-care service needs. *In* The oldest old, ed. by Suzman RM, Willis DP, Manton KG, 199-250, Oxford U.P., New York (1992).
 - 5) Dunkle R, Roberts B, Haug M : The oldest old in everyday life ; Self perception, coping with change, and stress. Springer, New York (2001).
 - 6) Stump TE, Clark DO, Johnson RJ, et al.: The structure of health status among Hispanic, African American, and white older adults. *Journal of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 52(Spec No): 49-60 (1997).
 - 7) 大塚俊男：日本における痴呆性老人数の将来推計；平成9年1月の「日本の将来推計人口」をもとに。日本精神病院協会雑誌, 20(8): 841-845 (2001).
 - 8) Smith J, Baltes PB : Trends and profiles of psychological functioning in very old age. *In* The Berlin Aging Study ; Aging from 70 to 100, ed. by Baltes PB, Mayer KU, 197-226, Cambridge U.P., New York (1999).
 - 9) Xavier FM, Ferraza MP, Argimon I, et al.: The DSM-IV 'minor depression' disorder in the oldest-old ; Prevalence rate, sleep patterns, memory function and quality of life in elderly people of Italian descent in Southern Brazil. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 17(2): 107-116 (2002).
 - 10) Schaie KW : Intellectual development in adulthood ; The Seattle Longitudinal Study. Cambridge U.P., New York (1996).
 - 11) Zelinski EM, Kennison RF : The Long Beach Longitudinal Study ; Evaluation of longitudinal effects of aging on memory and cognition. *Home Health Care Services Quarterly*, 19(3): 45-55 (2001).
 - 12) Rowe JW, Kahn RL : Successful aging. *The Gerontologist*, 37(4): 433-440 (1997).
 - 13) Freund AM, Baltes PB : Selection, optimization, and compensation as strategies of life management ; Correlations with subjective indicators of successful aging. *Psychological Aging*, 13(4): 531-543 (1998).
 - 14) Freund AM, Baltes PB : Selection, optimization, and compensation as strategies of life management ; Correction to Freund and Baltes (1998). *Psychological Aging*, 14(4): 700-702 (1999).
 - 15) Baltes PB, Smith J : New frontiers in the future of aging ; From successful aging of the young old to the dilemmas of the fourth age. The Valencia Forum, Valencia (2002).
 - 16) Lason R : Thirty years of research on the subjective well-being of older Americans. *Journal of Gerontology*, 33: 109-125 (1978).
 - 17) 石原 治, 内藤佳津雄, 長嶋紀一: 健康度とモラル・満足度との関係. 社会老年学, 30: 75-79 (1989).
 - 18) 種田行男, 荒尾 孝, 西嶋洋子ほか: 高齢者の生活体力と日常生活の活動性および主観的幸福度・抑うつ度との関連について. 体力研究, 90: 7-16 (1996).
 - 19) 藤田利治, 大塚俊男, 谷口幸一: 老人の主観的幸福感とその関連要因. 社会老年学, 29: 75-85 (1989).
 - 20) 長田 篤, 山縣然太朗, 中村和彦ほか: 地域後期高齢者の主観的幸福感とその関連要因の性差. 日本老年医学会雑誌, 36(12): 868-873 (1999).
 - 21) Yi Z, Vaupel JW : Functional capacity and self evaluation of health and life of oldest old in China. *Journal of Social Issues*, 58(4): 733-748 (2002).
 - 22) Kunzmann U, Little TD, Smith J : Is age-related stability of subjective well-being a paradox ? ; Cross-sectional and longitudinal evidence from the Berlin Aging Study. *Psychological Aging*, 15(3): 511-526 (2000).
 - 23) Borchelt M, Gilberg R, Horgas AL, et al.: On the significance of morbidity and disability in old age. *In* The Berlin Aging Study ; Aging from 70 to 100, ed. by Baltes PB, Mayer KU, 197-226, Cambridge U.P., New York (1999).
 - 24) 川本龍一, 土井貴明, 山田明弘ほか: 山間地域に在住する高齢者の主観的幸福感と背景因子に関する研究. 日本老年医学会雑誌, 36(12): 861-867 (1999).
 - 25) Hilleras P, Agüero-Torres H, Jorm AF, et al.: Well-

- being in nonagenarians and the impact of objective health. *Brain aging*, 2(2): 31-35(2002).
- 26) Adkins G, Martin P, Poon LW : Personality traits and states as predictors of subjective well-being in centenarians, octogenarians, and sexagenarians. *Psychological Aging*, 11(3): 408-416(1996).
- 27) 鈴木みずえ, 金森雅夫, 白木まさ子ほか: 85歳・90歳高齢者の人生満足度の因子構造に関する研究. 老年精神医学雑誌, 14(8): 1017-1028(2003).
- 28) 権藤恭之: 長生きはしあわせか; 東京百寿者調査からの知見. 行動科学, 41(1): 35-44(2002).
- 29) Erikson EH, Erikson JM, 村瀬孝雄ほか: ライフサイクル, その完結. 増補版, みすず書房, 東京(2001).
- 30) 佐藤真一: 心理学的超高齢者研究の視点; P.B. Baltesの第4世代論とE.H. Eriksonの第9段階の検討. 心理学紀要(明治学院大学), 13: 41-48(2003).
- 31) 権藤恭之, 古名丈人, 小林江里香ほか: 都市部在宅超高齢者の心身機能の実態; 板橋区超高齢者悉皆訪問調査の結果から【第1報】. 日本老年医学会雑誌, 42(2): 199-208(2005).
- 32) 下仲順子, 中里克治, 河合千恵子ほか: 中高年期におけるライフイベントとその影響に関する心理学的研究. 老年社会科学, 17(1): 40-56(1995).
- 33) 古谷野亘, 柴田 博, 芳賀 博ほか: PGC モラール・スケールの構造; 最近の改訂作業がもたらしたもの. 社会老年学, 29: 64-74(1989).
- 34) Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR: "Mini-mental state"; A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3): 189-198(1975).
- 35) Zelinski EM, Burnight KP, Lane CJ: The relationship between subjective and objective memory in the oldest old; Comparisons of findings from a representative and a convenience sample. *Journal of Aging Health*, 13(2): 248-266(2001).
- 36) Martin P, Poon LW, Clayton GM, et al.: Personality, life events and coping in the oldest-old. *International Journal of Aging and Human Development*, 34(1): 19-30(1992).
- 37) Peck RC: Psychological developments in the second half of life. In Middle age and aging, ed. by Neugarten BL, Univ. of Chicago Press, Chicago(1968).
- 38) Fees BS, Martin P, Poon LW: A model of loneliness in older adults. *Journal of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 54(4): 231-239(1999).
- 39) Maier H, Smith J: Psychological predictors of mortality in old age. *Journal of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 54(1): 44-54(1999).
- 40) Tsuji I, Minami Y, Keyl PM, et al.: The predictive power of self-rated health, activities of daily living, and ambulatory activity for cause-specific mortality among the elderly; A three-year follow-up in urban Japan. *Journal of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 42(2): 153-156(1994).
- 41) 古谷野亘, 岡村清子, 安藤孝敏ほか: 都市中高年の主観的幸福感と社会関係に関連する要因. 老年社会科学, 16(2): 115-124(1995).

Physical decline and psychological adaptation in the oldest-old

Findings from Tokyo oldest-old Study

Yasuyuki Gondo¹⁾, Taketo Furuna²⁾, Erika Kobayashi¹⁾, Hajime Iwasa^{1,3)},
Hiroki Inagaki¹⁾, Yukie Masui¹⁾, Miho Sugiura¹⁾, Hiromi Imuta⁴⁾,
Akira Homma¹⁾, Takao Suzuki¹⁾

1) *Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology*

2) *Sapporo Medical University*

3) *Japan Foundation of Aging and Health*

4) *Tokyo Metropolitan University*

The purpose of this study is to investigate the decline in the objective functional ability and maintenance in the subjective psychological status, which is selectively observed in oldest-old. TMIG index of competence, grip strength, and disease prevalence as objective indexes, subjective health and PGC morale scale as subjective indexes were adopted and compared among young-old, old-old, and oldest-old. Evident age related decline was observed for objective indexes, while it is not clear in subjective indexes. In addition, the influences of the objective indexes to the subjective indexes, observed in young-old and old-old, were less marked in the oldest-old. These results indicate the progressive functional deterioration, and existence of intact compensation function to support psychological adaptation to it, in the oldest-old. Further research to elucidate the psychological process is necessary in order to promote the successful aging of the oldest-old, in whom functional limitation is evident.

