

人民军医小丛书

人对北方气候适应的 生理卫生学问题

中国人民解放军总后勤部卫生部

內 容 提 要

本书较系统地阐述了人对北方气候适应过程中的生理卫生学问题。较详细地介绍了人体局部及全身受冷后的体温调节问题，分析了交感-肾上腺系统对代谢的影响及机体的反应性（如肾上腺皮质的机能状态，血液，总的免疫反应性，及维生素C的含量变化等）。指出了为增强机体对寒冷的耐力所采取的预防措施及其理论依据。

本书读者对象为在北方寒区工作的广大军医，及从事卫生学、病理生理学及生物化学工作的科研、教学人员。

2462/18

译 者 的 话

本书是苏联医学出版社1979年出版的一本用现代观点分析研究人体在适应北方气候时的体温调节机理、交感-肾上腺系统生理及机体反应性的新书。

本书作者之一为教授、原苏联基洛夫军事医学院教研室主任、军医上校，现已退役；另2名为医学副博士、军医中校和少校。多年来他们用最新而复杂的生理、生化及卫生学的研究方法，对人体适应北方气候的生理卫生学问题做了较系统而全面的调查研究，在获得大量试验数据及参考其他文献资料的基础上，从新的角度，阐述了人体对寒冷适应的结果。

本书详细地介绍了人体局部及全身受冷后的体温调节问题，专门分析了交感-肾上腺系统的生理及其对北方人员机体代谢过程的影响；从研究肾上腺皮质功能状态、血液系统及总的免疫学反应性以及维生素C保障等角度，介绍了正常人体的机能反应性；指出了寒区人体的生理及卫生学作为生物学课题，与其他科学领域及临床医学有着一定的联系，以及今后的研究方向。还提出了加速人体对北方严寒气候条件适应过程的方法和建议。

本书对我国军事医学研究具有一定的参考价值，供在北方寒区从事卫生学、生理、病理、病理生理、生化及临床工作者参考。

对于书中的个别部分，根据我军的情况，做了一些删节。

由于译者水平有限，缺点错误在所难免。请读者多加批评指正。

译 者

1981年1月

引 言

从医学生物学观点来看气候因素的统一的及互相制约的作用，可以了解到气象因素频繁而又无规则的剧烈突变比稳定的周期变化，对人体更不适宜。极区气候的特点是：大气现象非常明显，有强烈的周期现象，在短时间内气温、湿度、气压和风速急剧变化，极区特有的极夜和极昼的交替现象，宇宙辐射、地磁暴等。

许多研究工作者认为，北方不适宜的严寒的气候，甚至“极端异常”的气候，对人体的要求很高，特别是在到达不习惯的外界环境的最初阶段，只有及时地改变生理机能的适应水平，才能保证人在新条件下正常生存的可能性。也要注意机体适应性的建立，是以一定的“生物社会代价”换取的。

从卫生学观点看，极区气候与柔和的及相对稳定的气候相比，是有“刺激性”的（其表现就是严寒和易变）。

各微小气候区之间的差异，对于北方气候来说，是极重要的，其明显特性是气象因素截然不同。极区气候分为4种类型：西部温和气候，东欧气候，东西伯利亚大陆性气候及远东寒冷气候。B. П. 阿里索夫(1969)认为，各地气候形成的主要因素是：太阳辐射，大气环流和地貌。极区气候的所有4种类型在这些气候形成因素的影响下，形成了特殊的物理地理环境，其共同特点是：辐射负平衡；

强烈的风暴；天气的不稳定性和易变性；气象因素的急剧变化；地磁活性增高。

移居北方的人，其机体特异性和非特异性的适应性反应产生的复杂性，对人的适应能力有特殊的科学意义和实际意义。众所周知，适应就是对变化着的外界环境的适应能力。“适应”是很广泛的生物学概念。最近，许多作者鉴于“适应”这个词已广泛用于国际文献，故建议只采用这个术语。我们的意见是：在研究机体对新的气候条件的适应反应时，趋向于用“习服”这个术语，作为适应的一种特殊形式。从气候这个概念来讲，也要求使用习服这个术语。

