

# 森林浴による健康増進等に関する調査研究報告書

—森林浴による免疫系への影響と内分泌系との関連—

最終版 令和4年3月1日

## 研究代表者

独立行政法人国立病院機構東京医療センター 形成外科科長

国際自然・森林医学会 (INFOM) 認定医

医学博士

落合 博子

## 共同研究者

杉下智彦：東京女子医科大学 国際環境・熱帯医学講座  
教授・医学博士

井上 茂：東京医科大学 公衆衛生学分野  
主任教授・医学博士

益田 岳：東京女子医科大学 国際環境・熱帯医学講座  
助教

落合俊也：(株)森林・環境建築研究所所長  
国際自然・森林医学会 (INFOM) 理事

佐々木郁子、玉山三重子：看護師

小林和宏、川端恵美：森林ガイド

高田裕司、小澤健三：都市ガイド

## 目次

1. はじめに	3
2. 方法	5
1) 被験者募集	
2) 実験フィールド	
3) 測定指標及び測定方法	
4) 研究デザイン	
3. 結果	7
1) 被験者情報	
2) 新型コロナウイルス感染症対策	
3) 散策中環境温度、湿度	
4) 散策中の歩行時間と歩数、運動量	
5) 散策による血中乳酸濃度への影響	
6) 散策による唾液IgA濃度への影響	
7) 森林浴による血中白血球数への影響	
8) 森林浴による血中リンパ球割合への影響	
9) 森林浴による血中IgGへの影響	
10) 森林浴による血中インターロイキン6への影響	
11) 森林浴による血中CD4+CD8-リンパ球数への影響	
12) 森林浴による血中CD4-CD8+リンパ球数への影響	
13) 森林浴による血中コルチゾールへの影響	
14) 森林浴による血中アドレナリンへの影響	
15) 森林浴による血中ノルアドレナリンへの影響	
16) 森林浴による血中ドーパミンへの影響	
17) 森林浴によるPOMS得点変化量への影響	
18) 森林浴による免疫記憶への影響	
4. 考察	21
5. 結論	23

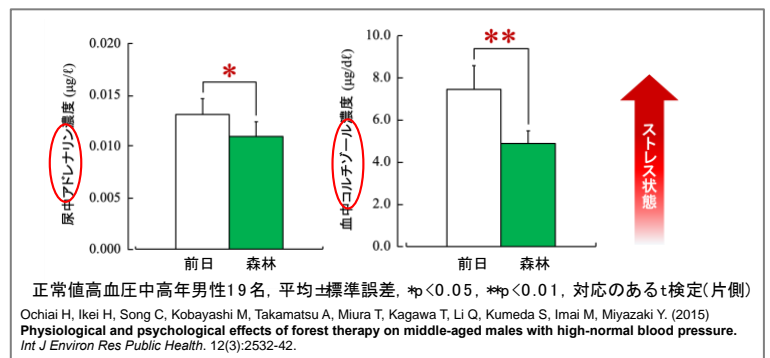
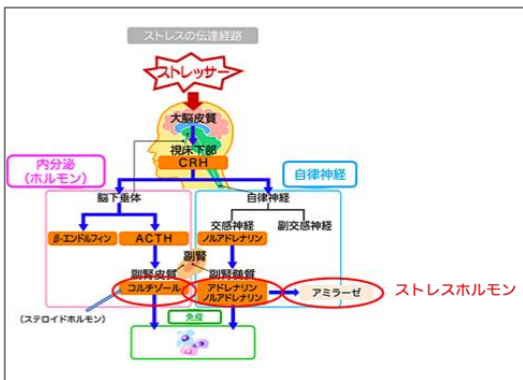
# 1. はじめに

## 目的

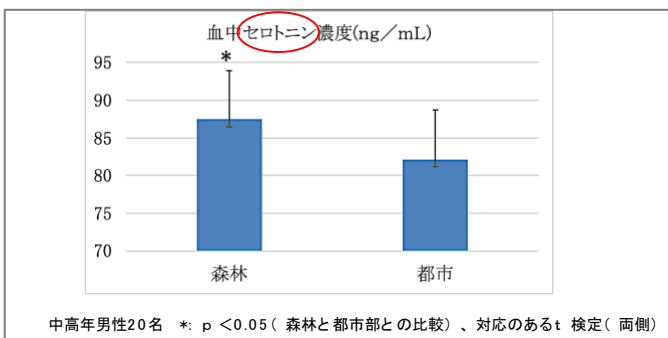
森林浴を実施することで、粘膜免疫を中心とした感染防御機能が誘導されるか、免疫能の変化とストレスホルモン（内分泌系）に関連性があるのか検討する。

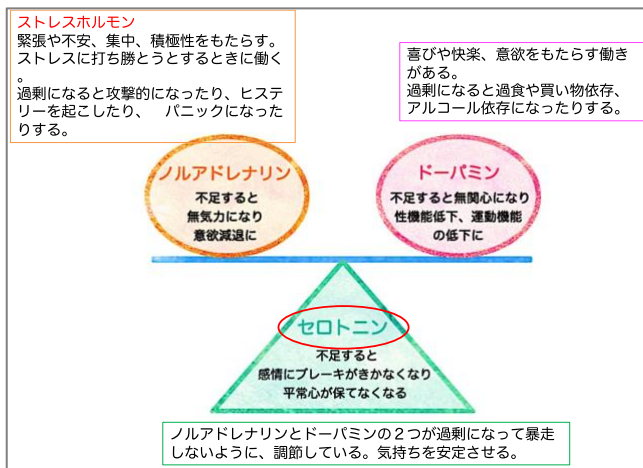
## 背景

平成25年に宮崎良文らが実施した実験「森林浴による健康増進等に対する調査研究」によると、正常値高血圧の中老年男性21名を対象として赤沢自然休養林（森林）と長野県伊那市（都市）の歩行を実施したところ、森林の方が有意に血清コルチゾール濃度と尿中アドレナリン濃度が低下するという結果を得た（Ochiai H. et al., Int J Environ Res Public health 2015）。コルチゾールとアドレナリンはストレスホルモンと呼ばれており、本実験によって森林浴によるリラックス効果が報告された。他の複数の研究からも森林浴がリラックス効果を有することが証明されている。

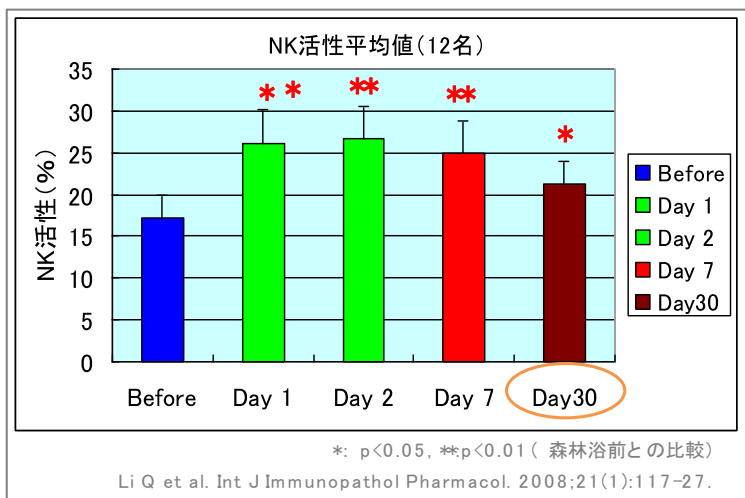


令和元年には、李卿医師が「森林浴による健康増進等に対する調査研究～森林浴による内分泌系への影響～」の実験を実施した。41～69歳（平均57.2±8.0歳）の中老年男性20名を対象に、赤沢自然休養林（森林）と長野県伊那市（都市）の歩行を実施したところ、森林の方が有意に血中セロトニン濃度が高いという結果を得た。セロトニンは、ノルアドレナリンとドーパミンの2つが過剰になって暴走しないように調節する機能を有し、気持ちを安定させる効果があることから、うつ病発症に関連するとされるホルモンである。本実験によっても、森林浴によるストレスホルモン安定化の結果が証明された。





一方、精神的ストレスや疲労の蓄積に伴い、呼吸器系感染症（感冒やインフルエンザなど）や口唇ヘルペスに罹患しやすくなり、免疫力が低下することが臨床的に知られている。実際に、慢性ストレスによってリンパ球、マクロファージ、顆粒球、ナチュラルキラー細胞（NK）細胞などの免疫系細胞の活性が低下すること、唾液中の主要免疫成分である分泌型免疫グロブリンA (sIgA) が減少するという報告がある<sup>1</sup>。森林医学の分野では、ストレスと免疫能の関連に触れた先行実験がある。李卿らは、12名の健康中高年男性を対象に2泊3日の森林浴実験を行なった結果、森林浴初日からNK細胞数と活性が上昇し、30日間有意な高値を認め、これはストレス軽減に関連する反応である、と報告している<sup>2</sup>。



