6

森林浴の効果

Effect of Forest Bathing Trip on Human Health

Qing Li 李　卿
（日本医科大学衛生学公衆衛生学）
E-mail：qing-li@nms.ac.jp

Key Words
●森林浴
●NK活性
●Perforin
●Granzyme
●Granulysin

Summary

A forest bathing trip is a short, leisurely trip visiting a forest, called "Shinrinyoku" in Japanese, which is similar to natural aromatherapy. Since 2004, a serial studies have been conducted to investigate the effect of forest bathing trips on human immune function in both males and females in Japan. A three-day/two-night trip to forest areas significantly increased natural killer (NK) activity and the numbers of NK, perforin, granulysin, and granzymes A/B-expressing cells and significantly decreased T cells and the urinary adrenaline. The increased NK activity lasted for more than 30 days after the trip in both males and females. This suggests that if people take a forest bathing trip once a month, they may be able to maintain a higher level of NK activity. In contrast, a city tourist visit did not increase NK activity, numbers of NK cells, or the level of intracellular granulysin, perforin, and granzymes A/B. Phytoncides, such as alpha-pinene and beta-pinene were detected in forest air. These findings indicate that forest bathing trips increased NK activity, which was mediated by increases in the number of NK cells and the levels of intracellular perforin, granulysin, and granzymes A/B.

著者プロフィール
李　卿

日本医科大学衛生学公衆衛生学講師／森林医学研究会代表世話人／中国・浙江林学院客員教授

1984年 中国・山西医科大学卒業，医学博士。日本医科大学助手を経て，1999年 同大学講師。2001年 スタンフォード大学医学部留学。

研究分野：森林医学，環境免疫学，環境医学

はじめに

森林に身を置くと，なんとなく心が落ち着き，居心地のよさを感じるという人は多いだろう。しかし，「森林浴をするとストレスホルモンが減少し，免疫力が上がり，癌をはじめとするさまざまな病気の予防につながる」と聞けば，驚かれる人が多いのではないだろうか。

「森林浴」は1982年に提唱され，それ以来，徐々に国内で普及してきた。森林浴は，血糖値，血圧およびストレスホルモンを低下させ，自律神経のバランスを整え，リラックス効果をもたらすことが報告されている。しかし，森林浴が生体の免疫機能に対する影響については明らかにされていない。森林浴の免疫系に対する効果を明らかにすることは，予防医学・社会医学上極

Presented by Medical*Online

めて重要であると考えられる。

ヒトの免疫反応は，体液性免疫と細胞性免疫に分類される。体液性免疫は，主にBリンパ球から分泌される抗体によって惹起される反応であるが，細胞性免疫は，T細胞やNK（natural killer）細胞によって惹起される反応である。また，リンパ球などから産生されるサイトカイン（インターロイキン2，インターフェロンなど），マクロファージ，顆粒球および補体も免疫反応に参加する。

NK細胞，すなわちナチュラル・キラーはその名称のとおり，癌細胞を自然に殺す細胞であり，腫瘍細胞の発生・増殖・転移を抑制する免疫学的監視機能，感染症の防止，免疫機能の制御において重要な役割を果たす。一方で，ストレスがNK活性を抑制することは多数の研究によって証明された。筆者も，マウスを用いた実験では，身体的および精神的ストレスが血清中ストレスホルモン濃度を上昇させ，マウスのNK活性を抑制することを明らかにし，ストレスがストレスホルモンの分泌を介してNK活性を抑制することを立証した[1]。

以上の背景を踏まえて，筆者らは森林浴がストレスの低減によって，ストレスによるNK活性の抑制を解除し，NK活性を上昇（回復）させる効果があるのではないかという仮説を立て，森林浴による生体免疫機能への影響に関する研究を実施してきた。

森林浴実験について

森林浴実験の対象者は，東京都内大手企業に勤める35～56歳の健常な男性社員12名，および東京都内大学病院に勤務する25～43歳の健常な女性看護師13名である。研究に先立ち，日本医科大学の倫理委員会の審査を受けて承認された。また，すべての被験者から文書でインフォームド・コンセントの手続きを取った。測定項目はNK活性，NK細胞内の抗癌たんぱく質，尿中アドレナリン濃度などである。

