

## アストリムを用いた非侵襲的血中ヘモグロビン濃度測定に関する基礎的検討

菅野 幸子, 安部 浩太郎

### 【抄 録】

鉄欠乏に関する指標として、採血により血中ヘモグロビン値が測定されている。しかし、採血しないで測定できれば侵襲による負担がないことや簡便性など利点も多い。非侵襲的に血中ヘモグロビン値の測定が可能とされるアストリムを用いて測定の信頼性について検討した。また、今後、栄養や運動などに関する研究にアストリムを使用することを目的とし、集団における血中ヘモグロビン平均値の推定への有効性などについて基礎的な検討をおこなった。

成人57名を対象にアストリムを用いて非侵襲的に血中ヘモグロビン値を測定し、採血による血液生化学検査から得られた血中ヘモグロビン値と比較した。その結果、この集団のアストリムによる測定平均値と採血による測定平均値は近い値を示して有意な差はなく ( $p > 0.1$ )、男性、女性の各集団においても同様に、それぞれ近い値を示し有意な差はなかった ( $p > 0.1$ )。成人57名の各人におけるアストリムによる測定値と採血による測定値の差は  $0.15 \pm 0.93$  g/dlであった。アストリムと採血による各測定値の相関性を調べた結果、強い正の相関 ( $r = 0.72$ ,  $p < 0.01$ ) があり、回帰式は  $y = 0.79x + 3.02$  であった。しかし、血中ヘモグロビン値が低いところでアストリムによる測定値が高くなる傾向があると考えられた。アストリムと採血により測定したヘモグロビン値のどちらも、ヘマトクリット、赤血球数、MCH、MCHCと正の相関があり、MCV、血清総蛋白、血清アルブミンとは相関がなかった。

今後、血中ヘモグロビン値の低い人のスクリーニングやモニタリング等における有効性について、さらに検討する必要がある。

【キーワード】 アストリム、非侵襲的測定、血中ヘモグロビン濃度、信頼性

### I はじめに

平成10年度の宮崎県民健康・栄養調査<sup>1)</sup>によると、県民の栄養素等摂取量はほぼ適正であるものの、性別、年齢別でみると摂取量の不足がみられる。男性

では20歳代から40歳代でエネルギーとカルシウム、女性では20歳代と40歳代でエネルギー、20歳代でカルシウム、20歳代から40歳代と70歳代以上で鉄がそれぞれ不足していた。栄養所要量に対する各栄養素

充足率のうちで最も低かったのは20歳代女性の鉄充足率77%であり、平成9年度国民健康・栄養調査の85%よりも低値であった。

鉄の摂取不足は生体内の鉄欠乏に伴う貧血の大きな原因になる<sup>2)</sup>。内田ら<sup>3)</sup>は、日本人女性3105名を対象とし、鉄欠乏状態の進展を3段階に分け調査した。その結果、貯蔵鉄の欠乏した前潜在性鉄欠乏33.4%、赤血球造血のための鉄が欠乏した潜在性鉄欠乏8.0%、赤血球中の鉄を含むタンパク質であるヘモグロビンが減少した鉄欠乏性貧血8.5%であり、顕在化した鉄欠乏者のみならず潜在的な鉄欠乏者も多いことを指摘している。平成10年度宮崎県民健康・栄養調査では血中ヘモグロビン値を指標として、貧血が強く疑われる人の割合が男性全体で4人に1人、女性全体で5人に1人いたことになると報告している。

このように鉄栄養状態に関する健康・栄養上の問題があることから、その原因を明らかにするとともに方策を実施することは重要であり、そのためには適切な指標を用いて鉄栄養状態の把握と評価<sup>4)</sup>を行うことが不可欠である。基本となる指標として血中ヘモグロビンがあり、採血により測定される。しかし、採血をしないで測定できれば、侵襲による負担がないことや簡便性などの利点があり、鉄欠乏のスクリーニングやアセスメント、食事療法による改善効果の評価などのモニタリング等に有用である。

近年、非侵襲的、非観血的に血中ヘモグロビン値を測定する末梢血管モニタリング装置アストリム<sup>5)</sup>が開発された。測定に関して再現性、相関性、指の選択、影響する要因などの検討を行い、栄養や運動などの研究への応用が可能であると報告している<sup>6)</sup>。しかし、相関性については、採血による血中ヘモグロビン値との相関係数、回帰式を示しているだけであり、回帰式の傾きが1以下であることについて検討されていない。また、これまでアストリムを用いて集団を対象に検討をおこなった論文はほとんどない。

