

# 近赤外分光画像計測法による血中ヘモグロビン 測定濃度の妥当性について

## Validity of Non-Invasive Hemoglobin Measurement Using Reflective Near-Infrared Spectroscopic Imaging Method Compared with Peripheral Blood Hemoglobin Concentrations

坪内 美穂子<sup>1</sup>, 徳留 裕子, 後藤 千穂, 今枝 奈保美<sup>2</sup>, 藤原 奈佳子<sup>3</sup>,  
Mihoko TSUBOUCHI, Yuko TOKUDOME, Chiho GOTO, Nahomi IMAEDA, Nakako FUJIWARA  
山本 和恵<sup>4</sup>, 服部 奈美<sup>4</sup>, 小田 敦子<sup>4</sup>, 加藤 利枝子<sup>4</sup>, 徳留 信寛<sup>4</sup>  
Kazue YAMAMOTO, Nami HATTORI, Atsuko ODA, Rieko KATO, Shinkan TOKUDOME

2006年2月に、名古屋市ならびに近郊の地域高齢者女性91名を対象に、健康・栄養に関する横断研究を実施した。その際に、採血法によるヘモグロビン測定値をゴールドスタンダードとして、非侵襲的赤外分光画像計測法（以降、アストリム法）によるヘモグロビン測定値の比較妥当性を検討した。その結果、平均ヘモグロビン値は、アストリム法が有意に低く、両法間の相関係数は0.515と中等度の関連を示した。アストリム法による貧血者スクリーニングの感度は56%、特異度は74%であり、貧血者を発見する能力が低く、見逃し率がやや高かった。以上のことより、高齢者の貧血スクリーニング法としてアストリム法の比較妥当性は、やや低く、その応用には配慮が必要であることが示唆された。

In February, 2006, we conducted a cross-sectional survey of health and nutrition of elderly women living in Nagoya and its vicinity. The number of study subjects was 91 and their average age was  $71.9 \pm 5.2$  (mean  $\pm$  SD). We used the reflective near-infrared spectroscopic imaging method (Astrim method) for measuring non-invasive hemoglobin (Hb) and evaluated its screening validity in comparison with blood Hb concentrations as the gold standard. Hb levels resulted from the Astrim method were statistically lower than those of peripheral blood Hb.

Pearson's correlation coefficient was calculated to be 0.515. The sensitivity for screening anemia (Hb < 12g/dl) was approximately 56% and specificity was 74%. The accuracy of the Astrim method for elderly people did not seem so high compared with the value for young subjects, and this method for elderly people must be carefully applied for screening anemia of elderly people.

キーワード： 近赤外分光画像計測法, 血中ヘモグロビン, 地域高齢者, 妥当性  
near-infrared spectroscopic imaging method, hemoglobin, elderly, validity

<sup>1</sup>名古屋文理大学健康生活学部非常勤, <sup>2</sup>名古屋女子大学家政学部, <sup>3</sup>愛知きわみ看護短期大学,

<sup>4</sup>名古屋市立大学大学院医学研究科

## 1. はじめに

平成16年国民健康・栄養調査報告<sup>1)</sup>によれば、地域高齢者の末梢血中ヘモグロビン（以下、Hb）濃度による貧血出現率は、男性では60歳代28.9%，70歳代以上45.7%であり、20～59歳までの出現率7.5～20.6%より高い。女性では月経など生理的出血のある20～49歳の13.2～25.0%と比較すると、閉経後と考えられる50歳代、60歳代においてはそれぞれ10.3%，10.8%と出現率は低くなるが、その後70歳代20.2%，80歳代40.8%と、加齢にともなって高くなっている。

高齢者の貧血の要因は鉄の摂取不足<sup>2), 3)</sup>のうえに、造血能低下<sup>4), 5)</sup>、病的出血—特に消化管からの慢性的出血<sup>6)</sup>—が多いと報告されている。高齢者の貧血は認知症や運動機能低下との関連が示唆され<sup>4), 7)</sup><sup>10)</sup>、高齢者のQOL (quality of life) のリスクファクターと考えられる。従って、健康管理あるいは介護予防の観点から、高齢者の血中Hb濃度のモニタリングは重要である。

