

国際医療福祉大学審査学位論文(博士)

大学院医療福祉学研究科博士課程

標高の違いと加齢変化からみた  
ボリビア多民族国民の身体的特徴  
ー健康づくり支援のための基礎データの提示ー

平成 28 年度

保健医療学専攻・理学療法学分野・応用理学療法学領域

学籍番号：14S3033      氏名：志村 圭太

研究指導教員：久保 晃

副研究指導教員：黒川 幸雄

# 標高の違いと加齢変化からみたボリビア多民族国民の身体的特徴

## －健康づくり支援のための基礎データの提示－

国際医療福祉大学大学院 保健医療学専攻

理学療法学分野 応用理学療法学領域

14S3033 志村 圭太

### 要旨

目的：ボリビア国内の標高が異なる地域に住む人々の加齢に伴う血圧値， $\text{SpO}_2$ ，体格の特徴を明らかにし，その結果を健康づくり支援のための基礎データとして提示すること．

対象：標高 2,800m 前後の溪谷地帯 2 地域と 250m 前後の 2 地域の計 4 地域で開催された健康啓発活動に自主的に参加した 589 名のボリビア人(男性 209 名, 女性 380 名, 年齢  $46 \pm 18$  歳)．

方法：身長，体重，血圧， $\text{SpO}_2$ を測定し，BMI を求めた．各測定項目に対し標高（高地・低地）と年齢階級（10 歳毎の 6 年齢階級）を要因とした二元配置分散分析で検討した．

結果：標高の主効果が血圧値， $\text{SpO}_2$ ，身長に認められ，高地群が低い値を示した．また，年齢階級の主効果がすべての項目に認められた．BMI は両群ともに 20 歳群よりも 40，50 歳群が有意に高値を示し，平均値は 29 台であった．

結論：ボリビア人の加齢に伴う身体的特徴および居住地域の標高によって生じる相違が明らかとなった．健康障害の発生予防には肥満対策が重要と考えられた．

キーワード：標高，肥満，血圧，加齢変化，ボリビア

# Characteristics of age related changes in body function and physique among Bolivians living at different altitudes

## - Presentation of the basic data for the health promotion -

Keita SHIMURA

Division of Physical Therapy, Research Institute of Health and Welfare Sciences  
Graduate School of International University of Health and Welfare

### Abstract

**Purpose:** To present basic data for the health promotion plan which fit to the body function of Bolivians living in the different municipalities at different altitudes by investigating blood pressure, oxyhemoglobin saturation (SpO<sub>2</sub>) and physique.

**Subjects:** 589 Bolivians who voluntarily participated in the health promotion activity in four different municipalities at different altitudes (approximately at 2,800m in two municipalities and at 250m in the others.).

**Method:** Blood pressure, SpO<sub>2</sub>, height and weight were measured. Body mass index (BMI) was calculated. Two-way analysis of variance was performed with the altitude (high altitude and low altitude) and the age classification (every 10 years, 6 age groups) as independent factors. Relation between BMI and systolic blood pressure was evaluated by a partial correlation coefficient analysis adjusted by age, altitude and gender.

**Result:** Significant effects by the altitudes were observed in blood pressure, height and SpO<sub>2</sub>. There were significant effects in all variables by the age classification. BMI values in the subjects aged 45 to 64 were significantly higher than that of the younger age groups aged 18 to 34 and its average showed 29. The partial correlation coefficient was  $r=0.19$  ( $<0.05$ ) for systolic blood pressure.

**Conclusion:** The difference depending on the altitude and the age related changes in body function and physique of Bolivians was clarified by this study. It is concluded that an anti-obesity initiative as a health promotion activity is needed for Bolivians to reduce risk of health impairment especially lifestyle related disease such as type-II diabetes mellitus, cardiovascular disease and stroke.

**Key Words:** altitude, obesity, blood pressure, age related change, Bolivia

# 目次

第Ⅰ章 序章.....	1
Ⅰ-1. 研究背景.....	1
Ⅰ-2. 用語および略語の定義.....	2
Ⅰ-3. 文献レビュー.....	3
第Ⅱ章 目的.....	6
Ⅱ-1. 研究目的.....	6
Ⅱ-2. 本研究の独創性.....	6
第Ⅲ章 対象と方法.....	7
Ⅲ-1. 対象.....	7
Ⅲ-2. 方法.....	8
Ⅲ-3. データ分析.....	8
Ⅲ-4. 倫理上の配慮.....	8
第Ⅳ章 結果.....	9
Ⅲ-1. SBP.....	13
Ⅲ-2. DBP.....	14
Ⅲ-3. SpO <sub>2</sub> .....	15
Ⅲ-4. BMI.....	16
Ⅲ-5. BMI と SBP の関連.....	17
第Ⅴ章 考察.....	18
Ⅴ-1. 結果の要約.....	18
Ⅴ-2. 居住地の標高の違いによる SBP の特徴に関して.....	18
Ⅴ-3. 各標高群の SBP の加齢変化からみた血圧管理.....	20
Ⅴ-4. 高地群の SpO <sub>2</sub> の特徴.....	20
Ⅴ-5. BMI からみた肥満対策の必要性.....	21
Ⅴ-6. まとめ.....	23
Ⅴ-7. 研究の限界と今後の課題および発展.....	23
Ⅴ-8. 結論.....	24
引用文献.....	25
謝辞.....	31

## 第 I 章 序章

### I -1. 研究背景

ボリビア多民族国（以下、ボリビア）は、ペルー、ブラジル、アルゼンチン、パラグアイ、チリの 5 カ国に囲まれた南米の内陸国であり、国土面積（1,098,581 km<sup>2</sup>）は日本の約 3 倍である<sup>1)</sup>。総人口は約 1,070 万人であり、その内 33.6%が農村部に居住している<sup>1,2)</sup>。また、ボリビアには地理的な特徴があり、国土が標高によって高地高原地帯（標高 3,500m 以上）、溪谷地帯（3,000～1,000m）、平原地帯（1,000m 以下）に分けられ、総人口の約 40%が高地高原地帯に、約 30%が溪谷地帯に居住している<sup>3)</sup>。このうち標高 2500m 以上の溪谷地帯および高地高原地帯は低圧、低酸素環境の影響により、定住している人々であっても血中ヘモグロビン濃度の増加、ヘマトクリット値の上昇、経皮的動脈血酸素飽和度（Oxyhemoglobin Saturation measured by Pulse Oximetry；以下、SpO<sub>2</sub>）の低下など身体機能にさまざまな影響を与えることが先行研究で示されている<sup>4)</sup>。高所で生まれ育った住民であっても長期の低酸素暴露により、10～15%に高所肺高血圧や慢性高山病などの適応障害を引き起こすことがあると報告されており<sup>5)</sup>、健康管理に注意が必要である。このように、居住地域の標高が高い場合には身体機能に様々な影響が表れると考えられ、国土に多様性があるボリビアでは、各地域に適合した健康障害予防策を計画および実践していかなければならない。

2014 年に公表された世界保健機関（World Health Organization；以下、WHO）の資料によれば、ボリビアの推定死亡要因は第 1 位が感染症で約 30%、次いで心血管系疾患が約 24%を占めている<sup>6)</sup>。また、近年では生活習慣に起因する心疾患、悪性腫瘍、糖尿病などの割合が増えつつあると指摘されている<sup>7)</sup>。さらに、近年南米諸国では、経済発展に伴う肥満率の増加が指摘されている<sup>8)</sup>。これは開発途上国のボリビアでも例外ではなく、WHO の資料によれば、1994 年に実施されたボリビアにおける国勢調査では、Body Mass Index(以下 BMI) 30 以上の肥満女性の割合が都市部で 9.7%、農村部で 5.1%だったが、2008 年の同調査結果ではそれぞれ 19.1%、13.9%と増大している<sup>9)</sup>。肥満は糖尿病や心疾患をはじめとする生活習慣病のリスク因子であり、身長と体重より簡便に算出される BMI をもとに体格（栄養状態）の管理をすることが重要であり、保健医療政策にも反映されるべきである。

そこで、ボリビアの保健医療の現状をみると、特に地方および農村部では保健医療施設自体のハードおよびソフト面の脆弱性や施設へのアクセスの問題があり、人々は疾病に罹患して症状が顕著になってから一次医療機関を受診している。国民が定期的な健康診断を受診できるような保健医療政策は展開されていないのが現状である。2006 年に施策された国家開発計画の下で、保健省は多文化コミュニティ政策に焦点を当てたヘルスプロモーション戦略を打ち出し、地方農村部を中心に、水の確保、家庭内暴力の予防、環境に配慮したごみ処理、栄養価のある食事摂取、個人およびコミュニティの衛生保全等に関する市民

教育活動を実施しているが、具体的な疾病予防策は含まれていない<sup>10)</sup>。

以上のことから、標高が身体機能に与える影響、近年の疾病構造の変化、肥満率の増加、保健医療政策の脆弱性という背景を考慮し、ボリビア国内の地域特性に適合した健康障害予防策を考案および実践する必要があると考えられる。そのためには、地域住民の身体機能及び体格の特徴を把握しなければならない。ボリビアでは全保健医療施設を対象に全国規模の国家保健情報システムが導入されているが、多くの施設において報告漏れ、集計ミス、登録ミスなどが相次いでおり、データの信頼性が担保されていない<sup>7)</sup>。このことから、専門家によるデータの集積および分析が必要だと考えられる。

## I -2. 用語および略語の定義

以下に本論文で用いた用語および略語を定義する。

### 【用語】

#### ・身体機能

国際生活機能分類の「心身機能」と「身体構造」を複合させた用語と定義する。心身機能とは身体系の生理機能、身体構造とは器官、肢体とその構成部分などの身体の解剖学的部位である。

#### ・慢性高山病

2005 年に発表された慢性高山病と亜急性高山病に関する国際的な意見集約<sup>5)</sup>によれば、慢性高山病は、標高 2500m 以上の高地に定住する人々に起こる適応障害であり、多血症と低酸素血症を特徴とする臨床症候群と定義されている。また、しばしば中等度～重度の肺高血圧症を伴い、うっ血性心不全に進展することもあり、低所で生活する者が高所に上がった時に起こる急性高山病とは区別される。

### 【略語】

#### ・ボリビア

Plurinational State of Bolivia    ボリビア多民族国

#### ・SpO<sub>2</sub>

Oxyhemoglobin Saturation measured by Pulse Oximetry    経皮的動脈血酸素飽和度

#### ・SBP

Systolic blood pressure    収縮期血圧

#### ・DBP

Diastolic blood pressure    拡張期血圧

#### ・BMI

Body Mass Index    体格指数；体重（kg）を身長（m）の二乗で除した値

### I-3. 文献レビュー

#### 【高地住民の身体および生理機能】

酸素は、標高 3,000m で平地の 70%、標高 4,000m で 60%に減少する<sup>11)</sup>。一般的に、われわれ日本人のように高所適応していない者が標高 2,500m以上の高地に上がると、急性高山病を発症する。一方で、高所の住民は多世代にわたって低酸素に晒されるうちに、進化的に環境適応してきたことが明らかとなっている。しかし、チベットとアンデスではその適応の仕方が異なる<sup>12)</sup>。チベットの住民は、遺伝的適応として肺活量を大きくすることで低酸素に対する呼吸応答を調節し、血管を拡張して多くの血液を体に流す「血流増加方式」をとっている。アンデスの住民は、酸素に結合するヘモグロビンを増加させると共にヘモグロビンの酸素結合力を増大させるという「ヘモグロビン増加方式」をとってきたことが分かっている。Beall ら<sup>13)</sup>は、標高 4,000m という同じ高度に居住するチベット系男性住民とアンデス系男性住民の血中ヘモグロビン濃度を測定し、チベットの 15.8g/dl に対し、アンデスが 19.1g/dl と有意に高い値であることを示した。この遺伝的な違いは、それぞれの高所環境における適応期間が関与しているという説が有力である。最も古く高地へ上がった民族はエチオピア人であり、彼らは 10 万年以上前に高地に居住し始めた。チベット人は 2-3 万年前であり、アンデス人は最も遅く、約 1 万年前から高所に住むようになった<sup>14)</sup>。このことから、高所環境への適応期間が長い民族においては、遺伝的により高度な適応方式を獲得してきたことが示唆される。