Key words : oldest-old, community-dwelling elderly, functional status, subjective well-being, psychological adaptation

[原著論文]

超高齢者用認知機能評価尺度の開発

増井幸恵^{*1}・権藤恭之^{*2}・稲垣宏樹^{*3}・広瀬信義^{*4}*1 東京都老人総合研究所福祉と生活ケア研究チーム客員研究員, *2 東京都老人総合研究所福祉と生活ケア研究チーム
*3 東京都老人総合研究所自立促進と介護予防研究チーム, *4 慶應義塾大学医学部内科 (老年内科)

抄録

超高齢者の認知機能を第三者の観察によって評定する尺度を作成した。対象者は東京23区在住の100歳以上高齢者233人であった。対象者の日常生活の様子をよく知る家族や施設職員によって尺度の評定が行われた。項目反応理論を用いて、19項目の完全版と10項目版の短縮版を構成した。尺度の信頼性は高かった ($\alpha = 0.94, 0.87$)。MMSEの得点との相関も高く ($r = 0.85, 0.83$)、妥当性も高いことが示された。また、MMSEでは測定不可能な低いレベルの認知機能をもつ者にも適用できること、視聴覚障害の影響も少ないことが示された。本尺度は応答困難や視聴覚障害で認知テストの実施が困難な超高齢者にも簡便に実施できるため、面接調査のみならず郵送調査や電話調査での活用が期待される。

Key words : 超高齢者, 認知機能, 尺度構成, 項目反応理論

老年精神医学雑誌 16 : 837-845, 2005

序 論

近年、超高齢者の認知機能に関する研究が報告されるようになってきた。これらの研究はおもに、①超高齢者の認知症の有病率の把握および②超高齢者の全体的な認知能力の把握の2つの面から行われている。前者に関しては医療費や福祉費用の予測に、後者に関しては、超高齢者層の社会的機能や社会的貢献の程度を予測するうえで重要な情報を提供するものである。

たとえば、超高齢者の代表とされる100歳以上高齢者(以下、百寿者)の認知症の有病率に関する研究については、近年では母集団に基づく調査も行われている。デンマークで行われた研究¹⁾では51%(207人中105人)が、また、アメリカで行われた研究¹⁵⁾では68%(34人中23人)が軽度以上の認知症であることが報告されている。しかし、認知症の判定基準にはCDR (Clinical Demen-

tia Rating)⁸⁾やDSM-IVなどの専門家の観察による詳細な臨床診断が用いられるため、より大きなサイズのサンプルを対象とした場合には労力的にも経済的にも非常に大きなコストが必要となる。

一方、知能検査(WAIS)の下位検査や記憶課題、認知症のスクリーニング検査などの認知テストを用いて認知機能を検討する研究も多い。このタイプの研究では、超高齢者の認知機能をより詳細に記述することが可能である。しかし、先行研究で用いられてきたテスト課題は超高齢者に対しては実施困難になることが多い。MMSE (Mini-Mental State Examination)⁹⁾を用いて百寿者の認知機能を検討した研究¹⁾では、全対象者の約65%でいずれかの項目が実施できなかったと報告されている。

本研究の目的は、これまで用いられてきた認知症の臨床診断や認知テストとは異なる他者評定による行動チェックリストを用いた簡便な認知機能の評価尺度を作成することである。より簡便な評価尺度を開発することにより、母集団に基づいた比較的大規模なサンプルに対する調査の実施もよ

(受付日 2005年3月15日)

Yukie Masui, Yasuyuki Gondo, Hiroki Inagaki,
Nobuyoshi Hirose

*1 〒173-0015 東京都板橋区栄町35-2

り容易になると考える。

今回は、虚弱が著しく進行した超高齢者の認知機能の特徴に考慮して尺度構成を行う。まず、超高齢者に多い視力・聴力の低下^{4,10)}や四肢の機能不全による影響が減少するよう尺度構成を行う。視聴覚機能の低下についてはMMSEの得点に影響することが報告されている^{1,7)}。この問題点については、他者評定を用い、かつ、尺度項目に視聴覚機能の影響が少ないものを採択することにより解決されるであろう。

次に、超高齢者における認知機能の個人差の大きさに対応した評価尺度を構成する。東京在住の百寿者高齢者を対象としてMMSEを実施した研究^{6,9)}ではMMSE得点が0点だった者は16.3%と高い割合を示していた。また、得点分布も一様であり、分散が大きいことが示された。このようなMMSEが0点だった対象者がすべての認知能力を消失しているわけではない。ケアのコストを軽減し、対象者のQOLを高めるケアを提供するためにも、対象者の残存機能を詳細に測定するツールが必要である。そのためには、従来の尺度よりも難易度の低い項目を導入し、より低いレベルの認知機能に対しても測定可能な尺度を構成することが求められる。そのため、今回は、きわめて認知機能の低下した状態に対応する項目から高度に認知機能が保たれた状態までに対応する項目まで幅広く取り入れるよう配慮する。

本研究では、項目反応理論を用いて尺度を構成し、その信頼性と妥当性を検討する。尺度の妥当性の検討については、まずMMSEとの併存的妥当性を検討する。次に上記に述べた、①視聴覚障害などの機能的不能によりMMSE完全実施が困難な対象者を適切に評価できるか、②MMSEで測定不能なより低いレベルの認知機能に対しても序列化できるか、について検討する。さらに、本研究では尺度の短縮版も作成する。超高齢者に対する大規模サンプルの調査では、テストの項目数が小さいほうが調査デザインおよび回答者の回答のしやすさの両側面から好ましいと考えるからである。

尺度の開発は項目反応理論 (Item Response Theory) に基づいて行う。項目反応理論は古典的テスト理論と並ぶテスト理論のひとつであり、各テスト項目の難易度や対象者の能力に関するパラメータをモデルとして設定し、実際の反応からこれらのパラメータを推測する。推定されたパラメータは標本の特性に依存しないため、異なる集団にテストを行った場合でも個人の能力値を直接的に比較できる。

また、項目反応理論に基づくテスト構成においては、推定された各テスト項目のパラメータを用いてテスト項目を適宜組み合わせることにより、項目は異なるが難易度の等しいテストや難易度の異なるテストを容易に構成でき、それぞれのテストにより推定された能力値を一次元上で評価することが可能となる。したがって、個人差が大きい超高齢者を対象として認知機能を測定する場合においても、複数の垂直テストを設けることで、少ない項目数で精度の高い評定を行うことが可能となる。本研究ではこれらの点を踏まえ、項目反応理論を用いて尺度を構成することとした。

I. 研究1：他者評定法による認知機能評価尺度の構成とその信頼性および妥当性の検討

1. 方法

1) 対象者

本研究の対象者は、東京百寿者調査⁶⁾に参加し、その後のフォローアップ調査に協力が得られた超高齢者である。

東京百寿者調査における対象者を説明する。東京百寿者調査は東京都23区に在住の百寿者を対象に行った。2000年9月現在で100歳以上の者、および2000年9月から2002年3月までの期間中に100歳に到達した者を対象とした。まず、東京都23区すべての区を対象地区とし、各区役所で住民基本台帳を閲覧し、97歳以上の登録者を無作為に抽出した。次に、厚生省発刊2000年度および、2001年度全国高齢者名簿と照合したところ、上記期間中に100歳に到達していたと推定さ

れた1,785人中1,194人(66.9%)が抽出された。この全員に調査参加依頼を郵送し、802人から返答があり、うち513人から調査参加の同意を得た(参加率43.0%)。うち209人に対して郵送調査のみを行い、304人には郵送調査後に訪問調査を実施した。