対象者は長野県飯山市（2005年9月，男性）[2]，上松町（2006年9月，男性）[3]および信濃町（2007年9月，女性）[4]の森林環境中に2泊3日間滞在し，それぞれ3ヵ所の森林遊歩道を散策した。1日目の朝，東京を出発し，午前中現地に到着し，午後から最初の2.5kmの森林遊歩道（**写真1**）を2時間かけて散策した。散策については，各対象者の日頃の運動量を考慮した上で，散策コースと距離を設定し，散策途中に数回休憩を取った（**写真2**）。宿泊地は森林遊歩道の近くのホテルとした。2日目の朝8時に採血し，血液を日本医科大学に持ち帰り各種検査を行った。対象者は引き続き午前2時間，午後2時間ずつ，それぞれ2.5kmの森林遊歩道を散策した。3日目の朝8時に採血し，血液を日本医科大学に持ち帰り同様の検査を行った。また，対照として森林浴前のデータを出発の3日

写真1．森林中での散策（ヒノキ）

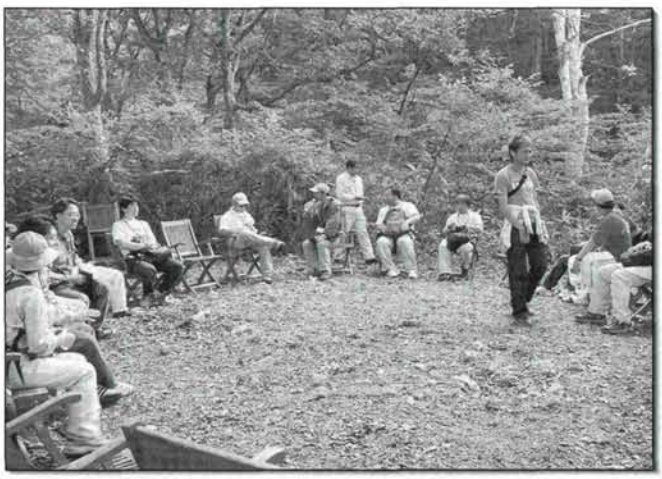

写真2．森林中での休憩

Presented by Medical*Online

前に東京の職場などで採取した。森林浴の持続効果を調べるために森林浴後1週間と1ヵ月にそれぞれ採血してデータを採取した。

また，森林浴実験の対照実験として，一般旅行によるNK細胞機能への影響も検討した。一般旅行として，東京・長野間とほぼ同じ距離にある緑の少ないN市の都市部に2泊3日滞在し，宿泊地も都市部のホテルとした。対象者は全員が森林浴実験のメンバーであり，散策時間，散策距離，ホテルでの生活様態および測定項目はすべて森林浴実験と同様であった。

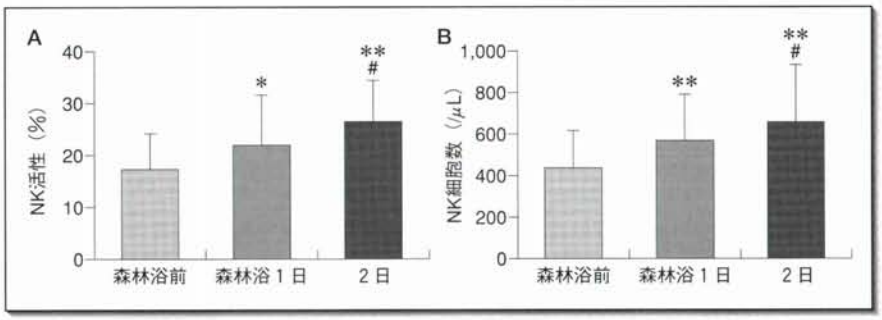

図1．森林浴はヒトNK活性およびNK細胞数を増加させる
*：$p<0.05$，**：$p<0.01$（森林浴前との比較），#：$p<0.05$（森林浴1日後との比較）
（文献2より引用改変）