NK細胞の活性は、体内に病原体が侵入した後、ガンが発生した後の排除機構である「全身免疫」としてとても重要な仕組みである。一方、新型コロナウイルス感染症対策として手洗いやマスクをするように、現在では病原体の侵入を防ぐため粘膜免疫を高めることも重要視されている。目、鼻、口、腸壁など外界と体内の境界線にある粘膜には病原体から身を守るための防御システムが備わっている。粘膜免疫で活躍するIgAは、粘膜やその分泌液中に存在し、病原体が粘膜内に侵入するのを阻止したり、毒素を中和したりする最前線の防御能を有する。さらに、鼻や口の中などある部位の粘膜においてIgAが増えると、その作用が全身にも伝わって全身でIgAの分泌が高まる（ホーミング作用）ことも知られている。つまり、唾液中のIgAの分泌が増えれば全身の粘膜免疫能の向上を意味する。そこ

で、まず森林浴によって唾液中のIgA分泌量がどのように変化するのかを調査の主目的とした。

その結果に追加して、ストレスに関連する因子と免疫力の変化が実際に連動しているか検討を行う。

## 意義

新型コロナウイルス感染症第6波が急速拡大して収束が見えない現在、感染対策への関心が高まっており、免疫力を高めて自分自身の体を守ろうと各々が模索している状態である。感染症長期化によるストレスの慢性化も社会問題となっている中で、森林浴によってストレスが軽減され、さらにコロナウイルス感染対策に有効であればその意義は大きいと考える。また、森林浴による免疫機能への影響という視点から、感染防御効果が活性化されれば、健康増進ならびに医療費の削減に貢献する可能性がある。

## 2. 方法

### 1) 被験者募集

被験者は、インターネットサイト「私の森.jp」を利用して80名を目標に募集を行った。条件は中高年男性（年齢40歳～70歳）で、約90分の散策を、困難なく実施できる者、本研究に影響があるような薬剤（抗生剤、抗炎症薬、抗アレルギー薬、ステロイド、免疫抑制剤など）を服用していないこと、関連する疾患（膠原病、感冒、炎症性疾患など）がないこと、現在喫煙習慣がないこと、関東圏の都市部に在住しており、銀座武蔵五日市駅に自力で困難なく出かけることが可能であること、を適格性の条件とした。

被験者募集に先立ち、独立行政法人国立病院機構東京医療センター倫理委員会の承認を2021年7月19日に受けた（課題番号R21-046）。UMINに2021.10.25.に臨床試験登録を行った（UMIN000045851）。

### 2) 実験フィールド

森林浴用の実験地は、「檜原都民の森・大滝の路」とし、比較のための対照地（都市）は「銀座通り・歩行者天国」とした。オリエンテーションや採血などの検査は、森林では「森林館の研修室」を、銀座では「ワンコイン会議室新橋」を利用した。

### 3) 測定指標及び測定方法

#### ①唾液

- ・ sIgA : ELISA (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay) 法 酵素結合免疫吸着法

#### ②採血

- ・ 乳酸値 : 乳酸オキシダーゼによる酵素法
- ・ 白血球、リンパ球 : 自動血球分析装置使用(フローサイトメトリー法) 目視法(鏡検)

- IgG : TIA (Turbidimetric immunoassay)法 免疫比濁法
- インターフェロン $\gamma$  : EIA (Enzyme immunoassay)法 酵素免疫測定法
- インターロイキン-6 : ECLIA(Electro chemiluminescence immunoassay)法 電気化学発光免疫法
- CD-4、CD-8 : フローサイトメトリー法
- コルチゾール : ECLIA(Electro chemiluminescence immunoassay)法 電気化学発光免疫法
- カテコールアミン 3 分画 : HPLC(High performance liquid chromatography)法 高速液体クロマトグラフィー法

### ③質問票

- 基本的情報（生年月日、身長、体重、新型コロナワクチン接種の有無）に関するアンケート調査
- POMSに関するアンケート調査：POMS（Profile of Mood States）成人用短縮版アンケート調査用紙を使用
- 自然に関わる背景（生まれた場所及び5歳まで育った場所、森林や自然環境に接する機会の頻度）に関するアンケート調査

### ④散策中運動量

歩数計（オムロンのHJA-750C）による運動量の計測

### ⑤実験実施中の環境温湿度、気圧計測

おんどとり TR-73U (T and D)を使用

## 4) 研究デザイン

森林、都市どちらかに1日間ずつ滞在する実験デザインとした。被験者は森林2グループ、都市2グループの4つのグループに分類した。散策の距離は、森林、都市とも午前は1.1kmの歩行と安静を含めて約45分、午後も1.1kmの歩行と安静を含めて約45分の散策となるようにコースをあらかじめ準備した。具体的なスケジュールは以下の通りである（図1）。

図1 実験スケジュール

	森林	都市
	9:30 武蔵五日市駅集合、バス移動 *バスの中でオリエンテーションを済ませる	10:00 新橋ダ・ヴィンチ大会議室 (予定)集合 オリエンテーション
10:30～	同意書記入 アンケート(POMS2、自然にかかわる背景)、 採血、唾液検査	
11:30～12:15	ゆっくり散策 1.1kmの歩行と安静を含めて約45分の散策	
12:15～13:15	昼食、休憩 昼食は同じ弁当を用意	
13:15～14:00	ゆっくり散策 1.1kmの歩行と安静を含めて約45分の散策	
14:15～	アンケート(POMS2、自然にかかわる背景)、 採血、唾液検査	
15:00過ぎ	バスで武蔵五日市駅まで移動。解散。	現地解散

交絡因子による実験結果への影響を避けるために、あらかじめ以下の注意事項を被験者に伝えた。

<注意事項>

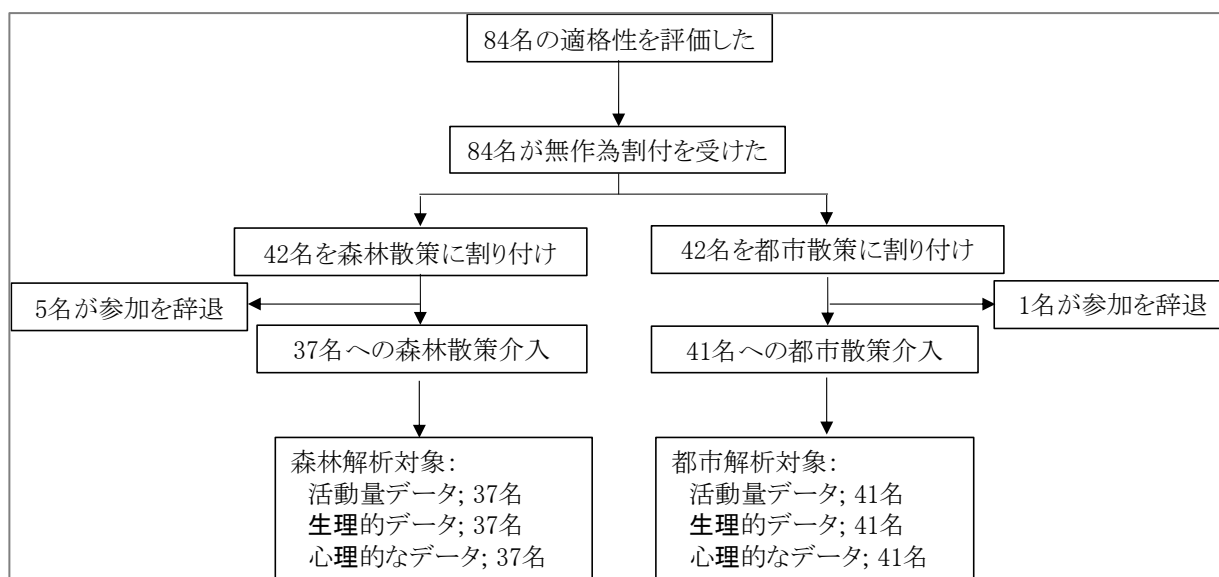
1. 前日より、激しい運動は避けてください。また、深酒は避けてください。
2. 新型コロナ対策のため、実験中は基本的にはマスクを装着し、ソーシャルディスタンスを守ってください。お互いにあまり話さないように注意していただき、特に「大きな声を出さない」、「マスクを外した時は会話しない」、ということに留意してください。
3. 実験中は脱水にならないように水分を摂取してください。ただし、検査の1時間前から食べ物、30分前から飲み物を口にしないでください。
4. 実験中はのど飴も含め、決められた以外のものは口にしないでください。
5. 歩行中は携帯電話はマナーモードとしてください。カメラ撮影は許可しますが、歩行に集中できるように、ガイドに遅れないように最小限にしてください。
6. 昼食時間など、歩行以外の時間は携帯電話の使用は自由です。