本书的基本任务是：向有关人员提供人在北方习服的一些生理卫生学方面的知识。首先是在机体对外界低温环境适应中起主导作用的体温调节的研究结果。此外还探讨了生理机能的神经和激素调节问题，以及代谢的特点，机体维生素C的饱和度，机体的生物免疫学的反应性。也讨论了在新的气候条件下，机体状况的综合性指标——发病率。

我们观察了由我国中部和南部地区移居北方的健康青年人。研究是在习服初期（居住半年至1年），及对极区气候已适应的阶段（居住2～3年以上）进行的。这样可以观察到在习服过程中生理和生化指标的变化，并在一定程度上揭示了适应性变化的机制。

我们希望通过这本书，为创立新的医学科学学科——极地医学——做出力所能及的贡献，欢迎对本书提出意见、建议，我们表示感谢，并将认真研究改进。

目 录

译者的话

引言

第一章 在低温条件下的体温调节问题	(1)
第一节 基础代谢水平增高.....	(2)
第二节 机体产热量增加.....	(4)
第三节 热损耗问题.....	(7)
第四节 锻炼的作用.....	(18)
第二章 交感-肾上腺系统的作用	(37)
第一节 生理作用.....	(37)
第二节 对交感-肾上腺系统机能的检 查方法.....	(41)
第三节 在寒区儿茶酚胺排出量增加.....	(43)
第四节 植物神经系统反射作用加强.....	(53)
第五节 凯尔乔指数.....	(55)
第六节 交感-肾上腺系统的反应性	(57)
第七节 儿茶酚胺与受体的相互作用.....	(66)
第三章 在寒区体内维生素C含量及肾上腺 皮质功能的变化	(70)
第四章 物质代谢的变化	(83)
第一节 糖代谢.....	(84)
第二节 脂肪代谢.....	(93)

第三节	蛋白质代谢	(96)
第四节	无机盐代谢	(99)
第五节	氧化过程	(102)
第五章	生物免疫学反应的变化	(109)
第一节	总的免疫学反应性	(119)
第二节	白细胞总数及分类计数	(124)
第三节	白细胞的吞噬机能	(127)
第四节	白细胞的糖元及碱性磷酸酶	(130)
第六章	寒区发病率与气候的关系	(138)
第一节	寒区气候的特点	(142)
第二节	北方居民的发病率特点	(148)
第七章	外来居民加速对北方气候习服	
	的生理卫生学基础	(163)
结束语		(172)

第一章 在低温条件下的 体温调节问题

由于生产力在北方的继续发展，在寒冷条件下人的问题具有重大意义。作为这个课题的主要问题之一，就是居民在北方条件下的习服问题和保健问题。

许多研究工作者研究了人对各种气候影响的适应过程。但是，能说明已对北方特殊条件产生适应的可靠生理指标还不多。因此，我们给自己提出的任务是：研究迁来居民对北方特殊条件适应的可能性。在这种情况下，不仅研究迁来居民在北方日常活动中对寒冷适应的可能性是很重要的，而且研究在上述条件下需要居住多长时间才开始出现适应，以及哪些条件可以加速适应也很重要。我们认为，研究热交换问题和保护北方地区居民的健康问题，不仅有理论意义，而且具有很重要的实际意义，特别是对制定预防措施更有意义。

实际上很多工人的劳动是在外界环境里进行的，而且经常需要在低温下完成很精确的工作。在这种条件下要想保持高度工作效率，看来主要取决于对寒冷的适应程度。在这种情况下就不得不调整生活与工作环境的微小气候，研究合理的服装，制定有科学根据的饮食制度等等。

