原 著

全身計測によるビタミン B₁₂ 吸収試験の簡便法

京都大学医学部附属病院放射線部

古 松 菫 子

(論文受理 1984年1月17日)

(最終論文受理 1984年9月20日)

(Code No. 510. 6)

Key words: Whole body counter, Plastic scintillators, Compton energy, Absorption, Correction factor

SIMPLIFIED VITAMIN B₁₂ ABSORPTION TEST BY WHOLE BODY COUNTING

CHISAKO FURUMATSU

Clinical Radioisotope Division, Kyoto University School of Medicine

(Article received; Jan., 17, 1984)

Summary

Vitamin B₁₂ (B₁₂) absorption test using a whole body counter with plastic scintillators is a clinically useful method for the diagnosis of B₁₂ malabsorption.

As described in our previous paper, a 103 percent value measurement was made 35 min after the oral administration of radioactive B₁₂. To simplified the method we tried to get the 100 percent value without measurement of the patient after the B₁₂ administration. The radioactive B₁₂ material was counted at a distance of 6 cm from the bed. Each count was corrected by physique of the patient. The correction factor is

$$\frac{\text{Body Height (cm)} - \text{Body Weight (kg)}}{\text{Body Height (cm)}}$$

The B₁₂ absorption rate estimated by the initial value described above was compared with that obtained by our usual method for each patient. The coefficient of correlation and % agreement were 0.98 and 98 percent, respectively. This method is simple and convenient as a routine test.

1. 緒 言

Whole body counter (WBC) を B₁₂ 吸収試験に応用し、この方法が優れているとする報告がある¹⁾²⁾。従来、B₁₂ 吸収試験の100%値は、WBC を用いて、⁵⁸Co-B₁₂ 0.2 μg の経口投与後の放射性 B₁₂ の局在部位を考慮して、

仰臥位と腹臥位の2方向の測定値の平均を用いてきた³⁾。今回、経口投与後の100%値を測定するまでの待ち時間および被験者が、鉄室に入る回数を減らす目的で、100%値の簡便化のために、経口投与後に被験者の測定を行わずに、投与試料の計測値を用いて、B₁₂ 吸収試験が、実施できるよう基礎的検討を行ったので、その検討成績

について報告する.

2. 方 法

2.1 測定機器

京大 WBC (三菱原子力工業株式会社製) については、すでに報告があり⁴⁾, 詳細は省略する. 今回, 使用している Plastic Scintillators (PS) は, $500 \times 500 \times 150$ (h) mm³ から成る4個の検出器が, 移動架台ベッドの下に直列しており, これらの検出器が, シングル・チャンネル波高分析器に連結されて計測する.

2.2 PS による放射性 B_{12} の測定条件

PS 検出器の特性として, PS 内では, 主にコンプトン散乱を行う. したがって, 低エネルギー側に広がりを持つ非対称的スペクトラムが, 観測される. 大型シンチレータでは, 多重散乱が考えられるが, γ 線スペクトラムのピークの波高値とエネルギーの関係は, Fig. 1 に示すように, 第1次コンプトン反跳電子の最大エネルギーと良い直線関係を示す. 560から 970 KeV までのコンプトンエネルギーの範囲を ^{58}Co -チャンネルとする.

2.3 検査方法

① 検査第1日目の鉄室内の background (BG) を5分間測定する. …… A

② 12時間絶食の状態の被験者の body background (BBG) を5分間ずつ, 仰臥位と腹臥位の2方向の測定をする. …… B

③ 経口投与する $^{58}\text{Co}-B_{12}$ $0.2 \mu\text{g}$ (14.8 kBq/ml ($0.4 \mu\text{Ci/ml}$) 以下) の放射能を100秒3回測定する. …… C

約 100 ml の水と共に, 経口投与する. 投与後は, 少なくとも2時間は, 絶飲,

Fig. 1. Linearity of energy peaks of various γ -sources obtained by plastic scintillators (PS).

絶食とする.

④ $^{58}\text{Co}-B_{12}$ $0.2 \mu\text{g}$ の経口投与後, 7日目に被験者を仰臥位と腹臥位の2方向の測定をそれぞれ5分間ずつ行う. …D

⑤ 検査7日目の鉄室内の BG を5分間測定する. …… E

投与量 $^{58}\text{Co}-B_{12}$ $0.2 \mu\text{g}$ に対する吸収率をみるための初期値を100%として, 次式より B_{12} 吸収率を求めた.

$$B_{12} \text{ 吸収率 } (\%) = \frac{D - [(B-A) + E]}{(C-A) \times K} \times 100 \times a$$

K: 経口投与する $^{58}\text{Co}-B_{12}$ $0.2 \mu\text{g}$ の計算値の補正係数

a: ^{58}Co -標準線源の7日後の減衰率

計算は, CPS 表示で行う.