### 3. 結果

#### 1) 被験者情報

募集の結果、84名の応募があったが、6名がキャンセルを申し出たため、78名で実施した(図2)。

図2 CONSORT 声明に基づいた実験のフローチャート。



- 被験者は年齢 40～68 歳 (平均 53.10 ± 8.54 歳) であり、年齢でランダム化して 4 グループに分類した。
- 森林グループは1日森林散策を行った。37名。

10月 9日 (土) FA : 20名 年齢 40～68歳 (平均 53.55 ± 9.24 歳)

10月10日（日）FB：17名 年齢 40～67 歳（平均 51.35 ± 8.34 歳）

- ・ 都市グループは1日都市散策を行った。41名。

10月30日（土）CA：18名 年齢 42～67 歳（平均 54.5 ± 8.35 歳）

10月31日（日）CB：23名 年齢 42～68 歳（平均 52.91 ± 8.43 歳）

\*実験集団の年齢のばらつき具合の検討

- ・ 都市の初日と二日目 対応のない二集団 t. test p=0.52
  - ・ 森林の初日と二日目 対応のない二集団 t. test p=0.36
  - ・ 都市と森林の参加者 対応のない二集団 t. test p=0.55
- いずれも年齢に有意差はなかった。

## 2) 新型コロナ感染症対策

あらかじめ、「森林での活動における新型コロナウイルス感染症への予防対策」パンフレットを送付した。実験前夜に電話で体調を確認、実験当日も集合時に体温測定と体調確認を行った。

食事の時以外はマスクを着用し、適時アルコール消毒を実施した。

実験終了後も体調不良が生じた場合は連絡を入れるように伝えてから解散した。

## 3) 散策中環境温度、湿度

森林と都市の天気は、1日目晴れ、2日目雨と同条件だった。森林と都市の気温・湿度に有意差はなかった。

表1 散策中森林と都市の環境温度、湿度

外部		天気	平均気温℃		平均湿度%	
森 林	10/9	午前	晴れ	20.35	19.55	80.5
		午後	晴れ	18.75		82.5
	10/10	午前	雨	18.5	18.2	95以上
		午後	雨	17.9		95以上
都 市	10/30	午前	晴れ	19.9	20.33	34
		午後	晴れ	20.75		32.5
	10/31	午前	雨	18.15	17.93	95以上
		午後	雨	17.7		95以上

\*t test 両側検定 温度 p=0.79 両側検定、湿度 p=0.23 と両者とも有意差なし。

\*晴天時の湿度を比較すると、森林は明らかに都市よりも高値を示した。



●写真供覧



森林館集合



森林採血風景



森林散策1日目



森林散策2日目



三滝大橋

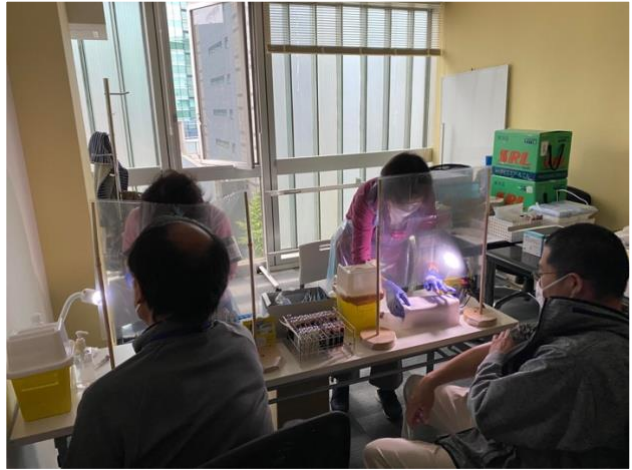


今井先生によるレクチャー





都市会議室



都市採血風景



都市散策1日目



都市散策2日目

#### 4) 散策中の歩行時間と歩数、運動量

散策中の歩行時間、歩数、運動量を示す（森林は表2、都市は表3）。  
森林の歩行時間は96~97分、都市の歩行時間は94~98分だった。

表2 森林散策中の運動情報

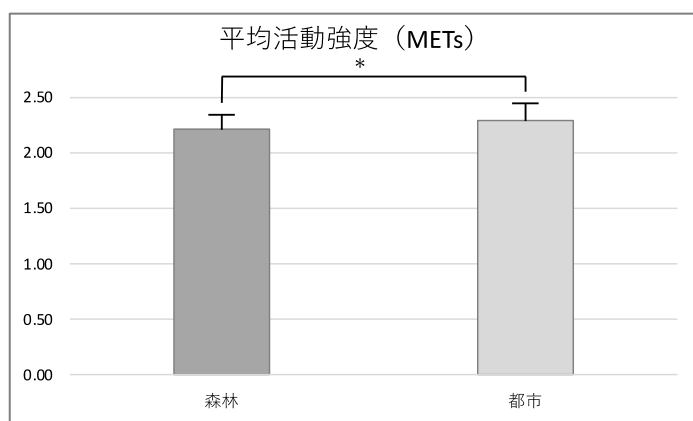
	単位	1日目 (10/9)			2日目 (10/10)			全体の平均
		午前	午後	平均	前半	後半	平均	
時間		11:20-12:08 (48m)	13:11-13:58(48m)		11:10-11:55(45m)	12:58-13:50(52m)		
		11:23-12:11(48m)	13:14-14:01(47m)		11:13-11:58(45m)	13:03-13:55(52m)		
人数	人	20	20		17	17		
平均活動強度	METs	2.18	2.29	2.24	2.17	2.20	2.18	2.21
強度別活動時間								
総活動時間	分	49	48		46	53		
中高強度 (3.0-)	分	2.4	6.2		1.5	2.3		
低強度 (1.6-2.9)	分	39.5	37.5		39.8	45.2		
立っているだけ (-1.5)	分	7.2	4.3		4.8	5.5		
強度別活動量								
総活動量	METs・時	1.78	1.84	1.81	1.66	1.94	1.80	1.81
中高強度 (3.0-)	METs・時	0.12	0.33	0.23	0.08	0.12	0.10	0.16
低強度 (1.6-2.9)	METs・時	1.51	1.42	1.46	1.49	1.70	1.59	1.53
立っているだけ (-1.5)	METs・時	0.15	0.10	0.12	0.10	0.12	0.11	0.12
	単位	前半	後半	合計	前半	後半	合計	
歩数	歩	2016.9	2096.4	2056.7	1828.8	2010.5	1919.6	1988.1

表3 都市散策中の運動情報

	単位	1日目 (10/30)			2日目 (10/31)			全体の平均
		前半	後半	平均	前半	後半	平均	
時間		11:08-11:57(49m)	13:06-13:55(49m)		11:26-12:13(49m)	13:18-14:03(45m)		
第1グループ								
第2グループ		11:10-11:59(49m)	13:08-13:57(49m)		11:28-12:15(49m)	13:20-14:05(45m)		
人数	人	18	18		23	23		
平均活動強度	METs	2.30	2.34	2.32	2.24	2.32	2.28	2.30
強度別活動時間								
総活動時間	分	50	50		48	46		
中高強度 (3.0-)	分	3.5	6.4		4.5	6.2		
低強度 (1.6-2.9)	分	40.6	40.2		39.0	34.6		
立っただけ (-1.5)	分	5.9	3.4		4.5	5.2		
強度別活動量								
総活動量	METs・時	1.91	1.95	1.93	1.79	1.78	1.79	1.86
中高強度 (3.0-)	METs・時	0.32	0.35	0.34	0.25	0.34	0.30	0.32
低強度 (1.6-2.9)	METs・時	1.51	1.53	1.52	1.45	1.32	1.39	1.45
立っただけ (-1.5)	METs・時	0.08	0.08	0.08	0.10	0.11	0.10	0.09
歩数	歩	2318±296	2291±262	2304±276	2141±267	2320±238	2230±266	2263±271

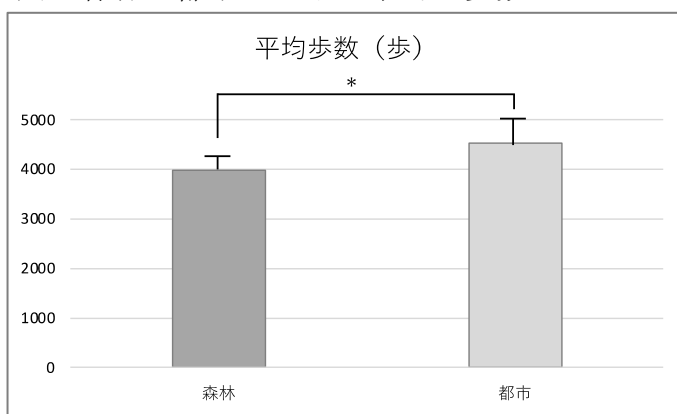
森林と都市における平均の活動強度と歩数を比較すると、どちらも都市の方が有意に高い状態であることがわかった (図3、4)。

