

# 关于短时记忆搜索时间的年龄差异 及其与唤醒水平关系的实验研究<sup>1)</sup>

吴志平

中国科学院心理研究所, 北京

## 摘 要

本研究对24名老年人(平均65岁)和24名青年人(平均24岁)进行短时记忆搜索实验,同时记录了休息及作业过程中被试的心率、指端血容和皮电的变化,以探讨搜索时间的年龄差异和唤醒水平之间的关系。结果表明,所有被试的搜索反应时均随搜索项目的增多而增加,老年被试的搜索反应时明显慢于青年被试。在作业条件下,老年被试的心率、血容与皮电的反应性明显低于青年被试,表现为唤醒水平较低和适应较快的倾向。在血容、皮电反应性与搜索反应时之间存在着显著相关,这表明老年人唤醒水平较低可能是其搜索反应较慢的原因之一,也可能二者均由某一共同的中枢因素的年老变化所引起。

## 引 言

在年老(aging)过程中,行为速度变慢是一普遍现象。这种变慢不仅发生在外周感觉和运动过程,同时也发生在中枢神经系统参与的认知过程中。在信息加工的各个阶段(如编码、复述和提取等)均已发现老年人速度较慢。<sup>[1-4]</sup>一些研究者如Birren、Salthouse等指出,老年人加工速度变慢是其认知衰退的主要原因。<sup>[4-6]</sup>认知加工速度是中枢神经系统功能的一种直接反映,它的变慢可能与中枢神经系统的普遍衰退有关。但目前对引起认知速度变慢的中枢机制了解甚少,本实验想从认知速度与唤醒水平的关系上探讨这一问题。

唤醒(arousal)是进行一切行为和认知活动的先决条件,唤醒水平过高或过低均不利于认知活动的进行。过去的研究主要涉及认知作业的成绩与唤醒水平的关系,而对认知速度与它的关系则很少研究。唤醒包括脑唤醒与自主神经系统唤醒,本工作主要是对自主神经系统唤醒水平进行研究。

Sternberg的短时记忆搜索程序使人们能对短时记忆的信息提取过程进行分析。他提出的搜索反应时公式( $RT = a + bN$ )把被试的反应时分成两部分;a为编码/决策所用时间,b为搜索一个项目所用时间(即搜索速度)。<sup>[8]</sup> Anders等曾用这一程序研究短时

1) 本文于1987年12月3日收到。

• 本文是在许淑莲老师指导下完成的。

记忆搜索的年老变化,发现搜索速度与编码/决策时间均随增龄而变慢。<sup>[1]</sup>他们的实验采用数字作为记忆材料,本实验以简单几何图形作为记忆材料。研究的目的是如下:

1. 采用短时记忆搜索程序,比较老年人与青年人搜索时间的差异;
2. 对老年人与青年人作业状态下自主神经系统的反应性进行比较,以探讨唤醒水平的年老变化;
3. 探讨记忆的时间因素与唤醒水平之间的关系,为老年人认知(记忆)衰退的心理生理解释提供资料。

## 方 法

### 一、被试

被试共48人,青年与老年被试各24人,每组男女各12人。青年组年龄范围在18—33岁(平均24岁),老年组年龄范围在60—75岁(平均65岁)。所有被试身体基本健康,文化程度多在初中以上(仅老年组有3人为小学程度),两组被试的文化程度和职业基本匹配,无明显差别,老年被试均已退休。

### 二、仪器

1. 心理所制幻灯式速视器。
2. RM-6000多导生理仪,其中心电放大器记录皮肤电位;呼吸脉搏耦合器记录指端脉搏血容;生物电放大器记录脑电信号。
3. 磁带记录器,接收多导生理仪的脑电信号。

### 三、实验材料及安排

实验材料为九种简单的几何图形(如正方形、长方形等)制成的黑白幻灯片。从这些图形中随机抽取二、四或六个刺激组成三种不同长度的刺激序列,每种长度的序列在实验中各出现24次,共计72次。