しかし、通常の末梢血を用いた貧血検査（以下、採血法）は、採血による侵襲を伴い、受診者にとっては負担である。近赤外分光画像計測装置（シスメックス社製アストリム、以下、アストリム法という）は、生体を透過しHbに吸収される近赤外光（600～1000nm）を用い、非侵襲的にHbを計測する抹消血管モニタリング装置である<sup>11), 12)</sup>。若年女子、成人ならびにアスリートの血中Hb濃度の測定法としての有用性は報告<sup>13) -15)</sup>されているが、高齢者のHb濃度測定の正確性については未だ検討されていない。そこで、地域高齢者を対象に、通常の採血法によるHb濃度をゴールドスタンダードとして、非侵襲的抹消血管モニタリング装置（アストリム法）によるHb濃度測定値の比較妥当性を検討したので報告する。なお、この研究は地域高齢者の食生活と健康に関する横断研究の一部である。

## 2. 方法

2006年2～3月に、名古屋市とその近郊の健康体操教室に通う65歳以上の高齢者100名（男性9名、[年齢65～80歳]、女性91名 [年齢65～85歳]）を対象に、4日間の食事記録ならびに質問票による生活習慣調査、身体測定、骨密度測定、血圧、血液生化学検査、尿検査などを実施した。血液検査は、早朝空腹時に採血し、赤血球数（RBC）、ヘモグロビン（Hb）、ヘマトクリット（Ht）、平均赤血球容積（MCV）、平均赤血球色素

（MCH）、平均赤血球色素濃度（MCHC）、血小板数（PLT）、グリコヘモグロビン（HbA1c）、フェリチリンの他、蛋白系、血清脂質系、腎機能、肝機能系など24項目を測定した。なお、血液生化学検査は、「株式会社ファルコバイオシステムズ」に依頼した。

アストリム法による測定は、中指末梢血中Hb濃度、血管幅（mm）、静脈酸素指標（VOI）の3項目である。アストリム法の測定条件は、室温20～25度、窓際からの直射日光を避け、測定中の会話禁止、腕や指を動かさないでリラックスした状態とした。測定部位は、外傷による治療および治療痕などの支障がない限り左手中指とした。調査時期が2月で外気温が低く、対象者の手指が冷えて測定が困難な場合は、手指を摩擦し温めて測定した。アストリム法の装置ならびに測定部位について、図1、図2に示している。



図1 シスメックス社製アストリム

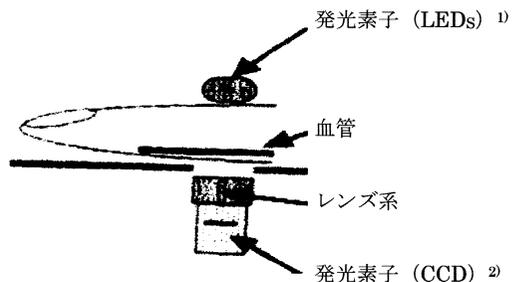


図2 アストリムの装置構造

<sup>1)</sup> Light Emitting Diode (発光ダイオード)

<sup>2)</sup> Charge Coupled Device

アストリム法によるHb測定値の比較妥当性は、採血法による血中Hb測定値をゴールドスタンダードとして比較検討した。解析は、対象者の少ない男性は除き、女性について行った。両法による測定値につい

て、平均値の差の検定 (t - 検定)、ピアソンの相関係数、感度・特異度を求めて検討した。貧血のカットオフ値は WHO の貧血判定基準 (女性12g/dl 未満) によった。また、アストリム法による Hb と採血法による Ht, RBC との相関についても検討した。