図3 森林と都市における平均の活動強度



(対応のないt検定、平均値+標準偏差、n=37、41 \*P<0.01)

図4 森林と都市における平均の歩数



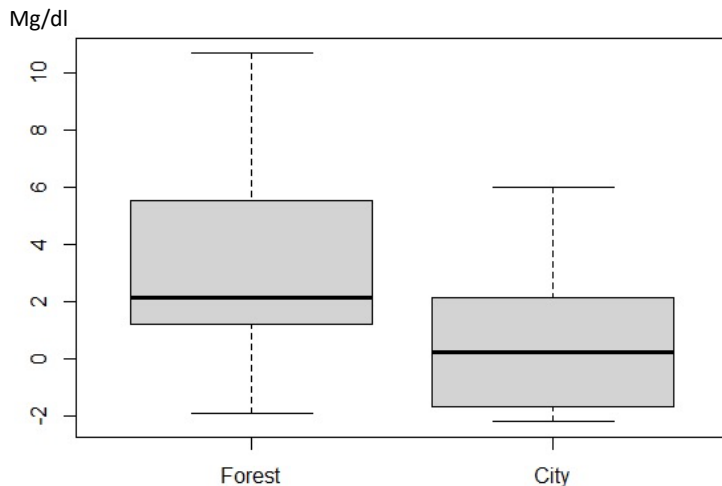
(対応のないt検定、平均値+標準偏差、n=37、41 \*P<0.01)

### 5) 散策による血中乳酸濃度への影響

血中乳酸濃度は客観的に運動量を評価する指標である。FA,FB,CA,CBグループのうち各4名ずつのみ散策前後の血中乳酸濃度を測定した。

散策前後の血中乳酸濃度の変化量の比較を図5に示す。都市部と森林部の間に統計的な有意差はなく、これは都市部と森林部散策運動による生理的影響には、統計的な有意差がなかったことを意味する。

図5 血中乳酸濃度の散策前後変化量の比較（正常値：3.0-17.0mg/dl）

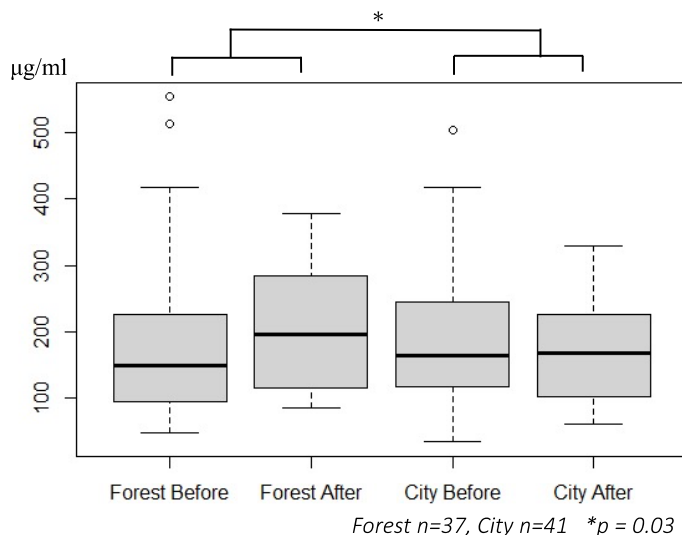


（黒水平線は中央値、箱の上下は第一四分位数と第一四分位数、ドットは外れ値をあらわす。  
 ウィルコクソンの順位和検定、森林 n=8、都市 n=8, p>0.05)

### 6) 森林浴による唾液IgA(sIgA)濃度への影響

散策によるsIgA濃度の変化を図6に示す。都市部と森林部の変化量を比較すると、森林の方が増加しており、統計的な有意差を認められた ( $r=0.25$  ほぼ中程度の効果)。

図6 sIgA濃度の散策前後変化量の比較（正常値なし  $\mu$  g/ml）



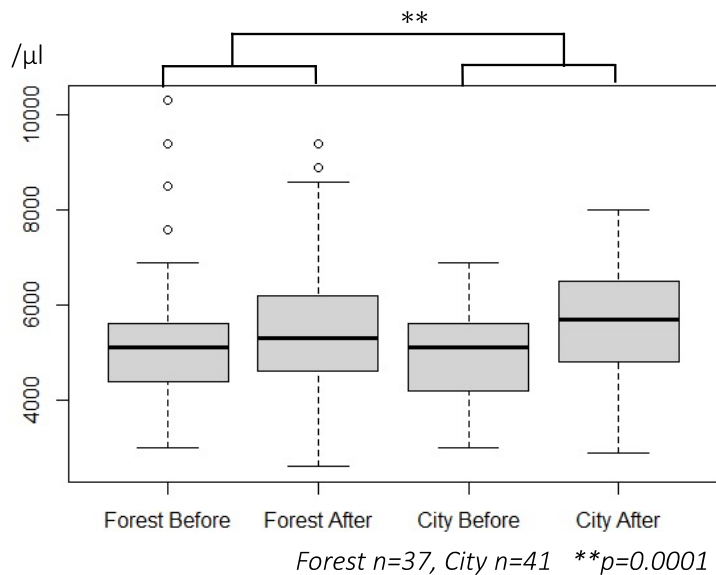
ウィルコクソンの順位和検定

Forest n=37, City n=41 \*p = 0.03

### 7) 森林浴による白血球数への影響

散策による血中白血球数の変化を図7に示す。都市部と森林部の変化量を比較すると、都市の方が増加しており、統計的な有意差を認めた ( $r=0.43$  中程度の効果)。

図7 血中白血球数の散策前後変化量の比較 (正常値: 3300-9000/ $\mu$ l)

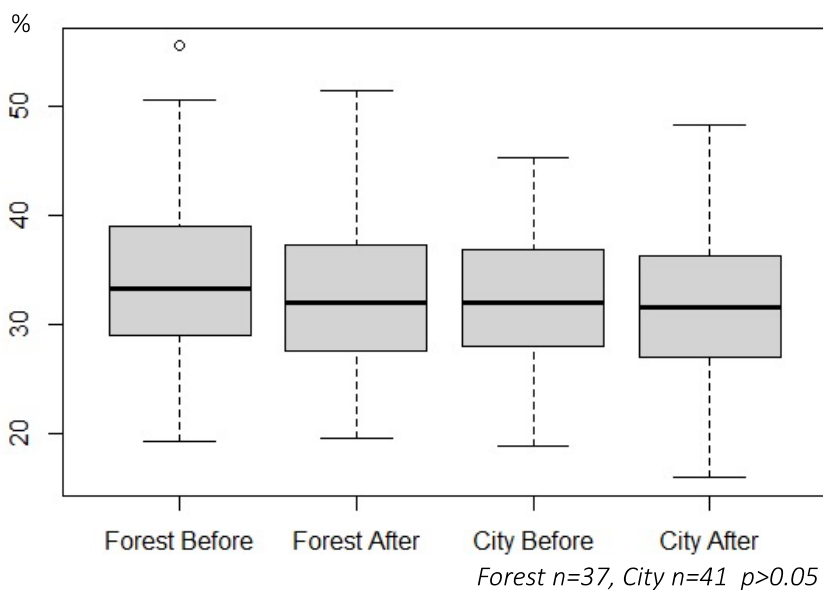


ウィルコクソンの順位和検定

### 8) 森林浴による血中リンパ球割合への影響

散策による血中リンパ球割合の変化を図8に示す。都市部と森林部の変化量の比較には統計的な有意差がなかった ( $r=0.06$  非常に小さな効果)。

図8 血中リンパ球割合の散策前後変化量の比較 (正常値: 3300-9000/ $\mu$ l)