前述したように、アンデスの高地住民は血中ヘモグロビン濃度が高い。ヘモグロビンの数値が高い人々の糖尿病発症リスクが高いことが知られており、長期の大規模な疫学研究によって、ヘマトクリット値が正常範囲だとしても値の高い群が低い群と比較して糖尿病になりやすいことが報告されている<sup>15)</sup>。このため、アンデス高地住民の健康管理には高所適応による身体および生理機能の変化を考慮する必要があると考えられる。

一方、高所で生まれ育った住民であっても、長期の低酸素暴露に対して適応障害を起こすことが指摘されており、León-Velarde ら<sup>5)</sup>は、標高 2,500m 以上の長期定住者のうち 5～10%に慢性高山病を発症するリスクがあると報告している。慢性高山病は、標高 2,500m 以上の高地に定住する人々に起こる適応障害であり、多血症と低酸素血症を特徴とする臨床症候群と定義されている。また、しばしば中等度～重度の肺高血圧症を伴い、うっ血性心不全に進展することも多い<sup>16)</sup>。アンデス地域においては、標高 2,500m 以上の高地に定住する人々は約 3,500 万人と推定されており、ボリビア国内でも全人口約 1,070 万人のうち約 40%が高地高原地帯に、約 30%が溪谷地帯に居住すると推定されている<sup>3)</sup>。これらのことから、高地住民特有の身体機能および生理機能を加味した健康管理が必要である。

#### 【南米およびボリビアの肥満】

肥満は、II 型糖尿病のリスクファクターであり視覚障害、腎障害、神経障害、四肢切断と関連する<sup>17)</sup>。また、肥満は心血管系疾患、高血圧、ガンのリスクファクターとしても指

摘されている。WHO によれば、2014 年の全世界人口のうち、18 歳以上の成人で BMI の値が 25 以上 30 未満の準肥満が占める割合は 39%（約 19 億人）、BMI 値が 30 以上の肥満は 13%（約 6 億人）を占めると推定され、世界的問題として取り上げられている<sup>18)</sup>。また、近年南米でも肥満率の増加が指摘されている。Filozof ら<sup>8)</sup>によれば、南米の国々において準肥満を呈する人々の割合は、パラグアイで 68%、ペルーで 53%であり、この理由を摂取食物の急速な変化と身体活動量の変化によるものと考察している。ボリビアにおける肥満率を示したデータは少ない。WHO の資料によれば、1994 年に実施されたボリビアにおける国勢調査では、BMI 30 以上の肥満女性の割合が都市部で 9.7%、農村部で 5.1%だったが、2008 年の同調査結果ではそれぞれ 19.1%、13.9%と増大している<sup>9)</sup>。また、国全体の女性の BMI を年齢別に見ると、標準値の占める割合は 15～19 歳で 72.3%、20～29 歳で 55.5%、30～39 歳で 36.0%、40～49 歳で 29.6%であると報告されており、成人以降は加齢に伴って準肥満および肥満の割合が大きくなると考えられる。

標高と体格について Woolcott ら<sup>19)</sup>は、データベースから 20 歳以上のペルー人 31,549 名を対象に居住地域の標高と肥満の関係を横断的に調査した結果、標高 500m 未満に住む人々の肥満率を 1.0 とした場合に、500m-1,499m では 1.0 (0.87～1.16)、1,500m-2,999 m は 0.74 (0.63～0.86)、3,000m 以上では 0.54(0.45～0.64)であり、標高が高い地域ほど肥満が少ないと報告している。しかし、その原因を特定するには至らず、標高と肥満の因果関係は明らかにされていない。Tripathy ら<sup>20)</sup>も高地集団 (3,500m) の身長、体重、上腕周囲長、皮下脂肪などの値は低地集団よりも低いと報告しており、この理由を低酸素環境と栄養状態が影響していると考察している。このように標高と体格に関して高地住民と低地住民に相違があることは明らかにされているが、その因果関係は不明な点が多い。地域特有の食生活や身体活動量、都市化の程度などが複合的に影響していると考えられる。

#### 【ボリビアにおける保健医療の概況<sup>7)</sup>】

ボリビア国の推定死亡要因は、感染症、新生児期疾患、下痢、肺炎が多くを占めている<sup>21)</sup>。これらは保健医療施設への早期受診や予防で防げるものが依然として多く、典型的な途上国型疾病構造となっている。一方で、近年は生活習慣病に起因する心臓疾患、悪性腫瘍、糖尿病が増えつつあるとも指摘されている。

地方では保健医療施設自体のハードおよびソフト面の脆弱性や施設へのアクセスの問題があり、人々は疾病に罹患して症状が顕著になってから一次医療機関を受診する。国民皆保険制度は整備されておらず、定期的な健康診断を受診できるような保健医療政策は展開されていないのが現状である。2006 年に施策された国家開発計画の下で、保健省は多文化コミュニティ政策に焦点を当てたヘルスプロモーション戦略を打ち出し、地方農村部を中心に、水の確保、家庭内暴力の予防、環境に配慮したごみ処理、栄養価のある食事摂取、個人およびコミュニティの衛生保全等に関する市民教育活動を実施しているが、具体的な疾病予防策は含まれていない。



ボリビアでは、保健省が全保健医療施設を対象とする全国規模の国家保健情報システムを導入し、地域の一次医療機関に保健情報を入力、分析、報告を行うことを義務付けている。しかし、多くの施設において報告漏れ、集計ミス、登録ミスなどが相次いでおり、データの信頼性が担保されていない。さらに、これらの保健情報に基づいたサービス改善に向けての分析および自治体への予算申請が適切になされていない。人口および保健情報にかかる全国規模の世帯調査については、2008 年の国家人口保健動態調査<sup>3)</sup>を最後に実施されていない。この調査結果は、データが古いことに加えて対象となった地域ごとの結果が入手できないなどの制限があり、健康障害予防策の検討材料とするには不十分である。これらのことから、保健医療分野の専門家による信頼性の高いデータを集積する必要がある。

#### 【副論文<sup>22)</sup>で得られた知見】

標高 2,600m の溪谷地域に住むボリビア人の血圧、酸素飽和度および体格の年齢による特徴を明らかにすることを目的に、18 歳から 88 歳、平均年齢 38 歳のボリビア人 157 名を対象に、血圧、SpO<sub>2</sub>、身長、体重、BMI を測定し、性と年齢の影響を検討した。その結果、全ての項目に対する年齢の有意な主効果を、血圧、身長、体重に対する性の有意な主効果を認めた。ボリビア人の血圧、SpO<sub>2</sub>、体格には、加齢や性の影響に加え、BMI の影響が存在し、疾病予防には運動、活動、食事などの生活習慣に目を向け、肥満対策に関わる必要性があると考えられた。

#### 【まとめ】

高所という環境は低酸素により身体および生理機能に影響を及ぼす。アンデス系高地住民は低酸素環境へ適応するにあたり、血中ヘモグロビン濃度を増加させる方式をとることが明らかとなっている。

近年、肥満は世界的な健康問題として取り上げられており、南米および発展途上国のボリビアも例外ではない。肥満は動脈硬化性疾患の発症へつながることから体格（栄養状態）管理が重要であると考えられる。特にボリビアのような開発途上国では、安価で簡便な BMI が有用である。

ボリビアは、公的な保健医療サービスが脆弱であり、政府主導による疫学調査に基づいた疾病予防策は展開されていない。また、住民保健情報の信頼性が低いことから、ボリビア国内各地域の問題点把握が困難である。これらのことから、専門家によるデータ収集が必要であると考えられる。

このような背景から、副論文で検討した課題によって、標高 2,600m の溪谷地帯に住むボリビア人の血圧値、SpO<sub>2</sub>、BMI に加齢変化があることを明らかにした。特に壮年期の BMI の平均値は 30 を上回る肥満に属しており、肥満対策が必要と考えられた。しかし、ボリビア国内の居住地域の標高差によって生じると考えられる人々の身体機能および体格における相違は不明である。

## 第Ⅱ章 目的

### Ⅱ-1. 研究目的

本研究の背景を整理し、目的を図示した（図 1）。本研究の目的は、ボリビア国内の標高が異なる地域に住む人々の加齢に伴う血圧値、 $\text{SpO}_2$ 、体格の特徴を明らかにし、その結果を標高によって異なる身体機能に適した健康づくり支援のための基礎データとして提示することである。

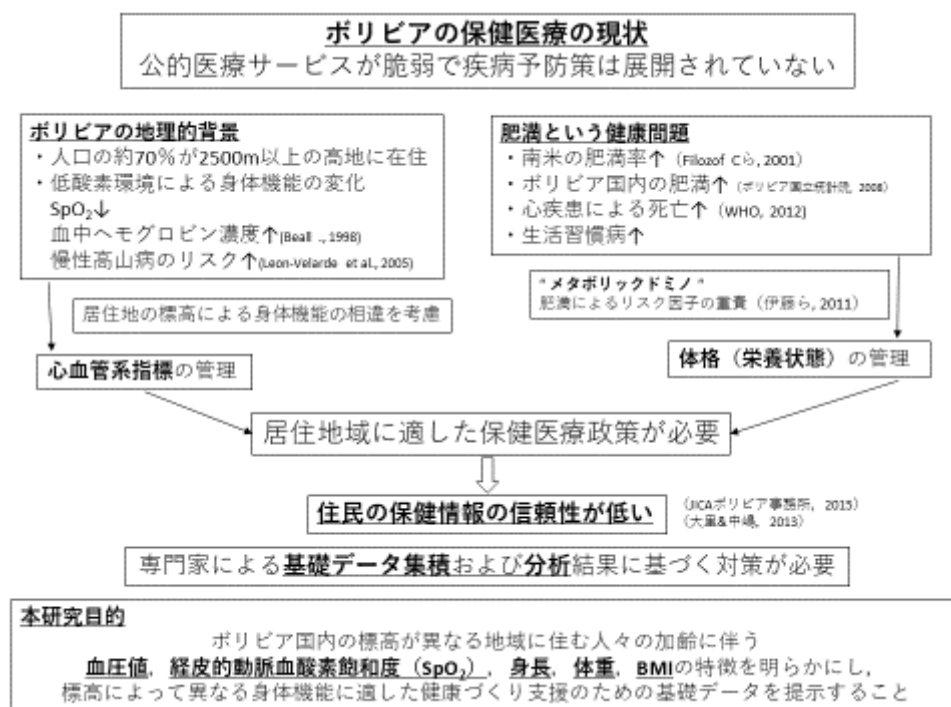


図 1 本研究の背景と目的

高所環境による身体機能の変化、肥満という健康問題、保健医療の現状および住民保健情報の信頼性低下という背景から、健康づくり支援のための基礎データを提示することとした。

### Ⅱ-2. 本研究の独創性

本研究の独創性は、居住地域に標高差のあるボリビアの地理的な背景によって生じると考えられる血圧値、 $\text{SpO}_2$ 、体格の差と加齢に伴う測定値の特徴を基礎データとして提示することで、健康づくり支援へ応用できると考えた点である。