今回の調査対象者は、東京百寿者調査より1年以降に行われた対象者の生存や現在の健康状態の把握を目的とするフォローアップ調査に参加した233人(男性36人、女性197人)であった。平均年齢は102.19歳(SD = 1.59, 範囲: 100 ~ 108歳)であった。このうち60人(男性7人、女性53人)は第1回の東京百寿者調査においてMMSEを実施していた。

2) 認知機能評価尺度の項目作成

項目の作成は、東京百寿者調査に参加した心理学者3人が行った。項目は、MMSE, NMスケール(N式老年者用精神状態尺度)¹²⁾, CDR, GDS(Global Deterioration Scale)¹⁴⁾などのおもに高齢者を対象とした認知機能を測定する尺度の項目や判定基準を参考にし、かつ超高齢者の日常生活のなかで観察可能な知的活動を問うものとした。

項目作成においては、現在の視聴覚機能の程度の影響が少ないことを考慮した。また、超高齢者における認知機能の個人差の大きさを考慮し、非常に単純な知的活動(何らかの方法でこちらから働きかければ反応することができる)から、高度に機能が保たれた超高齢者にみられる知的活動(日常的にしている仕事や家事がある)まで、幅広くカバーするように項目を作成した。このように作成された項目のなかから21項目を選定し項目プールとし、今回の尺度(表1)とした。

3) 調査手続き

フォローアップ調査は郵送で行った。調査項目は、①この1年で対象者の心身の状態に変化があったか(「はい」「いいえ」の2件法により評定)、②認知機能評価尺度(「はい」「いいえ」の2件法により回答)の2つであった。これらは、対象者の家族や対象者が現在在住している施設の職員など、対象者の現在の状態をよく知る者によって評

定された。評定者の内訳は対象者の家族が199人、対象者が居住する施設職員31人、ヘルパーなど対象者をよく知る非血縁者が3人であった。

項目反応理論に基づく分析では、「はい」を1、「いいえ」を0として分析を行った。分析にはScientific Software International社のBILOG-MG3を用いた。また、尺度の一因子性確認のためのカテゴリカル変数による探索的因子分析はMuthen & Muthen社のMplusを用いた。

2. 結果と考察

1) 項目分析と一因子性の確認

各項目について通過率および尺度の合計得点との双列相関係数を求めた(表1)。その結果、双列相関係数が低い2項目を項目プールから省いた。

尺度の一因子性を確認するために、残った19項目でカテゴリカル変数を用いた探索的因子分析を行った。第1因子の寄与率は73.3%、第2因子の寄与率は6.4%、第3因子の寄与率は4.2%となり、強い一因子構造が示された。

2) 項目母数、被験者母数の推定と認知機能評価尺度の特性

残った19項目に対して項目母数の推定を行った。モデルは2母数ロジスティックモデルを用いた。表1に各項目の識別力と困難度を示す。識別力の平均値は1.95、範囲は1.22 ~ 2.93であり、高い識別力を示していた。また、困難度の平均値は0.005、範囲は-1.36 ~ 1.26であった。困難度指標においては極端な値を示す項目はなかった。

図1、図2に尺度の合計得点と対象者の推定された特性値の分布を示した。尺度の合計得点では横に広い分布を示していたが、推定特性値の分布は正規分布に近い分布であり、特性値の平均は-0.06(分散 = 0.93)であった。しかし、推定特性値の下限および上限で人数が多少増加しており、推定特性値の床打ちおよび天井効果が観察された。

図3は認知機能評価尺度全体のテスト情報曲線である。情報量のピークは推定特性値が0.1であり、ここを頂点としてほぼ左右対称の山型をなしている。これは平均的な能力の対象者を測定する場合に最も測定精度が高くなることを示している。

表1 認知機能評価尺度の項目の通過率、合計得点との双列相関係数、および識別力と困難度

項目	通過率	合計得点との双列相関係数	識別力	困難度
あいさつされると、あいさつを返すことができる	0.88	0.48	2.08	-1.36
喜怒哀楽といった感情の表出がある*	0.78	0.53	1.22	-1.05
他人に感謝やねぎらいのことばをかけることができる*	0.80	0.53	1.54	-1.05
自分の年齢がだいたい正しくわかっている	0.62	0.72	2.41	-0.35
過去の楽しかった思い出話ができる	0.57	0.66	1.55	-0.23
自分の生年月日が正しく言える*	0.57	0.70	1.82	-0.22
過去のつらい思い出話ができる*	0.52	0.66	1.53	-0.08
人前では身なりに気を遣うことができる	0.52	0.70	1.79	-0.07
いまの季節がわかっている*	0.51	0.75	2.47	-0.04
自分のおもな身内の現在の年齢や住んでいる場所がだいたい正しくわかっている	0.45	0.76	2.93	0.10
テレビやラジオのニュースの内容がだいたい理解できる*	0.44	0.71	2.06	0.14
人の相談にのったり、自分の意見を言うことができる	0.39	0.73	2.35	0.27
テレビやラジオのスイッチやチャンネルを自分で操作する	0.39	0.65	1.68	0.28
自分のものを自分なりに整理整頓している*	0.37	0.70	2.12	0.30
数日前の出来事をだいたい憶えている*	0.39	0.65	1.84	0.37
本や雑誌などを読んで、内容を理解できる	0.35	0.70	2.26	0.37
簡単なつり銭の計算といったお金の計算ができる*	0.35	0.67	1.82	0.39
安心して、留守番をまかせることができる	0.16	0.47	1.58	1.07
日常的にしている仕事や家事がある*	0.11	0.42	1.97	1.26
何らかの方法でこちらから働きかければ反応することができる**	0.95	0.18	-	-
異性を意識したようなふるまいをすることがある**	0.24	0.25	-	-

* 短縮版にも採用された項目 (10項目), ** 項目分析により項目プールから省かれた項目 (2項目)

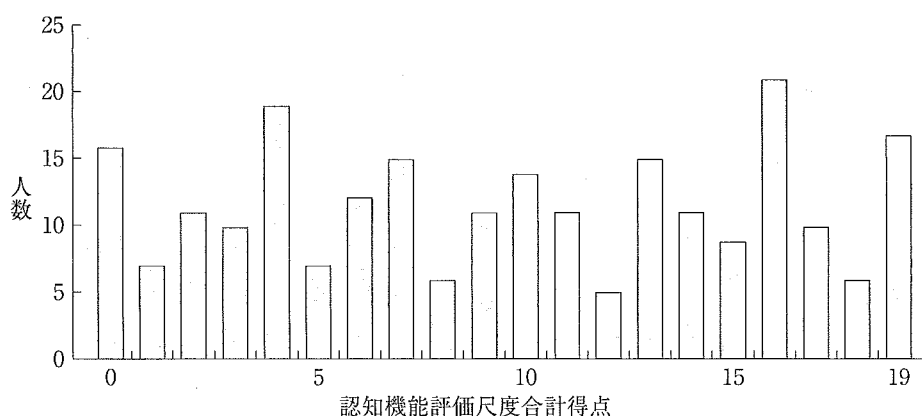


図1 認知機能評価尺度合計得点の分布

3) 認知機能評価尺度の信頼性の検討

上記の手続きで構成した認知機能尺度の記述統計量および信頼性係数(クロンバックの α)を表2に示した。信頼性係数は0.94で十分に高いことが示された。

4) 認知機能評価尺度の妥当性の検討

次に認知機能評価尺度の妥当性の検討を行った。

第1回の東京百寿者調査においてMMSEを実施しており、かつ、今回のフォローアップ調査において、第1回調査から心身機能に変化がなかったと評定された対象者を抽出した($n = 60$)。これらの対象者について第1回調査時のMMSE得点と認知機能評価尺度の合計得点との相関を求めた。MMSE得点と認知機能評価尺度合計得点の間には