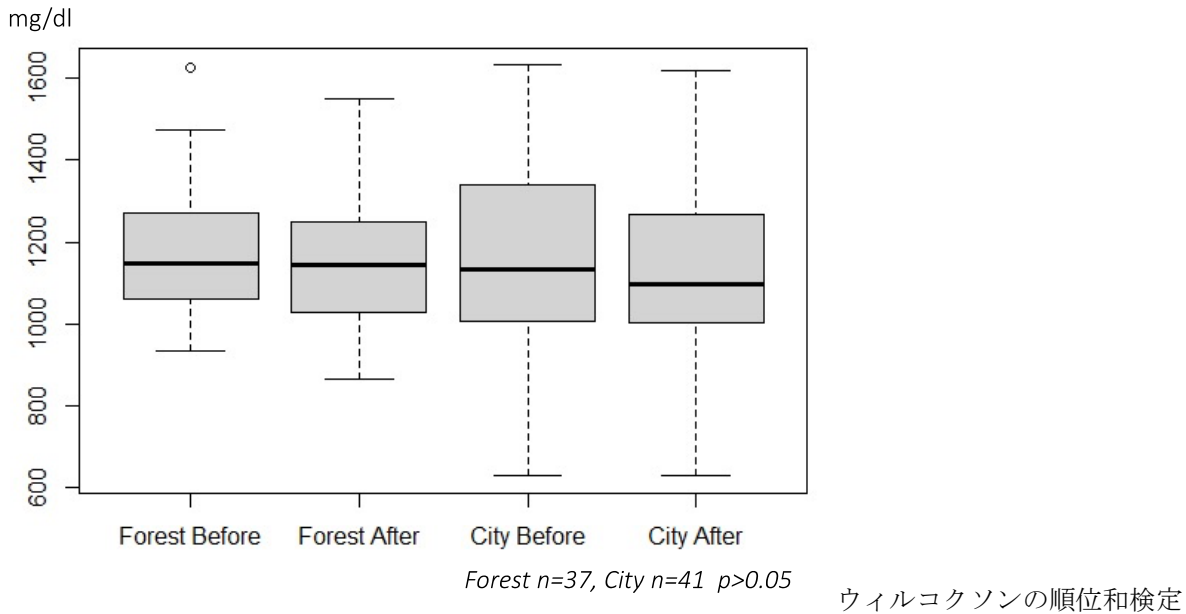


ウィルコクソンの順位和検定

### 9) 森林浴による血中IgGへの影響

散策による血中IgG濃度の変化を図9に示す。都市部と森林部の変化量の比較には統計的な有意差がなかった ( $r=0.07$  非常に小さな効果)。

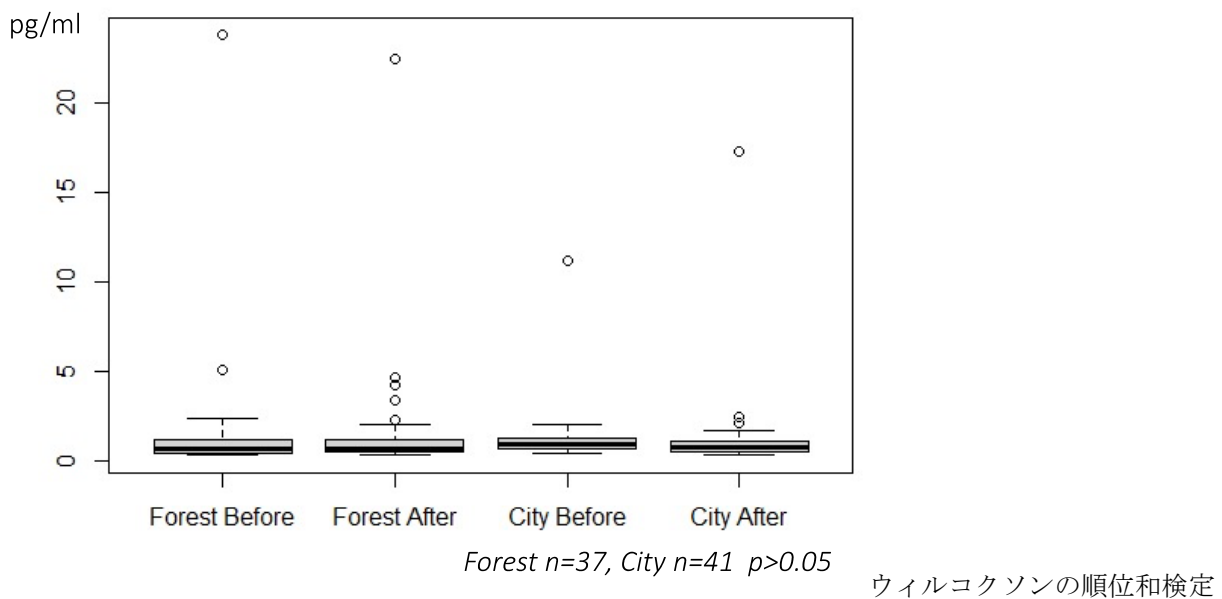
図9 血中IgG濃度の散策前後変化量の比較 (正常値 : 870-1700mg/dl )



### 10) 森林浴による血中インターロイキン6への影響

散策による血中インターロイキン6濃度の変化を図10に示す。都市部と森林部の変化量の比較には統計的な有意差がなかった ( $r=0.09$  小さな効果)。

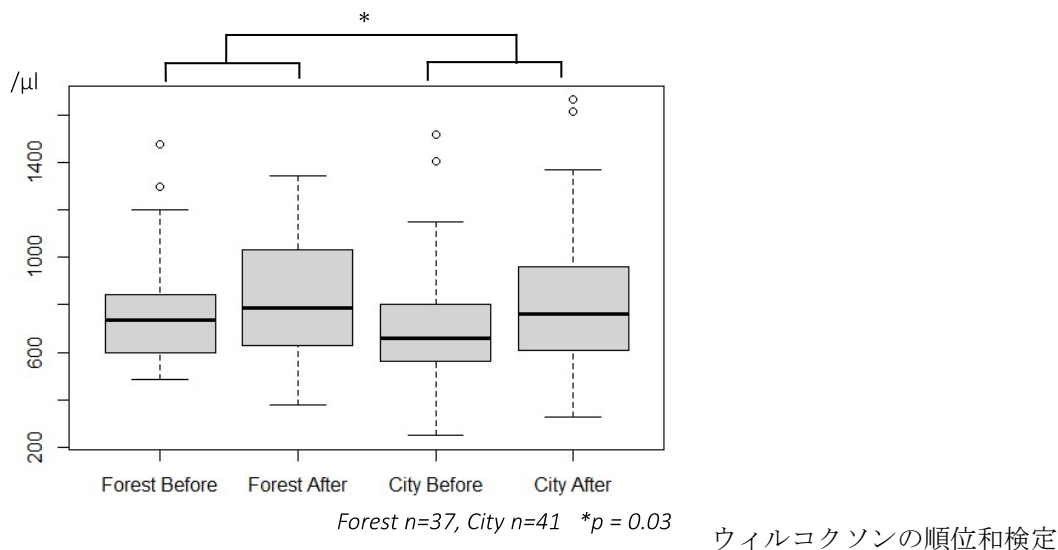
図10 血中インターロイキン6濃度の散策前後変化量の比較 (正常値 : 4.0 pg/ml以下)



### 11) 森林浴による血中CD4+CD8-リンパ球数への影響

散策による血中CD4+CD8-リンパ球数（シングルポジティブのヘルパーT細胞）の変化を図12に示す。都市部と森林部の変化量を比較すると、森林の方が変化量が小さく、統計的な有意差を認めた（ $r=0.24$  ほぼ中程度の効果）。

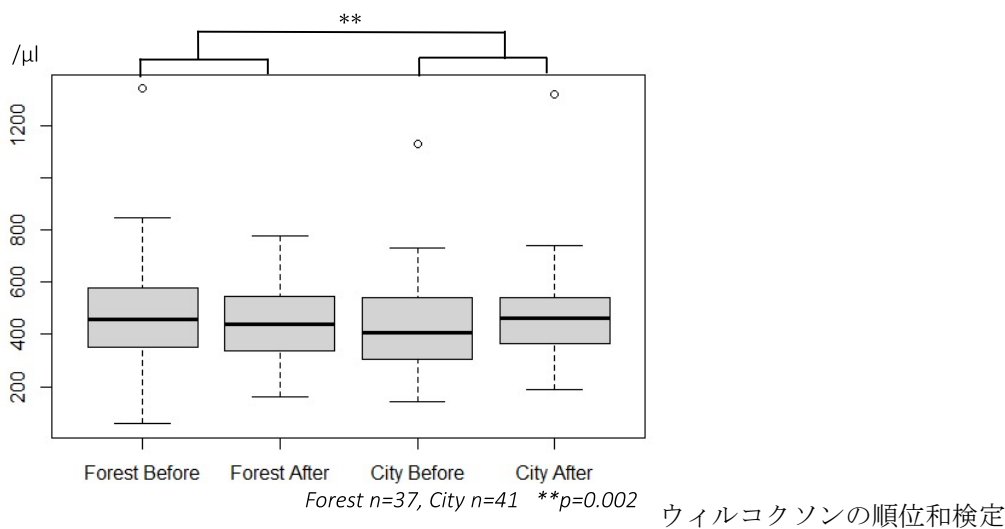
図12 血中CD4+CD8-リンパ球数の散策前後変化量の比較（正常値：324-1322/ $\mu$ l）



### 12) 森林浴による血中CD4-CD8+リンパ球数への影響

散策による血中CD4-CD8+リンパ球数（シングルポジティブのキラーT細胞）の変化を図13に示す。都市部と森林部の変化量を比較すると、森林の方が減少しており、統計的な有意差を認めた（ $r=0.35$  中程度の効果）。

