

原 著

ヨツユビハリネズミの全身麻酔に伴う低体温と保温の効果

海野 ひろ花 鈴木 馨[†]

東京農工大学農学部附属広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センター
(〒183-8509 府中市幸町3-5-8)

(2016年1月27日受付・2016年5月13日受理)

要 約

ヨツユビハリネズミ (n=5) の全身麻酔に伴う低体温と危険な随伴症状の発生及び保温の効果について調べた。実験では、アトロピン (0.05mg/kg), ジアゼパム (4mg/kg), ケタミン (50mg/kg) の皮下注射による導入後, イソフルラン (2%) 吸入で維持する場合と, 高濃度イソフルランガス (5%) による導入後, 同じく2%吸入で維持する場合で比較した。麻酔は60分間維持した。保温しないと, 注射導入・高濃度ガス導入にかかわらず, 全例で明らかな低体温 (最低値: $29.7 \pm 0.6^\circ\text{C}$) となり, 著しい呼吸循環抑制からほぼ全例でチアノーゼが観察された。これに対して保温した場合には, 注射導入・高濃度ガス導入のいずれでも体温低下は軽微 (最低値: $32.5 \pm 0.3^\circ\text{C}$) であり, チアノーゼの発生が大幅に抑制された。これらから, ヨツユビハリネズミの全身麻酔で保温は有効かつ必須であることが示された。——キーワード: ヨツユビハリネズミ, 呼吸循環抑制, 保温の効果, 全身麻酔, 低体温。

-----日獣会誌 69, 463~467 (2016)

ヨツユビハリネズミ (*Atelerix albiventris*) は, わが国でも人気のエキゾチックペットである [1]。ハリネズミは臆病で警戒すると背面の針を立て丸くなり身を守ろうとすることから用手保定が難しい。この防御姿勢をとったハリネズミを診療することは容易ではなく, 手術はもちろん聴診・触診でも全身麻酔が必要となることが多い [2]。

麻酔の副作用に体温低下と呼吸循環抑制がある。ヨツユビハリネズミには気温の低下とともに顕著な低体温になる性質があり [3], 長時間の麻酔では異常な低体温とチアノーゼなど危険な随伴症状の発生が危惧される。これまでハリネズミの麻酔は導入箱にガスを供給する方式が一般的で [2], 前投与の研究報告なども限られている。短時間の軽処置だけでなく本格的な外科手術を支えるためには, 体温管理や注射薬の併用など麻酔技術改善の余地が大きい。

そこで本研究では, ハリネズミの麻酔に伴う低体温と危険な随伴症状 (呼吸循環抑制, チアノーゼ) の発生及び保温の効果について調べた。特に麻酔導入にあたっては, 高濃度ガス吸入のほか注射による方法も試み, その

実用性を検討することも目的の一つとした。

材料及び方法

対象動物及び飼育環境: 臨床的に健康なヨツユビハリネズミ (9~10カ月齢, 雄2個体, 雌3個体, 体重250~580g) を研究対象とした。雄と雌で分けたケージ (W75×H45×D40cm) での複数飼育とし, 内部には紙を細かく裁断した敷料と個体数分のフェルト製袋をシェルターとして入れた。飼料は市販のフェレットフード (森の小動物シリーズ フェレットフード 4歳からの高齢期用, ペットライン(株), 岐阜) をふやかしてから, 小動物用粉ミルク (ワンラック・ペットミルク 小動物用, (株)森乳サンワールド, 東京) をふりかけたものとし, 1個体当たり8~12gを1日1回夕刻 (16:00頃) に与えた。水は自由摂取させ, 飼育室の光条件は明期:暗期=12時間:12時間 (明期6:00~18:00), 室温約24°C, 湿度は自然状態のままとした。実験は, 東京農工大学動物実験小委員会の承認を得て実施した。

実験計画: 全5個体について, 注射で麻酔導入する場合と高濃度ガスで導入する場合の麻酔実験を行った。さ

[†] 連絡責任者: 鈴木 馨 (東京農工大学農学部附属広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センター)