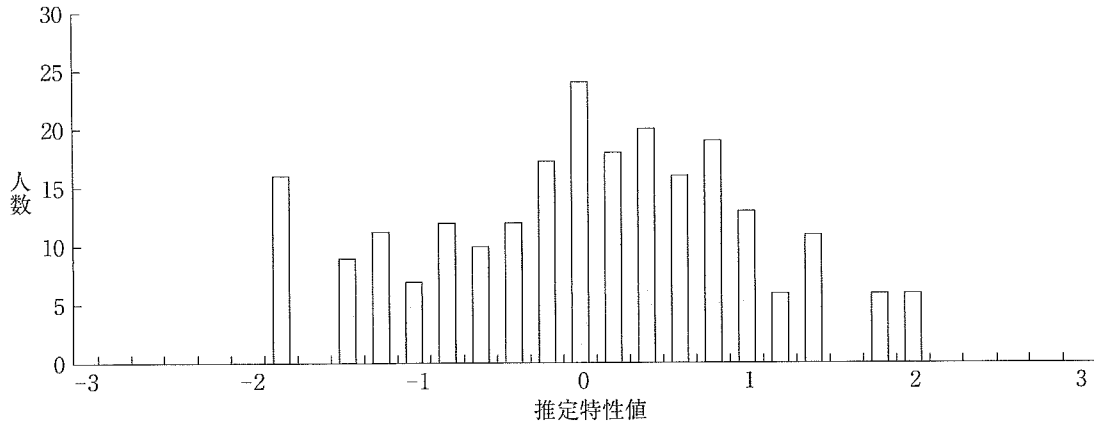


図2 認知機能評価尺度による推定特性値の分布

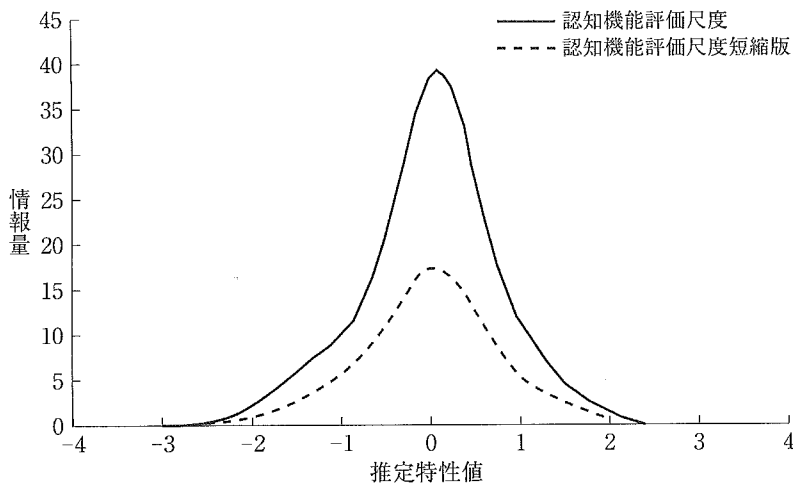


図3 認知機能評価尺度、認知機能評価尺度短縮版のテスト情報曲線

表2 認知機能評価尺度と短縮版の尺度特性

	認知機能評価尺度	短縮版
項目数	19	10
平均尺度得点	9.17	4.87
(SD)	6.04	3.18
クロンバックの α	0.94	0.87
識別力平均値	1.95	1.84
(範囲)	1.22~2.93	1.22~2.47
困難度平均値	0.005	0.001
(範囲)	-1.36~1.26	-1.05~1.26
1項目あたりの情報量	2.06	1.72

非常に高い正の相関が示された ($r = 0.85, p < 0.01$)。このことは認知機能評価尺度がMMSEとの併存的妥当性を有していることを示唆している。

MMSE得点が0点だった者 ($n = 21$) の認知機

能評価尺度得点の分布を図4に示した。得点の範囲は0~14点であり、0点も3人いたが、1~4点までの間に約77%の対象者が分布していた。このことは、本尺度によってMMSEでは不可能だった低いレベルの認知機能の序列化が可能であることを示している。

視聴覚の障害や実施中の疲労によりMMSEの全項目実施が不可能であった対象者を本尺度で測定した場合の特徴を検討した。東京百寿者調査では、上記の理由でMMSEを全項目実施できなかった対象者が22人存在した。このうち今回のフォローアップ調査に参加した者は12人であり、かつ前回の調査時から心身の状態に変化がなかった者は7人(以下、MMSE不完答群:男性2人,

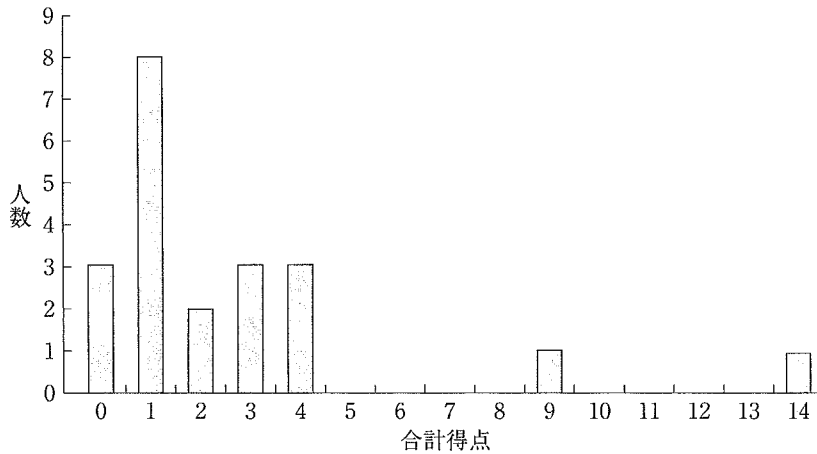


図4 MMSEが0点だった者 (N=21) の認知機能評価尺度合計得点の分布

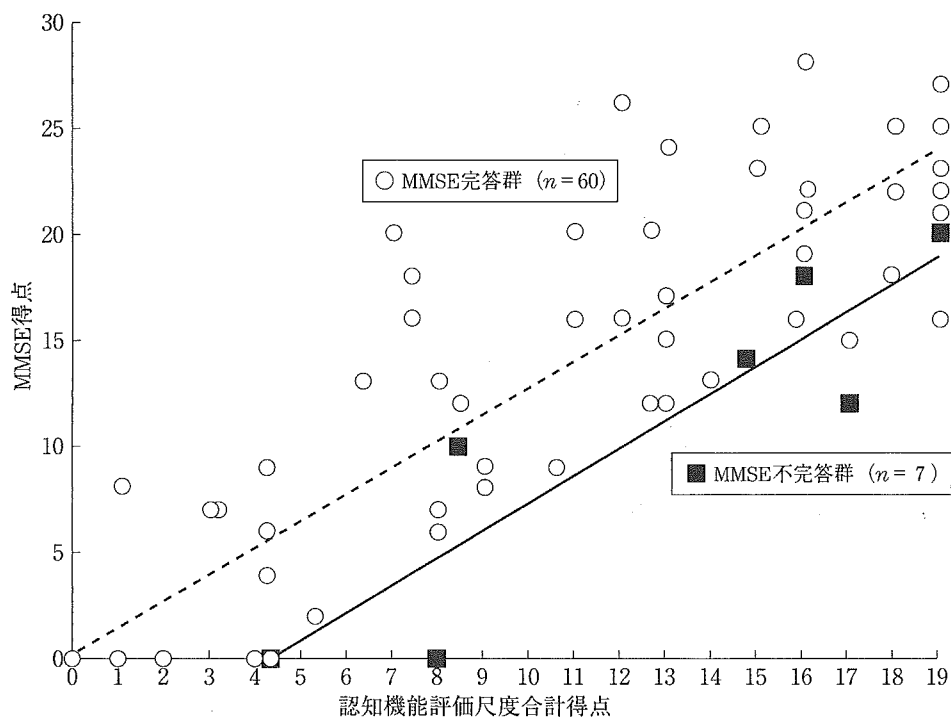


図5 MMSE不完答群の修正したMMSE得点と認知機能評価尺度合計得点の関係

女性5人)であった。

この7人について実施可能であったMMSE項目の合計得点をもとに、完答したと仮定した場合のMMSE得点を算出した(修正MMSE得点=実施可能であったMMSE項目の合計点÷回答項目数×全項目数(30))。この修正MMSE得点と認知機能評価尺度の散布図と回帰直線を図5に示した(図中の■印:n=7)。同じ図上にMMSEを完答できた者(MMSE完答群, 図中○印:n=