森林浴の効果

1．森林浴によるヒトNK活性およびNK細胞数への効果

図1[2]は，森林浴によるNK活性（A）およびNK細胞数（B）への効果を示しており，森林浴後1日目と2日目はいずれも森林浴前より有意に高いレベルを示し，さらに森林浴後2日目は1日目よりも有意に高いレベルを示し，森林浴はNK活性およびNK細胞数を上昇させたことが明らかとなった[2]。また，森林浴がヒトのNKT細胞数を上昇させたことも明らかとなった[5]。一方で，一般旅行による影響は認められなかった[3]。

一般的に，運動がヒトのNK活性およびNK細胞数に影響を与えると報告されているが[5][6]，今回の実験では，各被験者の森林浴時および旅行日の運動量を平日の運動量に合わせて設定したため，運動による影響が排除されると考えられる。また，NK活性の日内変動の影響を排除するために，今回の実験では，採血時間はすべての調査日において朝8時とした。飲酒によるNK細胞機能への影響を排除するために，対照日も含めてすべての実験期間中に被験者全員に禁酒してもらった。したがって，今回の森林浴後のNK活性およびNK細胞数の上昇は森林浴によるものと考えられる。

2．森林浴によるNK活性上昇のメカニズム

NK細胞は，主に3種類の抗癌たんぱく質Perforin，Granzyme，Granulysin（抗癌3兄弟）を放出して癌細胞を傷害する。NK細胞の機能が高まれば，生体の抗癌能力も高まると考えられる。NK細胞の抗癌機能は通常，NK細胞活性およびNK細胞数を測定することによって評価される。最近，筆者はスタンフォード大学で修得した方法を改良し，抗癌たんぱく質の測定をNK細胞の抗癌機能の評価に導入した[5]-[7]。

森林浴によるNK活性上昇のメカニズムを検討するために，NK細胞内の抗癌たんぱく質Perforin，Granulysin，Granzyme A/Bのレベルを測定した。

図2[2]は，森林浴がヒトNK細胞内の抗癌たんぱく質のレベルを増加させることを示した。NK細胞内の抗癌たんぱく質において，森林浴後はいずれも森林浴前より有意に高レベルを示し，森林浴がNK細胞内の抗癌たんぱく質を増加させたことが明らかとなった[2]。一方で，一般旅行による影響は認められなかった[3]。

3．森林浴の持続効果

図3[3]は，男性被験者における森林浴によるNK活性上昇の持続効果を示した。森林浴後1週間経過しても被験者のNK活性（**図3**），NK細胞数，細胞内の抗癌たんぱく質が森林浴前よりも有意に高いレベルを示した。さらに，森林浴後1ヵ月経過しても被験者のNK活性（**図3**），NK細胞数，細胞内のGranulysinおよびGranzyme Bが森林浴前よりも有意に高いレベルを示し，森林浴の持続効果が認められた[3]。これは，月に1回森林浴すれば，生体

Presented by Medical*Online

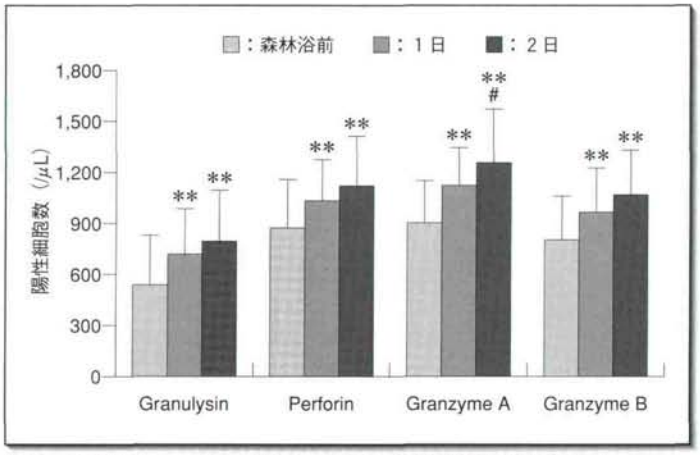

図2．森林浴はヒトリンパ球内の抗癌たんぱく質を増加させる
**：p<0.01（森林浴前との比較），#：p<0.05（森林浴1日後との比較）
（文献2より引用改変）