本研究では、成人57名を対象にアストリムと採血による血中ヘモグロビンの各測定値を比較し、アストリムによる非侵襲的な測定の信頼性について検討した。また、今後の栄養や運動などに関する実践的な研究へのアストリムの使用を目的とし、集団における血中ヘモグロビン平均値の推定への有効性などについて基礎的な検討をおこなった。

## II 方法

### 1. 調査対象及び調査時期

あらかじめ研究目的、方法を説明し同意が得られた成人57名、男性11名（平均年齢 $43.3 \pm 10.2$ 歳）、女性46名（平均年齢 $41.5 \pm 10.1$ 歳）を対象とした。2004年5月17日13時から15時の間に行われた健康診断の時に、同じ会場でアストリムを用いて測定した。血液中の鉄関連指標は、血液生化学検査の結果から得た。

### 2. アストリムによる血中ヘモグロビン値の測定

末梢血管モニタリング装置アストリム SU（シスメックス社）は血中ヘモグロビン値を非侵襲的に測定する。測定原理<sup>5) 6)</sup>については、指上部から赤～近赤外の光（3波長、LED素子使用）を照射し、その透過光を下方からCCDカメラで撮像する。得られた末梢血管の画像はコンピューター処理され、透過光データを使用して、組織と血管像とのコントラストの大きい部分を見定めて測定に適する血管を選択し、血管幅、ヘモグロビン値などを算出する。同じ指位置で同じ血管を測定する方法としてトレースモードがあるが、ヘモグロビン値測定は「トレースなしモード」の方が再現性は良好である<sup>5)</sup>。そのため今回の測定はすべて、トレースなしモードでおこなった。また、装置はファントム（指先の血管を模擬した治具）を用いて正確に測定できる状態であることを確認した。

空腹時、室温にて、対象者は椅子に座り、楽な姿勢で左手中指をアストリム測定部に軽く置き、指の

抜き差しなしの状態連続して3回測定し、平均した値をアストリムヘモグロビン値（以下、アストリムHb値）とした。

### 3. 血液生化学検査

血液生化学検査（宮崎県職員健康管理センター）の結果から、鉄関連指標として血液中のヘモグロビン値（以下、血中Hb値）、ヘマトクリット、赤血球数を、また、栄養状態を示す指標として血清総蛋白、血清アルブミンの各定量値を得た。表1に宮崎県職員健康管理センターが基準値として使用した値を示した。また、鉄欠乏性貧血（小球性低色素性貧血）、悪性貧血（大球性正色素性貧血）などの貧血の種類に有効であるMCV（平均赤血球容積）、MCH（平均赤血球色素量）、MCHC（平均赤血球色素濃度）は、血液中の赤血球（RBC）数、ヘモグロビン（Hb）量、ヘマトクリット（Ht）値の3項目から以下の計算式で算出した。これらの基準値<sup>7)</sup>も表1に示した。

- ・  $MCV(fl) = Ht(\%) / RBC(\times 10^6/mm^3) \times 10$
- ・  $MCH(pg) = Hb(g/dl) / RBC(\times 10^6/mm^3) \times 10$
- ・  $MCHC(\%) = Hb(g/dl) / Ht(\%) \times 100$

表1 血液生化学検査の基準値

	基準値
血中Hb (g/dl)	男性: 13.0~17.0 女性: 12.0~16.0
ヘマトクリット (%)	男性: 39.0~50.3 女性: 35~45
赤血球数 (10 <sup>6</sup> /mm <sup>3</sup> )	男性: 430~560 女性: 380~520
MCV: 平均赤血球容積 (fl)	81~99
MCH: 平均赤血球色素量 (pg)	26~32
MCHC: 平均赤血球色素濃度 (%)	32~36
血清総蛋白 (g/dl)	6.5~8.2
血清アルブミン (g/dl)	4.0~5.0

### 4. 統計処理

データは平均値±標準偏差で示した。統計処理はMicrosoft Excel X (Microsoft社), SPSS 11.0J (SPSS社)のコンピュータソフトを用いて行った。血中Hb値とアストリムHb値の差の検定は、対応のあるt検定にておこない、片側検定で5%未満を有意水準とした。血中Hb値とアストリムHb値、