60)についても同様に示した。この図より、認知機能評価尺度の得点と同じであっても、MMSE不完答群の修正MMSE得点はMMSE完答群よりも低いことがわかる。つまり、認知機能評価尺度を基準とすると、MMSEはMMSE不完答群の認知機能を過小評価しているといえる。言い換えれば、認知機能評価尺度の利用により、機能的不能でMMSEを完答できない対象者に対してより適切な評価が可能であることを示唆している。

以上の結果から、今回の認知機能評価尺度は、超高齢者の認知機能の測定において、機能的に回答不能などでMMSEの完全実施が不可能な対象者に対しても適切な評定が可能であること、かつ能力の低い対象者についてMMSEよりも詳細な測定が可能である尺度であることが示された。

II. 研究2：認知機能評価尺度短縮版の作成

1. 目的と方法

上記で構成した認知機能評価尺度の項目プールを利用して短縮版を作成する。短縮版においても、難易度と精度を19項目版（以下、完全版）と同程度にするために、困難度と識別力の平均値が完全版に近くなるよう10項目を選定した。

2. 結果と考察

表1に選定された10項目を示す。10項目の識別力の平均値は1.84（範囲：1.22～2.47）、困難度の平均値は0.001（範囲：-1.05～1.26）であった。

図3に短縮版のテスト情報曲線を示す。短縮版においても最も情報量が高くなるのは特性値が0.1付近であり、完全版と同じであった。また、推定特性値の-1未満、1以上では標準誤差が大きくなる点も同じであった。一方、情報量ピーク時の1項目あたりの情報量を両者で比較すると、完全版が2.06、短縮版は1.72となり、短縮版のテスト精度はやや劣る結果となった。

完全版と短縮版の合計得点のピアソン相関係数は0.97 ($p < 0.01$, $n = 233$)であり、両者の相関はきわめて高いことが示された。

1回目の東京百寿者研究の調査から対象者の認知機能に変化がなかったと評定された対象者 ($n = 60$) について、短縮版の合計得点と1回目調査時のMMSE得点との相関を求めた。その結果、MMSEとの相関は0.83 ($p < 0.01$) とほぼ完全版と同程度の相関が確認された。これらの結果は、認知機能評価尺度短縮版も完全版の認知機能尺度とほぼ同様の特性をもつことを示している。

III. 全体論議

本研究の目的は、超高齢者の認知機能の全般的なレベルを測定するための尺度を構成することであった。まず、超高齢者に対する面接調査経験が豊富な心理学者が、超高齢者の日常生活場面でよく出現すると考えられる認知的行動、21項目のプールを作成した。これを対象者の家族または居住する施設の職員が評定した。尺度の構成は項目反応理論を用いて行い、最終的に19項目からなる認知機能評価尺度を作成した。

項目反応理論による分析により、本尺度は平均的なレベルの認知機能をもつ対象者の測定において最も精度がよく、本研究の対象者の認知機能のレベルに適した尺度であることが示された。尺度の妥当性に関して、対象者の約1年前のMMSE得点との相関を調べたところ、0.8以上と非常に高いことが示された。このことから、認知機能評価尺度とMMSEの併存的妥当性が確認された。さらに、MMSEでは測定できない低レベルの認知機能をもつ対象者についても序列化できること、視聴覚障害などによりMMSEが完答できなかった対象者の認知機能も適切に測定できることが示された。また、認知機能尺度の短縮版も構成し、完全版よりやや測定精度は低下するものの、ほぼ同様の特性をもつことが示された。

以上の結果は、今回作成した認知機能評価尺度が、心身虚弱によりMMSEなどの認知テストが実施できないことが多い超高齢者の認知機能の高さを適切に測定できることを示唆している。

本尺度は対象者の家族や対象者が居住している施設の職員によって評定されたのにもかかわらず、MMSEと十分に高い相関をもっていた。このことは、郵送調査のように対象者に直接面接できない調査形態であっても、十分な精度と妥当性をもって対象者の認知機能を測定できることを示している。また、近年では、対象者の参加率を高めるために電話調査が用いられることもあるが、この場合調査項目が短く簡便であることが求められる⁵⁾。今回の10項目の短縮版は非常に短時間で実施可

能であり、特に適していると考えられる。

最後に、本尺度の問題点について考察する。第一に、併存妥当性の検討方法に関する問題である。本研究では、フォローアップ調査において心身状態が前回の調査時と変化がないと評定された対象者に対して、第1回調査時に施行したMMSE得点と現在の認知機能尺度の得点との相関を求めることにより妥当性の検討を行った。つまり、2つの尺度は同時期に測定されたものではない。しかし、36人の百寿者を対象としてMMSEを1.5年間隔で実施した研究¹¹⁾では、ほとんどの被験者でMMSE得点に変動がなかったと報告されている。本研究においても調査の間隔が約1年であることから、心身状態に大きな変化がなかったと評定された対象者についてはMMSEにも変動がないと考えても問題はないと考えられる。

第二に、内容妥当性の問題である。本尺度は認知機能の全般的なレベルを測定することを目的としており一因子構造の尺度である。これは、知能や認知機能の構造については多因子から構成されるという従来の知能理論²⁾とは異なるものである。しかし、超高齢者においては、知能の構造は脱分化の方向性を示し、下位因子に対する一般知能gの影響力が強くなることが示されている¹³⁾。したがって、本尺度も超高齢者に対する認知機能の評価尺度としては問題がないと考える。

第三は測定範囲の問題である。今回の認知機能評価尺度は超高齢者の認知機能を測定することを目的として作成された。しかし、推定能力値の天井効果が多少あり、高い能力を維持している対象者の測定には難度が不足していることが示唆された。しかし、本尺度は項目反応理論によって構成されているため、より難度の高い項目を作成し、今回の尺度との等化を行うことでより高い能力の対象者にも対応できるようになる。また、この手続きにより、より若い高齢者の認知能力の測定にも利用できる。今後は、高齢者から超高齢者に至るまで1つの次元上で認知能力を測定できる可能性も開かれるであろう。

文 献

- 1) Andersen-Ranberg K, Vasegaard L, Jeune B : Dementia is not inevitable ; A population-based study of Danish centenarians. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, **56** (3) : 152-159 (2001).
- 2) Cattell RB : Theory of fluid and crystallized intelligence ; A critical experiment. *J Educ Psychol*, **54** (1) : 1-22 (1963).
- 3) Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR : 'Mini mental state' ; A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res*, **12** (3) : 189-198 (1975).
- 4) 権藤恭之, 広瀬信義, 増井幸恵 : 百寿者研究からわかった長寿者の現状と要因. *日本の科学者*, **39** (2) : 10-15 (2004).
- 5) Herzog AR, Wallace RB : Measures of cognitive functioning in the AHEAD Study. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, **52** : 37-48 (1997).
- 6) 広瀬信義, 権藤恭之, 鈴木 信, 脇田康志ほか : 平成13年度厚生科学研究費補助金(長寿科学総合研究事業)総括・分担研究報告書「百寿者の多面的検討とその国際比較」. 慶應義塾大学医学部老年内科, 東京 (2001).
- 7) Holtsberg PA, Poon LW, Noble CA, Martin P : Mini-Mental State Exam status of community-dwelling cognitively intact centenarians. *Int Psychogeriatr*, **7** (3) : 417-427 (1995).
- 8) Hughes CP, Berg L, Danziger WL, Coben LA, et al. : A new clinical scale for the staging of dementia. *Br J Psychiatry*, **140** : 566-572 (1982).
- 9) 稲垣宏樹, 権藤恭之 : 百寿者のバイオメカニズム ; 機能的側面とサクセスフル・エイジング. *バイオメカニズム学会誌*, **27** (1) : 18-22 (2003).
- 10) 健康・体力づくり事業財団 : 「全国100歳老人の1/2サンプルの横断的研究」報告 長寿大国ニッポンにおける百寿者のくらし. 健康・体力づくり事業財団, 東京 (2002).
- 11) Kliegel M, Moor C, Rott C : Cognitive status and development in the oldest old ; A longitudinal analysis from the Heidelberg Centenarian Study. *Arch Gerontol Geriatr*, **39** (2) : 143-156 (2004).
- 12) 小林敏子, 播口之朗, 西村 健, 武田雅俊ほか : 行動観察による痴呆患者の精神状態評価尺度(NMスケール)および日常生活動作能力尺度(N-ADL)の作成. *臨床精神医学*, **17** (11) : 1653-1668 (1988).
- 13) Lindenberger U, Baltes PB : Intellectual functioning in old and very old age ; Cross-sectional results from the Berlin Aging Study. *Psychol Aging*,

- 12 (3) : 410-432 (1997).
- 14) Reisberg B, Ferris SH, de Leon MJ, Crook T : The Global Deterioration Scale for assessment of primary degenerative dementia. *Am J Psychiatry*, **139** (9) : 1136-1139 (1982).
- 15) Silver MH, Jilinskaia E, Perls TT : Cognitive functional status of age-confirmed centenarians in a population-based study. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, **56** (3) : 134-140 (2001).