研究对象是在北方居住时间长短不同的青年工人。第

1组在北方的工龄不足1年(4~9个月);第2组1~2年;第3组超过2年(2~4年)。受试者总数117人,均健康并且无任何主诉症状。

研究的目的是,查明在北方的工龄与基础代谢、产热、呼吸商、热流密度的关系,以及夏季、秋季和冬季对寒冷的耐力的关系。

我们的研究是在夏季(7月~8月)、秋季(10月~11月)和冬季(1月~2月)进行的。所有受试者在整个观察期间,不仅冬季而且在1年其他时间里也都受到寒冷的作用。

第一节 基础代谢水平增高

绝大多数研究工作者在北极进行仔细研究后得出的结论是:大多数在上述地区居住半年以上的受试者,其基础代谢水平明显地高于正常。

例如,根据И.С.堪得罗尔(1968)的资料,北方当地居民(楚克奇人和爱斯基摩人)在北海航务总局所属的企业和机关工作,并且和上述工人村的居民在相同的条件下生活,基础代谢为108~140%;平均为121%。另外1位作者(1975)在研究北方居民的氧化过程之后,也发现有半数受试者的基础代谢增高。

为了得到对基础代谢波动的概念,我们将受试者的实验资料与按哈利斯、伯涅基科表计算出来的每个受试者的标准值进行了比较,然后算出标准差,并以百分比表示,其结果见表1。

从表1中可看出,夏季,在北方工龄很短的人,其基础代谢比标准提高不多。但在北方工龄较长的人,在同一

表1 不同季节人的基础代谢与在北方工龄的关系

工 龄	受试人数	基础代谢 (与标准相比的%)		
		夏 季	秋 季	冬 季
1 年以内	34	103±1.5	108±1.9	118±2.0
1~2 年	28	112±0.9	118±1.5	120±2.1
2 年以上	55	111±0.9	126±2.0	130±2.1

季节基础代谢有明显提高。而冬季各组受试者的基础代谢都高于标准值。

因此在同等条件下，在北方居住时间较长的人，其基础代谢比工龄较短的人水平要高。基础代谢水平增高可能是机体机能改组的指标，而且很可能是在北方工龄较长的人员对寒冷具有耐力的原因。

我们证明，在北方居住1年以上的人员各组基础代谢秋季也有明显增高。10月份进行实验观察的前几天下了雪，外界气温降到4~5°C，风速4~5米/秒。10月份所有的人基础代谢水平都非常高，可能是条件反射性的。看来，大雪覆盖具有冬季到来的信息作用，并成为机体机能改组的主要原因，结果出现基础代谢迅速增高。

在北方工龄短的人，其体温调节主要靠机体本身的调节机能，因此，只有冬季在寒冷的直接作用下，机体产热量才有明显的提高。因此10月份进行实验观察时天气尚未明显变冷，结果在工龄短的人员中我们没有发现基础代谢有明显改变。

由此可见，在北方工作时间很长的人员，不仅基础代

谢水平增高，而且基础代谢在冬季有季节性增高(见表1)。因此，基础代谢增高可以作为评价机体对寒冷气候产生了适应性的指标。

第二节 机体产热量增加

产热的研究是对在室外工作的 122 人进行的。没有给受试者使产热量迅速增高的强大体力负荷。外衣是一样的。进行实验时的外界气温波动于 $-12 \sim -15^{\circ}\text{C}$ 之间，风速 $5 \sim 7$ 米/秒(表2)。

表 2 室外人员的产热量与其在北方工龄的关系

工 龄	受试人数	产热量 (千卡/分)		增加率(%)
		工作 前	工作 后	
少于 1 年	62	1.35 ± 0.1	1.96 ± 0.1	45.2
少于 1 年	7	1.77 ± 0.1	2.10 ± 0.1	18.7
1 ~ 2 年	11	1.92 ± 0.8	2.05 ± 0.2	7.0
2 年以上	42	1.83 ± 0.7	2.10 ± 0.1	12.5

从表 2 可见，在北方工龄不足 1 年的受试者的产热量，劳动之前平均为 1.35 千卡/分，劳动时逐渐增高到 1.96 千卡/分以上，产热量的增加率平均为 45.2%。然而，在北方工龄不足 1 年的人员中，有 7 人工作之前的产热水平较高，平均为 1.77 千卡/分。在外界空气中停留 2 小时后，他们的产热量平均达到 2.1 千卡/分，比劳动之前增高 18.7%。应当指出，这 7 人在外界空气中对寒冷所感到的痛苦，比其他在北方工龄短的受试者要轻。其原因据了解