## 第Ⅲ章 対象と方法

### Ⅲ-1. 対象

本研究で分析に用いた測定値は、ボリビアに赴任する JICA(独立行政法人国際協力機構) ボランティアのうち保健、医療、福祉分野に携わる隊員が有志で結成した医療分科会が企画した健康啓発活動の機会に測定されたものである。この健康啓発活動は、ボリビア国内の地域住民の健康意識の向上と疾病予防を目的として、隊員の赴任している地域でおよそ年 2 回の頻度で実施された。データ測定はこの活動における実施内容のひとつであり、測定対象となった人々はすべてが自主的に参加した。どの地域で実施されるかは、実施候補地付近に赴任している隊員の数などを考慮し、医療分科会における協議の上で決定された。当該地域の住民であれば、本活動には誰でも無料で参加が可能であった。地域住民への周知は、実施日の約 1 週間前より街頭ポスター、ラジオ、地方テレビ局のニュースなどを用いて参加を呼びかけた。健康啓発活動の主な内容は、成人を対象とした簡易健康診断、生活習慣病の啓蒙、手洗い指導、栄養指導、運動指導などの健康教育であった。本研究の分析に用いた測定値は 2014 年 6 月 3 日に Santa Cruz 県 Warnes 郡 Okinawa、同年 11 月 18 日 Cochabamba 県 Punata 郡 Punata、2015 年 5 月 14 日 Santa Cruz 県 Ichilo 郡 San Juan、同年 11 月 5 日 Potosí 県 Sud Chichas 郡 Tupiza、以上合計 4 回の健康啓発活動で測定された。表 1 にそれぞれの地域の概要を示す。いずれの地域も各々の県庁所在地である都市部から離れた(陸路で 1~6 時間) 地方農村部であるが、アクセスは自動車またはバスを用いれば可能である。また、それぞれの地域内には乗り合いタクシーやミニバスなどの公共交通機関が存在する。電気、水道、ガスの供給は基本的に安定している。

表 1 健康啓発活動が開催された地域の概要<sup>23)</sup>

	標高(m)	人口(人)	平均気温(°C)	主要産業	地域内の移動
Okinawa	252	13,605	24.1	農業、牧畜業	自動車、徒歩
Punata	2,750	30,826	16.0	農業	自動車、徒歩
San Juan	250	10,053	24.3	農業、牧畜業	自動車、徒歩
Tupiza	2,850	46,856	15.3	農業	自動車、徒歩

対象者数と平均年齢および標準偏差を健康啓発活動が実施された場所ごとに表 2 に示す。年齢 18 歳から 90 歳まで合計 589 名のボリビア人(年齢  $46 \pm 18$  歳、男性 209 名、女性 380 名)が対象となった。内訳は Okinawa 105 名(年齢  $41 \pm 16$  歳、男性 37 名、女性 68 名)、Punata 156 名(年齢  $39 \pm 18$  歳、男性 53 名、女性 63 名)、San Juan(年齢  $53 \pm 17$  歳、男性 41 名、女性 63 名)、Tupiza 224 名(年齢  $51 \pm 16$  歳、男性 78 名、女性 146 名)であった。

表2 各地域の対象者数と平均年齢および標準偏差

	男性（人）	女性（人）	全体（人）	平均年齢（標準偏差）
Okinawa	37	68	105	41 (16)
Punata	53	103	156	39 (18)
San Juan	41	63	104	53 (17)
Tupiza	78	146	224	51 (16)
4 地域の合計	209	380	589	46 (18)

### III-2. 方法

血圧と SpO<sub>2</sub> は、それぞれデジタル血圧計（OMRON 社 HEM-7113）と経皮的動脈血酸素飽和度測定装置（HILLMED 社 HM-OXYVISIONI および EDEM 社 H100B）を用い、対象者を背もたれのついた椅子座位でリラックスさせた状態で測定した。身長は、地面に対し垂直に設置した支柱にメジャーテープを貼り付けて製作した簡易身長計を用い、1 名の検者によって測定された。体重は、立位でデジタル体重計（microlife WS-50）を用い裸足で衣類着用のまま測定した。BMI は体重（kg）を身長（m）の二乗で除して求めた。

### III-3. データ分析

データ分析では、標高が各測定項目に与える影響を検討するために、4 地域の内 Okinawa (252m), San Juan (250m) を低地群に、Punata (2,750m), Tupiza(2,850m) を高地群の 2 つの標高群に分類した。さらに、各測定項目に対する年齢の影響を調べるために、各標高群の対象者を 18～24 歳（以下、20 歳群）、25～34 歳（以下、30 歳群）、35～44 歳（以下、40 歳群）、45～54 歳（以下、50 歳群）、55～64 歳（以下、60 歳群）、65 歳以上（以下、70 歳群）の 6 年齢階級に区分した。統計的検討には、各測定項目（SBP, DBP, SpO<sub>2</sub>, BMI）に対し標高（低地、高地）と年齢階級（20 歳群、30 歳群、40 歳群、50 歳群、60 歳群、70 歳群）を要因とした二元配置分散分析を用い、主効果と交互作用について検討した。要因ごとの水準間の事後検定に Bonferroni 法を用いた。また、各測定項目の関連を検討するために Pearson の積率相関係数を用いた。BMI と SBP, DBP, SpO<sub>2</sub> の関係を検討するために、年齢、性別および標高で調整した BMI と各項目の偏相関係数を算出した。統計ソフトは IBM SPSS Statistics 23 を用いた。すべての統計的検討における有意水準は 5% とした。

### III-4. 倫理上の配慮

本研究は、前述した健康啓発活動の際に測定されたデータの二次解析であり、国際医療福祉大学研究倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号 14-Io-161）。記録用紙に記載された測定値を表計算ソフトに入力するにあたり、個人情報が特定されないように記号化した後、研究責任者の USB フラッシュメモリに保存し、鍵のかかる保管庫で常時管理した。なお、測定値の使用および結果の公表については、JICA ボリビア事務所の承諾を得た。

## 第Ⅳ章 結果

表 3 にすべての測定項目の実測値（平均値および標準偏差）を標高群および年齢階級ごとに示す。二元配置分散分析の結果, SBP ( $F=15.5, p<0.05$ ), DBP ( $F=19.0, p<0.05$ ),  $SpO_2$  ( $F=690.6, p<0.05$ ), 身長 ( $F=12.3, p<0.05$ )に対する標高の主効果が認められ, いずれの項目も高地群が低い値を示した。また, SBP に対する標高と年齢階級の交互作用が認められた ( $F=4.7, p<0.05$ )。

表 4 および表 5 に各標高群の年齢階級ごとの実測値と年齢階級間の比較結果を示す。すべての測定値に年齢階級の主効果が認められた (SBP;  $F=17.3$ , DBP;  $F=19.0$ ,  $SpO_2$ ;  $F=12.0$ , 身長;  $F=3.8$ , 体重;  $F=6.3$ , BMI;  $F=11.2$ , いずれも  $p<0.05$ )。

表 6, 表 7, 表 8 にそれぞれ全体, 低地群, 高地群における各測定項目の関連を検討した結果として相関行列を示した。

次に, 各項目の結果を説明する。

表3 各年齢階級における測定値の標高群間の比較

年齢群 年齢範囲		- 全体	20歳群 18～24	30歳群 25～34	40歳群 35～44	50歳群 45～54	60歳群 55～64	70歳群 65以上
収縮期血圧(mmHg)	低地	128.0 (22.5)	112.3 (13.3)	117.9 (20.4)	128.0 (20.2) *	125.4 (14.6)	133.0 (22.5)	144.3 (24.4) *
	高地	121.0 (16.0)	116.3 (14.1)	115.9 (15.7)	118.2 (12.1)	122.6 (16.5)	125.9 (16.0)	125.4 (17.7)
拡張期血圧(mmHg)	低地	74.2 (11.4)	66.9 (7.0)	75.9 (10.7)	75.9 (10.7)	75.1 (10.0)	76.3 (11.0) *	76.5 (12.9) *
	高地	69.6 (10.3)	66.2 (8.3)	71.6 (8.6)	71.6 (8.6)	71.4 (11.5)	71.4 (10.1)	69.0 (11.1)
酸素飽和度(%)	低地	96.5 (2.2)	97.5 (1.4) *	97.4 (2.1) *	96.7 (2.1) *	96.5 (2.0) *	95.8 (2.4) *	95.2 (2.1) *
	高地	91.7 (2.1)	92.6 (1.9)	92.2 (2.1)	91.7 (1.8)	91.4 (1.8)	91.4 (2.4)	91.0 (2.0)
身長(cm)	低地	157.5 (8.6)	159.0 (8.4)	159.4 (7.4) *	158.2 (10.2)	156.3 (7.4)	153.9 (8.3)	157.3 (9.5)
	高地	154.9 (8.0)	158.0 (7.3)	155.2 (7.7)	155.0 (7.9)	154.9 (7.4)	152.6 (7.6)	153.3 (8.8)
体重(kg)	低地	69.0 (14.6)	63.4 (16.2)	70.1 (13.0) *	73.4 (15.1)	71.2 (15.0)	65.9 (14.4)	67.1 (14.3)
	高地	66.1 (12.8)	59.6 (10.5)	64.3 (10.3)	69.8 (12.8)	71.6 (13.4)	67.6 (14.5)	65.3 (11.0)
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	低地	27.8 (5.3)	24.9 (4.7)	27.6 (4.8)	29.3 (5.5)	29.3 (6.7)	27.6 (4.1)	27.0 (4.5)
	高地	27.6 (5.2)	23.8 (3.4)	26.6 (3.4)	29.0 (4.6)	29.9 (5.6)	29.0 (5.7)	27.9 (4.7)

平均値 (標準偏差)

\*:  $p < 0.05$  で有意に高い値を示している

(各年齢階級における高地群と低地群の比較, Bonferroni法)

表4 低地群(Okinawa とSan Juan)の年齢階級別測定値

年齢階級 番号	平均値(標準偏差)							群間比較(Bonferroni法) p<0.05			
	20歳群 1	30歳群 2	40歳群 3	50歳群 4	60歳群 5	70歳群 6					
年齢範囲	全体	18～24	25～34	35～44	45～54	55～64	65以上				
対象者数	209	20	45	34	39	25	46				
平均年齢(歳)	46.5(17.6)	21.3(2.0)	28.3(2.6)	39.8(2.7)	49.3(5.1)	58.8(2.8)	71.3(5.1)				
収縮期血圧(mmHg)	128.0(22.5)	112.3(13.3)	117.9(20.4)	128.0(20.2)	125.4(14.6)	133.0(22.5)	144.3(24.4)	1<3,5,6	2<5,6	3<6	4<6
拡張期血圧(mmHg)	74.2(11.4)	66.9(7.0)	75.9(10.7)	75.9(10.7)	75.1(10.0)	76.3(11.0)	76.5(12.9)	1<3,5,6			
酸素飽和度(%)	96.5(2.2)	97.5(1.4)	97.4(2.1)	96.7(2.1)	96.5(2.0)	95.8(2.4)	95.2(2.1)	1,2,3,4>6	2>5		
身長(cm)	157.5(8.6)	159.0(8.4)	159.4(7.4)	158.2(10.2)	156.3(7.4)	153.9(8.3)	157.3(9.5)				
体重(kg)	69.0(14.6)	63.4(16.2)	70.1(13.0)	73.4(15.1)	71.2(15.0)	65.9(14.4)	67.1(14.3)				
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	27.8(5.3)	24.9(4.7)	27.6(4.8)	29.3(5.5)	29.3(6.7)	27.6(4.1)	27.0(4.5)	1<3,4			