血中Hb値と（アストリムHb値－血中Hb値）、各血液生化学検査項目間の相関は、Pearsonの相関係数を算出し、両側検定で5%未満を有意水準とした。

### III 結果と考察

#### 1. アストリムによる測定値の変動

対象者集団を測定する前に1名のみを対象にして、指の抜き差し「なし」、「あり」の条件下で連続して10回測定し、非侵襲的に血中ヘモグロビン濃度を測定するアストリムの測定による変動を調べた（表2）。

表2 アストリムによる10回測定のバラツキ

	指の抜き差しなし	指の抜き差しあり
1	14.4	14
2	14.4	14.7
3	14.5	14.4
4	13.8	13.8
5	14.6	14.9
6	13.8	14.5
7	14.5	14.4
8	14.1	14.6
9	14.6	13.7
10	14.5	14
平均	14.3	14.3
標準偏差	0.31	0.40
変動係数	0.02	0.03

単位: g/dl

指の抜き差し「なし」でも測定値のバラツキがあり、10回測定の変動係数は0.02、平均値に対して約±0.5g/dlの範囲内で測定による変動があった。しかし、指の抜き差し「なし」と10回の独立した測定である指の抜き差し「あり」を比較した結果、ヘモグロビンの平均値に差がなかったため、以下の測定では、指の抜き差し「なし」で3回、連続して行った。57名の対象者において3回測定の変動係数の平均は0.02であった。

#### 2. アストリムHb値と血中Hb値の比較

成人57名を対象とした集団におけるアストリムによる測定値を表3に示す。アストリムHb値は男性15.1±0.5g/dl、女性13.1±1.1g/dlであり、男女差があった。また、1回毎の測定および、3回測定の平均値で大差はなかった。採血により得られた血液生化学検査の測定結果を表4に示す。アストリムによ

る測定の信頼性について検討するために、採血による血中Hb値を真の値として、アストリムHb値と比較した。その結果、血中ヘモグロビン値の測定において、成人57名の集団のアストリムによる測定平均値（表3）と採血による測定平均値（表4）は近い値を示して有意な差はなく（ $p > 0.1$ ）、男性、女性の各集団においても同様に、それぞれ近い値を示し有意な差はなかった（ $p > 0.1$ ）。アストリムによる測定はこの集団、男女別のサブ集団における血中ヘモグロビン平均値の推定には有効であった。また、アストリムHb値と血中Hb値との差を誤差として、その分布をヒストグラムで示した（図1）。1回毎の測定および、3回測定の平均値すべてで誤差は理想値である0よりも大きく、アストリムHb値と血中Hb値との差は $0.15 \pm 0.93$  g/dlであり、約 $\pm 2$  g/dlの範囲内でバラツキがあった（表5）。

表3 アストリムHb値

	全体 (n=57)	男性 (n=11)	女性 (n=46)
平均値 (3回)	13.5 $\pm$ 1.3	15.1 $\pm$ 0.5	13.1 $\pm$ 1.1
1回目測定値	13.4 $\pm$ 1.4	15.0 $\pm$ 0.5	13.0 $\pm$ 1.2
2回目測定値	13.5 $\pm$ 1.3	15.1 $\pm$ 0.5	13.1 $\pm$ 1.1
3回目測定値	13.5 $\pm$ 1.3	15.1 $\pm$ 0.5	13.1 $\pm$ 1.1

単位：g/dl

表4 血液生化学検査値

	全体 (n=57)	男性 (n=11)	女性 (n=46)
血中Hb (g/dl)	13.3 $\pm$ 1.2	15.0 $\pm$ 0.8	12.9 $\pm$ 0.9
ヘマトクリット (%)	40.5 $\pm$ 3.0	44.5 $\pm$ 2.2	39.5 $\pm$ 2.3
赤血球数 ( $10^9/\text{mm}^3$ )	443 $\pm$ 37.7	485 $\pm$ 29	433 $\pm$ 31
MCV (fl)	91.5 $\pm$ 4.0	91.9 $\pm$ 4.3	91.4 $\pm$ 4.0
MCH (pg)	30.1 $\pm$ 1.6	31.0 $\pm$ 1.5	29.9 $\pm$ 1.6
MCHC (%)	32.9 $\pm$ 0.9	33.8 $\pm$ 0.4	32.7 $\pm$ 0.9
血清総蛋白 (g/dl)	7.4 $\pm$ 0.3	7.4 $\pm$ 0.3	7.3 $\pm$ 0.3
血清アルブミン (g/dl) *	4.8 $\pm$ 0.3	4.9 $\pm$ 0.2	4.7 $\pm$ 0.2