是由于这 7 名受试者在来极区之前，曾在北极地区当过 2~3 年的渔民或伐木工人。上述情况说明，为什么这些人中能保持较高的产热水平。

在北方工龄较长的受试者的产热情况，工作日开始之前平均为 1.92~1.83 千卡/分，而工作 2 小时后增高到 2.05~2.10 千卡/分(比原有水平增高 7~12.5%)。在这种情况下受试者没有受冷不适的感觉。不同工龄人员产热量的差异，在统计学上是显著的($P < 0.05$)。

在北方工龄短的人员，工作时呼吸商增加也不是偶然的。例如，62 人中只有 7 人在工作时呼吸商较低，其他人都较高(表 3)。上述人员在工作时呼吸商逐渐增高(随着产热增加)的原因，或是由于肺通气量增加，或者是由于在总代谢中碳水化合物消耗增加，或者是两者共同作用的结果。

在北方居住时间短的人员，在室外工作时肺通气量的增加平均为 2.3~3 升/分。肺通气量增加得这样少是难以解释呼吸商增加的。看来，在寒冷对机体作用时，总代谢中碳水化合物消耗增加在这里起着主要作用。

表 3 在室外工作时受试者呼吸商的改变

工 龄	受试人数	呼 吸 商		增加率(%)
		工 作 前	工 作 时	
少于 1 年	62	0.79±0.3	0.85±0.6	7.6
少于 1 年	7	0.77±0.5	0.84±0.2	9.1
2 年以上	42	0.83±0.2	0.84±0.3	1.2

在北方居住时间长短不同的人，在室外工作时产热水平的区别与进行锻炼后所得的数据完全相符。例如，在北方居住时间较长的人员受冷前产热就较高，在出去劳动时与人工锻炼最后阶段的受试者的热交换改变相类似。毫无疑问，这些改变是条件反射性的，并且是机体对外界条件适应的结果。

相反，在北方工龄较短的人员，受冷之前产热水平就低，其在外界空气中受冷时产热量增加，主要是靠机体本身的调节机能，表现为非条件反射的出现。如上所述条件反射调节的发生能预报即将面临的寒冷作用信息，并在寒冷作用之前就引起机体产热增强，从而防止皮肤温度的迅速降低。相反，如果没有条件反射调节，则在劳动开始前产热水平低，在劳动时受冷后产热增加缓慢，这就使血管壁强烈收缩，并且在皮肤受冷部分出现疼痛感觉。

由此产生一个问题：经寒冷连续作用多长时间，才能出现机体热交换的改变和其他具有复杂反射性质的机能变化。为此目的，我们对在室外工作的3个受试组进行了观察。他们居住条件相同，实验时穿着同样的服装。第1组由10人组成，在北方的工龄为6~10个月；第2组由11人组成，在北方的工龄为1~2年；第3组由12人组成，在北方的工龄为2.5~4年。实验观察时外界气温为 $-5 \sim -7^{\circ}\text{C}$ ，风速为5~6.5米/秒。

从表4中可以明显看出，在北方工龄短的受试者，工作前的体温调节与工龄1年以上的受试者有差别，但在北方工龄1~2年与2~4年的受试者之间工作前的体温调节水平区别不大。然而所有受试者工作前的产热平均值与工作时相比，经统计学处理均有显著差别($P < 0.05$)。因

此，在沒有鍛炼措施的情况下，受试者的基础代谢和产热的适应性变化至少要在北方条件下工作1年以上才会出现。

表 4 受试者在室外的产热与在北方工龄的关系

工 龄	人 数	产 热 (千卡/分)		增加率(%)
		工 作 前	工 作 时	
少于 1 年	10	1.3 ± 0.08	1.91 ± 0.05	47
1 ~ 2 年	11	1.92 ± 0.07	2.05 ± 0.04	7
2 ~ 4 年	12	1.8 ± 0.10	2.09 ± 0.05	16

