

寒冷環境下における帽子着用が深部体温に与える影響

緑 川 知 子, 登 倉 尋 實

(奈良女子大学大学院人間文化研究科)

平成5年3月29日受理

The Effects of Wearing Hat on Core Temperature
in Sedentary Women under Cold Environments

Tomoko TSURUTANI-MIDORIKAWA and Hiromi TOKURA

Graduate School of Human Culture, Nara Women's University, Nara 630

The present experiments aimed to study the effects of wearing fur hat on core temperatures (tympanum, rectum) in seven sedentary women at an ambient temperature (T_a) of 10°C . The subjects sat quietly at T_a 19°C until their core temperatures became steady state. Then, they moved to a bioclimatic chamber where T_a was controlled at 10°C with fur hat or without hat. Tympanic membrane temperature (T_{ty}), rectal temperature (T_{re}), skin temperatures at the chest, arm, thigh and leg, the top surface temperature of the hair on the head and heart rate were measured during the periods of 105 min cold exposure. The subjects were fanned with wind speed of 2.4 ± 0.03 m/s for last 5 min during the cold exposure 1 m apart from their face. The main results are summarized as follows: 1) T_{ty} were elevated slightly and kept higher significantly in the clothing conditions of fur hat during cold exposure than in those of no hat. These values declined in greater extent only in the clothing conditions of no hat when the face of subjects was fanned. 2) Heart rates decreased significantly during cold exposure in the clothing conditions of no hat, while they did not in those of fur hat. These findings were fully discussed in terms of thermal physiology.

(Received March 29, 1993)

Keywords: tympanic membrane temperature 鼓膜温, rectal temperature 直腸温, heart rate 心拍数, hat 帽子, cold environment 寒冷環境, wind 風.

1. 緒 言

脳は、生体の生命維持のための生理反応の総制御を行っている。したがって、脳はいかなる身体状況のもとにあっても、常に休むこと無く活動しなければならない。熱産生量は常に高く 13 W から 20 W と算出されている¹⁾。脳部は、体全体の基礎代謝の熱産生量の 18% を占めており、その量は骨格筋のその 72% で、極めて多い²⁾。一方、頭部と顔面部の表面積が全体表面積に占める割合は 8%³⁾ であるが、頭部を保温すると、人体からの熱放散量を効率的に減らすことができる。毛髪で覆われている頭部を寒いと自覚することは少ないかも知れないが、頭部を保温すると体全体から

の熱放散を減少させることができ、四肢部においても温熱快適感を得ることができるという。つまり、頭部を衣服で保温することによって、衣服全体の保温効率を増加させることができるともいわれている⁴⁾。

尾崎⁵⁾ は男子 2 名について各季節に用いられる帽子着用時に帽子の表面温度、内面温度、帽子内気候、頭部顔面皮膚温を測定し、冬には防寒帽を用いるのがよいと報告した。また、今村⁶⁾ は、女子学生 9 人を対象として環境温 18°C 、相対湿度 60%、気流 0.1 m/s 以下の実験室において着帽実験を行った結果、着帽により被覆部の皮膚温が有意に高い値を示し、温冷感が温感側において維持され、また、耳翼を被覆することに

よって優れた保温効果がみられたと報告した。長谷川⁷⁾は環境温 23.5℃、相対湿度 50%で、4 m/s の有風環境における体温調節を防寒帽、ear pad 着用時の男子 2 名について調べ、着帽時には鼓膜温が 0.08℃上昇するが、有風下では 0.1℃下降したと報告している。

Stothers⁸⁾は、環境温 27℃で 13 名の乳児について着帽時と無帽時の酸素消費量を測定した結果、着帽時の値は無帽時の 85%しか無く、熱放散量は 75%で、着帽により熱放散が減少し、熱産生量を節約することができたと報告している。

Nielsen⁹⁾によると、8 名の被験者について環境温 2.4℃から 21℃の戸外における自転車運動と、環境温 10.0℃から 20.5℃の人工気候室における自転車エルゴメーター運動とを行ったところ、戸外で自転車による前進の結果、相対的に生じる風がある場合の鼓膜温は、無風の人工気候室で止まったままのエルゴメーター運動による場合のそれよりも低いという結果を得た。これはヘアバンド着用によっては影響を受けなかったと報告している。

このように、頭部は熱産生量が多い上に、熱放散しやすく、頭部の保温は体の全体の熱平衡を保つ上に有効であるにも拘わらず、深部体温への着帽効果を調べた研究は少ない。そこで、寒冷環境において着帽による保温効果が深部体温にどれほど影響するかを、温熱生理学の立場から明らかにするために実験を行った。

2. 方 法

(1) 被験者

事前に実験目的と手順を説明し協力を得られた健康な女子学生 7 名、年齢 21.1±0.11 歳、体重 50.4±0.9 kg、身長 158.8±0.9 cm、1.46±0.02 m² (mean ± S.E.M.) について実験を行った。