表5 高地群(Punata とTupiza)の年齢階級別測定値

年齢階級 番号	平均値(標準偏差)							群間比較 (Bonferroni法) p<0.05
	20歳群 1	30歳群 2	40歳群 3	50歳群 4	60歳群 5	70歳群 6		
年齢範囲	全体	18～24	25～34	35～44	45～54	55～64	65以上	
対象者数	380	79	47	50	65	69	70	
平均年齢(歳)	45.5(18.0)	21.5(1.9)	28.5(3.0)	40.1(2.6)	49.7(3.0)	59.0(2.9)	70.6(5.4)	
収縮期血圧(mmHg)	121.0(16.0)	116.3(14.1)	115.9(15.7)	118.2(12.1)	122.6(16.5)	125.9(16.0)	125.4(17.7)	1<5,6 2<5
拡張期血圧(mmHg)	69.6(10.3)	66.2(8.3)	71.6(8.6)	71.6(8.6)	71.4(11.5)	71.4(10.1)	69.0(11.1)	1<5
酸素飽和度(%)	91.7(2.1)	92.6(1.9)	92.2(2.1)	91.7(1.8)	91.4(1.8)	91.4(2.4)	91.0(2.0)	1>4,5,6 2>6
身長(cm)	154.9(8.0)	158.0(7.3)	155.2(7.7)	155.0(7.9)	154.9(7.4)	152.6(7.6)	153.3(8.8)	1>5,6
体重(kg)	66.1(12.8)	59.6(10.5)	64.3(10.3)	69.8(12.8)	71.6(13.4)	67.6(14.5)	65.3(11.0)	1<3,4,5
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	27.6(5.2)	23.8(3.4)	26.6(3.4)	29.0(4.6)	29.9(5.6)	29.0(5.7)	27.9(4.7)	1<2,3,4,5,6 2<4

表 6 各測定項目の関連（全体）

	年齢	SBP	DBP	SpO2	身長	体重	BMI
年齢	1						
SBP	.34**	1					
DBP	.15**	.63**	1				
SpO <sub>2</sub>	-.20**	.08	.15**	1			
身長	-.19**	.09*	.16**	.19**	1		
体重	.08*	.25**	.31**	.03	.40**	1	
BMI	.20**	.22**	.24**	-.09*	-.15**	.85**	1

Pearson の積率相関係数 \*p<0.05 , \*\* p<0.01

表 7 低地群における各測定項目の関連

	年齢	SBP	DBP	SpO2	身長	体重	BMI
年齢	1						
SBP	.48**	1					
DBP	.21**	.63**	1				
SpO <sub>2</sub>	-.41**	-.07	.06	1			
身長	-.16*	-.02	.11	.12	1		
体重	-.04	.13	.20**	.04	.45**	1	
BMI	.04	.15*	.17*	-.03	-.08	.85**	1

Pearson の積率相関係数 \*p<0.05 , \*\* p<0.01

表 8 高地群における各測定項目の関連

	年齢	SBP	DBP	SpO2	身長	体重	BMI
年齢	1						
SBP	.25**	1					
DBP	.11*	.62**	1				
SpO <sub>2</sub>	-.28**	-.08	-.05	1			
身長	-.22**	.14**	.15**	.11*	1		
体重	.16**	.34**	.37**	-.15**	.35**	1	
BMI	.29**	.28**	.29**	-.21**	-.19**	.85**	1

Pearson の積率相関係数 \*p<0.05 , \*\* p<0.01



### Ⅲ-1. SBP

低地群および高地群の各年齢階級における SBP の平均値をプロットしたグラフを図 2 に示す。SBP に対する標高の主効果 ( $F=15.5$ ,  $p<0.05$ ) および年齢階級の主効果 ( $F=17.3$ ,  $p<0.05$ ) が認められた。また、標高と年齢階級の交互作用が認められた ( $F=4.7$ ,  $p<0.05$ )。事後検定の結果 40 歳群 (低地群  $128.0\pm20.2\text{mmHg}$ , 高地群  $118.2\pm12.1\text{mmHg}$ ) および 70 歳群 (低地群  $144.3\pm24.4\text{mmHg}$ , 高地群  $125.4\pm17.7\text{mmHg}$ ) において高地群が有意に低い値を示した。各標高群において年齢階級間の差を事後検定で比較した結果、高地群では 60 歳群 ( $125.9\pm16.0\text{mmHg}$ ) および 70 歳群 ( $125.4\pm17.7\text{mmHg}$ ) が 20 歳群 ( $116.3\pm14.1\text{mmHg}$ ) よりも有意に高い値を示した。低地群では 60 歳群 ( $133.0\pm22.5\text{mmHg}$ ) および 70 歳群 ( $144.3\pm24.4\text{mmHg}$ ) の測定値が 20 歳群 ( $112.3\pm13.3\text{mmHg}$ ) および 30 歳群 ( $117.9\pm20.4\text{mmHg}$ ) よりも有意に高い値を示した。また、70 歳群の測定値の標準偏差は 24.4 であり、他の年齢階級に比較して有意に大きく ( $F=32.9$ ,  $p<0.05$ )、高血圧者が多く存在していた。

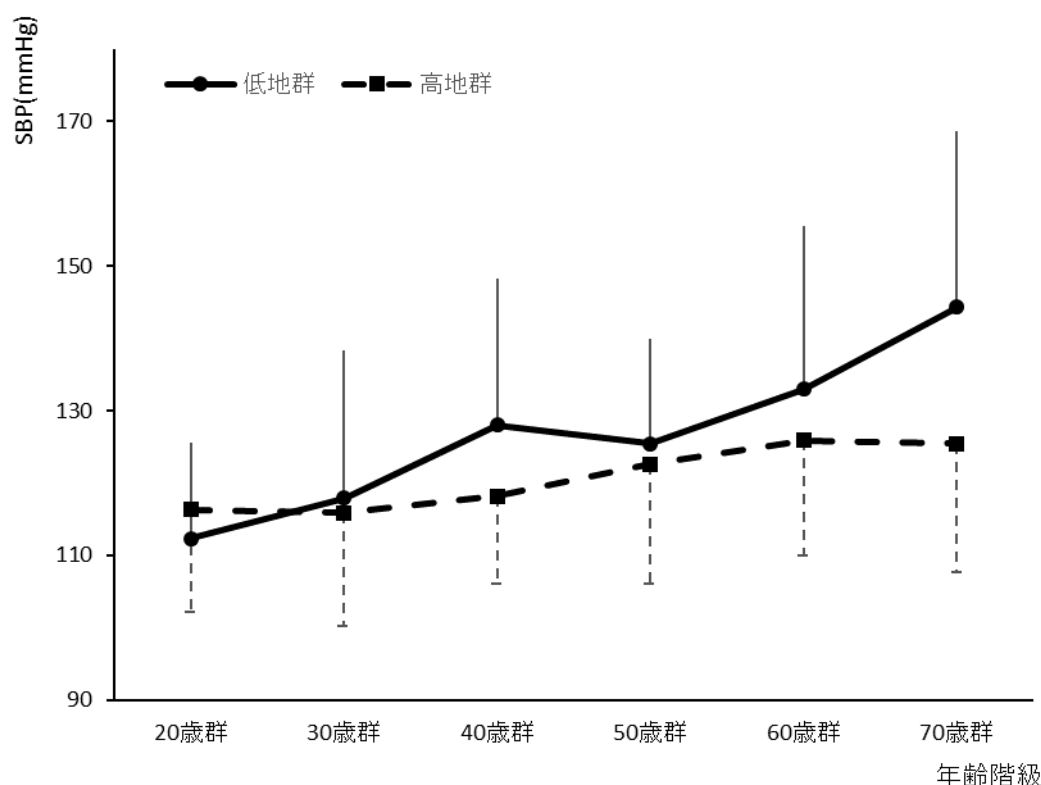


図 2 低地群および高地群における各年齢階級の SBP (平均値±標準偏差)

エラーバーはキャップのついていない実線が低地群、キャップつきの点線が高地群を示す。

標高群の主効果が認められ、高地群が有意に低い値を示した。また、低地群、高地群ともに加齢に伴って平均値は上昇することから、動脈の加齢変化が背景にあると推察される。

### Ⅲ-2. DBP

低地群および高地群の各年齢階級における DBP の平均値をプロットしたグラフを図 3 に示す。DBP に対する標高の主効果 ( $F=19.0, p<0.05$ ) が認められ、事後検定の結果 60 歳群（低地群  $76.3\pm 11.0$  mmHg, 高地群  $71.4\pm 10.1$ mmHg）および 70 歳群（低地群  $76.5\pm 12.9$ mmHg, 高地群  $69.0\pm 11.1$ ）において高地群が有意に低い値を示した。交互作用は認められなかった。また、DBP に対する年齢階級の主効果が認められた ( $F=5.2, p<0.05$ )。各標高群において年齢階級間の差を事後検定により比較した結果、低地群では 60 歳（ $76.3\pm 11.0$  mmHg）および 70 歳群（ $76.5\pm 12.9$  mmHg）が 20 歳群（ $66.9\pm 7.0$  mmHg）よりも有意に高い値を示した。高地群では 60 歳群（ $71.4\pm 11.5$  mmHg）が 20 歳群（ $66.2\pm 8.3$  mmHg）よりも有意に高い値を示した。