Development of Oldest-Old version of Cognitive Assessment Questionnaire based on item response theory

Yukie Masui *¹, Yasuyuki Gondo *², Hiroki Inagaki *³, Nobuyoshi Hirose *⁴

* 1 *Human Care Research Team, Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology*

* 2 *Human Care Research Team, Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology*

* 3 *Research Team for Promotion Independence of the Elderly, Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology*

* 4 *Department of Geriatric Medicine, Keio University School of Medicine*

We developed a questionnaire to measure the cognitive function of the oldest old. The questionnaire consisted of items designed to clarify the daily activity of the participants, and was distributed to the family members or care staff of 233 centenarians. The 19-item full form scale and the 10-item short form scale were composed on the basis of item response theory (IRT). Both scales were satisfactorily reliable ($\alpha = 0.94$ and 0.87) and higher correlations with the MMSE (Mini-Mental State Examination) ($r = 0.85$ and 0.83) suggested satisfactory concurrent validity. This questionnaire was able to evaluate the functional level of participants inferior to the lower limit assessable by the MMSE, and in addition was not affected by vision or hearing impairment. These results suggest that the scales are practicable for evaluating the cognitive function of the oldest old regardless of the participants' health, vision, and hearing condition, or the type of participation such as a visit, mail, or phone survey.

Key words : oldest old, cognitive function, questionnaire, test validity, item response theory

ORIGINAL ARTICLE

Effects of low-intensity physical exercise on acute changes in resting saliva secretory IgA levels in the elderly

Yuzuru Sakamoto,¹ Shouzoh Ueki,^{1,2} Hideki Shimanuki,¹ Toshiyuki Kasai,¹ Jinro Takato,¹ Hironobu Ozaki,² Yoshiharu Kawakami² and Hiroshi Haga¹

¹Faculty of Medical Science and Welfare, Tohoku Bunka Gakuen University, and ²Division of Life Sciences, Kansei Fukushi Research Center, Tohoku Fukushi University, Sendai, Japan

Background: Although it is well known that exercise affects various immune functions, it remains to be determined whether exercise influences change in the mucosal immunity of elderly people. The objective of the present study is to examine whether low-intensity short-term exercise alters acute and long-term mucosal immune function in community-dwelling elderly people.

Methods: The subjects of the study were 16 community-dwelling elderly people, consisting of 11 men and five women aged 60–94 (mean \pm SD, 76 \pm 10 years), living in Sanbongi Town (Miyagi, Japan). The subjects periodically performed about 20 min of low-intensity physical exercise (approximately 3.1 METS) at a frequency of twice a month for 3 months. Saliva samples were collected before and after exercise during the exercise class (at the start, after 1 month and after 3 months). Saliva flow, secretory immunoglobulin A (SIgA) concentration, SIgA secretion rate and total protein were determined.

Results: The main finding was that saliva flow and SIgA secretion rates were significantly ($P < 0.05$) higher after exercise. However, the baseline value of SIgA level hardly changed at each point for the duration of the exercise class.

Conclusions: The results suggest that low-intensity short-term exercise enhances mucosal immune function transiently in elderly people.

Keywords: elderly, exercise, mucosal immunity, saliva, SIgA.

Introduction

Aging causes not only a decline in behavioral physical strength such as a muscle strength and endurance, but also a decline in defensive physical strength such as environmental adaptation and immune function.^{1,2} Immune function, which is one of the most important

components of defensive physical strength, declines remarkably with aging. It has been indicated that the cause may be a functional decline of immunocompetent cells, such as T cells, B cells and NK cells.^{3–5} However, a consensus has not been obtained as to the mechanism of immune dysfunction.^{4,6,7}

It is considered that the age-related immune dysfunction immunosenescence is the cause of sensitive increases in infective diseases such as pneumonia, influenza and the common cold in the elderly. Mucosal immunity in association with innate non-specific defense forms the first line of defense against pathogens, allergens and antigens presented at mucosal surfaces. The main factor of mucosal immunity is secretory immunoglobulin A (SIgA). The relevance of declines in

Accepted for publication 6 April 2005.

Correspondence: Dr Yuzuru Sakamoto, PhD, Department of Experimental Immunology and CREST program of Japan Science and Technology Agency, Institute of Development, Aging and Cancer, Tohoku University, Seiryō 4-1, Sendai 980-8575, Japan. Email: ysakamoto@idac.tohoku.ac.jp

SIgA levels and its affect on upper respiratory tract infections (URTI) has been indicated in recent studies.⁸⁻¹⁰ Therefore, it is necessary to take some counter measures in terms of infectious disease prevention against immunosenescence for health promotion of elderly people.

In many previous studies, it has been shown that physical exercise influences the immune system, generally, that appropriate exercise improves immune function,^{11,12} and that intense exercise reduces immune function.^{13,14} However, research results from studies of young people are not necessarily obtained by similar research in elderly people. In addition, there is little data for elderly people on the effects of physical exercise on saliva SIgA levels. The purpose of this study was to examine the acute and long-term effects of low-intensity exercise on mucosal immune function in elderly people.

Methods

Subjects

The subjects were comprised of 16 people (11 men, five women) aged 60–94 years (mean 76, SD 10) who lived in Sanbongi town (Miyagi, Japan). The subjects were informed of the scope and the procedure of the study, approved by the local ethical committee, and all gave written consent.

Physical exercise program

The exercise program used in this study was devised for the purpose of fall prevention in elderly people and consisted of 10 kinds of movement; (i) raise and hold up calves and stretch arms; (ii) leg lunges; (iii) side steps to the right and left; (iv) standing trunk flexion; (v) sitting trunk flexion; (vi) trunk curls; (vii) hip raises; (viii) walking action while recumbent; (ix) push ups on all fours; and (x) backward leg extensions on all fours. It was considered that elderly people could perform this exercise program safely and easily. Each movement was repeated eight times during each session, and the required time for this program was about 20 min. The intensity (metabolic equivalents [METs]) of this exercise program has been assessed as 3.1 METs using the MetaMax portable metabolic measurement system (Cortex, Leipzig, Germany). Thus, this exercise is classified as low-intensity for elderly people according to the American College of Sports Medicine guideline.¹⁵

Experimental design

Firstly, the acute effect of the exercise program on SIgA levels of elderly people was verified. In the exercise group, 16 elderly subjects (five women) undertook the

exercise program as described above. On the other hand, in the control group, seven subjects (three women) participated for the non-physical exercise program including a lecture and information service for fall prevention. Saliva samples of both groups were collected before (at 09.30 hours) and after (at 10.50 hours) the physical exercise or non-physical exercise program.

Secondly, the long-term effect of the exercise on SIgA levels of elderly people was verified. Indeed, the exercise class was held a total seven times at a frequency of two times per month for two hours/time (from 09.00 to 11.00 hours). In every class, the elderly subjects performed the above-mentioned exercise program in about 20 min. Saliva samples were collected before (at 09.30) and after (at 10.50) the physical exercise program at three points during the exercise classes (at start, 1 month and 3 months).