### 四、实验程序

1. 安置皮电电极(Ag/AgCl)于左手手心与手背、左手腕接地。左手无名指套脉搏指夹,脑电电极(Ag/AgCl泛极化电极)置于颞叶( $T_3$ 、 $T_4$ ), $C_z$ 为参考点(国际10—20系统),双耳接地。
2. 记录安静休息状态下的皮电、脉搏波图以脑电图。被试休息5分钟,以最后两分钟作为休息基础值。
3. 短时记忆搜索实验  
采用与Sternberg搜索实验相似的程序。每一次试验包括呈现识记刺激(每个刺激1秒,间隔0.5秒),反应预备信号(空白刺激1秒)以及检查刺激。被试的任务是确定检查刺激是否是刚刚识记的项目,用言语回答。要求被试作到又快又准。被试回答后间隔20秒开始下一次试验。

在各种识记序列的24次试验中,检查项目有12次是识记项目,12次为非识记项目。识记序列的长度、检查项目是否为识记项目及其在序列中所处的位置等各种组合均随机安排。

在正式实验前,被试练习8次。每8个序列为一组,共九组。作完一组后休息2分钟,作完四组后休息5分钟。在实验开始、中间及后期记录三次生理指标,即在作第二、五、八组试验时记录,分别标记为作业的第一、第二和第三阶段。每一阶段记录两分钟。

被试反应错的识记序列在实验结束前重新呈现。

## 结 果

### 一、短时记忆搜索反应时

按识记序列的长度与反应方式分别统计两组被试的搜索反应时,结果见表1与图1。

在三种识记序列条件下,两组被试的“有”反应与“无”反应之间均无明显差异。对年龄、性别及识记序列长度进行 $2 \times 2 \times 3$ 方差分析,发现存在明显的年龄差异( $df = 1, 132; F = 221.68, P < 0.001$ ),即老年被试搜索反应时明显慢于青年被试。随着识记项目的增加,搜索反应时也逐渐延长( $df = 2, 132; F = 49.13, P < 0.01$ )。

根据表1的结果得到两组被试搜索反应时的回归方程(单位为毫秒):

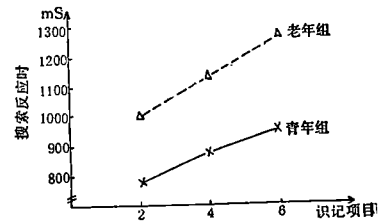


图1 识记项目与反应时的关系

表1. 各组被试的平均搜索反应时及标准差(单位: ms)

识记序列 反应方式	二			四			六		
	无	有	平均	无	有	平均	无	有	平均
青年组 $\bar{X}$	771.0	785.2	778.1	858.8	879.2	869.0	944.1	939.4	942.0
$\sigma$	91.3	81.8	82.5	106.0	90.3	94.6	124.1	111.0	115.5
老年组 $\bar{X}$	996.0	998.4	997.2	1111.7	1094.2	1107.9	1250.7	1260.3	1254.2
$\sigma$	117.0	78.1	94.7	105.5	102.9	102.2	121.4	125.5	123.5

$$\text{老年组 } RT = 868 + 63N \quad r = 0.99$$

$$\text{青年组 } RT = 689 + 43N \quad r = 0.99$$

老年组每比较一个项目平均需要63ms,即每秒搜索16个项目;青年组平均用43ms,即每秒搜索23个项目。

### 二、搜索反应的错误率

在各识记序列条件下,两组的错误情况见表2。

表2 两组被试的平均错误次数及错误率(%)

识记序列	二		四		六	
	错误次数	错误率	错误次数	错误率	错误次数	错误率
老年组	0.41 ± .64	1.74	1.88 ± 1.80	7.81	3.75 ± 1.94	15.63
青年组	0.25 ± .44	1.04	0.92 ± .88	3.82	2.33 ± 1.31	9.72