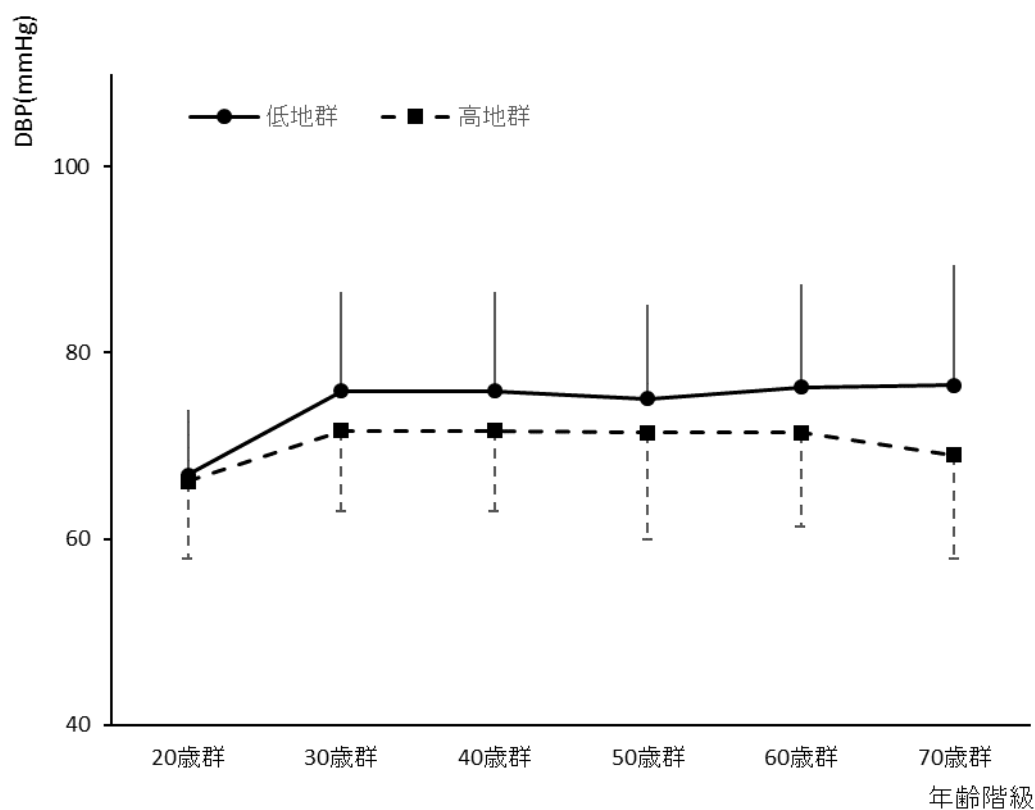


図 3 低地群および高地群における各年齢階級の DBP（平均値±標準偏差）

エラーバーはキャップのついていない実線が低地群，キャップつきの点線が高地群を示す。

SBP と同様に高地群が有意に低い値を示し，平均値は加齢に伴って上昇していた。

### Ⅲ-3 SpO<sub>2</sub>

低地群および高地群の各年齢階級における SpO<sub>2</sub> の平均値をプロットしたグラフを図 4 に示す。標高の主効果 ( $F=690.6$ ,  $p<0.05$ ) が認められ、すべての年齢階級において高地群が有意に低い値を示した。交互作用は認められなかった。また、年齢階級の主効果 ( $F=12.0$ ,  $p<0.05$ ) が認められた。各標高群内における年齢階級間の差を事後検定で比較した結果、低地群では 70 歳群 ( $95.2\pm2.1\%$ ) が 20 歳群 ( $97.5\pm1.4\%$ )、30 歳群 ( $97.4\pm2.1\%$ )、40 歳群 ( $96.7\pm2.1\%$ ) よりも有意に低く、60 歳群 ( $95.8\pm2.4\%$ ) が 30 歳群 ( $97.4\pm2.1\%$ ) よりも有意に低い値を示した。高地群では 60 歳群 ( $91.4\pm2.4\%$ ) および 70 歳群 ( $91.0\pm2.0\%$ ) が 20 歳群 ( $92.6\pm1.9\%$ ) よりも有意に低い値を示した。

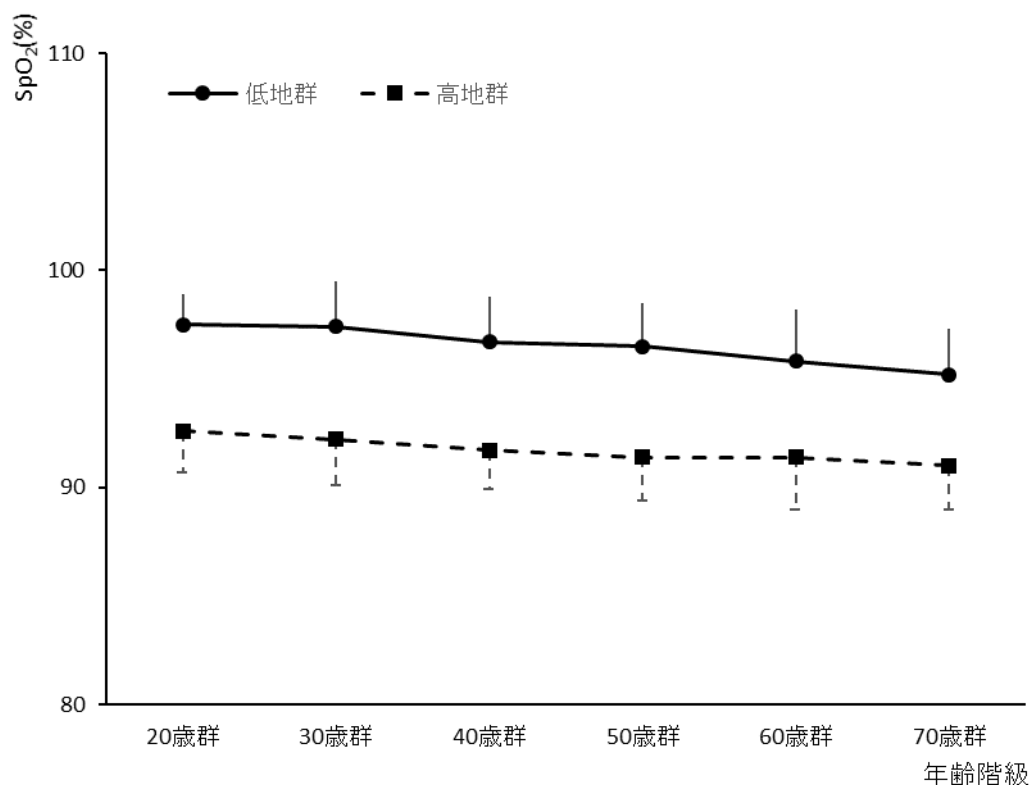


図 4 低地群および高地群における各年齢階級の SpO<sub>2</sub> (平均値±標準偏差)

エラーバーはキャップのついていない実線が低地群、キャップつきの点線が高地群を示す。

標高群の主効果が SpO<sub>2</sub> に認められ、高地群が有意に低い値を示した。また、低地群、高地群ともに加齢に伴って平均値が低下することから、高齢者ほど低酸素環境の影響を強く受けていることが推察される。

### Ⅲ-4. BMI

低地群および高地群の各年齢階級における BMI の平均値をプロットしたグラフを図 5 に示す。標高の主効果は認められなかった ( $F=0.04$ ,  $p=0.83$ ) が、年齢階級の主効果が認められた ( $F=11.2$ ,  $p<0.05$ )。各標高群内における年齢階級間の差を事後検定で比較した結果、低地群では 40 歳群 ( $29.3\pm 5.5$  kg/m<sup>2</sup>) および 50 歳群 ( $29.3\pm 6.7$  kg/m<sup>2</sup>) が 20 歳群 ( $24.9\pm 4.7$  kg/m<sup>2</sup>) よりも有意に高かった。高地群では 30 歳群 ( $26.6\pm 3.4$  kg/m<sup>2</sup>)、40 歳群 ( $29.0\pm 4.6$  kg/m<sup>2</sup>)、50 歳群 ( $29.9\pm 5.6$  kg/m<sup>2</sup>)、60 歳群 ( $29.0\pm 5.7$  kg/m<sup>2</sup>)、70 歳群 ( $27.9\pm 4.7$  kg/m<sup>2</sup>) が 20 歳群 ( $23.8\pm 3.4$  kg/m<sup>2</sup>) よりも有意に高く、50 歳群 ( $29.9\pm 5.6$  kg/m<sup>2</sup>) が 30 歳群 ( $26.6\pm 3.4$  kg/m<sup>2</sup>) よりも有意に高い値を示した。

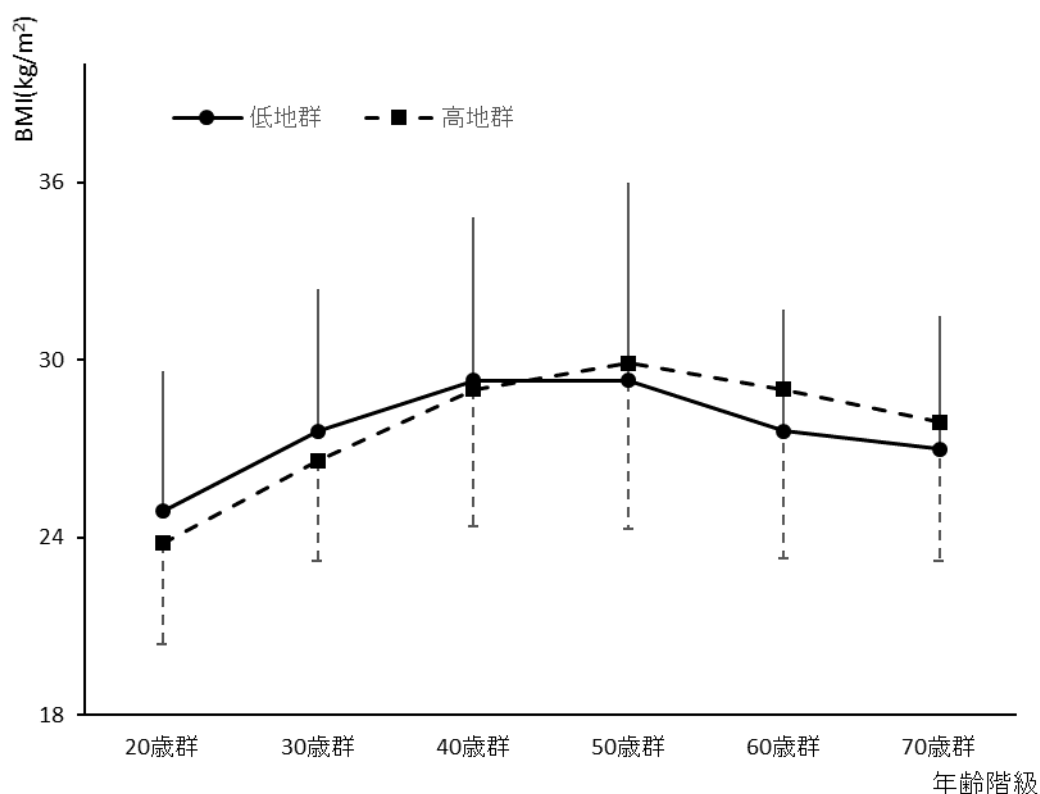


図5 低地群および高地群における各年齢階級のBMI (平均値±標準偏差)

エラーバーはキャップのついていない実線が低地群、キャップつきの点線が高地群を示す。

標高の主効果は認められなかったが、BMIは加齢に伴って増加し、両標高群ともに40歳群および50歳群の平均値は29台であり、壮年期の過体重および肥満率が高いことが推察される。

### Ⅲ-5. BMI と SBP の関連

図 6 に BMI と SBP の関係を示す。高地群および低地群の全対象者において、年齢、性別および標高で調整した BMI と SBP の偏相関係数は、 $r=0.19$  ( $p<0.05$ ) で有意な正の相関が認められた。

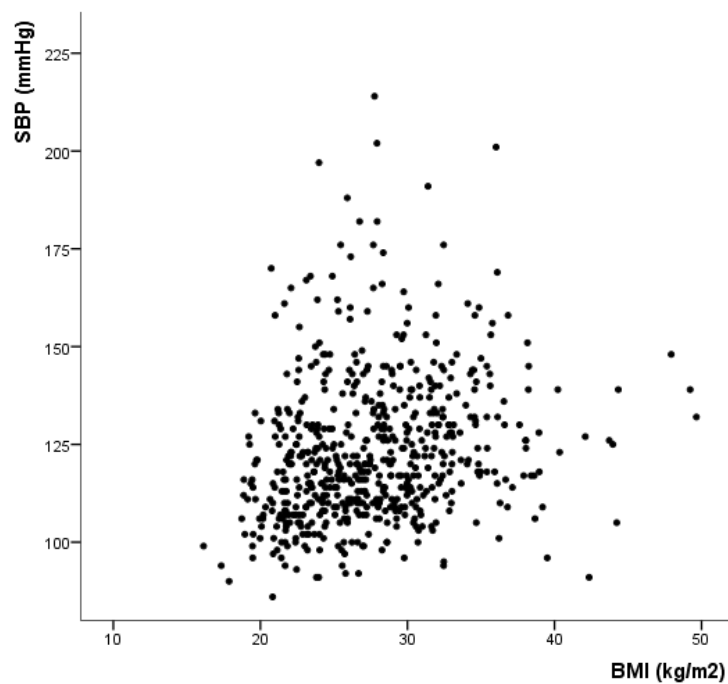


図 6：全対象者の BMI と SBP の関連

年齢、性別および標高で調整した BMI と SBP の偏相関係数は、 $r=0.19$  ( $p<0.05$ ) で有意な正の相関が認められた。測定値がばらついていることから、血圧値には BMI 以外の要因も影響していることが示唆される。