Saliva collection and SIgA determination

To determined saliva volume and saliva SIgA concentration, stimulated saliva samples were collected using cotton wool swabs (Salivettes, Sarstedt Ltd) as described previously.¹⁶ Before collection of the sample, the participant rinsed the inside of the mouth with distilled water once, then rested in a sitting position for 5 min. Next, the participant swallowed the saliva to dry the mouth and chewed a cotton swab in order to collect the newly secreted saliva at a frequency of 60 times/min for 1 min. Then the participant placed the cotton swab into a plastic tube, and saliva was extracted from the cotton by centrifugation at 3000 r.p.m. for 15 min. After measurement of the sample volume, saliva samples were frozen at -80°C for later analysis. Salivary SIgA concentrations were determined by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) as previously described.¹⁶ To avoid inter-assay variability, all samples from each subject were assayed on the same microtiter plate. The interassay coefficient of variation of the method, based on analysis of 96 duplicate samples, was 7.3%. Salivary SIgA data were expressed as the SIgA concentration ($\mu\text{g/mL}$), or the SIgA secretion rate ($\mu\text{g/min}$). SIgA secretion rate ($\mu\text{g/min}$) was calculated as the product of SIgA concentration ($\mu\text{g/mL}$) and saliva flow rate (mL/min). Total protein in the saliva was determined by the method of Bradford (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA) using bovine serum albumin as a standard and following the manufacturer's instructions.

Statistical analysis

Values are expressed means \pm SD. All statistical analysis was conducted with StatView statistical software (version 5.0, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA). In all analyses, $P < 0.05$ was considered statistically significant.

Results

Acute effect of the exercise program on SIgA levels of elderly people

We considered the acute effect of the exercise program in each group of exercise and nonexercise. In the exercise group, there were significant increases after the exercise program of saliva flow and SIgA secretion rates (Fig. 1a,c; $P < 0.05$), whereas, in the nonexercise group, there was no significant change in any measurement item, including saliva flow, SIgA concentration, SIgA secretion rate or total protein concentration of saliva (Fig. 1).

Long-term effect of the exercise program on SIgA levels of elderly people

The mean values of the saliva flow rate before and after exercise were 1.15 ± 0.49 – 1.32 ± 0.48 mL/min at start, 1.30 ± 0.43 – 1.41 ± 0.51 mL/min at 1 month and 1.14 ± 0.48 – 1.33 ± 0.51 mL/min at 3 months (Fig. 2a). Saliva flow rates were significantly higher after exercise both at the start and after 3 months in the classes compared with before exercise ($P < 0.05$). However, the baseline level of saliva flow rate did not show a significant change for the duration of the fall prevention classes (Fig. 2a). Mean values of saliva SIgA concentration before and after exercise were 44.3 ± 20.8 – 50.6 ± 24.7 $\mu\text{g/mL}$ at start, 45.4 ± 20.4 – 48.3 ± 21.4 $\mu\text{g/mL}$ at 1 month and 45.3 ± 21.9 – 49.3 ± 24.6 $\mu\text{g/mL}$ at 3 months (Fig. 2b). The SIgA concentration tended to increase after exercise in each point of the classes, but the difference of the mean value before and after

exercise was not significant. The mean values of the SIgA secretion rate before and after exercise were 49.6 ± 29.4 – 65.0 ± 36.7 $\mu\text{g/min}$ at start, 56.7 ± 24.0 – 63.4 ± 21.2 $\mu\text{g/min}$ at 1 month and 46.2 ± 18.6 – 61.7 ± 32.2 $\mu\text{g/min}$ at 3 months (Fig. 2c). The SIgA secretion rate significantly increased after exercise both at the start and 3 months into the classes compared with before exercise ($P < 0.05$). However, the baseline level of the SIgA secretion rate did not show a significant change for the duration of the fall prevention classes (Fig. 2c). Moreover, total protein concentration hardly changed before and after exercise at each point for the duration of the fall prevention classes (Fig. 2d).

Table 1 Characteristics of subjects ($n = 16$, five women)

	Mean \pm SD	(Range)
Age (years)	76 \pm 10	(60–94)
Height (cm)	154.1 \pm 8.9	(136.0–170.6)
Weight (kg)	53.6 \pm 11.9	(34.1–71.8)
Body fat (%)	22.4 \pm 9.4	(7.3–39.1)
Body mass index (kg/m ²)	22.5 \pm 4.2	(15.1–30.0)
BPmax (mmHg)	142.9 \pm 22.4	(104–178)
BPmin (mmHg)	82.2 \pm 13.0	(59–99)

BPmax, Systolic blood pressure; BPmin, Diastolic blood pressure.

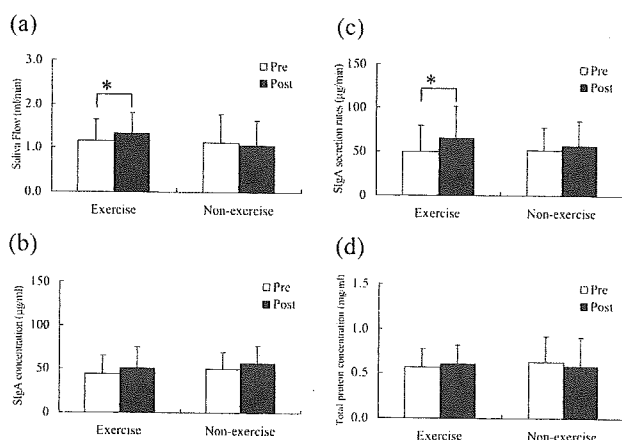


Figure 1 Change in salivary SIgA levels before and after the exercise and nonexercise programs: (a) saliva flow (mL/min); (b) SIgA concentration ($\mu\text{g/mL}$); (c) SIgA secretion rate ($\mu\text{g/min}$); (d) total protein concentration in saliva (mg/mL). All data are expressed as means \pm SD. The Wilcoxon signed ranks test was used to compare the pre and post data for differences in exercise ($n = 16$) or nonexercise groups ($n = 7$). ($*P < 0.05$.)

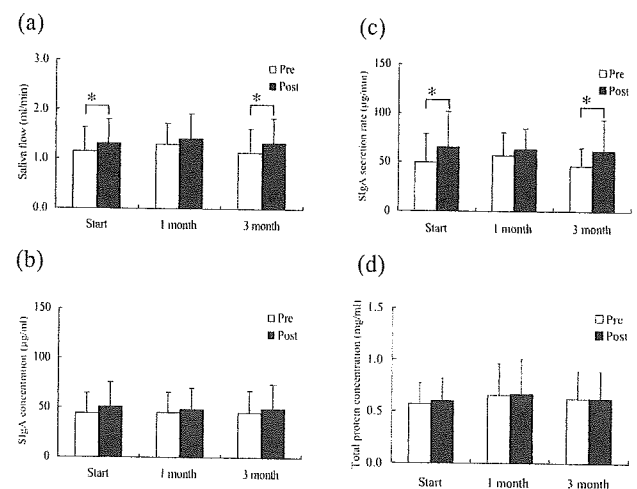


Figure 2 Change in salivary SIgA levels before and after the exercise program at the start, 1 month and 3 months into the fall prevention classes: (a) saliva flow (mL/min); (b) SIgA concentration ($\mu\text{g/mL}$); (c) SIgA secretion rate ($\mu\text{g/min}$); (d) total protein concentration in saliva (mg/mL). All data are expressed as means \pm SD. The Wilcoxon signed ranks test was used to compare the pre- and post-exercise data for differences in means at the start, after 1 month and 3 months ($n = 16$). ($*P < 0.05$.)

Discussion

The main finding in this study was that the saliva flow rate and SIgA secretion rate significantly increased after our exercise program. Moreover, the changes at the start of the classes showed similar results as measurements after 3 months. However, the baseline level of SIgA did not show a significant change for the duration of the exercise program. Therefore, it is suggested that our exercise program may temporarily improve the mucosal immune function of elderly people. Although we could not set an appropriate control group in this longitudinal study, the effect seemed to occur regardless of seasonal variation because the SIgA level showed similar changes at the start and 3 months after the classes.

It is well known that exercise affects immune function. There are many findings that show that intense exercise suppresses SIgA levels and that low- or moderate-intensity exercise improves or does not affect SIgA levels.^{8,10,17-21} In this study, it is demonstrated that the exercise program increased the saliva flow and SIgA secretion rate transiently (Fig. 1). Moreover, the SIgA secretion rate after the exercise program at the start, 1 month and 3 months into the classes increased by 27%, 11.8% and 33.5%, respectively (Fig. 2). The saliva flow rate after exercise increased by 14.8%, 8.5% and 16.7%, respectively (Fig. 2). Therefore, it is assumed that the intensity of this exercise program was appropriate for elderly people. Appropriate exercise, in this case, is physical exercise of an intensity that gives beneficial effects to immune function. However, appropriate exercise intensity is different according to age, gender and physical fitness level.²² Therefore, a consensus has not been obtained in research for elderly people.