図13 血中CD4-CD8+リンパ球数の散策前後変化量の比較（正常値：130-696/ $\mu$ l）



\*11)12)に関しては、短時間変化の解釈は困難であると考える。

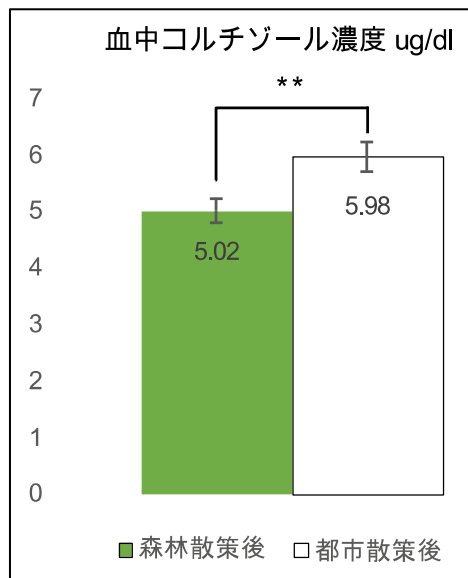


### 13) 森林浴による血中コルチゾールへの影響

散策による血中コルチゾール濃度の変化を図14に示す。

散策前の血中コルチゾール濃度に有意差がなく、散策後は森林の方が有意に血中コルチゾール濃度が低かった(p=0.015)。

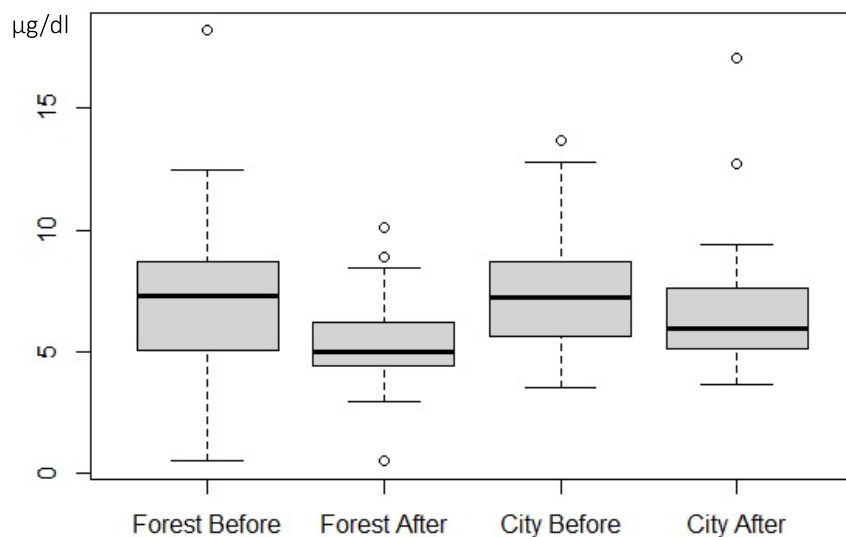
図14-1 散策後の血中コルチゾール濃度の比較 (正常値 : 7.07-19.6  $\mu$ g/dl: 6-10時)



Forest n=37, City n=41 p=0.015 ウィルコクソンの順位和検定

都市部と森林部ともに散策後に減少したが、変化量の比較には統計的な有意差がなかった (r=0.05 ほぼ効果なし)。

図14-2 血中コルチゾール濃度の散策前後変化量の比較



Forest n=37, City n=41 p>0.05

ウィルコクソンの順位和検定



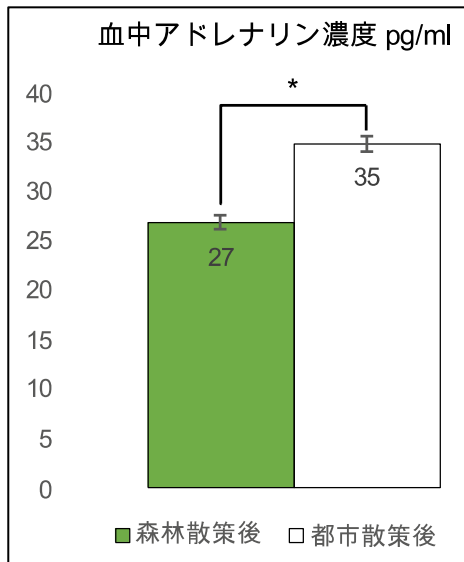
#### 14) 森林浴による血中アドレナリンへの影響

散策による血中アドレナリン濃度の変化を図15に示す。

散策後は森林の方が有意に血中アドレナリン濃度が低かった( $p=0.003$ )。

\*アドレナリンは運動によって増加するので、都市の値が高いことに影響するか議論が必要。

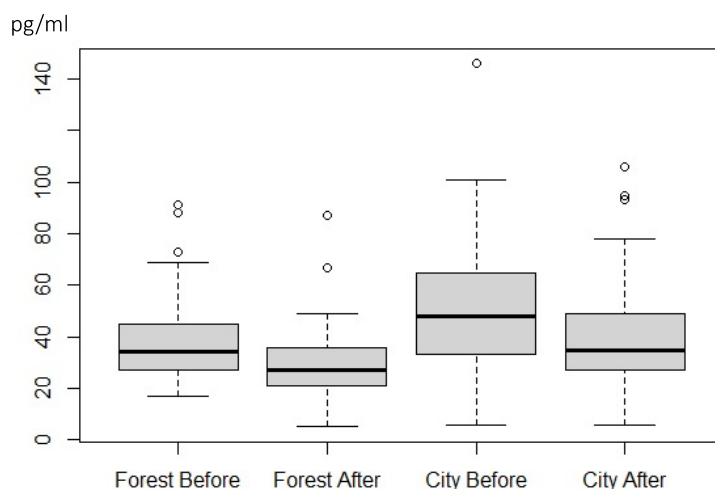
図15-1 散策後の血中アドレナリン濃度の比較 (正常値：100pg/dl以下)



Forest n=37, City n=41 p=0.003 ウィルコクソンの順位和検定

変化量だが、都市部・森林部ともに減少したが、変化量比較では統計的な有意差がなかった( $r=0.02$  効果なし)。

図15 血中アドレナリン濃度の散策前後変化量の比較 (正常値：100pg/dl以下)



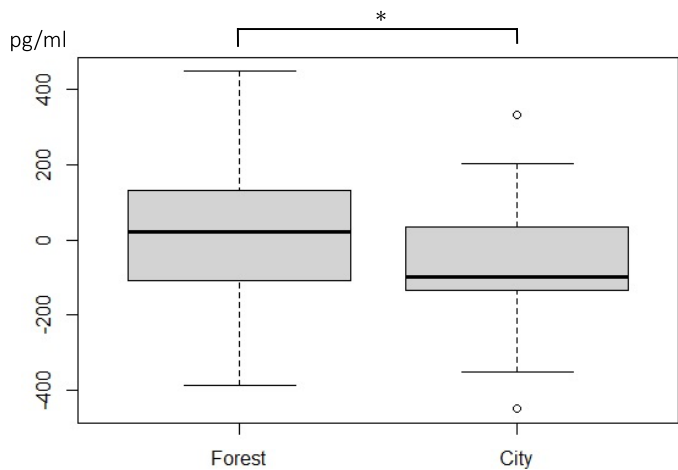
Forest n=37, City n=41 p>0.05

ウィルコクソンの順位和検定

### 15) 森林浴による血中ノルアドレナリンへの影響

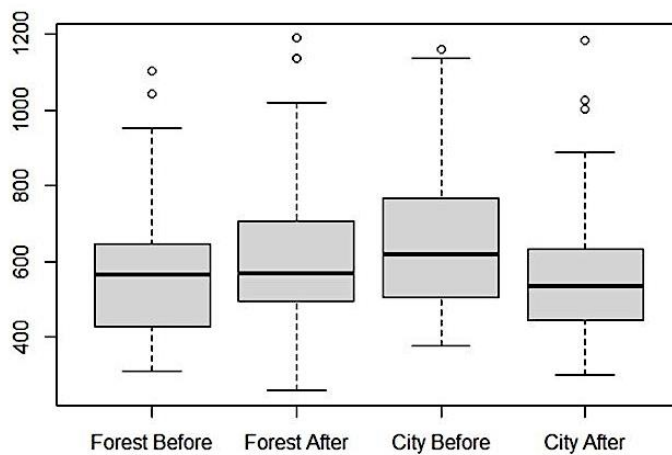
散策による血中ノルアドレナリン濃度の変化を図16に示す。森林散策によって、若干の上昇はあるが変化はほとんど認められなかった。一方、都市散策によって有意に減少した ( $r=0.25$  ほぼ中程度の効果)。\*ノルアドレナリンは、運動によって増加する。

図16 血中ノルアドレナリン濃度の散策前後変化量の比較 (正常値：100-450pg/dl)