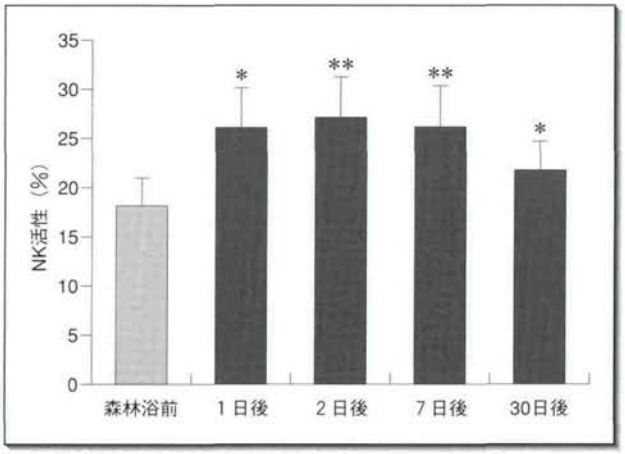

図3．森林浴はヒトNK活性を上昇させ，持続効果が認められる
*：p<0.05，**：p<0.01（森林浴前との比較）
（文献3より引用改変）

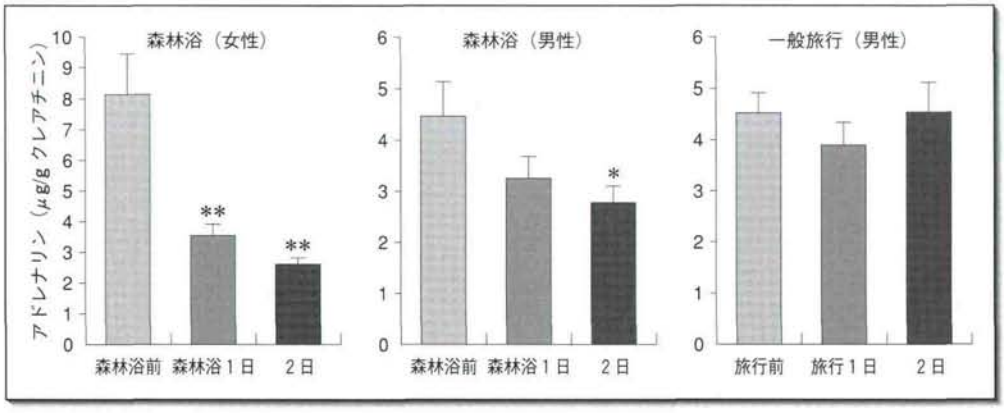

図4．森林浴と一般旅行による尿中アドレナリンへの影響
*：p<0.05，**：p<0.01（森林浴前との比較）
（文献3，4より引用改変）

は常に高い免疫機能を維持できることを意味する。また，女性被験者においても同様な効果が確認された[4]。

4．森林浴によるリラックス効果

筆者らの研究では，さまざまな角度から森林浴のリラックス効果を実証した。

（1）森林浴による白血球への影響

ヒトはリラックス状態では，末梢血のリンパ球が増え，顆粒球が減少することが報告されている。本研究では，森林浴が有意に末梢血のリンパ球の割合を増加させ，顆粒球の割合を減少させ，間接的に森林浴によるリラックス効果を実証した[2]。

（2）森林浴によるストレスホルモンへの影響

図4[3][4]は，森林浴および一般旅行による尿中アドレナリンへの影響を示した。男女に関係なく，森林浴は有意に尿中アドレナリンの濃度を減少させたが，一般旅行による尿中アドレナリンの濃度の減少は認められなかった。これは森林浴がヒトをリラックスさせ，ストレスを減少させた最も重要な証拠である[3][4]。また，森林浴後に「疲労」などの自覚症状の有訴率も大きく減少し，特に精神的疲労症状は約4倍以上低下したことから，森林浴