(2) 実験ウェア

実験衣服は環境温 19℃の前室で鼓膜温と直腸温が安定し、かつ環境温 10℃の人工気候室でも寒くない衣服として、上半身はアンダーシャツの上にトレーナー 2 枚とセーターを 1 枚着た上にスキージャケットを、下半身にはショーツの上にトレーナーのズボンを 2 枚と靴下を用いた。着帽時は、ウサギの毛皮の防寒帽を用い、前額は被覆し、耳部は露出する状態で着用した。

(3) 測定項目

1) 鼓膜温・直腸温

鼓膜温と直腸温は精度 0.01℃のサーミスターを用

いて測定し、1/100 温度トレーサー (宝工業, D541) を介して、フルスケール 1℃で連続記録を行った。

2) 皮膚温と頭頂部毛髪上温・帽子表面温

精度 0.1℃の熱電対を用いて全身 6 ケ所 (前額、胸部、前腕、大腿、下腿、足背) の皮膚温と、頭頂部毛髪上温、着帽時の帽子表面温を連続測定し、平均皮膚温と共にコンピュータを介して 1 分ごとに記録した。なお、平均皮膚温 (MST) は Ramanathan¹⁰⁾ の 4 点法をもとに、次式を用いて算出した。

$$MST = 0.3 T_{\text{TRUNK}} + 0.3 T_{\text{ARM}} + 0.2 T_{\text{THIGH}} + 0.2 T_{\text{LEG}}$$

3) 心拍数

心拍数は人工気候室に移る前に前室で 15 分間と寒冷暴露 75 分時から 15 分間、スポーツテスターを用いて、胸部誘導法により測定した。

4) 全身の温冷感と温熱快適感

全身の温冷感と温熱快適感は、Gagge らのスケール¹¹⁾に従って作成した。

(4) 実験手順

実験手順を Fig. 1 に示す。直腸温、鼓膜温の初期値が異なると、得られた実験結果の値について考察をするときに、始めからレベルが異なっていたためか、着衣条件による違いなのか、明らかにできない。そこで、初期値をそろえるために、まず環境温 19℃の前室において、直腸温、鼓膜温、皮膚温測定のための各センサーを取付け椅座安静を保ち、被験者の鼓膜温と直腸温が安定に達し、対照実験の値と 0.02℃以内の値を維持していることを確かめて、心拍数を測定した。

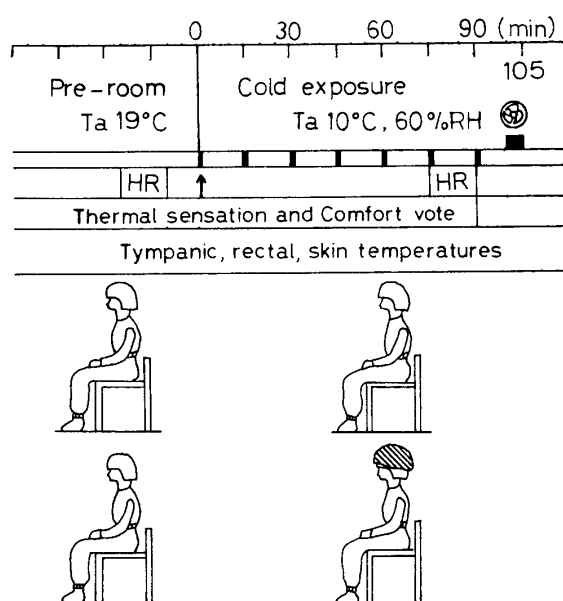


Fig. 1. Experimental procedure

寒冷環境下における帽子着用が深部体温に与える影響

着帽時の実験では、10℃の人工気候室に入室するときに着帽して移動した。寒冷暴露の75分時から90分時の15分間、心拍数を測定し、100分時から5分間顔面前方1mから扇風機で風速 2.4 ± 0.03 m/sの風を当てた。105分間の寒冷暴露中、15分ごとに温冷感と快適感を記録した。

3. 実験結果

前室で安定した鼓膜温、頭頂部毛髪上温、帽子表面温、前額部皮膚温、直腸温、心拍数が、寒冷暴露によってどのように変化するかを、無帽時と着帽時について、7人の被験者の平均値と標準誤差を用いて比較した。統計処理は対応する *T*-test を用いて行った。

(1) 鼓膜温

ヒトで脳温を直接測定することはできないが、Benzinger¹²⁾が、鼓膜温は体温調節中枢がある視床下部温を表すと報告して以来、一般に鼓膜温が脳温の指標として用いられている。Fig. 2に鼓膜温の経時変化を示す。前室で安定した鼓膜温は無帽時に 36.67 ± 0.11 ℃、着帽時に 36.65 ± 0.12 ℃で、2条件ともほぼ同じレベルである。寒冷暴露後、いずれの場合にも約0.1℃低下した。無帽時には鼓膜温は下降し続け 36.54 ± 0.13 ℃になるが、着帽時には無帽時と同様に耳部が暴露されていたにも拘わらず、着帽により鼓膜温は5分時から60分時まで約0.3℃上昇し、35分以降において無帽時より有意に高い値 36.77 ± 0.12 ℃を示した。5分間の有風時の鼓膜温は、無帽時には更に 0.25 ± 0.05 ℃の下降を示したが、着帽時には0.11