調査の実施に際しては名古屋文理大学倫理審査委員会の承認のもとに行い、ヘルシンキ宣言に則って、被験者に研究の目的、方法、個人情報の厳守などについて、共同研究者が口頭で十分な説明を行い、文書による同意を得て実施した。

### 3. 結果および考察

女性対象者91名の特性を表1に示した。75歳未満の前期高齢者64名 (70%)、75歳以上の後期高齢者27名 (30%) と前期高齢者が多い集団である。全対象者の平均年齢は71.9±5.2歳 (平均値±標準偏差: 以下、同様) で、身長、体重は、それぞれ150.0±6.0cm, 49.6±7.9kgであった。BMI 体重 (kg) / (身長 m)<sup>2</sup> は、22.0±3.2で、80歳以上で若干低下していた。な

お、BMI18.5未満のやせは11.0%、BMI25以上の肥満は20%であった。平成16年度の国民健康・栄養調査の結果は、60歳以上ではやせ7.8%、肥満27.7%である。これと比較すると、本研究対象者はやせがやや多く、肥満者の割合が少ない集団であった。

次に、秤量記録法による食事調査成績について、エネルギー、3大栄養素、鉄をはじめ貧血関連項目を表2に示した。全体の栄養摂取量は、エネルギー: 1875±318kcal, たんぱく質: 75.5±15.5g, 脂質: 53.3±13.5g, 炭水化物: 268.1±52.3g, 鉄: 10.3±2.8mg, ビタミン B<sub>6</sub>: 1.46±0.37mg、ビタミン B<sub>12</sub>: 9.9±5.5 μg, ビタミン C: 162±56mg などであった。摂取量を「日本人の食事摂取基準 (2005年版)」に準拠し、集団として評価すると、エネルギー摂取量は、BMI からみて、不足の可能性のものが7.8%、取りすぎの可能性の割合が20.0%で、たんぱく質は推定平均必要量以下のものはみられず、たんぱく質不足の可能性はなかった。脂質、炭水化物の平均エネルギー比はそれぞれ25.6±5.0%、57.2±5.5%で、目標量からみると、脂質エネ

表1. 対象者の身体特性

| 年齢層   | 対象者数<br>(人) | 年齢 (歳)                  |           | 身長 (cm)   |           | 体重 (kg)   |           | BMI <sup>1)</sup> |     |
|-------|-------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-----|
|       |             | Mean ± SD <sup>2)</sup> | Mean ± SD |                   |     |
| 前期高齢者 | 64          | 69.1                    | 2.8       | 150.8     | 5.8       | 50.4      | 7.8       | 22.1              | 2.9 |
| 後期高齢者 | 27          | 78.6                    | 3.1       | 148.0     | 6.1       | 47.5      | 8.0       | 21.8              | 3.7 |
| 全体    | 91          | 71.9                    | 5.2       | 150.8     | 5.8       | 50.4      | 7.8       | 22.0              | 3.2 |

<sup>1)</sup> 体重 (kg) / 身長 (m)<sup>2</sup>

<sup>2)</sup> 平均値±標準偏差

表2 対象者の1日栄養摂取量

|                      |        | 全体<br>(n=91)            |           | 前期高齢者<br>(n=64) |           | 後期高齢者<br>(n=27) |      | p <sup>2)</sup> |
|----------------------|--------|-------------------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|------|-----------------|
|                      |        | Mean ± SD <sup>1)</sup> | Mean ± SD | Mean ± SD       | Mean ± SD |                 |      |                 |
| エネルギー                | [kcal] | 1,875                   | 318       | 1,917           | 323       | 1,776           | 288  | *               |
| たんぱく質                | [g]    | 75.5                    | 15.5      | 77.6            | 14.9      | 70.6            | 16.1 |                 |
| 脂質                   | [g]    | 53.3                    | 13.5      | 55.8            | 13.4      | 47.5            | 12.0 | **              |
| 炭水化物                 | [g]    | 268.1                   | 52.3      | 270.0           | 55.1      | 263.7           | 45.9 |                 |
| 鉄                    | [mg]   | 10.3                    | 2.8       | 10.5            | 2.9       | 9.9             | 2.6  |                 |
| ビタミン B <sub>6</sub>  | [mg]   | 1.46                    | 0.37      | 1.50            | 0.37      | 1.35            | 0.36 |                 |
| ビタミン B <sub>12</sub> | [μg]   | 9.9                     | 5.5       | 10.1            | 5.7       | 9.4             | 4.9  |                 |
| ビタミン C               | [mg]   | 162                     | 56        | 163             | 52        | 160             | 64   |                 |