\*血清総蛋白と血清アルブミンの測定数は、全体 (n=54)、男性 (n=11)、女性 (n=43)

(人)

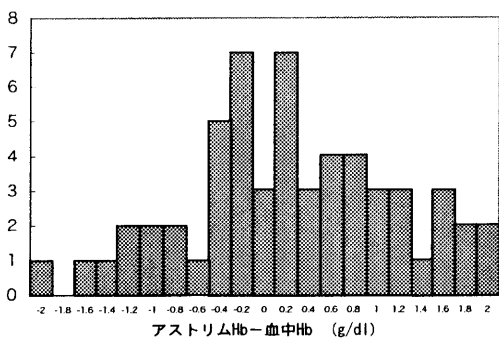


図1 アストリムHb値と血中Hb値の差の分布

表5 アストリムHb値と血中Hb値の差

	血中Hbとの差*	差の範囲
平均値 (3回)	0.15 $\pm$ 0.93	-2.1~1.9
1回目測定値	0.08 $\pm$ 0.97	-3.2~1.7
2回目測定値	0.15 $\pm$ 0.99	-1.9~2.7
3回目測定値	0.22 $\pm$ 0.93	-1.9~2.1

\*アストリムHb値-血中Hb値

単位：g/dl

### 3. アストリムHb値と血中Hb値の相関性

アストリムHb値と血中Hb値の相関を調べた結果、相関係数は0.72 ( $p < 0.01$ )、回帰式は $y = 0.79x + 3.02$ であり、強い正の相関を示した（表6、図2）。

表6 アストリムHb値と血中Hb値の相関

	相関係数	回帰直線
平均値 (3回)	0.72	$y = 0.79x + 3.02$
1回目測定値	0.71	$y = 0.81x + 2.56$
2回目測定値	0.69	$y = 0.76x + 3.31$
3回目測定値	0.72	$y = 0.78x + 3.18$

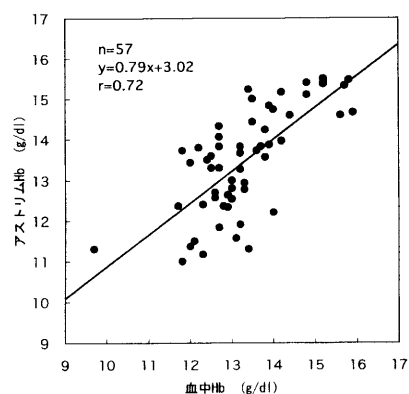


図2 アストリムHb値と血中Hb値の相関

今回の成人（男性11名、女性46名：血中Hb値 9.7~15.9 g/dl）で測定した値は、アストリムSU-基礎データ集<sup>5)</sup>に示された成人（男性32名、女性26名：血中Hb値 12~16.2g/dl）での相関係数0.694、回帰式 $y = 0.8049x + 3.059$ 、文献<sup>6)</sup>に示された成人（男女50名：血中Hb値 約7.8~17g/dl）での相関係数0.848、回帰式 $y = 0.82x + 2.98$ とほぼ同程度であった。しかし、アストリムHb値と血中Hb値との相関における回帰式は理想の回帰式より傾きが低値であった（図2）。この回帰式から血中Hb値が低いところでアストリムによる測定値が高く、また血中Hb値が高いところでアストリムによる測定値が低くなる傾向がある可能性が考えられた。そこで、血中

Hb値に対してアストリムHb値と血中Hb値との差をプロットし（図3）、この傾向の有無を調べた。図3における平均値±標準偏差は表5で示した0.15±0.93 g/dlである。相関係数は-0.27（p<0.05）、回帰式は $y = -0.21x + 2.99$ となり、強くないが負の相関を有意に示した。回帰式の傾きも負になったことから、この傾向があると考えられた。

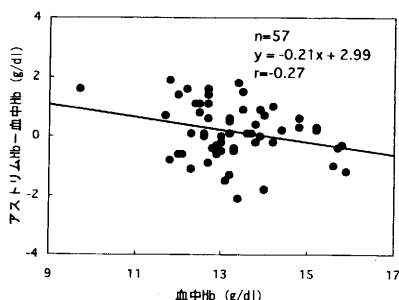


図3 血中Hb値に対するアストリウムHb値と血中Hb値の差

これらの結果から、血中ヘモグロビンの測定において、アストリムHb値は採血による血中Hb値と強い正の相関があり、この集団における血中Hb値をよく反映していた。しかし、血中Hb値が低いところでアストリムHb値が高くなる傾向があり問題であると考えられた。