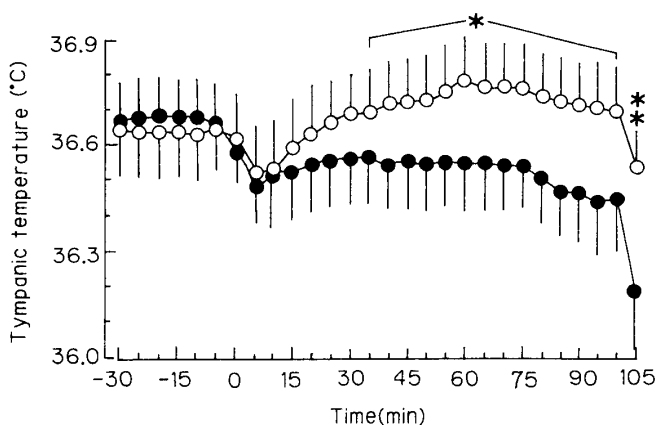


Fig. 2. A comparison of tympanic membrane temperatures between two conditions of "hat" and "no hat"

—○— Hat, —●— no hat. $n=7$, Mean $\pm$ S.E.M., * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

± 0.03 ℃しか下降を示さず、着帽による著しい保温効果が認められた。

(2) 頭頂部毛髪上温と帽子表面温

Fig. 3に頭頂部毛髪上温と帽子表面温について示す。環境温19℃における頭頂部毛髪上温は、無帽時に 29.8 ± 0.9 ℃、着帽時に 30.8 ± 0.5 ℃で両条件ともほぼ同じレベルであったが、10℃の人工気候室に入室すると、無帽時には直ちに 8.0 ± 0.1 ℃下降し、 21.5 ± 0.7 ℃になった。扇風機で顔面前方約1mより風を当てると、頭頂部毛髪上温は更に 4.6 ± 0.4 ℃の下降を示した。

一方、寒冷暴露後測定部位が被覆されていた着帽時の頭頂部毛髪上温は、むしろ 1.7 ± 0.5 ℃の上昇を示し、無帽時よりも有意に高い 32.9 ± 0.5 ℃のレベルを維持した。風の影響も僅か 0.5 ± 0.7 ℃の下降で、ほとんど変化しなかった。

帽子表面温は前室に置いてある間は環境温とほぼ等しい19℃であるが、寒冷暴露後、環境温に近い値 13.3 ± 0.3 ℃を示した。この値は、無帽時の頭頂部毛髪上温 21.5 ± 0.7 ℃よりも約8℃低く、環境と帽子表面との温度差は、環境と無帽時の頭頂部毛髪上との温度差よりも小さくなった。

(3) 前額部皮膚温

前額部皮膚温を Fig. 4に示す。寒冷暴露前の前額部皮膚温は無帽時 32.9 ± 0.1 ℃、着帽時 32.4 ± 0.2 ℃で、ほぼ同じレベルであった。無帽時の前額部皮膚温は、寒冷暴露後露出されていたが、僅か 2.4 ± 0.4 ℃だけ

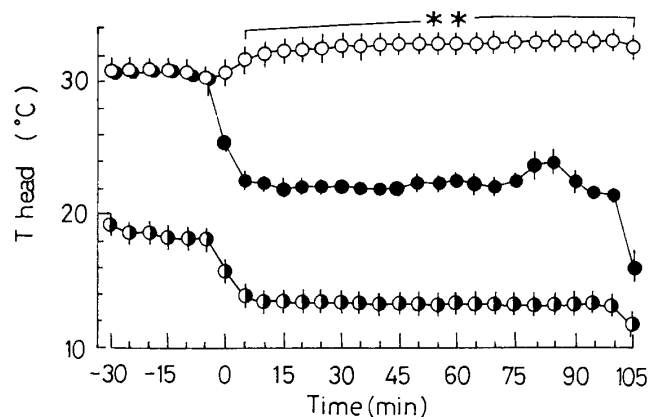


Fig. 3. A comparison of the temperatures of the top surface of the head between two conditions of "hat" and "no hat"

—○— Hat, —●— no hat. Half closed circles, temperatures of the top surface of the hat. $n=7$, Mean $\pm$ S.E.M., ** $p < 0.01$.