对表2的结果进行方差分析,表明老年组错误率明显高于青年组 ( $df=1,132$ ,  $F=15.132, P<0.01$ )。全体被试的错误率随搜索数目增加而增加 ( $df=3,132$ ,  $F=52.340, P<0.01$ )。

在识记项目为4和6时,老年组错误率明显高于青年组。

### 三、心率、脉搏波幅及皮肤电位的基础值及作业条件下的变化

脉搏波图提供了两个参数: 脉搏次数(即心率)和脉搏波幅(即血容)。对休息状态和作业过程中三个阶段的心率、血容及皮电积分值分别进行统计。心率、血容及皮电的基础值见表3。作业阶段时各生理指标的变化见表4(以休息状态基础值为1)和图2—图4。

表3 心率、脉搏波幅及皮肤电位的基础值

	心率 (次/分)	脉搏波幅 (mV/波)	皮肤电位 (mV/分)
老年组	72.7 ± 10.5	130.9 ± 51.2	12.8 ± 6.51
青年组	71.9 ± 9.0	176.8 ± 94.4	14.3 ± 8.6

表4 各生理指标在作业状态下的变化(作业/休息)

指 标 作业阶段	心 率			脉 搏 波 幅			皮 肤 电 位		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
老年组 $\bar{X}$	1.07	1.014	0.980	0.731	0.785	0.816	2.965	1.464	1.303
老年组 $\sigma$	0.096	0.073	0.073	0.202	0.277	0.213	2.022	1.707	1.494
青年组 $\bar{X}$	1.078	1.050	1.032	0.478	0.503	0.508	7.065	4.298	2.680
青年组 $\sigma$	0.091	0.088	0.070	0.202	0.240	0.277	4.484	3.131	2.407

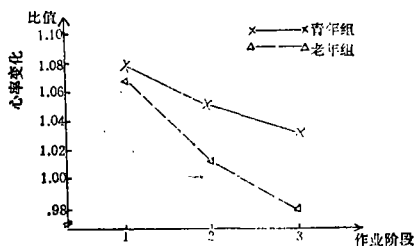


图2 作业条件下心率变化

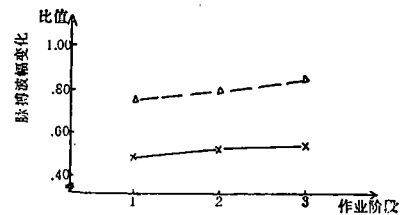


图3 作业条件下脉搏波幅的变化

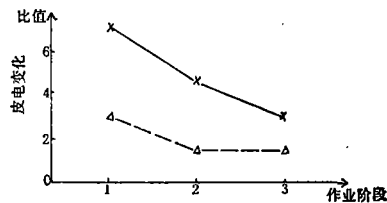


图4 作业条件下皮肤电位的变化

从表 4 和图 2 可以看到,在作业第一阶段两组被试的平均心率都高于基础值,随作业的进程心率逐渐减慢恢复至休息水平,老年组恢复得比青年组快。青年组作业时心率变化明显高于老年组 ( $F = 5.968$ ;  $df = 1, 132$ ;  $P < .05$ )。作业各阶段的心率变化的差异显著 ( $F = 8.282$ ,  $df = 2, 132$ ;  $P < 0.01$ )。

在作业条件下所有被试的脉搏波幅与休息状态相比均呈缩小趋势(见图 3)。青年组波幅缩小的幅度大于老年组 ( $F = 55.209$ ,  $df = 1, 132$ ;  $P < 0.01$ )。并且存在性别与年龄之间的交互影响 ( $F = 11.608$ ,  $P < 0.01$ ),青年女被试脉搏波幅缩小的程度 (0.382) 大于男性 (0.611),而老年组女性与男性的差别不明显(女: 0.791, 男: 0.763)。