〒183-8509 府中市幸町3-5-8 ☎ FAX 042-367-5867 E-mail: kaoru@cc.tuat.ac.jp

ヨツユビハリネズミの全身麻酔に伴う低体温と保温の効果

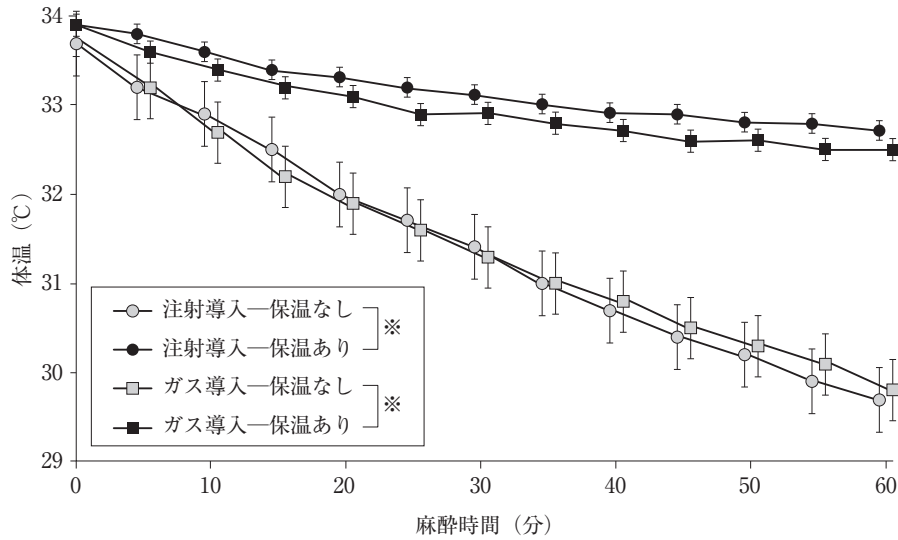


図 ヨツユビハリネズミ (*Atelerix albiventris*, n=5) の全身麻酔に伴う体温の推移 (平均値±標準誤差)

※: 体温の低下幅について有意水準5%で有意差があることを示す

らにそれぞれの導入方法について、保温しない場合と保温する場合の2とおりの条件を設定した。すなわち1個体について、①注射導入—保温なし、②注射導入—保温あり、③ガス導入—保温なし、④ガス導入—保温あり、の4とおりの方法・条件で麻酔をかける比較実験を行った。なお同一個体の麻酔では、1~2週間の回復期間を設けた。

麻酔方法: 注射導入ではハリネズミを小さなプラスチック製の箱 (W10×H10×D10cm) に入れて保定とし、ピンセットまたは鉗子でハリネズミ背部の針をつまんで皮膚を引き上げることで皮下注射を行った。使用した薬品・用量はアトロピン0.05mg/kg、ジアゼパム4mg/kg、ケタミン50mg/kgである。これらの用量は、ハリネズミの限られた文献 [2] をもとに投与を試みたものの、十分な導入効果が得られなかったことから、ほかの小型エキゾチックアニマルでの用量 [4] も参考にしつつ、予備実験で決定した。ガス導入では導入箱 (W27×H25×D20cm) にハリネズミを入れ、5%イソフルランガスを吸入させた。導入後はハリネズミを小動物保定台に仰臥位に保定して猫用麻酔マスクを装着し、酸素流量 1l/min の半閉鎖循環式で、導入のための注射またはガス供給から10分経過後を0時とし、60分間麻酔を維持した。麻酔維持中のイソフルラン濃度は気化器のダイヤル濃度で2%とした。保温は小動物用電気マット (45×28cm) を使い、これにバスタオルを敷いて使用した。電気マットの設定温度は36℃を原則とし、ハリネズミの背部が約36℃になるように、皮膚赤外線体温計 (イージーテム, 原沢製薬工業(株), 東京) で適時実測しながら調節した。保温なしの場合には、同じ条件で電気マットのスイッチを入れなかった。麻酔維持時間