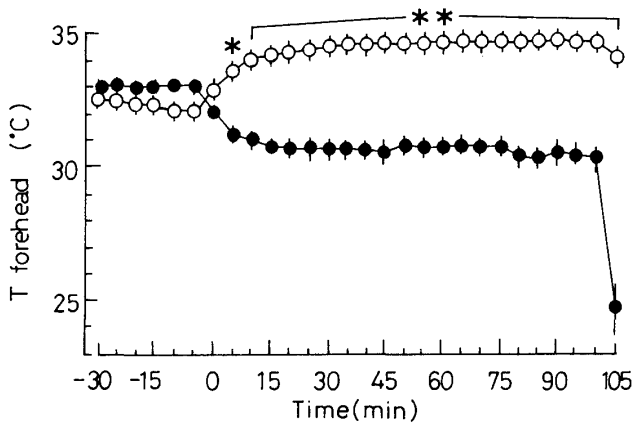


Fig. 4. A comparison of the forehead skin temperatures between two conditions of "hat" and "no hat"

—○— Hat, —●— no hat. $n=7$, Mean $\pm$ S.E.M., * $p<0.05$, ** $p<0.01$.

しか下降せず、 $30.3\pm0.4^{\circ}\text{C}$ のレベルを維持した。しかし、前面からの風により $5.6\pm0.6^{\circ}\text{C}$ の著しい下降を示し、 25°C 以下になった。

これに対し、着帽時には寒冷暴露と同時に被覆された前額部の皮膚温は $1.9\pm0.2^{\circ}\text{C}$ の上昇を示し、 $34.6\pm0.2^{\circ}\text{C}$ と、無帽時よりも有意に高い値を示した。風の影響もほとんど僅かしか認められず、 $0.7\pm0.2^{\circ}\text{C}$ の低下にとどまり、ほぼ 34°C を維持した。

(4) 直腸温

Fig. 5に見られるように前室における直腸温は、無帽時に $37.02\pm0.09^{\circ}\text{C}$ 、着帽時に $37.00\pm0.12^{\circ}\text{C}$ で、ほぼ同じ値であった。寒冷暴露直後直腸温は僅かに低下するが、5分時から上昇に転じた後、無帽時には40分時から、着帽時には65分時から再び低下した。風を当てる直前の直腸温のレベルは無帽時 $36.89\pm0.08^{\circ}\text{C}$ で、風により $0.02\pm0.02^{\circ}\text{C}$ 下降した。これは有意な下降であったが、着帽時には風による直腸温の変化は認められずに、ほぼ 37°C を維持した。

(5) 平均皮膚温

平均皮膚温の値は寒冷暴露前には、無帽時 $32.9\pm0.3^{\circ}\text{C}$ 、着帽時 $32.6\pm0.2^{\circ}\text{C}$ で、いずれの場合もほぼ同じレベルで、寒冷暴露中同様に下降し、風を当てる直前の値は無帽時に $30.6\pm0.2^{\circ}\text{C}$ 、着帽時に $30.0\pm0.2^{\circ}\text{C}$ 、風による変化は無帽時には $0.2\pm0.0^{\circ}\text{C}$ 、着帽時には $0.1\pm0.1^{\circ}\text{C}$ の変化にとどまり、寒冷暴露中両条件間に有意な違いは認められなかった。

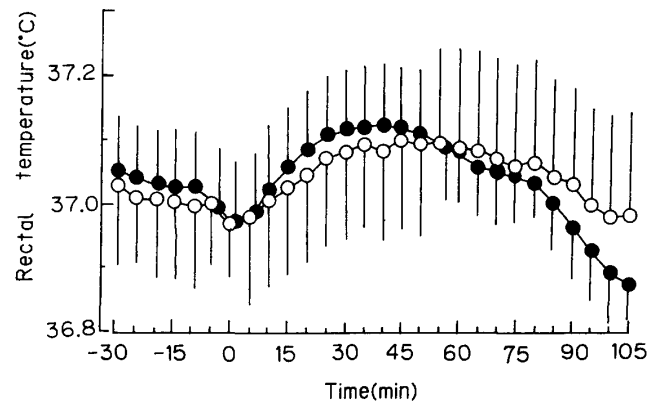


Fig. 5. A comparison of the rectal temperatures between two conditions of "hat" and "no hat"

—○— Hat, —●— no hat. $n=7$, Mean $\pm$ S.E.M.

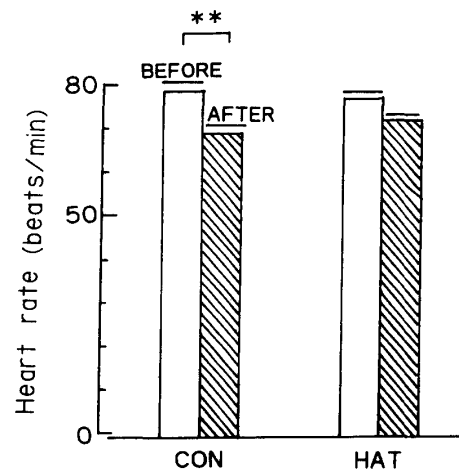


Fig. 6. A comparison of heart rate between two conditions of "hat" and "no hat"

CON, no hat; HAT, hat. Open square, before cold exposure; closed square, after cold exposure. $n=7$, Mean $\pm$ S.E.M. ** $p<0.01$.