なお, B_{12} を含む経口薬剤は, $^{58}\text{Co}-B_{12}$ $0.2 \mu\text{g}$ を経口投与する検査第1日を中心に, 前後それぞれ3日間中止させる. また B_{12} を含む薬剤の注射を受けている場合は, 検査第1日の1週間前より検査終了の日まで, 2週間は禁止する.

3. 検 討 成 績

3.1 等感度曲線および体内吸収の検討

ベッド面を 0 cm として, ^{58}Co 標準線源の等感度曲線および, ベッド面から高さの異なる位置で, 測定した標準線源の計数効率の変化を Fig. 2 に示す. ベッド面では, 計数効率が優れているが, ベッド面から線源が,

Fig. 2. Isoresponse area on the bed of PS and counting efficiency at different distances from the bed.

全身計測によるビタミン B₁₂ 吸収試験の簡便法 (古松)

Fig. 3. Relationship between the body height and the counting efficiency. The counting efficiency was calculated as the ratio of the count obtained 35 min after the oral administration and the corrected count of the tracer according to patient's physique.

Fig. 4. Relationship between the body weight and the counting efficiency. The counting efficiency was calculated as described in the legend for Fig. 3.

離れるに従い計算効率、減少する。Fig. 3, 4 は、ベッド面から、6 cm 高く離れた位置で測定した放射性 B₁₂ の計測値を、

$$\frac{\text{身長 (cm)} - \text{体重 (kg)}}{\text{身長 (cm)}} = K$$

によって、補正した修正値と、経口投与後の仰臥位と腹臥位との2方向の測定値の平均すなわち、従来用いた100%値との比率を示す。66例の被検者の身長および体重別に示す比率は、79.6%から119.0%までで、平均101.0%を示した。このことから体内吸収は、無視することができる。と考える。

3.2 BBG と身長および体重との関係

エネルギー巾560から970 KeV までで測定した80例の被験者のBBGと身長および体重との関係は、Fig. 5, 6 に示すように、男女とも、BBGが身長および体重の増加と共に、いずれも増加傾向にある。BBGと身長との相関係数は、0.82、また体重との相関係数は、0.74を示し、いずれも、正の相関となった。BBGは、主に体内カリウム量に含まれる自然放射能⁴⁰Kのγ線の影響によるものと推察する。体内カリウム量は、性別、年齢によって

Fig. 5. Correlation between the body height and the body background in ⁵⁸Co-channel.

Fig. 6. Correlation between the body weight and the body background in ⁵⁸Co-channel.

変動するが、概ね体格と相関することと一致する⁵⁾。

3.3 投与試料の測定位置の変化に伴う B₁₂ 吸収率の検討

ベッド面を0 cmとして、ベッド面からの距離を、5, 6, 10, 12 cmと高く変化させて、計測した試料の放射能の計測値を、それぞれ100%値としたB₁₂吸収率と従来の方法によるB₁₂吸収率との関係をFig. 7, 8, 9, 10, 11に示す。相関係数は、いずれも0.95以上であるが、一致

Fig. 7. Correlation between the absorption using the simplified method (the counts of the tracer measured at a distance of 0 cm from the bed was used as the 100% value) and the absorption using a usual method.

Fig. 9. Correlation between the absorption using the simplified method (the counts of the tracer measured at a distance of 6 cm from the bed was used as the 100% value) and the absorption using a usual method.

Fig. 8. Correlation between the absorption using the simplified method (the counts of the tracer measured at a distance of 5 cm from the bed was used as the 100% value) and the absorption using a usual method.

Fig. 10. Correlation between the absorption using the simplified method (the counts of the tracer measured at a distance of 10 cm from the bed was used as the 100% value) and the absorption using a usual method.

率は、56%から79%に分布する。投与試料の放射能の計測値をKで、補正した修正値を100%値としたそれぞれの B_{12} 吸収率と従来の方法による B_{12} 吸収率との関係をFig. 12, 13, 14, 15, 16に示す。相関係数は、全て0.98を示し、一致率は、84%から115%に分布した。Fig. 15, 16では、一致率が100%を超えるため、従来の方法による B_{12} 吸収率より高い吸収率を示す。Fig. 17は、Fig.