Presented by Medical*Online

は精神的疲労にはより効果的であることが明らかとなった。

（3）森林浴による感情・気分への影響

POMS（Profile of Mood States）の結果より，森林浴後，「活気」の得点が有意に上昇し，「緊張・不安」「抑うつ」「敵意・怒り」「混乱」「疲労」の得点が有意に低下し，森林浴は「うつ状態」の改善に有効であることが示唆された[2) 4)]。

さらに筆者らは，*in vitro*法を用いて森林由来のフィトンチッド（ヒノキ材・葉油，α-pineneなど）が直接にヒトNK細胞内抗癌たんぱく質の増加をもたらし，NK活性を上昇させることを明らかにした[7)]。この結果は，森林浴がヒトNK細胞によい影響を与えることを支持するものである。

以上の結果より，森林浴がストレスの解消によって，ストレスによるNK活性の抑制を解除し，結果的にNK活性を上昇（回復）させた。また，森林からのフィトンチッドも2つの機序でNK細胞を活性化させた。その1は，フィトンチッドが呼吸を通して吸入され，血液に入り，直接にNK細胞に作用した。その2は，フィトンチッドが嗅覚神経を通して脳の沈静化をもたらし，自律神経のバランスを制御することによってストレスホルモンの分泌を抑え，NK細胞の活性化に寄与した。

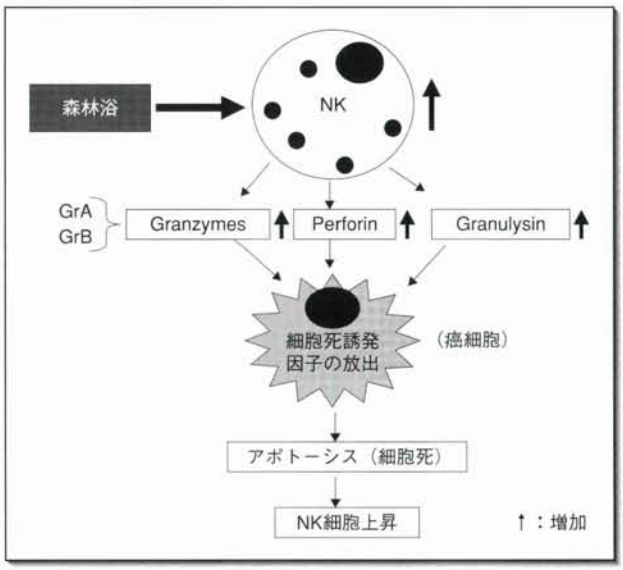

図5．森林浴によるNK活性上昇の順序
（文献3，4より引用改変）

森林率と癌の標準化死亡比

森林浴がヒトNK活性を上昇させる背景を踏まえ，筆者は，森林占有率の上昇が癌による死亡の減少に寄与する可能性があると考え，各都道府県の森林率と癌の標準化死亡比（standardized mortality ratios：SMR）との関連性について検討した。

森林率（%）は，森林の面積が土地面積に占める割合である。各都道府県の森林率のデータは林野庁のデータベースより入手した。各都道府県の癌のSMRならびに喫煙率は厚生労働省および愛知県がんセンターのデータベースより入手した。これらのデータを用いて，喫煙および地域差による影響を考慮した上で各種癌のSMRと各都道府県の森林率との関連性を検討した。その結果，各都道府県の肺癌，乳癌，子宮癌，前立腺癌，腎臓癌，大腸癌のSMRと各都道府県の森林率との間に有意な逆相関を示し，森林率の高い地域に住む住民の癌のSMRが森林率の低い地域に住む住民より低いことが判明し，森林は癌による死亡の減少に寄与していることが示唆されている[8)]。