(60分間) 経過後は、気化器をOFFにして純酸素のみ吸入させ、保温条件にかかわらず電気マットと保温電球で積極的に体を温め、覚醒を促した。麻酔実験中の室温は約24℃に管理した。

観察測定項目: 導入のための注射またはガス供給からマスク装着までを導入時間、気化器をOFFにしてからハリネズミが腹臥位で動き始めるまでを覚醒時間として計測した。また前述の0時から20分ごとに60分までの計4回 (体温のみ5分ごとに計13回)、体温・心拍数・呼吸数を測定するとともに、チアノーゼ発生の有無・程度を確認した。体温はラット用体温測定器 (AD-1687 専用体温計, エー・アンド・デイ(株), 東京) を用いて、麻酔導入後直腸に挿入・留置したプローブから測定した。心拍数は聴診で、呼吸数は呼吸モニター (新鋭工業(株), 埼玉) 及び胸腹部の目視で計測した。チアノーゼは0時と比べて皮膚粘膜色に変化のないものを「なし」、やや蒼白化の傾向を認めるものを「軽度」、明らかな蒼白化ないし紫色化を「重度」とした。

データの取り扱いと統計手法: 導入及び覚醒時間・体温・心拍数・呼吸数の計測値はすべて平均値±標準誤差で表した。保温の効果を統計的に検証するため、体温・心拍数・呼吸数については、①注射導入—保温なし、②注射導入—保温あり、③ガス導入—保温なし、④ガス導入—保温あり、の4とおりの方法・条件ごとに、0時と60分までの最低値の差を算出し、①と②、③と④でそれぞれ Welch-test で比較した。覚醒時間についても、計測値を①と②、③と④でそれぞれ Welch-test で比較した。有意水準はいずれも5%とした。

表1 ヨツユビハリネズミ (*Atelerix albiventris*, n=5) の全身麻酔に伴う心拍数・呼吸数の変化 (平均値±標準誤差)

	麻酔時間 (分)				低下幅*
	0	20	40	60	
心拍数 (回/分)					
注射導入—保温なし	238±10	194±12	166±13	149±11	89±17
注射導入—保温あり	260±11	224±12	201±11	186±11	74±11
ガス導入—保温なし	238±8	169±10	136±12	122±10	116±3
ガス導入—保温あり	230±8	181±12	164±12	161±11	71±11
呼吸数 (回/分)					
注射導入—保温なし	48±18**	24±20***	17±16***	16±16***	32±7
注射導入—保温あり	28±13**	9±4	16±10	22±13	21±9
ガス導入—保温なし	49±4	30±9	18±8	13±8	36±9
ガス導入—保温あり	49±6	37±6	32±9	31±7	24±4

*低下幅: 0時と60分までの最低値の差 (平均値±標準誤差)

** : 1例が速い浅迫呼吸で回数が数えられず, 平均値の計算から除外した

*** : 20分で1例, 40分で2例, 60分で3例が回数が計測できなくなり, 平均値の計算では0回/分とみなした

※ : 有意水準5%で有意差があることを示す

成 績

導入時間は注射導入で 3.1 ± 0.6 分, ガス導入で 6.8 ± 0.8 分と, すべて10分未満で導入できた。覚醒時間は, 注射導入では保温しないと 52.5 ± 6.5 分, 保温すると 32.4 ± 7.7 分であり, ガス導入ではこれより短く, 保温なしで 16.5 ± 2.3 分, 保温ありでは 10.8 ± 1.1 分であった。保温の覚醒時間の短縮効果については, 有意差は検出されなかったものの, 注射導入・ガス導入いずれの場合でも, 保温すると覚醒までの時間が短縮する傾向にあった。