7, 9, 11, 12, 14, 16に示した回帰直線の動向を一まとめにしたものである。投与試料の放射能の測定位置が、ベッド面より距離が、離れるに従い、No. 1, 2, 3に示す如くX軸に傾斜してくる。投与試料の放射能の計測値をKで、補正した場合も、No. 4, 5, 6の如く同様である。Table 1は、ベッド面より、0, 5, 6, 10, 12 cm

全身計測によるビタミン B₁₂ 吸収試験の簡便法 (古松)

Fig. 11. Correlation between the absorption using the simplified method (the counts of the tracer measured at a distance of 12 cm from the bed was used as the 100% value) and the absorption using a usual method.

Fig. 13. Correlation between the absorption using the simplified method corrected with k (the counts of the tracer measured at a distance of 5 cm from the bed was used as the 100% value) and the absorption using a usual method.

Fig. 12. Correlation between the absorption using the simplified method corrected with k (the counts of the tracer measured at a distance of 0 cm from the bed was used as the 100% value) and the absorption using a usual method.

Fig. 14. Correlation between the absorption using the simplified method corrected with k (the counts of the tracer measured at a distance of 6 cm from the bed was used as the 100% value) and the absorption using a usual method.

の位置で、計測した $^{58}\text{Co-B}_{12}$ 0.2 μg の投与試料の放射能の計測値を100%値とした平均 B₁₂ 吸収率、投与試料の計測値を K で、補正した値を100%値とした平均 B₁₂ 吸収率および従来の方法による平均 B₁₂ 吸収率を示す。

4. 考 察

WBC を用いて、吸収試験を行う場合、体格の差による計数効率の変動および、放射能の体内分布の変化による計数効率の変動が、問題点となる。身長および体重が、

Fig. 15. Correlation between the absorption using the simplified method corrected with k (the counts of the tracer measured at a distance of 10 cm from the bed was used as the 100% value) and the absorption using a usual method.

Fig. 16. Correlation between the absorption using the simplified method corrected with k (the counts of the tracer measured at a distance of 12 cm from the bed was used as the 100% value) and the absorption using a usual method.

増加するにつれ、BBGが増加傾向にあるのは、主に体内カリウム量に含まれている ^{40}K の影響によるところが大きい。投与した放射能の吸収率を測定する場合は、本質的には相対測定といえる。したがって、相対測定におけ

Fig. 17. Comparison of regression lines of correlation between the absorption using simplified methods and the absorption using a usual method as were shown in Figs. 7, 9, 11, 12, 14 and 16.

Table 1. Comparison of the absorptions obtained with or without correction by physique of each patient by using the simplified method; the counts of the tracer measured at various distances from the bed and the absorption measured by a usual method.

Distance from the bed (cm)	Absorption by simplified method (%) (before correction)	Absorption by simplified method (%) (after correction)
0	25.7 ± 14.8	38.0 ± 21.8
5	29.3 ± 16.9	43.2 ± 24.8
6	30.2 ± 17.4	44.5 ± 25.4
10	34.2 ± 19.7	50.5 ± 28.9
12	35.9 ± 20.7	52.3 ± 30.2
Absorption by usual method (%)		45.4 ± 26.5

る誤差を減らすには、検出器の geometry を工夫することである。しかし、いかに geometry を改良しても、計数効率が、放射能の体内分布に全く依存しないようにすることは、理論的には不可能である。放射能の存在部位によって、吸収および散乱が、ことなるので、どのくらいの誤差まで許容できるかということになる。従来の方法は、放射性 B_{12} の局在部位による影響を考慮に入れ、経口投与後35分に、仰臥位と腹臥位との2方向の放射能を測定して、その平均を100%値としてきた。Invine ら⁶⁾、Finlayson ら⁷⁾は、投与直後の測定値を、Boddy ら⁸⁾は、

全身計測によるビタミン B₁₂ 吸収試験の簡便法 (古松)