表7に各血液生化学検査項目間における相関係数を示した。アストリムHb値は各測定項目の中で最も血中Hb値と相関があり、ヘマトクリット、赤血球数、MCH、MCHCとも有意な相関があったが、MCV、血清総蛋白、血清アルブミンとは相関がな

かった。これは血中Hb値と各検査項目との相関でもほぼ同様の結果であった。

次に、血中Hb値の低い人のスクリーニングにおけるアストリムの有効性について検討した。血中Hb値12g/dl未満を貧血の判断基準のカットオフ値とした場合、この集団では4名であったが、1名は妊娠中であり、3名は貧血が疑われた。アストリムHb値のカットオフ値を同様の12g/dl未満とすると、今回の測定では4名中の2名しか検出できず、スクリーニングとして有効でなかった。今後、血中Hb値の低い人が多い集団で、ヘモグロビンとともにフェリチンなどの貯蔵鉄の測定により鉄欠乏状態とアストリムHb値との関連を詳細に調べ、アストリムによる測定のカットオフ値などをさらに検討する必要がある。測定における影響要因などの検討を行いさらに測定精度を上げることも必要である。また、個人における血中Hb値の変動を検知できるだけの感度があるかどうかについても今後の検討課題である。

#### IV 謝辞

本研究にご協力いただきました対象者の方々に心から感謝いたします。また、本研究解析において懇切なご指導をいただきました独立行政法人国立健康・栄養研究所、吉池信男先生に感謝いたします。なお、本研究は平成15年度宮崎県看護学術振興財団の助成を受けた研究の一部として実施された。

表7 各血液生化学検査項目間の相関

	アストリムHb	血中Hb	赤血球数	ヘマトクリット	MCV	MCH	MCHC	血清総蛋白	血清アルブミン
アストリムHb	1								
血中Hb	0.72**	1							
赤血球数	0.57**	0.79**	1						
ヘマトクリット	0.66**	0.96**	0.85**	1					
MCV	0.01	0.10	-0.47**	0.06	1				
MCH	0.29*	0.39**	-0.25	0.24	0.87**	1			
MCHC	0.56**	0.62**	0.25	0.38**	0.15	0.61**	1		
血清総蛋白	-0.12	-0.05	0.20	0.03	-0.37**	-0.40**	-0.23	1	
血清アルブミン	0.19	0.24	0.38**	0.28*	-0.33*	-0.22	0.07	0.40**	1

\*\* 相関係数は1%水準で有意（両側）

\* 相関係数は5%水準で有意（両側）

## 引用文献

1. 宮崎県民の健康と食生活の現状－平成10年度県民健康・栄養調査－, 宮崎県福祉保健部, 1999.
2. Garrow J.S., James W.P.T., Ralph A., 細谷憲政 他訳: ヒューマン・ニュートリションー基礎・食事・臨床ー第10版, 185-200, 医歯薬出版, 2004.
3. 内田立身, 河内康憲, 坂本幸裕, 井垣俊郎, 小笠原望, 刈米重雄, 松田信, 田中鉄五郎, 木村秀夫, 国分啓治: 日本人女性における鉄欠乏の頻度と成因に関する研究ー1981年～1991年の福島・香川両県での成績ー, 臨床血液, 33, 1661-1665, 1992.
4. 亀井明子, 石田裕美, 上西一弘, 鈴木久乃: くり返し測定による血中の鉄関連指標の変動と長期間の鉄摂取量との関係ー若年成人女性の場合ー, 栄養学雑誌, 61, 99-108, 2003.
5. 末梢血管モニタリング装置アストリムSU-基礎データ集-, シスメックス株式会社, 2004.
6. 米村 勝: 末梢血管モニタリング装置アストリムの性能について, *Sysmex J*, 22(2), 249～254, 1999.
7. 奈良信雄: 看護・栄養指導のための臨床検査ハンドブック 第2版, 25-26, 医歯薬出版, 2003.

# Reliability of the Non-invasive Measurement of Blood Hemoglobin Concentrations Using the Astrim

Sachiko Sugano, Koutarou Abe

**【Key words】** Astrim, Non-invasive measurement, Blood hemoglobin concentration, Reliability

---

Sachiko Sugano, Koutarou Abe : Miyazaki Prefectural Nursing University