図に体温の推移を示した。保温しないと, 注射導入・ガス導入に関わらず, 全例で明らかな低体温となった。0時の体温が注射導入の場合 $33.7 \pm 0.2^\circ\text{C}$, ガス導入の場合 $33.9 \pm 0.3^\circ\text{C}$ であるのに比べ, 最低値はどちらも60分の $29.7 \pm 0.6^\circ\text{C}$, $29.8 \pm 0.6^\circ\text{C}$ であり, 低下幅はそれぞれ $4.0 \pm 0.4^\circ\text{C}$, $4.1 \pm 0.4^\circ\text{C}$ であった。保温すると, 0時の体温が注射導入 $33.9 \pm 0.2^\circ\text{C}$, ガス導入 $33.9 \pm 0.1^\circ\text{C}$ に対して, 平均の最低値は60分のそれぞれ $32.7 \pm 0.5^\circ\text{C}$, $32.5 \pm 0.3^\circ\text{C}$ であり, 低下幅 $1.2 \pm 0.4^\circ\text{C}$, $1.4 \pm 0.2^\circ\text{C}$ はいずれも対応する保温なしの場合と比べて有意に小さかった。

心拍数・呼吸数の変化を表1に示した。心拍数は導入方法・保温条件に関わらず, 麻酔時間の進行とともに低下する傾向が明らかであった。0時と60分までの最低値の差は, 注射導入—保温なし 89 ± 17 回/分, 注射導入—保温あり 74 ± 11 回/分, ガス導入—保温なし 116 ± 3 回/分, ガス導入—保温あり 71 ± 11 回/分であり, どちらの麻酔導入方法でも保温すると心拍数の減少が小さくなる傾向にあって, 特にガス導入では有意差が検出された。呼吸数については, 注射導入—保温なしの20~60分にかけて, 5例中3例が強い呼吸抑制から, 呼

表2 ヨツユビハリネズミ (*Atelerix albiventris*, n=5) の全身麻酔に伴うチアノーゼの発生状況

	麻酔時間 (分)			
	0	20	40	60
注射導入—保温なし				
なし	4	0	0	0
軽度	1	4	1	1
重度	0	1	4	4
注射導入—保温あり				
なし	5	4	3	2
軽度	0	1	2	3
重度	0	0	0	0
ガス導入—保温なし				
なし	5	4	4	1
軽度	0	1	0	3
重度	0	0	1	1
ガス導入—保温あり				
なし	5	3	3	3
軽度	0	2	2	2
重度	0	0	0	0

吸モニターが反応せず, 目視確認も実際上困難なきわめて緩徐で浅い呼吸しか観察できなくなった (平均値の計算では0回/分とみなした)。また, 注射導入—保温なし・ありのいずれも5例中1例が速い浅迫呼吸で回数が数えられなかった (平均値の算出からは除外した)。すべての麻酔導入方法・保温条件で個体差はあるものの呼吸数が減少する傾向は明らかであった。0時と最低値の差は, 注射導入—保温なし 32 ± 7 回/分, 注射導入—保温あり 21 ± 9 回/分, ガス導入—保温なし 36 ± 9 回/分, ガス導入—保温あり 24 ± 4 回/分であり, どちらの導入方法でも有意差は検出されなかったが, 保温すると呼吸数の低下が小さくなる傾向にあった。

チアノーゼの発生状況を表2に示した。保温しないと,

ガス導入の1例を除く全例で麻酔時間の進行とともにチアノーゼが発生した。特に注射導入では早い時間から発生し、かつ重度になる傾向が認められた。保温するとチアノーゼの発生が抑制される傾向が明らかであり、注射導入・ガス導入いずれでも、重度例は認められず、なしと判定される例数が増加した。

考 察

ハリネズミは手で保定するのが難しい動物である。著者らは丸まったハリネズミがちょうど収まる小さめの箱に入れて保定とした。防御姿勢をとったハリネズミは少しの刺激に対してはより強く丸まる習性があり、これを利用するのは合理的な方法である。注射法についても、実地臨床家はそれぞれ工夫した手法ですでに実行していると思われるが、著者らは記述した方法でダニ駆除のためのイベルメクチン投与などをルーチンに行っている。ただしこれは皮下注射に限られ、筋肉注射の安全な実行には懸念があり、静脈注射は不可能である。注射導入に用いた薬品の用量は、小型エキゾチックアニマルでの用量 [4] を参考にしつつ、予備実験で決定した。投与経路が皮下注射のため、また円滑な導入を確実にするため、用量が増え、作用時間が長引く傾向はあったと思われる。このことから注射導入で覚醒時間が延長したものの、保温による短縮効果も明らかであった。臨床では、全身状態の評価から慎重に用量を調節することで、安全性の向上を図るべきと考えられる。