两组被试在作业时皮电积分值均高于基础值(见图 4)。青年组被试皮电变化明显高于老年组 ( $F = 15.865$ ,  $df = 1, 132$ ,  $P < .01$ )。随着时间的推移,皮电变化逐渐减小,作业各阶段之间存在着明显差异 ( $F = 6.652$ ;  $df = 2, 132$ ;  $P < .01$ )。老年组在作业第二阶段已接近休息状态。

作业条件下心率、脉搏波幅(血容)及皮电变化之间的相关见表 5。结果表明,血容与心率,血容与皮电的变化较为一致。

表 5 作业条件下各生理指标变化的相关

	心率—血容	心率—皮电	血容—皮电
相关 (r)	-.306*	.110	-.334*

\*  $P < 0.05$

#### 四、搜索反应时与作业条件下各自主神经系统指标的变化的相关

搜索反应时与作业条件下心率、血容和皮电变化的相关见表 6。可以看到,在作业条件下血容缩小的幅度越大(即作业/休息的比值越小),反应时越短;皮电反应越大,反应时越短。心率变化与搜索反应时的关系不明显。

表 6 搜索反应时与自主神经系统变化的相关

	心率	搜索反应时 血容	皮电
相关 (r)	-.044	.436**	-.360*

\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$

#### 五、休息状态下两组被试脑电 (EEG) 参数

对休息状态下脑电信号进行了功率谱分析,着重分析了  $\alpha$  频带的峰频率与功率值 ( $\alpha$ : 3—13 Hz)。两组被试  $\alpha$  峰频率的比较见表 7。

表 7 安静状态下两组被试  $\alpha$  峰频率的比较 (Hz)

	T <sub>3</sub> (左颞)	T <sub>4</sub> (右颞)
青年组	10.45 ± 0.77	10.52 ± 0.96
老年组	9.53 ± 1.29	9.63 ± 1.10
t	3.008**	3.002**

\*\*  $P < 0.01$

安静状态下两组被试  $\alpha$  活动的比例及其比较见表 8。

表 8 安静状态下两组被试  $\alpha$  功率的百分比及其比较

	T <sub>3</sub> (左颞)	T <sub>4</sub> (右颞)
青年组 (%)	54.88 ± 9.21	54.44 ± 11.88
老年组 (%)	42.80 ± 13.59	42.91 ± 15.23
t	3.76**	2.92**

\*\* P < 0.01

表 7、表 8 的结果表明,老年组  $\alpha$  峰频率低于青年组,并且  $\alpha$  活动的比例也比青年组低。

## 讨 论

### 一、短时记忆搜索时间的年龄差异

结果表明,随着识记项目的增多,两组被试的搜索反应时呈线性增加,“有”反应与“无”反应之间无明显差异,结果支持 Sternberg (1966) 提出的短时记忆搜索是顺序进行的,从头至尾的搜索的假说。本实验采用几何图形作为识记刺激,得到的结果与 Anders 等 (1972) 对数字进行搜索的结果相似:即老年被试的搜索速度(每比较一个项目所用的时间为 63 ms)比青年被试 (43 ms) 要慢,而且编码/决策所用时间 (868 ms) 也比青年组 (689 ms) 长。这种结果说明在短时记忆搜索实验的各个加工过程中,老年被试均表现为速度变慢的趋势。从而在某种程度上支持老年人行为以及认知加工速度普遍变慢的假说。<sup>[5,6]</sup>

### 二、短时记忆搜索的错误率的年龄差异

本实验识记项目最多不超过 6 个,即在短时记忆广度之内。两组被试在三种识记序列条件下都发生了一定的错误,错误随识记项目增多而增加,老年被试错误明显多于青年被试。这说明,在短时记忆再认的条件下,老年被试的成绩仍比青年被试差,即表现为老年人短时记忆有所衰退。在本实验中,老年被试搜索速度慢,同时错误率也较高,两者之间可能存在着某种联系:由于加工速度慢可能造成一些信息的遗忘,因而导致错误率增加。