(6) 心拍数

Fig. 6に心拍数を示す。寒冷暴露前の心拍数の値は、無帽時 78.41 ± 11.9 beats/min、着帽時 76.9 ± 12.7 beats/min、寒冷暴露後の75分時から90分時の値は無帽時 68.9 ± 10.7 beats/min、着帽時 71.8 ± 11.5 beats/minで、両条件とも寒冷暴露による低下が認められた。しかし、無帽時に認められた有意な低下が、着帽時には認められなかった。

(7) 全身の温冷感・快適感

全身の温冷感・快適感を7人の被験者について、無

寒冷環境下における帽子着用が深部体温に与える影響

帽時と着帽時を経時的に比較したが、両者間に系統的な差を見出すことはできなかった。

4. 考 察

頭部は体の他の部位よりも、熱産生量が多く、また熱放散量も多いので、寒冷下で頭部を保温すると多くの熱を体全体に保つことができ快適であるという。そこで、帽子の保温効果について明らかにする目的で、環境温 10℃において無帽時と着帽時の体温調節反応を調べた。

Benzinger¹²⁾ 以後も、小川¹³⁾ らが鼓膜温は脳温の指標として価値が高いと報告している。Brinnet¹⁴⁾、内野¹⁵⁾ らの報告に従って、次のような測定により鼓膜温が正確に測定されていることを確かめた。1) 耳翼を後ろ上方に引張って、サーミスターを挿入する。2) サーミスターが鼓膜に接触するとガサガサという音と共に、僅かな痛みを感じるが、この痛みはすぐに消失する。3) 記録計に安定した鼓膜温が記録され、その値が直腸温よりも約 0.4℃低い。4) 対照実験の値と 0.02℃以内の範囲にあって安定していること。

暑熱環境下における鼓膜温が、頭部前額部皮膚温の上昇下降に伴って上下するという報告はいくつかあり^{16)~19)}、頭部前額部皮膚温は鼓膜温、発汗反応や温熱快適感に影響を与えていることが明らかにされ、頭部と視床下部体温調節中枢へ向かう動脈血と頭部から戻ってくる静脈血との間の対向流熱交換機構があるといわれている。

低い環境温における研究⁹⁾²⁰⁾²¹⁾ は少ないが、内野²¹⁾ は男子被験者 8 人について実験を行い、前額部あるいは後頭部の冷却により同程度の鼓膜温低下が認められ、両部位を同時に冷却すると鼓膜温低下は 2 倍となること、顔面浸漬はさらに鼓膜温を低下させることを明らかにし、これは前額部から眼角静脈、上眼静脈を経て海綿静脈洞へ流入する冷却された静脈血と後頭部から錐体静脈洞を経て海綿静脈洞へ流入する静脈血が、対向流熱交換により内頸動脈血を冷却することによると報告している。

暑熱環境における着帽時の実験²²⁾ では放射熱が頭頂後部から当てられていたために鼓膜温の上昇には、頭部表面温が大きく影響したと報告されている。今回寒冷暴露時と有風時に無帽時に鼓膜温低下が認められ、着帽時にはそれが認められなかったか、あるいは低下の程度が小さかったのはなぜであろうか。

本実験において、環境温 19℃における鼓膜温は、

両条件とも約 36.6℃でほぼ同じレベルであった。しかし、寒冷暴露後、無帽時には約 0.06±0.05℃下降して、36.54±0.13℃になった。一方、着帽時の鼓膜温は、着帽時にも無帽時と同様に耳部は露出されていたにも拘わらず、寒冷暴露後着帽によりむしろ 0.07±0.05℃上昇して、無帽時の値より有意に高い 36.77±0.12℃を示した。そして、有風時の鼓膜温は無帽時に 0.25±0.01℃の下降を示したが、着帽時にはその低下は極めて小さく、僅か 0.11±0.03℃にすぎず、風の影響の受け方が少なかった。

もし、直接外気が外耳道から流入して、鼓膜温に影響を与えたならば、無帽時も着帽時も同様に耳部が露出されていたのであるから、外気の流入は同様に起こり、同じ程度に鼓膜温の下降を認めたであろう。ところが、着帽時の鼓膜温は、有風時でさえ、その低下は極めて小さかった。さらに、顔面前方から風を当てた場合、風速がいちばん高いのは顔面と後頭部で、耳部の風速は一番低く²³⁾、前方からの風が外耳道奥に流入する可能性は低いと考えられるであろう。

寒冷暴露時に無帽時の頭頂部毛髪上温、前額部皮膚温が低下し、有風時にはさらに著しい低下を認めた。その結果、頭部前額部の低い皮膚温が鼓膜温に影響を与えたことが考えられる。その経路については、二つ考えられる。一つは組織伝導によるもので、頭頂部毛髪上温や前額部皮膚温と鼓膜温との温度差に従って、頭蓋、外耳道、中耳を含む周辺組織を通して伝導による熱放散があったことは、断熱組織である脂肪が少ない頭部では十分考えられる。