10-20分後の値を, Heinrich ら⁹⁾は, 10時間後の値を100%値としている. 今回の100%値は, 経口投与する試料の測定位置が一定となるため, 従来の方法の100%値が, 体格に応じて, 弱い逆相関を認めていることから³⁾, 計数効率の悪い人のK値は小さく, 計数効率の良い人のK値は大きくなるとよい. 体重が同じで, 身長に変化のある2例を比べると, 145.0 cm, 48.0 kg と 177.0 cm, 48.0 kg の計数効率は, 145.0 cm, 48.0 kgの方が悪い. K値は, それぞれ, 0.669および0.729を得る. 145.0 cm, 48.0 kg の人の投与試料の放射能のカウント数を0.669で補正する補正後のカウント387.99 cps と被検者の仰臥位と腹臥位との2方向の測定の平均値399.48 cps とは近似する. 177.0 cm, 48.0 kg の場合, 0.729による補正後の460.03 cps と被検者の2方向の測定の平均値466.98 cps とは, 近似している. 身長がほぼ一定で, 体重に変化のある156.5 cm, 57.5 kg の人と, 156.2 cm, 47.5 kg の例では, 156.5 cm, 57.5 kg の人の方が, 計数効率が悪いといえる. 156.5 cm, 57.5 kg のK値は, 0.633, 156.2 cm, 47.5 kg のK値は, 0.696となり, 156.5 cm, 57.5 kg の人の投与試料の放射能の補正後の322.96 cps と2方向の測定の平均値332.24 cps とは, 近似している. 156.2 cm, 47.5 kg の場合も, 496.16 cps と494.46 cps とは, 近似している. 従来の方法による平均B₁₂吸収率45.2±26.5%と比較的良好な平均B₁₂吸収率44.5±25.4%を示したベッド面から, 6 cm の位置で測定した投与試料の放射能の計測値を, K値で補正する修正値を, 100%値とする方法が最適と考えた.

5. 結 論

WBC を用いての B₁₂ 吸収試験で, 100%値を従来の方法より, 簡便に求める方法を検討した. この方法によると, 第1日目の検査が, 時間的にも, 被験者の精神的負担も軽くなるなど, 有用性が認められるので, 日常検査に利用できると考える.

稿を終えるにあたり, 御指導いただきました当院内科第一講座森下玲児先生, 核医学講座小西淳二先生に, 厚く御礼申し上げます.

本論文の要旨は, 第40回日本放射線技術学会総会 (松本市) で発表した.

文 献

- 1) 河村洋一, 能登 稔, 保志場一郎, 他: ビタミンB₁₂ 吸収の動態観察. 核医学, 4(2), 133, (1967).
- 2) 日比野敏行, 右京成夫, 藤井正博, 他: Whole body counter による VB₁₂ 代謝の研究(1)—⁶⁰Co-B₁₂ 吸収試験における基礎的研究—核医学, 5(1), 53, (1968).
- 3) 森下玲児, 古松 荳子: Whole body counter (Plastic scintillator) によるビタミン B₁₂ 吸収試験(1) その基礎的検討. 核医学, 12(4), 367-375, (1975).
- 4) Fukuda M, Torizuka K, Hamamoto K, et al.: The whole body counter at Kyoto University. Its structure and some characteristics. Radioisotope, 16(5), 209-214, (1967).
- 5) 浜本 研, 鳥塚莞爾, 森 徹, 他: 京都地区在住正常人の体内カリウム量およびセシウム-137量に関する研究. 京都大学原子炉実験所, Technical Report 66, 28-31, (1969).
- 6) Irvine WJ, Cullen DR, Scarth L, et al.: Intrinsic factor secretion assessed by direct radioimmunoassay and by total counting in patients with achlorhydria and in acid secretors. Lancet, 2, 184-188, (1968).
- 7) Finlayson NDC, Scheerman DJC, Simpson JD, et al.: Determination of vitamin B₁₂ absorption by a simple whole body counter. J. Clin. Path., 21, 595-598, (1968).
- 8) Boddy K, Will G, Holmes BM: An evaluation of ⁵⁷Co-labeled vitamin B₁₂ in a double tracer test of absorption using a whole body monitor. Phys. Med. Biol., 14, 455-462, (1969).
- 9) Heinrich HC and Phau AA: Mit Hilfe eines Gesamtkörper-Radioaktivitäts-Detektors, durchgeführte Untersuchungen zur Resorption, biologischen Halbwertszeit und Umsatzrate des Vitamin B₁₂ im menschlichen Organismus. Vitamin B₁₂ und Intrinsic Factor, 2. Europ. Symposium, Hamburg, 1961. (Ed HC Heinrich), Ferdinand Enke, Stuttgart, 1962, pp. 351-381.