### 三、搜索作业条件下自主神经系统的反应性

在唤醒状态下,心率可能发生两种变化:当注意外部刺激时,心率减慢;当进行内部认知活动时,心率加快。这两种变化均是自主神经系统反应性增加的表现。本实验条件既需要注意外部刺激(注意识记和检查项目),又需要进行内部认知活动(记忆搜索)。大多数被试表现为心率加快,这在作业第一阶段尤为明显,随时间推移而逐渐减慢,表现为对作业条件的适应。从结果可以看到老年被试在整个作业阶段心率反应性低于青年被试,而且表现出较快的适应倾向,在作业第二阶段就接近休息状态。

在认知作业进行时,指端血容的缩小反映了心理活动的紧张性和唤醒水平的提高。在

搜索作业条件下,所有被试均表现为指端血容缩小,青年组缩小的程度大于老年组,即表明在这一指标上老年被试的反应性也低于青年被试。

老年被试在作业条件下皮电的平均变化低于青年被试,同时皮电反应的适应也比青年组快。皮电反应是一敏感的心理指标。近年来,一些研究者把它作为认知努力的指标之一。因此在作业条件下老年被试皮电反应性低于青年被试,在一定程度上反映了老年被试唤醒水平较低和认知努力程度的降低。

在作业条件下,老年被试心率、血容以及皮电的反应性均低于青年被试,说明老年人处于较低的唤醒水平。

关于老年人在作业条件下的唤醒水平有两种不同的假说,一种认为老年人唤醒水平过高,另一种则认为老年人唤醒水平过低。支持前一种假说的研究一般多采用语词系列学习实验,测量血液生化指标。<sup>[9]</sup>支持后一种假说的研究多采用经典的条件学习和警觉实验,测量脑电、心率和皮电等电生理指标<sup>[7,10]</sup>。因此得到两种完全相反的结论的原因可能有两点:一是两类研究测量的生理指标不同;二是采用的作业的性质不同,在语词学习中需要被试主动参与学习,在条件学习中被试只是被动地接受刺激。短时记忆搜索实验是一种比较简单的认知作业,但也需要被试努力记忆。在这种条件下,老年人仍表现为自主神经系统反应性较低,从而支持唤醒水平较低的假说。

#### 四、脑电活动的年龄差异

在安静休息状态下,老年被试 $\alpha$ 频率峰值(约9.5Hz)比青年被试(约10.5Hz)低,两组差异显著,说明 $\alpha$ 频率随增龄而变慢,与前人的结果相符<sup>[7]</sup>。同时老年被试 $\alpha$ 活动的比例也少于青年被试。

在老年人脑电活动变化与搜索反应时之间未能发现较明显的关系,仅左颞 $\alpha$ 活动的比例与搜索反应时有明显相关( $r=0.307, P<.01$ )。对于脑电活动随增龄变慢与行为变慢的关系有待于进一步深入的研究。

#### 五、搜索反应时与自主神经系统反应性的关系

在作业条件下,血容与皮电反应性都同搜索反应时有显著相关,即搜索反应时快的被试血容与皮电反应都较大。

老年被试自主神经活动的反应性低于青年被试,同时表现为搜索速度较慢。说明老年人处于较低的唤醒水平,这在一定程度上影响认知活动的速度。

过去的研究多注重于唤醒水平与作业成绩的关系,尚未见到认知速度与唤醒水平关系的研究。Birren、Salthouse等曾指出:行为特别是认知速度随增龄而变慢可能是中枢神经系统功能普遍变慢即衰退的结果与反映。<sup>[4-6]</sup>导致中枢神经系统功能普遍衰退的原因目前还未完全了解。除大脑皮层的某些结构和生理生化改变之外,我们设想唤醒水平的变化可能是中枢神经系统功能衰退的原因之一。即老年人唤醒水平较低致使中枢神经系统不能达到最佳的兴奋状态,从而导致认知速度减慢及其成绩较差。另一种可能是唤醒水平与认知速度的年老变化均由某一共同的中枢因素的老化变化所引起,这有待于进一步的探讨。