## 第V章 考察

### V-1. 結果の要約

本研究では、ボリビア国内の標高が異なる地域に住む人々の加齢に伴う身体機能および体格の特徴を明らかにするために、血圧、SpO<sub>2</sub>、身長、体重を測定し、得られたデータを分析した。データ解析結果より、高地群の血圧値は低地群よりも有意に低い値を示し、居住地の標高により差が生じていた。また、高地群のすべての年齢階級においてSpO<sub>2</sub>が有意に低値を示した。一方で、標高の違いに関わらず血圧値は加齢とともに上昇していたことから、動脈の加齢変化が存在する可能性が示唆された。また、低地群の70歳群においてSBPの標準偏差は他の年齢群に比較して有意に大きく、高血圧者が多く存在していた。BMIは両群ともに20歳群よりも40歳および50歳群が有意に高い値を示し、その平均値は29台であった。BMIとSBPの偏相関係数に有意な正の相関が認められた。

### V-2. 居住地の標高の違いによるSBPの特徴に関して

本研究では、血圧値を動脈硬化が反映される心血管系指標として定義した。まず、高地群のSBPが低地群よりも低い値を示した結果について、文献的に考察する。標高2,400m以上の高地における18歳以上の成人定住者を対象として血圧値を調査したこれまでの先行研究を対象に、標高と血圧および高血圧率の関係を検討した最新のシステマティックレビューおよびメタアナリシスの結果によると、アンデス系住民のSBPおよびDBPは標高が上がるにつれて低下すると報告されている<sup>24)</sup>。この理由は長期間の低酸素暴露による血管平滑筋の弛緩、側副血行路の発達、末梢血管網の発達によるものと考えられている。このレビューでは、標高が1,000m上昇するとそこに住む人々のSBPは5.9mmHg、DBPが4.0mmHg低下すると報告されているが、統計的な有意差は検出されていない。このことから、血圧値の特徴を高所の低酸素環境の影響だけで説明するのは困難であることが示唆される。

高地集団の血圧低下のメカニズムは、過去に報告された動物実験が根拠となっている<sup>25)</sup>。León Velardeら<sup>26)</sup>は、標高4,200mと海拔0mに棲む同種の水鳥の毛細血管を調べた結果、高地の水鳥において体表1mmあたりの毛細血管が有意に多く存在していると報告している。ヒトを対象とした研究でも高地住民の血圧上昇が少ない理由として、末梢の毛細血管床が発達した結果、末梢血管抵抗が下がる<sup>27)</sup>と考察しているものがある。

高地の低酸素環境は自律神経系にも影響を及ぼす。自律神経活動が変化した結果、血圧値も影響を受けることが分かっている。Maherら<sup>28)</sup>は動物実験に基づき交感神経の緊張に対する心臓の反応は、高地適応が成立すると鈍化することを確認した。このことから、通常急性期の高所適応としてみられる交感神経の緊張が定住者では乏しく、血圧値を上昇させない可能性があると考えられる。

一方で、血管抵抗や自律神経の影響に加え、心拍出量の影響を考える必要がある。高所への適応の一つとして心拍出量の低下が報告されている<sup>29)</sup>。高地集団では安静時のみならず運動負荷時の最大心拍出量も低下する<sup>30)</sup>。運動時の最大酸素摂取量を規定する主たる要因は、最大心拍出量であると考えられる。つまり、高所住民は心拍出量を低下させることによって運動量を抑制し、結果として末梢組織での酸素需要を減少させていると推察される。高所住民の心拍出量が低下する理由として、Bogaard ら<sup>30)</sup>、川崎ら<sup>31,32)</sup>はいくつかの仮説を提唱している。第一は呼吸数、発汗量、尿量の増加によって循環血液量が減少し、その結果静脈還流量が減少し、心拍出量が低下するというものである。第二は、エリスロポイエチンの増加により血中ヘモグロビン濃度が増大し、前述した循環血液量の影響も加わった結果、血液粘性が上昇することで最大心拍出量が低下するというものである。第三の理由は、低酸素血症が直接心筋収縮力を減少させるという仮説である。第四は、駆出量の低下を補うだけの心拍数の増加が十分ではないということである。最後に、低酸素血症に伴う運動能力の低下が結果として心拍出量の低下を招くという仮説である。おそらく、これらの要因が複雑に交絡し、高所住民の血圧が低下することが推察される。

高所環境への適応方式からみると、アンデス系高地集団は血中ヘモグロビン濃度を増加させる方式をとることが知られている<sup>4,33)</sup>。これによるヘマトクリット値の上昇は血液粘性が高まっている状態と解釈できる。これに加えて前述した循環血液量の減少により前負荷が減少し、一回拍出量が少なくなるとも考えられる。

以上のことより、本研究の対象者となった標高 2,800m 前後の溪谷地域に在住するポリビア人はアンデス系住民に属することから、その適応方式と高所環境が影響による身体および生理機能から血圧値が低下したことが示唆され、この結果は過去の報告と一致したといえる。

一方、血圧値は生活習慣に影響を受けるため、標高群間で血圧値の差異が生じた理由を低酸素環境による影響のみで説明するのは難しい。

例えば、高所では朝晩の気温の変化が激しく、寒冷環境への暴露と貧しい住居が拡張期血圧の上昇に影響を及ぼすと報告されている<sup>34)</sup>。反対に気温と湿度の高い環境では、血管拡張により血圧が低くなる<sup>35)</sup>。本研究では、データ測定が屋外に設置された簡易テント内で行われ、データ測定時期および測定環境を統一できなかったが、測定はいずれも日中に実施され、どの地域も測定時間帯には気温が 20℃を下回ることはなく、寒冷への暴露の影響は少なかったと考えられる。

摂取する食物の質および量も血圧値に影響すると考えられる。ネパールの高所に居住するチベット民族において動物性脂肪と食塩摂取量が多い民族が存在することが報告されている<sup>36,37)</sup>。今回測定を行った 4 地域のうち低地群の Okinawa, San Juan の 2 地域は、ポリビア随一の農業地帯であり、新鮮な野菜や果物が手に入りやすいと考えられる。一方、溪谷地域にあたる高地群の 2 地域においても、その周辺には標高の低い農業地帯が存在し、インフラもある程度整っていることから、標高群間の摂取食物に大きな差はないと推察さ

れるが、食事摂取量および内容には個人差が存在するため、さらなる調査が必要である。また、Smith はネパールの高地住民を対象とした調査において、生活習慣の中でもアルコール摂取量が SBP の危険因子であると指摘しており<sup>38)</sup>、今後は飲酒率および飲酒量の調査も必要である。

さらに、身体活動量も血圧値に影響を与える因子であるとの報告も存在する。川崎ら<sup>39)</sup>は、ネパール高地に住むチベット族を縦断的に観察し、血圧値の上昇が身体活動量の減少によるものであると指摘している。本研究で対象となった 4 地域はいずれも都市圏から離れているが、人々の主たる移動手段は乗り合いタクシー、バス、自家用車をはじめとした自動車である。近年ボリビアにおいても着々とインフラ整備は進んでおり、身体活動量は減少している可能性がある。今後は、高価な機器を使わなくても身体活動量を把握できる質問紙表<sup>40)</sup>などを用いた調査が必要である。

### V-3. 各標高群の SBP の加齢変化からみた血圧管理

高地群の SBP を年齢群毎にみると、平均値は全体的に低地群よりも低値を示すものの、60 歳群および 70 歳群の SBP は 20 歳群と比較して有意に高く、70 歳群は 30 歳群と比較しても有意に高い (図 2)。この結果は、過去に報告された高地集団にも血圧の加齢変化が認められると報告している先行研究<sup>41)</sup>とも一致した。本研究の高地群においても血圧値のベースは低いものの、加齢に伴って平均値が上昇していたことから、動脈の加齢変化が存在する可能性があると解釈できる。高地群では血圧値のベースが低い一方で加齢変化が認められるので、壮年期以降の血圧を注意深く観察することが必要である。元来、高所居住者は、伝統的な生活スタイル (生業や食) においては生活習慣病を抑制してきたが、都市化および近代化に伴う生活スタイルの変化によって生活習慣病が増えてきていることが指摘されているため<sup>12)</sup>、今後は血圧上昇に関わる因子を明らかにすることが求められる。

一方、低地群の血圧値は高地群と同様に加齢に伴い上昇し、年齢階級間で比較すると 60 歳群は 20 歳群に比較して有意に高く、70 歳群は 20 歳群、30 歳群、40 歳群に比較して有意に高い。また、60 歳群および 70 歳群の標準偏差は他の年齢群に比較して大きく、等分散性を確認したところ 70 歳群のデータのばらつきが有意に大きかった (図 3)。この結果から、低地群の 70 歳群においては SBP の個人差が大きく、血圧の高い者が多く存在していると解釈できる。低地に居住する人々に対しては、65 歳以上の高血圧罹患率を減少させることを目的として、血圧値が若年群と比較して有意に高くなる壮年期前から血圧測定を実施するなどの積極的な管理が必要だと考えられる。ただし、具体的な血圧管理にどのような手法をとるのかを検討するためには、前述した生活習慣を含むより詳細な調査が必要であり、この点は今後の課題である。

### V-4. 高地群の SpO<sub>2</sub> の特徴

SpO<sub>2</sub> には標高の主効果が認められ、全体の平均値 (標準偏差) は低地群で 96.5 (2.2) %、



高地群において 91.7 (2.1) %であった。すべての年齢群において高地群が有意に低い値を示したことから、高地群の住民は低酸素環境の影響を受けていることが明らかである。さらにこの傾向は加齢に従ってより顕著となり、60 歳および 70 歳群が 20 歳群よりも有意に低い値を示していた。このように高地集団に  $\text{SpO}_2$  の加齢変化が認められる結果は、インドのラダック地方（標高 4,000m）の高地住民を対象とした調査結果<sup>32)</sup>とも一致し、高齢者ほど低酸素血症が増悪する危険性があると考えられる。アンデス系住民は、低酸素環境に対して酸素を効率よく組織へ運搬するためにヘモグロビン濃度を増加させることで適応しており、血液の粘性が高まっていると考えられる。血液の粘性が高まると、酸素運搬に不利が生じて体内低酸素状態を呈することから、二次的な糖尿病を発症するリスクが高いと報告されており、注意が必要である<sup>15)</sup>。呼吸障害等によって体内低酸素状態になると糖尿病の発症に関連することも分かっている<sup>42, 43)</sup>。これらのことから、高地居住者の健康管理においては慢性的な体内低酸素状態による糖尿病発症リスクが高いことを知っておく必要がある。

#### V-5. BMI からみた肥満対策の必要性

BMI に対する標高の主効果は認められなかったが、両群ともに 20 歳群以外の年齢階級すべてが過体重に相当し、加齢とともに増加していた。さらに、40 歳および 50 歳群の平均値は 29 台である。近年、ボリビアにおける肥満率が増大していることは、国家保健人口動態結果<sup>3)</sup>より読み取ることができるが、限られたデータのみが公表されておりその原因は明らかにされていない。開発途上国における肥満は、社会経済状況の変化、食生活の変化、身体活動量の低下が複合的に影響することが南米を対象とした先行研究では報告されている<sup>8)</sup>。川崎ら<sup>39)</sup>は、ネパールの高地に住むチベット移住民の身体機能と栄養調査を縦断的に実施した結果、1990 年から 1999 年の間に人々の食生活が変化し、炭水化物の摂取量が増加したことで BMI および体脂肪率が増大しているにも関わらず、最大酸素摂取量が低下していることから、この背景に活動量の減少がある考察している。本研究では、肥満の原因を明らかにするための栄養ならびに活動量の調査は実施していないが、ボリビアでも近年の経済成長に伴う近代化、モータリゼーションおよび食生活など生活習慣の変化が少なからず存在すると考えられるため、今後はこれらの影響を調査する必要がある。