In this longitudinal study, the continuation of this exercise program did not affect the baseline value of SIgA levels (Fig. 2). Akimoto *et al.* reported that resting saliva flow and SIgA levels did not change with either endurance or resistance exercise over 4 months.¹⁶ Our present results correspond to their findings. However, they also reported that SIgA levels significantly increased compared with baseline values after 12 months of exercise and suggested the importance of continuation of exercise.¹⁶

On the relevance of aging and mucosal immunity, a decline in SIgA secretion rate with aging has been reported.^{1,23} Evans *et al.* described the cause of the decline in SIgA secretion rate which accompanies aging as a functional decline of the SIgA transportation system, including the secretion of saliva, and that it is not a functional decline in mucosal immunity related lymphocytes.²³ In our results, it was shown that an increase in saliva flow rate with exercise influenced a rise in the SIgA secretion rate, supporting their results.

Furthermore, the exercise program in this study showed increased amounts of saliva flow temporarily

after exercise. It has been shown that the saliva flow rate of elderly people usually does not fluctuate during the morning,²⁴ and it is known that the secretion of saliva increases with activation of the parasympathetic nervous system.²⁵ Therefore, the exercise program in this study was at an intensity that affected the sympathetic nervous system, and the activity of the parasympathetic nervous system seemed to fall with it.^{26,27} However, it is because the parasympathetic nervous system predominated after exercise that the saliva flow rate temporarily increased.

In recent reports on the relevance of SIgA levels and URTI, it was suggested that lowering the SIgA concentration increased the risk of URTI, whereas increases in SIgA levels lowered the risk of URTI.^{8,9} In general, elderly people are highly susceptible to infectious diseases. Therefore, it is necessary to teach some countermeasures for preventing infectious diseases. Thus, reinforcement of the immune function of the oral cavity may play an important role in infectious disease prevention.

In the present study, it was suggested that a low-intensity short-term physical exercise program improved oral mucosal immune functioning in elderly people. Although it is considered that the exercise program in this study may be easy to carry out for elderly people, it had the effect of transiently enhancing mucosal immune function in the oral cavity, and possibly decreasing the risk of infectious disease. Future examination is necessary for verification. Moreover, the present results suggest that it is possible for low-intensity exercise to temporarily increase saliva flow and SIgA levels in elderly people, which may become a useful tool for health promotion in the elderly.

References

- 1 Miletic ID, Schiffman SS, Miletic VD, Sattely-Miller EA. Salivary IgA secretion rate in young and elderly persons. *Physiol Behav* 1996; **60**: 243-248.
- 2 Pawelec G, Adibzadeh M, Pohla H, Schaudt K. Immunosenescence: ageing of the immune system. *Immunol Today* 1995; **16**: 420-422.
- 3 Miller RA. The aging immune system: primer and prospectus. *Science* 1996; **273**: 70-74.
- 4 Lord JM, Butcher S, Killampali V, Lascelles D, Salmon M. Neutrophil ageing and immunosenescence. *Mech Ageing Dev* 2001; **122**: 1521-1535.
- 5 Castle SC, Uyemura K, Crawford W, Wong W, Klaustermeier WB, Makinodan T. Age-related impaired proliferation of peripheral blood mononuclear cells is associated with an increase in both IL-10 and IL-12. *Exp Gerontol* 1999; **34**: 243-252.
- 6 Castle SC. Clinical relevance of age-related immune dysfunction. *Clin Infect Dis* 2000; **31**: 578-585.
- 7 Goyns MH. Genes, telomeres and mammalian ageing. *Mech Ageing Dev* 2002; **123**: 791-799.
- 8 Klentrou P, Cieslak T, MacNeil M, Vintinner A, Plyley M. Effect of moderate exercise on salivary immunoglobulin A

- and infection risk in humans. *Eur J Appl Physiol* 2002; **87**: 153–158.
- 9 Gleeson M, Hall ST, McDonald WA, Flanagan AJ, Clancy RL. Salivary IgA subclasses and infection risk in elite swimmers. *Immunol Cell Biol* 1999; **77**: 351–355.
 - 10 Mackinnon LT, Hooper SL. Plasma glutamine and upper respiratory tract infection during intensified training in swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 1996; **28**: 285–290.
 - 11 Crist DM, Mackinnon LT, Thompson RF, Atterbom HA, Egan PA. Physical exercise increases natural cellular-mediated tumor cytotoxicity in elderly women. *Gerontology* 1989; **35**: 66–71.
 - 12 Pedersen BK, Tvede N, Christensen LD, Klarlund K, Kragbak S, Halkjr-Kristensen J. Natural killer cell activity in peripheral blood of highly trained and untrained persons. *Int J Sports Med* 1989; **10**: 129–131.
 - 13 MacKinnon LT, Jenkins DG. Decreased salivary immunoglobulins after intense interval exercise before and after training. *Med Sci Sports Exerc* 1993; **25**: 678–683.
 - 14 Nieman DC, Miller AR, Henson DA *et al.* Effect of high-versus moderate-intensity exercise on lymphocyte subpopulations and proliferative response. *Int J Sports Med* 1994; **15**: 199–206.
 - 15 ACSM. *General Principles of Exercise Prescription: ACSM's Guidelines for Exercise and prescription*, 6th edn, Baltimore: Williams & Wilkins, 2000.
 - 16 Akimoto T, Kumai Y, Akama T *et al.* Effects of 12 months of exercise training on salivary secretory IgA levels in elderly subjects. *Br J Sports Med* 2003; **37**: 76–79.
 - 17 Tharp GD, Barnes MW. Reduction of saliva immunoglobulin levels by swim training. *Eur J Appl Physiol O* 1990; **60**: 61–64.
 - 18 Schouten WJ, Verschuur R, Kemper HC. Habitual physical activity, strenuous exercise, and salivary immunoglobulin A levels in young adults: the Amsterdam Growth and Health Study. *Int J Sports Med* 1988; **9**: 289–293.
 - 19 Winzer A, Ring C, Carroll D, Willemsen G, Drayson M, Kendall M. Secretory immunoglobulin A and cardiovascular reactions to mental arithmetic, cold pressor, and exercise: effects of beta-adrenergic blockade. *Psychophysiology* 1999; **36**: 591–601.
 - 20 Mackinnon LT, Ginn E, Seymour GJ. Decreased salivary immunoglobulin A secretion rate after intense interval exercise in elite kayakers. *Eur J Appl Physiol O* 1993; **67**: 180–184.
 - 21 McDowell SL, Chaloa K, Housh TJ, Tharp GD, Johnson GO. The effect of exercise intensity and duration on salivary immunoglobulin A. *Eur J Appl Physiol O* 1991; **63**: 108–111.
 - 22 Nehlsen-Cannarella SL, Nieman DC, Balk-Lamberton AJ *et al.* The effects of moderate exercise training on immune response. *Med Sci Sports Exerc* 1991; **23**: 64–70.
 - 23 Evans PG, Ford G, Hucklebridge F, Hunt K, Lambert S. Social class, sex, and age differences in mucosal immunity in a large community sample. *Brain Behav Immun* 2000; **14**: 41–48.
 - 24 Fischer D, Ship JA. Effect of age on variability of parotid salivary gland flow rates over time. *Age Ageing* 1999; **28**: 557–561.
 - 25 Emmelin N. Nerve interactions in salivary glands. *J Dent Res* 1987; **66**: 509–517.
 - 26 Fleg JL, Tzankoff SP, Lakatta EG. Age-related augmentation of plasma catecholamines during dynamic exercise in healthy males. *J Appl Physiol* 1985; **59**: 1033–1039.
 - 27 Lehmann M, Schmid P, Keul J. Age- and exercise-related sympathetic activity in untrained volunteers, trained athletes and patients with impaired left-ventricular contractility. *Eur Heart J* 1984; **5**: 1–7.