もう一つは、頭部、顔面部からの静脈血が頭蓋内で動脈血と対向流熱交換を行い動脈血の温度を下げ、それが低い鼓膜温として測定された可能性である。頭部の静脈血が頭蓋内に流入して動脈血と対向流熱交換をするまでの過程については議論があるが、頭部表面の静脈血は、頭蓋壁の骨質を貫いて内外両面の静脈を結合する頭頂導出静脈、後頭導出静脈などの導出静脈を通して頭蓋内に流入する²⁴⁾。Nagasaka ら²⁵⁾²⁶⁾ によると、加温時のヒトの選択的脳冷却に顔面導出静脈が大きな影響を与えているという。高温時には体温の恒常性を保つために、前額部の静脈血は発汗等により冷却されると、内眼角で上眼静脈に注ぎ、この部で眼角静脈と吻合し上眼窩裂を通して下眼静脈を受け海綿静脈洞に注ぎ対向流熱交換を行って選択的に脳温を下げているというが、低温時においても同様にして、前額部の静脈血が着帽等により加温されると頭蓋内で動脈

血と対向流熱交換を行って、体温の恒常性を維持していることも推察される。

今回の実験では、着帽時には寒冷暴露時頭部と前額部が被覆され、耳部は露出された状態であった。頭頂部毛髪上温は寒冷暴露前には両条件ともほぼ等しい値（無帽時に $29.8 \pm 0.9^\circ\text{C}$ ，着帽時に $30.8 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ）であったが、寒冷暴露時に被覆されていた着帽時には $1.7 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 上昇し寒冷暴露中 $32.9 \pm 0.5^\circ\text{C}$ に維持された。これは、寒冷暴露により $8.0 \pm 0.8^\circ\text{C}$ の低下を示し、 $21.5 \pm 0.7^\circ\text{C}$ になった無帽時の頭頂部毛髪上温よりも有意に高いレベルである。有風時についてみると、着帽時の頭頂部毛髪上温は $0.5 \pm 0.7^\circ\text{C}$ しか低下せず、 32°C のレベルを維持した。無帽時には $4.6 \pm 0.4^\circ\text{C}$ と著しく低下して、 16°C に至った。

帽子表面温は前室に置かれているときには環境温と同じ 19°C であったが、着帽されると $13.3 \pm 1.3^\circ\text{C}$ になった。この値は、無帽時の頭頂部毛髪上温 $21.5 \pm 0.7^\circ\text{C}$ よりも、約 8°C 低いレベルであった。これは帽子表面と環境との温度差の方が、無帽時の頭頂部毛髪上と環境との温度差よりも少なくなり、環境への熱放散量は、着帽時の方が無帽時よりも少なかったことを示している。また、着帽時の帽子表面温と頭頂部毛髪上温の差が大きいということは、帽子の保温性が大きかったことを示している。

また、Rasch²⁷⁾ らは、環境温 10°C ， 15°C ， 24°C において、4 人の被験者の頭部からの熱放散を、それぞれ呼吸気道からと頭部からの、水分蒸発によるものと、放射、伝導、対流によるものとに分けて測定した。頭部からの全熱放散のうち、水分蒸発による熱放散は、安静時において環境温 5°C ， 15°C では、それぞれ 41% から 44% を占めた。頭部から蒸発する水蒸気は、着帽時には帽子に吸収され、帽子内にとどまるか、頭部表面から離れた帽子外表面で蒸発されるので、着帽時の頭部表面からの蒸発による熱放散量は、無帽時に比べて著しく減少することが推察される。

また、前額部は寒冷暴露時においても血管が収縮しにくく、皮膚温が下がりにくい部位であるので、皮膚温と環境温との温度差が大きく、熱放散が多い部位である。着帽時には前額部が被覆されていたということは、非常に保温効果が上がる部位を被覆したということになる。無帽時の前額部皮膚温低下は寒冷暴露だけでは 2.4°C しか下降しなかったが、顔面前面から風を当てた場合は 5.6°C で低下し、 25°C 以下になった。これは、対流による熱放散が急増したためであろう。着

帽時には有風下でも 0.7°C しか前額部皮膚温は変化せず、ほぼ 34°C を維持し、帽子の保温効果は有風時に特に顕著となった。

今回は寒冷血管収縮の起こりにくい前額部の皮膚温しか測定しなかったが、環境温 -20°C で顔面に 20 miles/h の風を当てると、頬部で 12°C ，鼻部で 17°C の皮膚温効果が認められ、もっとも少ない前額部でも皮膚温下降は 10°C であったと報告されている²⁸⁾。また、福田²⁹⁾ らは気温 15°C ， 10°C で有風時の顔面冷却効果について、送風による顔面皮膚温低下は前額部よりも頬骨部、頬部、顎部で大きいこと、鼻部では変動が大きいことを認めたという。今回の実験でも顔面の皮膚温を測定したならば、無帽時の皮膚温低下がさらに顕著に認められたことと推察される。先の Nielsen⁹⁾ もヘアバンドでなく帽子を使用していたら、使用時と非使用時の間に差が見いだされたかも知れない。

以上のことから帽子によって被覆された保温効果のために、頭頂部毛髪上温と前額部皮膚温が着帽時には無帽時に比べて有意に高く保たれ、風の影響も僅かしか受けなかったと考えられる。