ハリネズミの体温は平常でも低く、平均体温を35.1℃とする報告 [5] がある。よって本研究の0時の体温（麻酔導入が安定した初期値）は十分予測される値と評価できるものの、保温しない場合には麻酔時間の経過とともに平均で30℃を下回るまで低下した。麻酔が体温を低下させることは避けられない。しかし危険の境界には注意が必要である。犬の全身麻酔では、37℃を低体温とするもの [6] のほか、35℃で低体温・32.8℃を下回ると生命が脅かされるとするもの [7] などがある。犬と比べて著しく体が小さいハリネズミの場合、低体温へより大きな注意を払う必要があり、観察された4℃の低下は危険水準にあると評価するのが妥当と考えられる。電気マットを用いた保温の効果は麻酔導入方法のいかんを問わず明らかであり、ハリネズミの全身麻酔で保温は不可欠であることが示された。診療の内容によっては、電気毛布で体を覆うなどを併用することでより高い保温効果が望めるかもしれない。

ハリネズミの生理的な心拍数は180～280回/分とされている [8]。これと比べると本研究で観察された心拍数の減少は、保温しない場合で麻酔時間が経過したところでは明らかであるものの、注射導入・ガス導入のどちらの場合でも、保温で改善できるものと考えられる。一

方、呼吸数は生理的数値が25～50回/分である [8]。本研究の観察では、すべての導入方法・保温条件で個体差はあるものの呼吸数が低下する傾向が明らかであり、特に注射導入で保温しない場合に著しい呼吸抑制を示す個体が多かった。保温が呼吸抑制を食い止める効果を持つことが示されたことから、体を温めることはもちろん、変化の観察を目的とした実験研究とは異なる実際の臨床では、補助呼吸を行うことも重要であろう。これは気管チューブを挿管できない動物でも十分可能で、麻酔マスクを口吻に密着あるいはビニール袋で頭部を覆い、動物の状態を観察しながら、麻酔器の呼吸バッグを手で絞ればよい。著者らも診療ではルーチンで実行している。

チアノーゼは動脈血中の過剰な還元ヘモグロビンによって皮膚粘膜が蒼白ないし紫色化する現象で、低酸素症を示すサインであり、生命を脅かす危険な状態である [9]。本研究の観察では、導入方法にかかわらず、保温しない場合にはほぼ全例でチアノーゼが発生した。特に注射導入した場合には、早い段階からチアノーゼがみられ、かつ重度になる傾向が明らかであった。このことは呼吸抑制の所見とよく一致しており、これらの個体では肺でのガス交換の低下がチアノーゼを引き起こしたことを示している。一方、明らかな呼吸数の低下なしに重度のチアノーゼが発生した個体も存在した。これについては低体温による末梢循環不全がチアノーゼの原因として考えられる。すなわち、毛細血管での血流の低下から組織への酸素移行が増大して出現するチアノーゼである [10]。保温がチアノーゼの発生を抑制したこともこのことを裏づけており、麻酔中の保温の重要性を示している。

本研究の所見から、①ハリネズミの全身麻酔ではガス導入だけでなく前投与を含めた注射導入も実用性があること、②導入方法にかかわらず麻酔中に保温しないと著しい低体温になること、③低体温に関連して明らかな呼吸循環抑制が起こること、④低体温は危険なチアノーゼを発生させること、⑤保温は低体温と危険な随伴症状の発生を効果的に抑制することからハリネズミの安全な全身麻酔に必須であること、が示された。外科手術をはじめとするハリネズミの診療行為を支える麻酔技術の向上に貢献するところが大きいと意義づけられた。