近年、“肥満を基盤病態とした危険因子の重積”という考えについて、脇野ら<sup>44, 45)</sup>はメタボリックドミノという概念を提唱している。食生活の偏りや運動不足といった生活習慣の揺らぎにより、まず肥満（内臓脂肪蓄積）が生じる。内臓脂肪の蓄積とアディポサイトカイン分泌異常によりインスリン抵抗性が引き起こされる。この内臓脂肪の蓄積とともに分泌が増加するアディポサイトカインには、 $\text{TNF-}\alpha$  や  $\text{PAI-1}$  などがあり、 $\text{TNF-}\alpha$  は、全身の炎症反応、インスリン抵抗性を惹起させ、 $\text{PAI-1}$  は、血栓形成に関わるとされている。さらに、内臓脂肪の蓄積、インスリン抵抗性は、慢性的な炎症反応、交感神経系の亢進を引き起こし、高血圧、高血糖、脂質代謝異常といった病態が生じる。その後、動脈硬化症が

発症および進展し、虚血性心疾患や脳血管障害などが発症する。また、動脈硬化症と同時に糖尿病が進行し3大合併症を発症しうる。メタボリックドミノの概念は、これらの動脈硬化性疾患の発症および進行を予防するため、危険因子を個々に治療するのではなく、共通の原因である内臓脂肪を減らすことにより、複数のリスクを一網打尽に改善することを目的として提唱された。このことから動脈硬化性疾患の発症・進行を予防するためには、危険因子を個々に治療するのではなく、共通の原因である内臓脂肪を減らすことにより、複数のリスクを改善することが重要であるといえる。

また、肥満は、動脈硬化性疾患の発症へつながるリスク因子であるのみならず、変形性関節症のリスク因子であると指摘されている<sup>46)</sup>。Reginato ら<sup>47)</sup>は、ラテンアメリカ 13 国において症状を有する 3,040 名の変形性関節症患者の身体機能を調査した結果、BMI>30 の肥満者が 38.2%に認められたと報告している。また、肥満と変形性膝関節症の関連性については古くから報告が多数なされており、Jiang ら<sup>48)</sup>は BMI が 5 増加すると変形性膝関節症のリスクが 35%上昇し、相対危険度は男性で 1.22 倍、女性で 1.3 倍であると報告している。Christensen ら<sup>49)</sup>は、変形性膝関節症患者 80 人を用いた無作為化比較試験において、減量が確実に行われた群では、機能評価項目を中心に有意な改善がみられたことを報告し、変形性膝関節症患者の治療には大腿四頭筋訓練などの膝周囲の筋力トレーニングとともに、減量指導が第一選択として推奨されるべきだと提言している。国際的な変形性関節症治療ガイドライン<sup>50)</sup>でも強く推奨されている治療法が運動と体重のコントロールである。特に運動は健康維持に重要で、運動をよく行っている者は総死亡率が低く、心血管疾患、糖尿病、肥満、骨粗鬆症の罹患率も低い。以上のことから、変形性関節症の発症、進行予防にも体重コントロールおよび BMI をもとにした栄養状態の管理が重要であると考えられる。

本研究において BMI と血圧値の関連について偏相関係数を用いて検討した結果、有意な正の相関が認められた。しかし、データのばらつきが大きく相関の程度は弱かった。この理由として、血圧値に影響を与える因子が前述したように他にも多数存在することが考えられる。西田ら<sup>51)</sup>は血圧測定値に衣服の厚みが及ぼす影響を検討し、厚みが増すほど血圧値が高くなることを指摘した。本研究では、血圧測定の際に上腕部を露出させて測定したが、BMI の平均値は高地群で 27.6、低地群 27.8 といずれも準肥満に相当する。さらに、いずれの標高群においても壮年期の BMI 平均値は 29 台である。BMI が上腕周囲長にも関連する、すなわち皮下脂肪量に関連すると仮定した場合には、血圧値のマイナス補正が必要であり、肥満者の実際の血圧値は低い可能性がある。一方で先行研究では、高地集団の血圧値を予測するのに最も優れた指標は BMI であるとする報告がいくつか存在する<sup>20, 52, 53)</sup>。これらの報告から考えると、高血圧を予防するために個人の生活習慣の背景が重要であるが、共通の原因として肥満を呈している場合が多いく、肥満対策が必要だと考えられる。

これまで BMI を用いた体格(栄養状態)の管理の重要性を論じてきた。しかし近年、BMI よりも身長に対する腹部周囲長の比率および臀部周囲長と腹部周囲長の差が二型糖尿病、高血圧、心血管疾患、ガン、呼吸器障害などの発症リスクを正確に判定できると報告され

ている<sup>54-56)</sup>。メタボリックドミノの概念でも内臓脂肪を減少させることが重要であると触れたが、正確な評価のためには体組成計などを用いることが最良である。しかし、機器の購入に伴うコストの発生が開発途上国では問題になりやすく、この点は今後の課題である。

#### V-6. まとめ

各標高群の血圧値の特徴に BMI を加味して考察すると、高地群に対しては血圧値のベースが低いため、肥満対策による生活習慣病の予防に焦点を当てるべきだと考える。体内低酸素状態による糖尿病発症リスクが高いこともふまえ、代謝性疾患を予防することが重要である。低地群に対しては、高地群よりも血圧値が有意に高いため、前述した高血圧管理と肥満対策を並行して進める必要がある。壮年期以降の高血圧者に対しては食事療法、薬物療法、運動療法などを利用した血圧管理（疾患管理）を積極的に行うことに加え、40 歳群以前の年齢階級に対しては積極的な肥満対策を講じ、壮年期以降の高血圧を減少させることが必要である。居住地の標高に限らず、動脈硬化性疾患ならびに変形性関節症など生活習慣に起因する疾病の発症および進行を予防するためには、危険因子を個々に治療するのではなく、共通の原因である肥満対策を講じ内臓脂肪を減らすことで複数のリスクを改善することが重要だと考える。

#### V-7. 研究の限界と今後の課題および発展

本研究の限界はいくつかある。対象者に関しては、サンプル数が少ないことが挙げられる。また、研究デザインは横断調査であり、同一の対象者の身体機能が加齢に伴いどのように変化するのかを明らかにできていない。さらに、本研究の分析対象となったデータは自主的に健康啓発活動を訪れた人々から得られたものであり、健康への関心が高く自力で来場できる人々が多かった点が選択バイアスとなっている可能性は否定できない。今回は調査ができなかったが、ボリビア国内で多くの人々が住む標高 3,600m 以上の高地高原地帯は、本研究の対象となった標高 2,800m 付近の渓谷地域よりもさらに酸素濃度が低い。これらの住民を対象とした調査も今後は必要である。

評価項目の点からみると、今回は血圧値および BMI へ影響を与える因子である食事、社会経済背景、身体活動量などの生活習慣を検討しておらず、居住地域の標高の他にこれらがどのように関連しているかを明らかにできていない。そのため、今回は基礎データの提示にとどまった。今後はこれらの因子を含めた縦断的な疫学調査が必要である。

最後に本研究結果をどのように還元すべきかを考察する。本研究の成果として、人々の居住地の標高によって身体機能に相違があることから、異なる血圧管理に加えて共通の問題点となる肥満対策の必要性を提示することができた。しかしながら、この結果だけをもって保健医療政策を考案および実行するのは時期尚早である。これまでも触れてきたとおり、今後は地域ごとの身体機能の特徴に関わる因子を抽出するために、身体活動量や社会経済背景を含めたボリビア全土にわたる大規模な疫学調査の必要があると考えられる。

保健医療システムの概況<sup>7)</sup>からみると、ボリビアでは、住民保健情報に基づいて、1次、2次医療機関を管轄する市町村および3次医療機関を管轄する県は、年間予算申請および活動計画を毎年作成し、経済・財務省へ次年度必要な予算申請を行う仕組みになっている。保健医療施設に必要な資機材にかかる投資計画が中心で、予防接種、家族計画、健康教育など住民へ提供すべきサービスに関わる計画が不足している。さらに、各保健医療施設は管轄する県、市町村へ予算申請をした後、それがどの程度承認されたのかも把握できておらず、計画が実施に移されていないケースが多い。また、保健医療財源が潤沢とは言えず、住民が恩恵を受けられる保健サービスの実行は難しいのが現状である。

このような現状でも実行可能な活動として、地方の自治体レベルでの住民への健康啓発活動、教育機関での保健教育から開始することを提案する。実際に、地方では一次医療機関である保健所の職員が小・中・高校へ出向し授業および健康講話を行うことも多く、この中で肥満が引き金となって起こる負の連鎖であるメタボリックドミノの概念を取り上げることが可能だと考えられる。これらの活動は低コストで実行可能と考えられるが、同時に健康管理に関わる保健師、減量のための栄養指導に関わる栄養士、身体活動量の増大に運動指導を用いて介入する理学療法士などの人材育成も必要である。

## V-8. 結論

本研究の成果として、ボリビア人の加齢に伴う身体的特徴および居住地域の標高によって生じる相違を明らかにした。本研究結果をボリビア国内において標高の異なる地域に住む人々の身体機能の基礎データとして提示し、健康づくり支援に関する課題を示すことができた点は、今後ボリビアにおける保健医療政策を考えるうえで有益な情報提供になると考える。

## 引用文献

- 1) 「南米・ボリビアの青空に舞う」編集委員会. 南米ボリビアの青空に舞うー心をむすぶ保健医療協力の歩みー. 東京. 悠光堂, 2014; 12-12
- 2) World Bank. 2014. World Bank Data Bolivia.  
<http://www.worldbank.org/country/Bolivia> 2016.9.26
- 3) Ministerio de Salud y Deportes e Instituto Nacional de Estadística. 2008. Encuesta nacional de demografía y salud (Spanish). Bolivia.  
<http://www.dhsprogram.com/pubs/pdf/FR228/FR228%5B08Feb2010%5D.pdf>  
2016.8.28
- 4) Beall CM. Andean, Tibetan and Ethiopian patterns of adaptation to high-altitude hypoxia Integrative & Comparative Biology. 2006; 46: 1-7
- 5) León-Velarde F, Maggiorini M, Reeves JT, et al. Consensus statement on chronic and subacute high altitude diseases. High altitude medicine & biology. 2005; 6(2): 147-157
- 6) World Health Organization. 2014. Non-communicable Diseases (NCD) Country Profiles.  
[http://www.who.int/nmh/countries/bol\\_en.pdf](http://www.who.int/nmh/countries/bol_en.pdf) 2016.9.10
- 7) JICA ボリビア事務所.ボリビア保健医療分野の概況(内部資料). La Paz; 2015
- 8) Filozof C, Gonzalez C, Sereday M, et al. Obesity prevalence and trends in Latin-American countries. Obesity reviews. 2001; 2(2): 99-106
- 9) World Health Organization. Bolivia Urban Health Profile.  
[http://www.who.int/kobe\\_centre/measuring/urbanheart/bolivia\\_plurinational\\_state\\_of.pdf](http://www.who.int/kobe_centre/measuring/urbanheart/bolivia_plurinational_state_of.pdf) 2015.6.14.
- 10) 大里圭一,中島敏博. ボリビア国のヘルスプロモーションに関する現状と課題. 医学のあゆみ. 2013; 244(8): 717-719
- 11) 岡崎和伸. 低酸素に対する循環系の応答と適応. 体力科学. 2015; 64(1): 47-47