<sup>1)</sup> 平均値±標準偏差

<sup>2)</sup> 前期高齢者 vs 後期高齢者 \* P<0.05 \*\* P<0.01

表3 対象者の血液検査成績

|                   |                         | 全 体<br>(n=91) |     | 前期高齢者<br>(n=64) |     | 後期高齢者<br>(n=27) |     | p <sup>2)</sup> |
|-------------------|-------------------------|---------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|
|                   |                         | Mean ± SD     |     | Mean ± SD       |     | Mean ± SD       |     |                 |
| 赤血球数 (RBC)        | [ ×10 <sup>4</sup> /μℓ] | 438           | 38  | 443             | 37  | 425             | 39  | *               |
| ヘモグロビン (Hb)       | [ g/dℓ]                 | 13.6          | 1.1 | 13.7            | 1.1 | 13.1            | 1.1 | **              |
| ヘマトクリット (Ht)      | [ %]                    | 42            | 3   | 42              | 3   | 41              | 3   | *               |
| 平均赤血球容積 (MCV)     | [ fℓ]                   | 95.5          | 4.1 | 95.4            | 4.4 | 95.5            | 3.5 |                 |
| 平均赤血球血色素 (MCH)    | [ pg]                   | 31.0          | 1.6 | 31.0            | 1.7 | 30.9            | 1.4 |                 |
| 平均赤血球血色素濃度 (MCHC) | [ %]                    | 32            | 1   | 33              | 1   | 32              | 1   |                 |
| 血小板数 (PLT)        | [ ×10 <sup>4</sup> /μℓ] | 22.2          | 5.4 | 22.8            | 5.0 | 21.0            | 6.1 |                 |

<sup>1)</sup> 平均値±標準偏差

<sup>2)</sup> 前期高齢者 vs 後期高齢者 \* P<0.05 \*\* P<0.01

ルギー比の目標量以下のものの割合は4.4%，目標量を超えた割合は52.0%，炭水化物のそれは目標量以下11.0%，目標量以上2.2%であった。鉄の摂取量の不足のものの割合は2%，ビタミン B<sub>6</sub>は不足者が2.2%，ビタミン B<sub>12</sub>は不足者はみられず，一般的な集団より良好な栄養摂取状況のようであった。なお，前期・後期高齢期別で摂取量に差がみられたのはエネルギーと脂質であるが，身体活動や体格の差ならびに食習慣の変化がその要因ではないかと推測された。

採血法による血液検査成績を表3に示した。RBC438±0.38×10<sup>4</sup>/μℓ，Hb13.5±1.1g/dℓ，Ht41.7±3.2%，MCV95.4±4.0fℓ，MCH31.0±1.6pg，MCHC32.5±0.8%，PLT22.2±5.4×10<sup>4</sup>/μℓであった。集団平均値は基準値範囲内であった。後期高齢者は前期と比較し，RBC，Hb，Htは有意に低値を示し，Hb濃度による貧血者はそれぞれ14.8%，7.8%で，国民健康・栄養調査の結果と同様に後期高齢者で増加していた。

前期高齢者・後期高齢者群間において，血液成績に若干の差が観察されたが，以下，データはプールして解析した。

表4に示すように，採血法によるHb濃度は13.6±1.1g/dℓ，アストリム法によるHb濃度は，12.9±1.9g/dℓ，両法の差は0.7g/dℓで，有意にアストリム法が統計的に低値を示した (p<0.01)。なお，室温などの影響によりアストリム法で計測エラーとなった対象者はいなかった。