まとめ

森林浴は男女に関係なく，ヒトNK細胞数および細胞内の抗癌たんぱく質の増加をもたらし，NK活性を上昇させることが明らかとなった（**図5**）[3) 4)]。森林から放出されたフィトンチッドおよび森林浴によるリラックス効果が，この活性化に寄与したと考えられる[9) 10)]。森林浴はNK活性を上昇させ，癌の予防効果に寄与することが期待される。

今後の課題

1．病気の予防法・治療法としての確立

たとえば，免疫機能低下の患者さん

Presented by Medical*Online

（癌患者さんなど）に森林浴をしてもらって，そのNK細胞活性の回復を検討し，病気の予防法・治療法として確立する。森林のもつ健康保持・増進効果を癌の予防に活用できれば，国民の医療・保健・福祉レベルを向上でき，国民医療費の削減にも貢献できる。

2．森林浴効果と森林の種類との関係

今回は長野県飯山市，上松町および信濃町の森林遊歩道で森林浴効果を確認できたが，都市部の森林遊歩道においても同様な効果があるかどうかを検討する必要がある。

3．温泉との相乗効果

これまで森林浴効果を解明するために森林浴時に温泉を利用しなかった。しかし，実際に森林浴の後に温泉に入るのはより自然なスタイルであり，今後，森林浴と温泉との相乗効果を検討する必要がある。

4．スキーとの相乗効果

スキー場の多くは，森林の中に建設されていることから，冬にはスキーを楽しみながらの森林浴の効果も期待される。さらに，温泉の利用によってスキー・森林浴・温泉の相乗効果も期待される。

5．森林浴の将来像

夏と秋では森林浴・温泉を楽しみ，冬と春ではスキーによってスキー場の森林浴・温泉を楽しむことによって，年中森林浴を楽しむことを目指す。

■謝　辞

本研究の共同研究者は，日本医科大学の川田智之主任教授，千葉大学の宮崎良文教授，森林総合研究所の香川隆英室長および大阪大学の森本兼曩教授である。

●文　献

1）Li Q, Liang Z, Nakadai A, et al : Effect of electric foot shock and psychological stress on NK, LAK and CTL activities, NK receptors and mRNA transcripts of granzymes and perforin. Stress **8** : 107-116, 2005
2）Li Q, Morimoto K, Nakadai A, et al : Forest bathing enhances human natural killer activity and expression of anti-cancer proteins. Int J Immunopathol Pharmacol **20** : 3-8, 2007
3）Li Q, Morimoto K, Kobayashi M, et al : Visiting a forest, but not a city, increases human natural killer activity and expression of anti-cancer proteins. Int J Immunopathol Pharmacol **21** : 117-127, 2008
4）Li Q, Morimoto K, Kobayashi M, et al : A forest bathing trip increases human natural killer activity and expression of anti-cancer proteins in female subjects. J Biol Regul Homeost Agents **22** : 45-55, 2008
5）Morimoto K, Li Q : Chapter 2 : Lifestyle and natural killer activity. In Natural Killer T-Cells, ed by Fournier NV. NewYork, Nova Science Publishers, 51-80, 2008
6）Li Q, Morimoto K, Nakadai, A, et al : Healthy lifestyles are associated with higher levels of perforin, granulysin and granzymes A/B -expressing cells in peripheral blood lymphocytes. Prev Med **44** : 117-123, 2007
7）Li Q, Nakadai A, Matsushima H, et al : Phytoncides (wood essential oils) induce human natural killer cell activity. Immunopharmacol Immunotoxicol **28** : 319-333, 2006
8）Li Q, Kobayashi M, Kawada T : Relationships between percentage of forest coverage and standardized mortality ratios (SMR) of cancers in all prefectures in Japan. The Open Public Health Journal **1** : 1-7, 2008
9）Li Q : Effect of forest bathing trips on human immune function. Environ Health Prev Med 2009 (in press)
10）李　卿：免疫機能と森林セラピー．大井　玄，宮崎良文，平野秀樹編，森林医学Ⅱ．東京，朝倉書店，98-120，2009

Presented by Medical*Online