第三节 热损耗问题

在寒冷中工作结束时测量了所有受试者的对流-辐射散热，单位时间内单位体表面积的热量称为热流密度。众所周知，研究热损耗，对分析人在适应各种气象条件过程中体内产生的适应过程，有非常重要的意义。为了研究这个问题，我们使用了С.Я.扎尔日夫斯基1949年提出的直接器具法测量人体表面热流密度。躯干、胸部和上肢的热流密度是用上法测定的。在室外工作时受试者的衣服在胸部有4层，手部有1层(厚绒防风布手套)。

从理论观点看习服，作为体温调节的训练和改善过程，就会看到在化学调节加强的同时，已经习服的人员其物理性热调节也得到加强。也就是说，对流-辐射散热量比未受寒冷锻炼者散热量减少。但是研究在北方居住的大量人员的热流量的结果，发现了另外的规律。

表5 受试者在室外的热流密度(千卡/平方米·小时) 的变化

观察部位	工龄少于1年				工龄2年以上				增加率(%)
	人数	平均	最高	最低	人数	平均	最高	最低	
胸 部	59	36.5	44.0	26.0	42	43.6	74.0	34.0	19.5
手 部	59	41.7	73.0	33.0	42	58.5	75.0	42.0	40.3

从表5中看出,在北方工龄长的受试者胸部和手部的平均热流密度,比工龄短的受试者有明显增高。在北方工龄长的受试者胸部,特别是手部测得的热流量水平较高,证明他们的热损耗比工龄短的人员要大。

在进一步的观察中发现,在北方工龄短的人员上肢受冷30分钟结束时,热流量平均为125毫卡/平方厘米·分,而在相同条件下,工龄2年以上的人员的热流量达到190毫卡/平方厘米·分。下肢受冷时测得的结果相似,所不同的是下肢受冷结束时绝对热流量稍小些。例如,在北方工龄少于1年的受试者,在下肢受冷结束时热流量平均为96毫卡/平方厘米·分;而工龄1~2年及以上者平均为140毫卡/平方厘米·分。

研究证明,对寒冷已经比较适应了的人热流密度或对流-辐射散热量,比对寒冷适应较差的人不仅不低而且明显增高。

我们对在外界空气中工作的人员身体个别部位的皮肤温度测定的结果,也完全证明了上述情况。在北方工龄长的受试者比工龄短的受试者,在身体受冷过程中皮温下降较慢并且停留于较高水平。例如,前者在工作结束之前手

指皮温不低于 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ ，而后者在同样条件下则降到 $9\sim 13.2^{\circ}\text{C}$ 。身体的其他部位在受冷时也有类似现象。

热流量测量结果表明，在寒冷适应过程中机体热调节发生改变，表现在机体受冷时产热与散热同时增加。这种改变的必要性在于为皮肤和皮下组织充血创造了良好条件，从而使身体受冷部位发生冻疮和冻伤的可能性减少。

为了了解反应的生物学意义，回顾一下И.П.巴甫洛夫所说的话是必要的，他认为机体有共同的也有个别的机能和需要。机体在严寒中的共同需要是血管收缩，而个别需要是必需使耳朵和面颊温暖，也就是使这两处的皮肤血管扩张。在这种情况下，在共同需要与个别需要之间就会发生矛盾。

使用С.Я扎尔日夫斯基测温计，我们可算出热损耗值（毫卡/平方厘米·分）。知道受冷部位表面积之后，就可算出身体受冷部位整个表面每分钟的热损耗。结果证明，在北方工龄长的人员在寒冷中的热损耗，比工龄短的人员要高。例如，上肢的热损耗高 $0.05\sim 0.08$ 千卡/分。因此，在局部受冷时，热损耗增高（亦即共同需要的“亏损”），对在北方居住时间长的人员来说是很小的。但是由于个别需要得到满足，因而保护了受冷部位免受损害。

长期受寒冷作用的人，其物理性体温调节的变化，对于研究适应性反应具有重要意义。

鉴于上述问题在解决北方人员保健的实际任务中的重要意义，我们对130名受试者（青年工人）进行了观察研究。按他们在北方的工龄分为3个组：少于1年的42人；1～2年的34人；2年以上的54人。

受试者的年龄 $20\sim 35$ 岁。为弄清皮肤温度的变化，对