図3に，採血法とアストリム法によるHb測定値間の散布図を示しているが，ピアソンの相関係数は0.515

で，中等度の強さの関連であった (p<0.01)。一方，成人では両法の相関係数は0.694~0.861<sup>14), 16), 17)</sup>，疾患をもつ患者のそれは0.615であった<sup>17)</sup>。高齢者が成人に比較して，若干，低い相関を示したのは，今回使用したアストリム法が透過光の画像解析と Lambert-beer 則<sup>12), 13)</sup> から Hb 濃度を推計するもので，高齢者の測定部である手指皮膚表面のしわ等による光源の反射，皮下組織層 (血管の皮下深度) における体水分量の減少などによる光散乱などの影響が推定された<sup>12)</sup>。

表5には両法のHb測定値とHb関連項目である

表4 採血法ならびにアストリム法によるHb濃度(n=91)

| Hb 値 (g/d) | 採血法                     |     | アストリム法    |     | p <sup>2)</sup> |
|------------|-------------------------|-----|-----------|-----|-----------------|
|            | Mean ± SD <sup>1)</sup> |     | Mean ± SD |     |                 |
|            | 13.6                    | 1.1 | 12.9      | 1.9 | *               |

<sup>1)</sup> 平均値±標準偏差

<sup>2)</sup> \* p<0.05

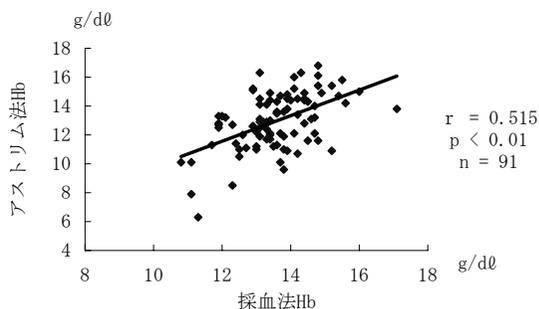


図3 採血法とアストリム法によるHb値の相関

表5 採血法およびアストリム法による Hb 濃度と Ht RBC とのピアソンの相関 (n=91)

|           | 採血法    |        |        |
|-----------|--------|--------|--------|
|           | Hb     | Ht     | RBC    |
| 採血法 Hb    |        | 0.873* | 0.819* |
| アストリム法 Hb | 0.515* | 0.493* | 0.433* |

\* P<0.001

Ht, RBC (いずれも採血法) との相関係数について示したが, 採血法による Hb と Ht, RBC の相関係数は0.873ならびに0.819と高い。しかし, アストリム法による Hb とそれらの相関は, 0.493, 0.433と低値であった。

採血法 Hb 濃度をゴールドスタンダードとして, WHO の判定基準により貧血をスクリーニングした場合のアストリム法の感度・特異度を求めた (表6)。アストリム法の感度は56%, 特異度74%であった。すなわち, アストリム法による貧血者の陽性率は56%で, 偽陰性率44%, 陰性率74%, 偽陰性率26%と貧血者の判定率は高くはなかった。

高齢者の貧血は, 高齢者の ADL (日常活動動作) の低下, 認知症の要因, さらに QOL (生活の質) を低下させるリスクファクターとなる他, 出血を伴う疾患を見つける指標となるなど, 非侵襲性に貧血をモニタリングする装置は高齢者にとっては有用と考えられる。しかし, 高齢者を対象としたアストリム法による血中 Hb 測定濃度の妥当性は, 期待できるほど高くなかった。本法を高齢者の貧血スクリーニング, 疫学調査などで用いる際にはかなりの注意が必要であることが示唆された。

表6 アストリム法の感度と特異度 (n=91)

|        |     | 採血法による  |     |
|--------|-----|---------|-----|
|        |     | 貧血      | 非貧血 |
| アストリム法 | 貧血  | [%] 56  | 26  |
|        | 非貧血 | [%] 44  | 74  |
| 計      |     | [%] 100 | 100 |