引用文献

- [1] Abe N, Matsubara K : Molecular identification of *Cryptosporidium* isolates from exotic pet animals in Japan, *Veterinary Parasitology*, 209, 254-257 (2015)
- [2] Pye GW : 食虫目, エキゾチックアニマル臨床シリーズ 鎮痛法と麻酔法, 中西真紀子訳, Heard DJ編, 第1版, 160-162, メディカルサイエンス社, 東京 (2004)
- [3] Brich S, Higginson G : *Exotic animal medicine*,

- Mosby's Comprehensive Review for Veterinary Technicians, Tighe MM et al eds, 4th ed, 356-384, Elsevier Mosby, St.Louis (2015)
- [4] Cantwell SL: フェレット, ウサギ, 齧歯類の麻酔, エキゾチックアニマル臨床シリーズ 鎮痛法と麻酔法, 中西真紀子訳, Heard DJ編, 第1版, 109-128, メディカルサイエンス社, 東京 (2004)
- [5] Hoefer HL: ハリネズミ類, エキゾチックペットの医学 II, 増井光子他訳, Quesenberry KE et al編, 第1版, 87-92, 学窓社, 東京 (1996)
- [6] Oncken AK, Kirby R, Rudloff E: Hypothermia in critically ill dogs and cats, *Comp Cont Educ Pract Vet*, 23, 506-521 (2001)
- [7] 山下和人: 麻酔中の管理, 獣医臨床麻酔学, 佐々木伸雄他監, 第1版, 62-81, 学窓社, 東京 (2006)
- [8] Carpenter JW, Marion CJ: Hedgehogs, *Exotic Animal Formulary*, Carpenter JW eds, 4th ed, 455-475, Elsevier Saunders, St.Louis (2013)
- [9] Dunlop CI: 肺炎とチアノーゼをともなう症例の麻酔, 小動物麻酔における諸見解, 井上和幸訳, Haskins SC et al編, 第1版, 150-152, 学窓社, 東京 (1994)
- [10] 立野 滋: チアノーゼについて, *日本小児循環器学会雑誌*, 31, 95-101 (2015)

Hypothermia Accompanying General Anesthesia in African Pygmy Hedgehogs and the Effect of Heat Retention

Hiroka UNNO and Kaoru SUZUKI[†]

**Field Science Center, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, 3-5-8 Saiwai-cho, Fuchu, 183-8509, Japan*

SUMMARY

This study aimed to examine the hypothermia that accompanies general anesthesia in African pygmy hedgehogs (n=5) and the occurrence of associated detrimental symptoms, as well as the effect of heat retention. For the purpose of comparison, all the hedgehogs were anesthetized under two different regimens: induction via subcutaneous injection of atropine (0.05 mg/kg), diazepam (4 mg/kg), and ketamine (50 mg/kg), followed by maintenance through the inhalation of isoflurane (2%) or induction through the inhalation of a high concentration of isoflurane gas (5%), followed by maintenance through the inhalation of a isoflurane (2%). All the hedgehogs were anesthetized, and anesthesia was maintained for 60 minutes. Without heat retention, all the hedgehogs showed clear signs of hypothermia (minimum: $29.7 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$), regardless of whether they were anesthetized via injection or inhalation. Cyanosis resulting from marked cardiorespiratory depression was observed in almost all the hedgehogs. In contrast, with heat retention, all the hedgehogs experienced only a slight case of hypothermia (minimum: $32.5 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$), regardless of anesthesia by injection or inhalation. The occurrence of cyanosis was greatly reduced. These findings indicate that heat retention is effective and essential in the general anesthesia of African pygmy hedgehogs. — Key words : African pygmy hedgehog, cardiorespiratory depression, effect of heat retention, general anesthesia, hypothermia.

[†] *Correspondence to : Kaoru SUZUKI (Field Science Center, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology)*

3-5-8 Saiwai-cho, Fuchu, 183-8509, Japan

TEL · FAX 042-367-5867 E-mail : kaoru@cc.tuat.ac.jp

J. Jpn. Vet. Med. Assoc., 69, 463~467 (2016)