無帽時に認められた寒冷有風時における直腸温の有意な下降が、着帽時には認められなかった。これは、Newburgh⁴⁾，Stothers⁸⁾ らが述べているように着帽によって頭部からの熱放散量が減少したために、体全体からの熱放散が抑制されたからであろう。

無帽時に寒冷暴露後の心拍数の有意な低下が、認められた。顔面を冷却すると、心拍数は低下し徐脈を生じる。これは、顔面の冷刺激、すなわち、三叉神経に冷刺激を与えることによって迷走神経反射によって生じた徐脈である²⁸⁾。顔面冷刺激による徐脈は福田²⁹⁾ らも観察しているが、Schuitema³⁰⁾ らは顔面の細部冷刺激による徐脈への効果を調べて、前額部、眼部冷却効果が大きいことを示している。今回の実験で無帽時に前額部を含む顔面の寒冷刺激により心拍数が減少したが、着帽時には前額部が帽子で被覆されていたために、徐脈が生じなかったのであろう。

5. 要 約

寒冷環境における帽子の保温効果について、着帽による被覆部の保温効果が、体全体からの熱放散をどれほど減少させているか、果たして直腸温・鼓膜温にどれほど影響を及ぼしているのかを、温熱生理学の立場から明らかにするために、7 人の女子学生を対象に、環境温 10°C の寒冷環境において、ウサギの毛皮で

寒冷環境下における帽子着用が深部体温に与える影響

きている防寒帽着用時と無帽時について、体温調節反応を調べた。得られた主な知見は、以下の通りである。

1) 環境温 19℃における鼓膜温は、無帽時 $36.67 \pm 0.11^\circ\text{C}$ 、着帽時 $36.65 \pm 0.12^\circ\text{C}$ で、ほぼ同じレベルであったが、寒冷暴露直後、いずれの場合にも約 0.1°C 下降した。無帽時の鼓膜温は下がり続け $36.54 \pm 0.13^\circ\text{C}$ に至ったが、着帽時の鼓膜温は、寒冷環境において着帽により、むしろ 0.3°C の上昇を示し、 $36.77 \pm 0.12^\circ\text{C}$ となり、無帽時より有意に高いレベルを維持した。有風下では、無帽時には $0.25 \pm 0.05^\circ\text{C}$ の下降を示したが、着帽時には $0.11 \pm 0.03^\circ\text{C}$ しか下降しなかった。

2) 頭頂部毛髪上温は、前室では無帽時には $29.8 \pm 0.9^\circ\text{C}$ 、着帽時に $30.8 \pm 0.5^\circ\text{C}$ で、ほぼ同じレベルであったが、寒冷暴露後無帽時に直ちに約 8°C 下降し $21.5 \pm 0.7^\circ\text{C}$ になった後、有風時には更に 4.6°C の下降を示した。寒冷暴露後の着帽時の頭頂部毛髪上温は、むしろ $1.7 \pm 0.5^\circ\text{C}$ の上昇を示し、無帽時よりも有意に高い $32.9 \pm 0.5^\circ\text{C}$ のレベルを維持した。有風時も僅か $0.5 \pm 0.7^\circ\text{C}$ しか変化しなかった。帽子の表面温は、前室に置いているときにはほぼ室温と同じ 19°C であったが、寒冷暴露後は、環境温に近い 13°C を示した。これは、無帽時の頭頂部毛髪上温 $21.5 \pm 0.7^\circ\text{C}$ よりも、更に低い値であった。

3) 前額部表面温は、前室では無帽時に $32.9 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 、着帽時に $32.4 \pm 0.2^\circ\text{C}$ でほぼ同じであったが、寒冷暴露後は、無帽時に $2.4 \pm 0.4^\circ\text{C}$ の下降を示し $30.3 \pm 0.4^\circ\text{C}$ となり、有風時にはさらに $5.6 \pm 0.6^\circ\text{C}$ 下降した。着帽時には寒冷暴露後 $1.9 \pm 0.2^\circ\text{C}$ の上昇を示し、無帽時よりも有意に高い $34.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$ となり、有風時も $0.7 \pm 0.2^\circ\text{C}$ の下降しか認められなかった。

4) 前室における直腸温は、無帽時には $37.02 \pm 0.09^\circ\text{C}$ 、着帽時には $37.00 \pm 0.12^\circ\text{C}$ で、ほぼ同じであった。寒冷有風時における直腸温は、無帽時には $0.02 \pm 0.02^\circ\text{C}$ の有意な下降を示したが、着帽時には変化が認められなかった。

5) 無帽時の心拍数は前室における 78.41 ± 11.9 beats/min から、寒冷暴露後有意に低下して 68.9 ± 10.7 beats/min になったが、着帽時には有意な低下は認められなかった（前室では 76.9 ± 12.7 beats/min、寒冷暴露後 71.8 ± 11.5 beats/min）。