### 謝辞

4日間の食事秤量調査, 生活習慣調査, 2日間の採尿, 血液検査, 骨密度測定, 塩味識別調査など多岐にわたる負担の大きな「地域高齢者の食生活と健康」についての疫学調査にご協力いただきました地域住民の方々

に心より深く感謝申し上げます。

### 参考文献

- 1) 健康・栄養情報研究会：厚生労働省平成16年国民健康・栄養調査報告, 第一出版, 158 (2006).
- 2) 大原行雄, 木谷信子, 国分美香, 貧血と栄養—老年者を中心として, 日本臨床栄養学会雑誌, **20-4**, 21-24 (1999).
- 3) 菊川昌幸, 高崎優, 高齢者診療実践マニュアル疾患別診療のコツ—高齢者貧血の診断と治療, 治療 **83-9**, 2617-2620 (2001).
- 4) 森真由美, 造血幹細胞からみた老年者の貧血とその対策, 日本老年医学雑誌, **19**, 245-248 (1982).
- 5) 高久史麿, 加齢に基づく造血機能の変化, Geriatric Med, **10**, 630-635 (1972).
- 6) 坂井建雄, 岡田隆夫, 系統看護学講座専門基礎1, 人体の構造と機能 [1] 解剖生理学, 医学書院, 東京, 189-191 (2006).
- 7) 野崎昭彦, 喜多義邦, 上島弘嗣, 滋賀県の一農山村地域における独居老人, 老人夫婦世帯老人および在宅寝たきり老人の健康状態についての比較研究: 有病率・血圧・心電図・血液検査所見を中心に, 日本公衆衛生雑誌, **40-9**, 850-858 (1993).
- 8) 阿部緑生, 志賀隆, 丸山幸夫, 特別養護老人ホームの80歳以上の高齢者における生活様態と貧血に関する研究, 日本老年医学会雑誌, **31-1**, 60-65 (1994).
- 9) Denny SD, Kuchibhatla MN, Cohen HJ, Impact of anemia on mortality, cognition, and function in community-dwelling elderly, Am J Med, **119-4**, 327-34 (2006).
- 10) Zamboni V, Cesari M, Zuccala G, Onder G, et al., Anemia and cognitive performance in hospitalized older patients: results from the GIFA study, Int J Geriatr Psychiatry, **21-6**, 529-34 (2006).
- 11) 浅野薫, 米倉香織, 中本博幸, 岡田徳弘, 無侵襲光計測法による指静脈の可視化とその負荷応答, 体力・栄養・免疫学雑誌, **9-3**, 235-237 (1999).
- 12) 小澤利行, 池田穰, 斉藤太計雄, 沼田成弘, 反射式近赤外分光画像計測法による血中ヘモグロビン濃度の無侵襲測定, 生体医工学 42巻特別号 (要旨集) (2004).
- 13) シスメックス株式会社: 抹消血管モニタリング装置 ASTRIM SU 「基礎データ集」 第1版, 1-26

(2004).

- 14) 森 万理, 女子学生のBMIとヘモグロビン値との関連について, 第39回全国大学保健管理研究集会抄録集, 1-4 (2000).
- 15) 米田継武, 青野 博, 小館 操, 石岡勝宏, 山口肇, バイアスロン競技-コンディション把握のためのヘモグロビン測定および強負荷トレーニング時の生理・生化学的応答-, 平成12年度日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告 No 4, JOC 高地トレーニング医・科学サポート第10報, 39-47 (2001).
- 16) 浅野 薫, 前川泰範, 近赤外光による血中ヘモグロビン濃度の計測, *Optronics*, **12**, 159-162 (1999).
- 17) 西郷勝康, 船原芳範, 無侵襲的なヘモグロビン測定の臨床応用, 日本検査血液学会雑誌, 第8巻学術集会号(要旨集) (2007).