Forest n=37, City n=41 \* p=0.03

ウィルコクソンの順位和検定

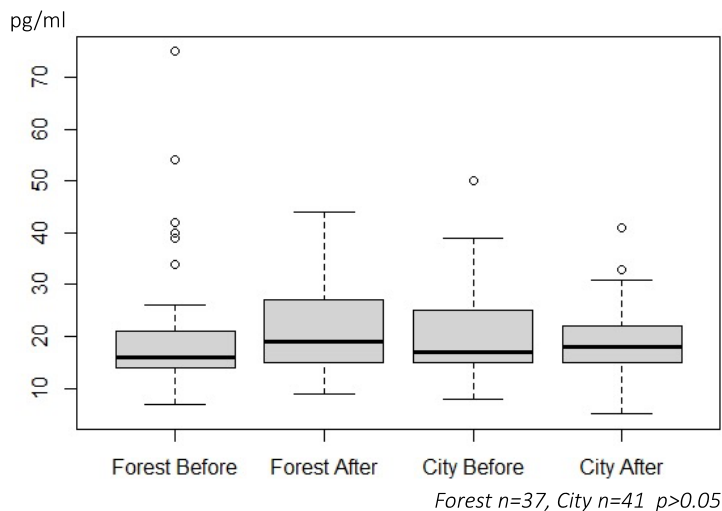


Forest n=37, City n=41 ウィルコクソンの順位和検定

### 16) 森林浴による血中ドーパミンへの影響

散策による血中ドーパミン濃度の変化を図17に示す。都市部と森林部の変化量比較には統計的な有意差がなかった ( $r=0.17$  小さな効果あり)。

図17 血中ドーパミン濃度の散策前後変化量の比較 (正常値: 20pg/dl以下)

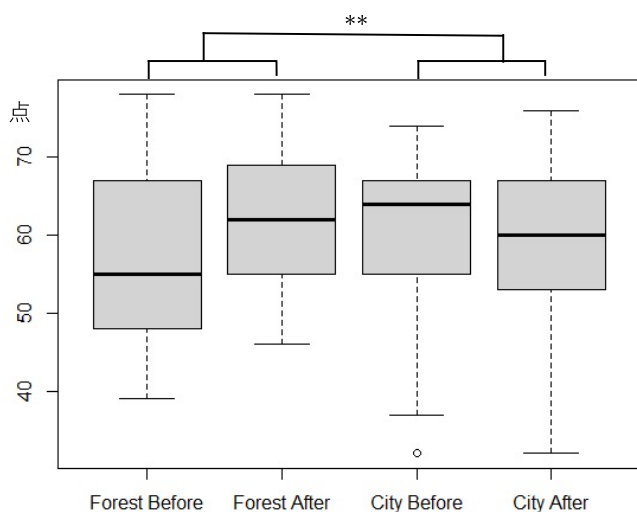


ウィルコクソンの順位和検定

### 17) 森林浴によるPOMS得点変化量への影響

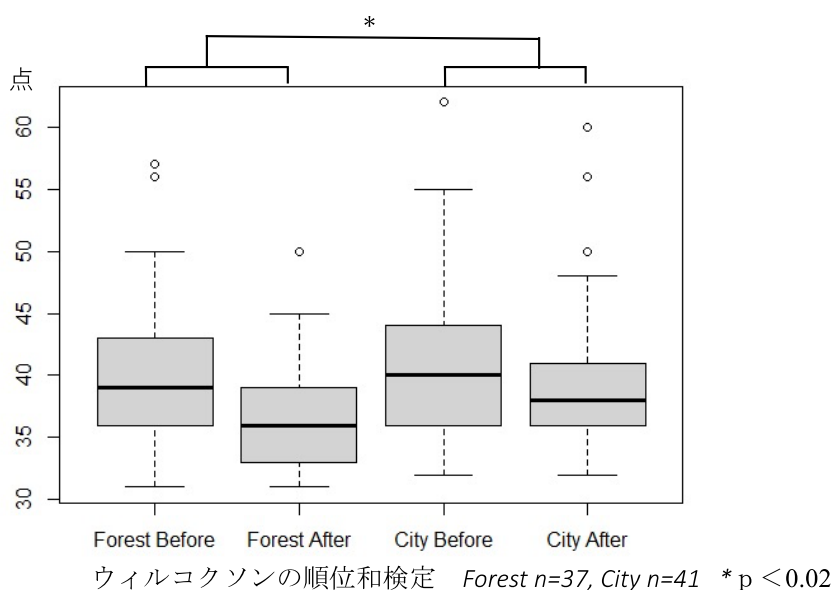
森林浴による POMS 得点への影響を示す。森林部散策は活気の得点を増加させ(効果量  $r=0.38$  中程度の効果)、都市部散策は活気が減少した (図 18)。また、森林散策はネガティブな気分状態の得点を低下させる(効果量  $r=0.18$  小程度の効果) (図 19) ことが判明した。両者に統計的な有意差を認めた。

図18 POMS (活気) 得点の散策前後変化量の比較



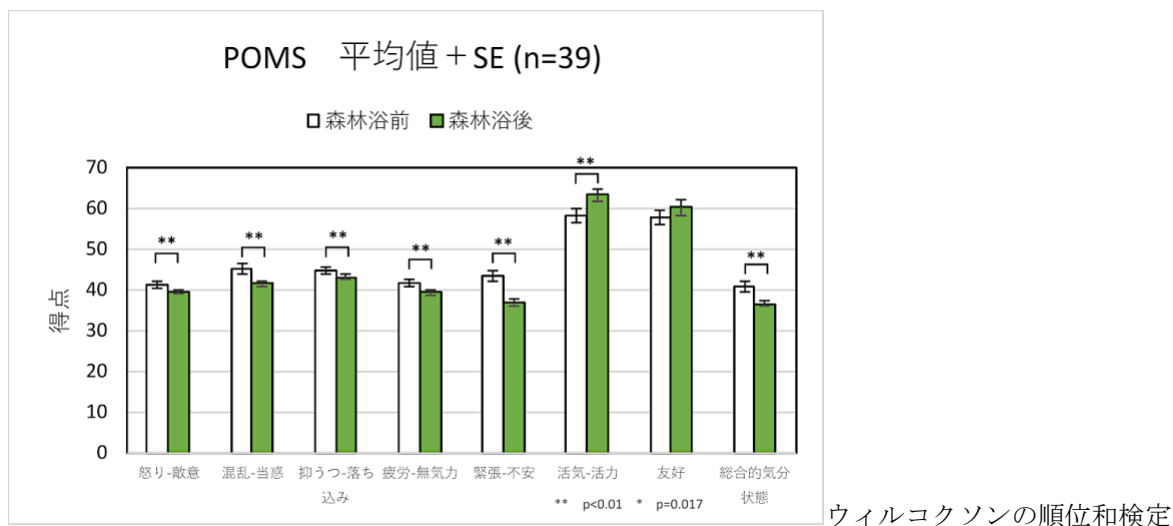
ウィルコクソンの順位和検定 Forest n=37, City n=41 \*\*  $p < 0.001$

図19 POMS (TMD：総合的ネガティブな気分状態) 得点の散策前後変化量の比較



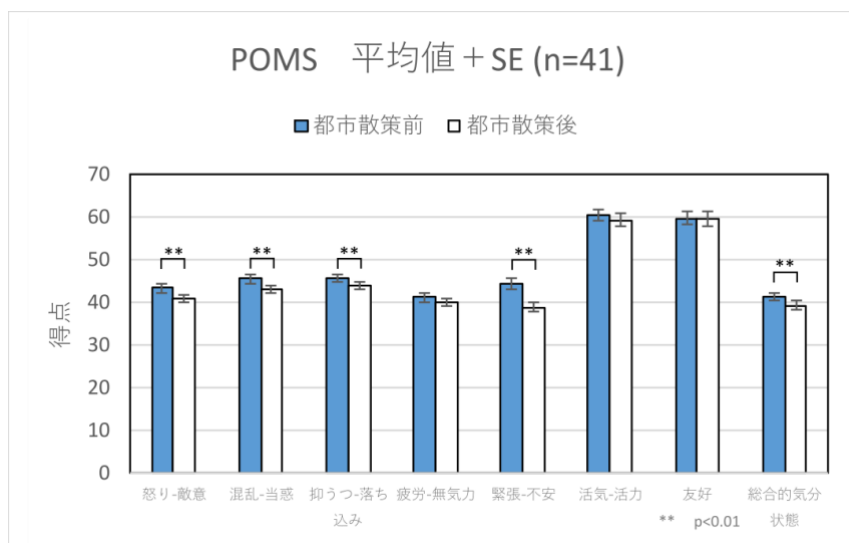
- 森林浴の前後差単独の検討では、「怒り-敵意」、「混乱-当惑」、「抑うつ-落ち込み」、「疲労-無気力」、「緊張-不安」、「活気-活力」、「総合的ネガティブな気分状態」のすべての項目において、森林浴（単体）前後で有意差が確認された（図20）。有意差は確認できなかったが、森林浴前後差における「友好」の向上（効果  $r=0.22$ 、 $p=0.15$ ）には中程度の効果量が認められた。