寒冷環境並びに有風下において、耳部は着帽時にも無帽時と同様に露出されていたにも拘わらず、鼓膜温が着帽時に無帽時よりも有意に高く保たれたのは、着

帽時には帽子の保温効果により頭頂部毛髪上温、前額部皮膚温が無帽時のように低下しなかったことにより、組織伝導による熱放散が少なく、また対向流熱交換も行われて、鼓膜温を低下させなかったと考察した。

無帽時に認められた寒冷有風時における直腸温の有意な下降が、着帽時には認められなかった。これは、着帽によって体全体からの熱放散が抑制されたからと考えられる。また、着帽時には前額部が保温されたので、無帽時に認められた寒冷刺激による徐脈が、着帽時には消失した。

おわりに、本実験に御協力いただきました奈良女子大学家政学部被服学科被服生理学講座平成3年度卒業生並びに被験者諸氏に感謝いたします。

本研究は、平成元年度文部省科学研究費補助金（一般C）の交付を受けて行ったものの一部であることを付記し、謝意を表する。なお、本研究の概要は、平成4年度(Ⅱ)日本家政学会大会において発表した。

引用文献

- 1) 松田幸次郎, 市岡正道, 東 健彦, 菅野富雄, 佐藤昭夫 (共訳): 医科生理学展望, 丸善, 東京, 451 (1975)
- 2) 勝木保次, 内園耕二 (編): 新生理学大系, 医学書院, 東京, 22 巻, 56 (1987)
- 3) 庄司 光: 被服衛生概説, 光生館, 東京, 111 (1971)
- 4) Newburgh, L. H. ed.: Heat Regulation and The Science of Clothing, Hafner Publishing Co., New York and London, 418-436 (1968)
- 5) 尾崎修作: 京府医大誌, **72**, 385~398 (1963)
- 6) 今村律子, 根来ひとみ, 藤木恵美, 奥窪朝子: 大阪教育大学紀要, **39**, 131~139 (1991)
- 7) 長谷川豪志: デサントスポーツ科学, **3**, 232~236 (1982)
- 8) Stothers, J. K.: *Arch. Disease Childhood*, **56**, 530-534 (1981)
- 9) Nielsen, B.: *Pflügers Arch.*, **411**, 456-461 (1988)
- 10) Ramanathan, N. L.: *J. Appl. Physiol.*, **19**, 531-533 (1964)
- 11) 中山昭雄 (編): 温熱生理学, 理工学社, 東京, 59 (1981)
- 12) Benzinger, T. H.: *Physiol. Rev.*, **149**, 671-759 (1969)
- 13) 小川徳雄, 山下由果, 菅屋潤壹, 大西範和, 夏目恵子, 今村律子, 梅山孝江, 一石典子, 沼田克雄: 日生氣誌, **26**, 161~167 (1989)
- 14) Brinnet, H. and Cabanac, M.: *J. therm. Biol.*, **14**, 47-53 (1989)
- 15) 内野欽司: 日生理誌, **51**, 387~404 (1989)
- 16) McCaffrey, T. V., McCook, R. D. and Wurster, R. D.: *J. Appl. Physiol.*, **39**, 114-118 (1975)

- 17) McCaffrey, T. V., Steven, G., Chung, J. M. and Wurster, R. D.: *Aviat. Space Environ. Med.*, **46**, 1353-1357 (1975)
- 18) Cohen, J. B., Allan, J. R. and Sowood, P. J.: *Aviat. Space Environ. Med.*, **60**, 315-320 (1989)
- 19) 山下由果：愛知医科大学医学会雑誌, **17**, 875~886 (1989)
- 20) Cabanac, M. and Cuputa, M.: *J. Physiol.*, **286**, 255-264 (1979)
- 21) 内野欽司, 増田 允, 長谷川豪志, 西牟田守：宇宙航空環境医学, **19**, 67~74 (1982)
- 22) 緑川知子, 登倉尋実：家政誌, **43**, 421~427 (1992)
- 23) Clark, R. P. and Edholm, O. G. (ed.): *Man and His Thermal Environment*, Edward Arnold, London, 70-96 (1985)
- 24) 平沢 興, 岡本道雄：「解剖学, 脈管学」, 金原出版, 東京, 118 (1950)
- 25) Nagasaka, T., Brinnel, H., Hirata, K., Noda, Y. and Sugimoto, N. (Mercer, J. B., ed.): *Thermal Physiology*, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, 205-210 (1989)
- 26) Nagasaka, T., Hirashita, M., Tanabe, M., Sakurada, S. and Brinnel, H.: *Jpn. J. Biometeor.*, **27**, 113-120 (1990)
- 27) Rasch, W., Samson, P., Cote, J. and Cabanac, M.: *J. Appl. Physiol.*, **7**, 590-595 (1991)
- 28) LeBlank, J.: *Man in the cold*, Thomas Publisher, Springfield, 63-89, 172-192 (1975)
- 29) 福田明子, 大野静枝：家政誌, **39**, 319~326 (1988)
- 30) Schuitema, K. and Holm, B.: *Acta Physiol. Scand.*, **132**, 119-120 (1988)