## 结 论

根据本实验结果,得到如下结论:

1. 短时记忆搜索是顺序进行的,从头至尾的搜索,验证了 Sternberg 的假说。
2. 老年人短时记忆搜索较慢,不仅表现在搜索速度上,还表现在编码/决策的时间上。老年人短时记忆再认也有所衰退。
3. 老年人在作业条件下心率、血容和皮电反应性均低于青年人,表现为唤醒水平较低和适应较快的倾向。
4. 作业条件下唤醒水平与搜索反应时之间存在着一定的关系。血容、皮电反应性与反应时之间的相关表明,老年人唤醒水平较低可能是其搜索较慢的原因之一;也可能两者均由某一共同的中枢因素的年老变化所引起。

## 参 考 文 献

- [1] Anders, T. R. & Forzard, J. L., Effects of age upon retrieval from short-term memory. *Developmental Psychology* 1972, Vol. 6, 214—217.
- [2] Madden, D. J., Age-related slowing in the retrieval of information from long-term memory. *Journal of Gerontology*, 1985, Vol. 40, 208—210.
- [3] Walsh, D. A. & Thompson, L. W., Age difference in visual sensory memory. *Journal of Gerontology*, 1978, Vol. 33, 383—387.
- [4] Salthouse, T. A., Speed of behavior and its implications for cognition. In Birren, J. E. & Schaie, K. W. (eds), *Handbook of Psychology of Aging*, (2nd), New York, Van Reinhold Company, 1985.
- [5] Birren, J. E., Translations in gerontology — From lab to life, Psychophysiology and speed of response. *American Psychologist*, 1974, Vol. 29, 808—815.
- [6] Birren, J. E., Woods, A. M. & Williams, M. V., Behavior slowing with age, Causes, organization and sequences. In Poon, L. W. ed. *Aging in the 1980's*, Washington, D. C., American Psychological Association, 1980.
- [7] Marsh, G. R. & Thompson, L. W., Psychophysiology of aging. In Birren, J. E. & Schaie, K. W. (eds), *Handbook of Psychology of Aging*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1977.
- [8] Sternberg, S., High speed scanning in human memory. *Science*, 1966, Vol. 153, 652—654.
- [9] Eisdorfer, C., New dimensions and a tentative theory. *The Gerontologist*. 1967, Vol. 14—18.
- [10] Surwillo, W. W., The relation of simple response time to brain wave frequency and effects of age. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 1963, Vol. 15, 105—114.



## AGE DIFFERENCE OF SEARCH TIME IN SHORT-TERM MEMORY AND THE RELATION BETWEEN SEARCH TIME AND AROUSAL LEVEL

Wu Zhi-ping

Institute of Psychology, Academia Sinica

### Abstract

Twenty-four old-age subjects (mean age at 65) and 24 young subjects (mean age at 24) were chosen to perform the short-term memory search task according to Sternberg's procedure. The heart rate (HR), finger pulse volume (FPV), and electrodermal response (EDR) were recorded both during their performance on the search task and at the rest period. The results indicated that the search time of all subjects increased with the searching items, and the aged showed significantly longer RT than the young subjects. In performing search tasks, the aged group showed generally lower reactivity in HR, FPV, and EDR than the young group. These results tended to support the hypothesis that the aged were underarousal rather than overarousal in performing cognitive tasks. There were significant correlations between the reactivity in autonomic nervous system (FPV and EDR) and the search time, which might be explained by two possibilities: (1) the longer search time among the aged was the result of the lower arousal level; (2) both long search time and low arousal level were caused by changes in the central nervous system of the aging people.