図20 POMS 得点の森林散策前後値の比較



- 一方で、都市散策単独の検討では、「怒り-敵意」、「混乱-当惑」、「抑うつ-落ち込み」、「緊張-不安」、「総合的ネガティブな気分状態」の項目において、前後で有意差が確認された（図21）。しかしながら効果量の観点からは、いずれも非常に微小な効果にとどまった。「疲労-無気力」、「活気」、「友好」に有意差を認めなかった。

図 21 POMS 得点の都市散策前後値の比較



ウィルコクソンの順位和検定

- ・ 晴天と雨天での散策前後差のPOMS評価ではいずれの項目でも有意差はなかった。

#### 4. 考察

- ① 森林よりも都市の方が、活動強度および歩数が有意に高かった。しかし、血中乳酸濃度を比較すると森林と都市の間に統計的な有意差はなく、運動による生理的反応に有意差を認めなかった。
- ② 森林浴は有意に唾液IgAを増加させ、粘膜免疫力を向上させる効果が示唆された。先行研究では、中強度運動の前後では唾液中SIgAは変化しないことが報告されており<sup>3,4</sup>、活動量の差による影響は考慮する必要がない。

図22 ストレスの伝達経路

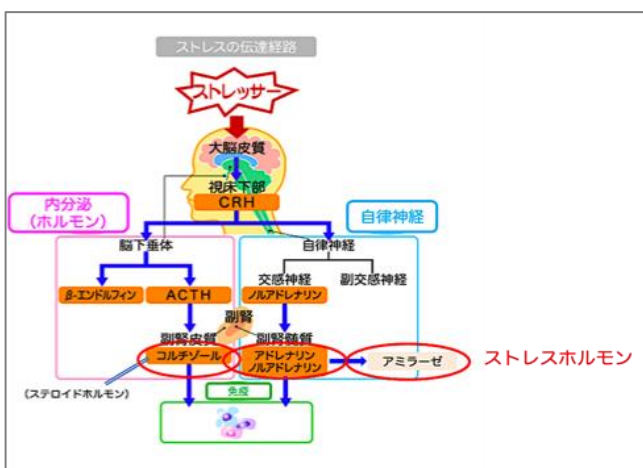


図23 セロトニンの果たす役割

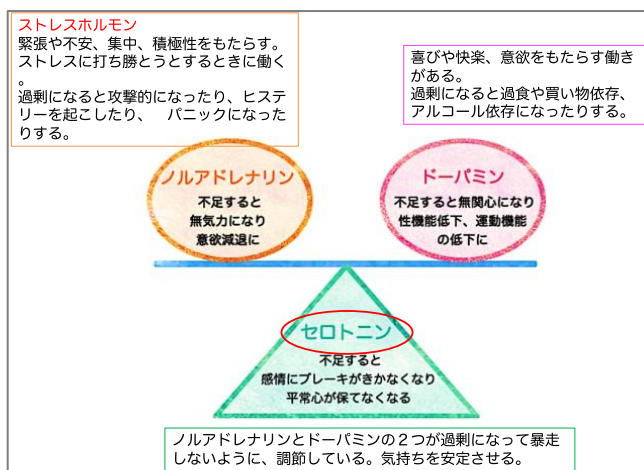
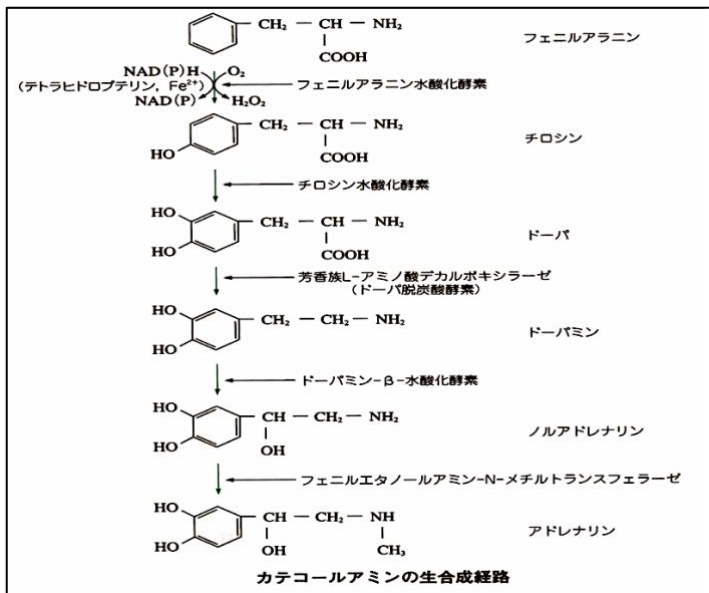


図24 カテコラミン生成経路



- ③ ストレスホルモンのうち、内分泌系を代表するコルチゾール（図22）について、森林散策後の方が有意に低値を示した。変化量では森林・都市散策ともに数値が減少しリラックス効果を示したが、森林散策後の方がリラックス度が高かったことを示す。  
（ちなみに、コルチゾールは一過性の有酸素運動による影響を受けないとされる）
- ④ ストレスホルモンのうち、自律神経系を代表するアドレナリン（図22）について、森林散策後の方が有意に低値を示した。変化量では両指標において、森林・都市散策ともに数値が減少しリラックス効果を示したが、森林散策後の方がリラックス度が高かったことを示す。（ちなみに、アドレナリンは運動によって増加する）
- ⑤ 散策前後のノルアドレナリンの変化量を見ると、森林の方が値がほぼ変化せず、都市の方が有意に値が大きく減少した。ノルアドレナリンは交感神経の神経伝達物質としての作用の方が大きく、適度に安定して分泌されていることで、ほどよい緊張感ややる気、集中力を維持することができる（図23）。森林散策によってノルアドレナリンがほぼ変化しなかったことは、精神的に安定した状態を維持する効果があったと考えられる。

\*ノルアドレナリンはドーパミンから生成される（図24）が、今回は都市・森林散策前後のドーパミンの値に有意差がなかったことから、森林においてセロトニンが働いてノルアドレナリンとドーパミンのバランス調節機構が働いた可能性を示唆する（図23）。李医師の1年目の調査によって森林浴でセロトニンが上昇する結果が出たが、これを裏付ける結果となったと考えられる。

- ⑥ 散策後のコルチゾール、アドレナリン、ノルアドレナリンとsIgAとの相関は有意差がなく、森林における粘膜免疫能向上は、一時的なストレスホルモンの低下ではなく他の因子の影響を受けた可能性が示唆された。
- ⑦ 都市散策によって、森林散策よりも白血球数が有意に増加した。リンパ球数に有意な変化がなかったことから、好中球、好酸球、好塩基球、単球などが都市散策で増加し

たことが考えられる。これらは、アレルギーや感染症、ストレスで増加することが知られているが、今回は白血球分画を調べていないため、それ以上の解釈は困難であった。

- ⑧ POMS 検査では、森林浴によって活気スコアが有意に上昇し、ネガティブな気分状態因子全てのスコアが有意に減少した。また、天気による影響を認めなかった。
- ⑨ 血中CD4+CD8<sup>-</sup>、血中CD4<sup>-</sup>CD8<sup>+</sup>リンパ球数の変化については、本項目のみでは解析が困難であり、今後の実験課題としたい。

## 5. 結論

中高年男性 78 名により、森林散策と都市散策を比較したランダム化試験を行った。森林散策は有意に唾液 IgA を増加させ、粘膜免疫力を向上させる効果が示唆された。ストレスホルモンに関しては、森林散策後において有意にコルチゾール（内分泌系）、アドレナリン（自律神経系）の値が低値を示し、森林散策後の方がリラックス度が高かったことを示した。また、森林散策によって、都市よりもノルアドレナリンの分泌が安定しており、自律神経の安定を保つ効果を示唆する結果となった。

自覚症状に関しては、森林散策によって「活気」が有意に上昇し、「総合的ネガティブな気分状態」が減少した。また、自覚症状の変化は天候による影響を受けなかった。

### \*参考文献

1. Valdimarsdottir HB, et al. Crit Rev Oral Biol Med. 1997;8:461-474
2. Li Q, et al., Int J Immunopathol Pharmacol. 2008
3. Bishop, NC, Gleeson M: Acute and Chronic effects of exercise on markers of mucosal immunity. Front Biosci., 14: 4444-4456, 2009.
4. 朱博ら. 中強度運動負荷中の唾液中分泌型免疫グロブリン A の変化. 広島大学保健学ジャーナル 10(1):20-25, 2011.