- 12) 奥宮清人, 稲村哲也, 木村友美. ヒマラヤ・ラダーク地方における高所適応とその変容  
(2)―生活習慣病を中心に. 放送大学研究年報. 2014; 32: 69-79
- 13) Beall CM, Brittenham GM, Strohl KP, et al. Hemoglobin concentration of high-altitude Tibetans and Bolivian Aymara. *American Journal of Physical Anthropology*.1998; 106(3): 385-400
- 14) Moore LG, Niermeyer S, Zamudio S. Human adaptation to high altitude: Regional and life - cycle perspectives. *American Journal of Physical Anthropology*. 1998; 107(S27): 25-64
- 15) Tamariz LJ, Young JH, Pankow JS, et al. Blood viscosity and hematocrit as risk factors for type 2 diabetes mellitus the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study. *American journal of epidemiology*. 2008; 168(10): 1153-1160
- 16) Villafuerte FC, Corante N. Chronic mountain sickness: Clinical aspects, etiology, management, and treatment. *High altitude medicine & biology*. 2016; 17 (2): 61-69
- 17) Alberti KGMM, Zimmet PZ. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus. Provisional report of a WHO consultation. *Diabetic medicine*. 1998; 15 (7): 539-553
- 18) World Health Organization Media Centre. Obesity and overweight.  
<http://who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/> 2016.10.12
- 19) Woolcott OO, Gutierrez C, Castillo OA, et al. Inverse association between altitude and obesity: A prevalence study among Andean and low - altitude adult individuals of Peru. *Obesity*.2016; 24(4): 929-937
- 20) Tripathy V, Gupta R. Growth among Tibetans at high and low altitudes in India. *American Journal of Human Biology*. 2007; 19(6), 789-800
- 21) World Health Organization. Bolivia (Plurinational State of). WHO statistical profile.  
[http://who.int/gho/mortality\\_burden\\_disease/en/](http://who.int/gho/mortality_burden_disease/en/) 2015.6.18
- 22) 志村圭太, 久保晃. 溪谷地域に住むボリビア人の血圧値, 酸素飽和度, 体格の年齢による特徴. 国際医療福祉大学学会誌. 2016; 21(1): 21-27.

- 23) Instituto Nacional de Estadística. Proyecciones de población, según departamento y municipio. Bolivia  
<http://www.ine.gob.bo/indice/visualizador.aspx?ah=PC20103.HTM> 2016.9.4
- 24) Aryal N, Weatherall M, Bhatta YKD, et al. Blood Pressure and Hypertension in Adults Permanently Living at High Altitude: A Systematic Review and Meta-Analysis. *High Altitude Medicine & Biology*. 2016; 17(3): 185-193
- 25) Ostadal B, Kolar F. Cardiac adaptation to chronic high-altitude hypoxia: beneficial and adverse effects. *Respiratory physiology & neurobiology*. 2007; 158(2): 224-236.
- 26) León-Velarde F, Sanchez J, Bigard AX, et al. High altitude tissue adaptation in Andean coots: capillarity, fibre area, fibre type and enzymatic activities of skeletal muscle. *Journal of Comparative Physiology*. 1993; 163 (1): 52-58
- 27) Ruiz L, Penaloza D. Altitude and hypertension. *Mayo Clin Proc*. 1977; 52: 442-445
- 28) Maher JT, Manchanda SC, Cymerman ALUN, et al. Cardiovascular responsiveness to beta-adrenergic stimulation and blockade in chronic hypoxia. *American Journal of Physiology--Legacy Content*. 1975; 228 (2): 477-481
- 29) Alexander JK, Hartley LH, Modelski M, et al. Reduction of stroke volume during exercise in man following ascent to 3,100m altitude. *J Appl Physiol*. 1967 ; 23: 849-858
- 30) Bogaard HJ, Hopkins SR, Yamaya Y, et al. Role of the autonomic nervous system in the reduced maximal cardiac output at altitude. *J Appl Physiol*. 2002; 93: 271 – 279
- 31) 川崎孝広. ヒマラヤ地域における, 高所高齢住民の自律神経機能と高血圧. 自律神経 The Autonomic nervous system. 2009; 46 (2): 98-106
- 32) 川崎孝広, 奥宮清人, Tsering Norboo, 他. ヒマラヤ地域住民の生活習慣, 心血管系機能, 認知障害と高所への適応. ヒマラヤ学誌 : Himalayan Study Monographs. 2009; 10: 39-53
- 33) Beall CM. Two routes to functional adaptation. Tibetan and Andean high-altitude natives *Proc Natl Acad Sci*. 2007; 104: 8665-8660

- 34) Mitchell R, Blane D, Bartley M. Elevated risk of high blood pressure: climate and the inverse housing law. *Int J Epidemiol*. 2002; 31: 831-838
- 35) Hayashi T, Ohshige K, Sawai A, et al. Seasonal influence on blood pressure in elderly normotensive subjects. *Hypertension Research*, 2008, 31(3): 569
- 36) 川崎晃一, 伊藤和枝, 大柿哲朗, 他. ネパール王国の都市近郊に居住するチベット移住民の医学調査. *健康科学*. 1993; 15: 11-20
- 37) 伊藤和枝, 川崎晃一, 大柿哲朗, 他. ネパール国の都市近郊に居住するチベット移住民の食生活. *健康科学*. 1993; 15: 21-27
- 38) Smith C. Blood pressures of Sherpa men in modernizing Nepal. *Am J Hum Biol*. 1999; 11: 469-479
- 39) 川崎晃一, 大柿哲朗, 伊藤和枝, 他. 塩茶を常飲するネパール・チベット移住民の形態学, 栄養学, 医学に関する追跡研究: 1990 年と 1999 年の比較. *健康科学*. 2002; 24: 23-31
- 40) 内藤義彦. 身体活動量の測定法 質問紙 (身体活動・運動と生活習慣病--運動生理学と最新の予防・治療)--(身体活動の評価). *日本臨床*. 2009; 67: 143-148
- 41) Hernández-Hernández R, Silva H, Velasco M, et al. Hypertension in seven Latin American cities: the Cardiovascular Risk Factor Multiple Evaluation in Latin America (CARMELA) study. *J Hypertens*. 2010; 28 (1): 24-34.
- 42) Klein OL, Krishnan JA, Glick S, Smith LJ, et al. Systematic review of the association between lung function and Type 2 diabetes mellitus. *Diabetic medicine*. 2010; 27 (9): 977-987
- 43) Oltmanns KM, Gehring H, Rudolf S, et al. Hypoxia causes glucose intolerance in humans. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2004; 169(11): 1231-1237.
- 44) 脇野修, 伊藤裕. メタボリックドミノ進展におけるミトコンドリア異常の病態生理的意義 (メタボリックシンドローム --基礎・臨床の最新知見). *日本臨床*. 2011; 69: 26-31



- 45) 脇野修; 伊藤裕. 診断の指針・治療の指針 メタボリックドミノ. 総合臨床. 2010; 59 (2): 294-296
- 46) Blagojevic M, Jinks C, Jeffery A, et al. Risk factors for onset of osteoarthritis of the knee in older adults : A systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2010; 18: 24-33
- 47) Reginato AM, Riera H, Vera M, et al. Osteoarthritis in Latin America: Study of Demographic and Clinical Characteristics in 3040 Patients. *J Clin Rheumatol*. 2015; 21 (8): 391-397
- 48) Jiang L Tian W, Wang Y, et al. Body mass index and susceptibility to knee osteoarthritis : a systematic review and meta-analysis. *Joint Bone Spine*. 2012; 79 : 291-297
- 49) Christensen R, Astrup A, Bliddal H. Weight loss: the treatment of choice for knee osteoarthritis? A randomized trial. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2005; 13 (1): 20-27
- 50) Zhang W, Moskowitz RW, Nuki G, et al. OARSI recommendations for the management of hip and knee osteoarthritis, Part II: OARSI evidence-based, expert consensus guidelines. *Osteoarthritis Cartilage*. 2008; 16: 137-162
- 51) 西田裕介, 久保晃, 西田圭子. 理学療法学科学生の血圧測定に関する理解度—衣服が血圧測定値に及ぼす影響. 総合リハビリテーション, 2002, 30 (8): 741-745
- 52) Negi PC, Bhardwaj R, Kandoria, A et al. Epidemiological study of hypertension in natives of Spiti Valley in Himalayas and impact of hypobaric hypoxemia. a cross-sectional study. *J Assoc Physicians India*. 2012; 60: 21-25
- 53) Zheng X, Yao DK, Zhuo-Ma CR, et al. Prevalence, self-awareness, treatment, and control of hypertension in Lhasa, Tibet. *Clinical and Experimental Hypertension*. 2012; 34(5): 328-333
- 54) Campbell PT, Newton CC, Freedman ND et al. Body Mass Index, Waist Circumference, Diabetes, and Risk of Liver Cancer for US Adults. *Cancer Research*. 2016; 76(20): 6076-6083

55) Jansen I, Heymsfield SB, Allison DB, et al. Body mass index and waist circumference independently contribute to the prediction of nonabdominal, abdominal subcutaneous, and visceral fat. *Am J Clin Nutr.* 2002; 75: 683–688

56) Chan DC, Watts GF, Barrett PHR, et al. Waist circumference, waist-hip ratio and body mass index as predictors of adipose tissue compartments in men. *Q J Med.* 2003; 96: 441–447

## 謝辞

博士課程で研究を実施し論文を作成するにあたり、多くの方々のご協力を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

私が国際医療福祉大学保健学部（現；保健医療学部）に在学している時からお世話になり、今回、卒業後約10年の時を経て再び博士課程でご指導いただいた国際医療福祉大学保健医療学部理学療法学科長の久保晃教授に心より感謝申し上げます。久保教授は、私がボリビア赴任中にインターネット環境もままならない中で、辛抱強くメールでのやりとりを継続していただき、多くのご指導ならびにご助言をいただきました。

地球の裏側、南米ボリビアでのデータ測定の際には、当時独立行政法人国際協力機構の青年海外協力隊員として派遣されていた者のうち、保健、医療、福祉分野に携わる隊員が有志で結成した医療分科会の皆様から多大なるご協力を頂きました。布市未来さん（看護師）、高岡香織さん（栄養士）、永田耕作さん（診療放射線技師）、川上浩司さん（社会福祉士）、菊池真美子さん（理学療法士）、牟田口智子さん（看護師）、西山さくらさん（社会福祉士）、長山かおりさん（社会福祉士）、宮里裕子さん（保健師）、横山勉さん（介護支援専門員）、森美佐子さん（助産師）、石川日南子さん（看護師）、上野由衣さん（助産師）、五十嵐志穂さん（看護師）、河田寛生さん（栄養士）、金村綾子さん（看護師）、下野理紗さん（助産師）、山下絢子さん（栄養士）、山越さゆりさん（臨床検査技師）、塚本あゆみさん（栄養士）、高木桜子さん（看護師）、若林慎さん（栄養士）、ならびに JICA ボリビア事務所の関係者の方々に感謝いたします。

データ測定の対象者として協力して下さった南米ボリビアの各地域に住むボリビア人の方々、我々が企画した健康啓発活動にご理解とご協力をいただいた現地行政機関で働くボリビア人の方々、JICA 技術協力プロジェクトで働くボリビア人スタッフの皆様には感謝いたします。

最後に、常に私の体調を気遣って下さり、前向きに応援してくれた両親に心から感謝の意を表し、私の謝辞とさせていただきます。

2017 年 3 月吉日

国際医療福祉大学大学院 保健医療学専攻  
理学療法学分野 応用理学療法学領域  
志村 圭太