

令和5年度 特別研究報告書

# 心拍数増加が記憶力に及ぼす影響

龍谷大学 先端理工学部 知能情報メディア課程

Y200183 榊谷和希

指導教員 三好 力 教授

## 内容梗概

近年、「中国語の需要は年々上がっており全世界の6人に1人は中国語を話す。現在世界で最も話されている言語を見てみると1位は英語の13.9億人、2位が中国語の12億人である。しかし中国の急激な経済成長により世界ナンバー1の統計会社「SATISTA」の最近の調査では、今後、中国語が一番話される言語になるという予想がたてられた。しかし中国語がここまで世界で話されているにもかかわらず、日本は英語教育には力を入れているが中国語を勉強する人は少ない。

また現代人は運動不足が問題とされている。「令和元年のスポーツ庁が統計を出しており、男性の75.9%・女性の81.5%と4人中3人が運動不足を感じている。運動不足の原因として手間がかかるやお金に余裕がない。」という理由が挙げられている。この2つの問題を同時に解消できないかと考えた。本研究では運動による心拍数の増加に伴い中国語の記憶できる単語の数が増加するかを明らかにする実験を行った。

第一章においては本研究の緒言を述べる。第二章では有酸素運動が記憶力向上にもたらす効果の先行研究について述べる。第三章では本研究の提案手法を述べる。第四章では予備実験と本実験にあたる準備や結果などを述べる。第五章ではその実験についての考察を行う。最後に第六章で実験に対する結論・今後の課題を述べ本論文の構成とする。

## 目次

第1章 緒言	1
第2章 先行研究	3
第3章 提案手法	8
第4章 実験	10
4.1 予備実験	10
4.2 実験方法	13
4.3 実験結果	13
第5章 考察	15
第6章 おわりに	16
謝辞	17
参考文献	18

## 第1章 緒言

近年、「中国語の需要は年々上がっており全世界の6人に1人は中国語を話す。現在世界で最も話されている言語を見てみると1位は英語の13.9億人、2位が中国語の12億人である。しかし中国の急激な経済成長により世界ナンバー1の統計会社「SATISTA」の最近の調査では、今後、中国語が一番話される言語になるという予想がたてられた。これは中国の人口が増えているという理由ではなく、中国経済の急成長により世界中で中国語を話す人が増えているからだ。シンガポール・マレーシア・台湾では母語として話されているが最近では、他のアジア諸国（カンボジアなど）や、アフリカでも、中国語の通じるエリアが増えてきた。」[2]しかし中国語がここまで世界で話されているにもかかわらず、日本は英語教育には力を入れているが中国語を勉強する人は少ない。

また現代人は運動不足が問題とされている。「令和元年のスポーツ庁が統計を出しており、男性の75.9%・女性の81.5%と4人中3人が運動不足を感じている。運動不足の原因として手間がかかるやお金に余裕がない。」[3]という理由が挙げられている。以下に令和元年のスポーツ庁が出した統計を示す。(図1)この2つの問題を同時に解消できないかと考えた。記憶力向上に関する研究で有酸素運動によって認知能力の向上することが知られている。今後勉強していきべきである中国語の学習の前に場所やお金を気にすることなくできる運動で記憶力が向上すれば手間がかかるやお金に余裕がなくて運動しない人たちも運動するようになるのではないかと考えた。本研究では運動による心拍数の増加に伴い中国語の記憶できる単語の数が増加するかを明らかにする実験を行った。

Q3.運動不足を感じますか。 (n=20,000) (%)

		大いに感じる ①	ある程度感じる②	感じる ①+②	あまり感じない	ほとんど(全く)感じない	感じない ③+④	わからない
全体		37.3	41.4	78.7	14.6	4.7	19.3	2.0
性別	男性	32.7	43.2	75.9	16.3	5.7	22.0	2.1
	女性	41.8	39.7	81.5	12.9	3.8	16.7	1.8
年代	10代	36.7	39.4	76.1	15.1	6.5	21.6	2.2
	20代	37.6	40.5	78.1	13.5	4.8	18.3	3.6
	30代	42.6	40.6	83.2	10.5	4.1	14.6	2.1
	40代	44.6	38.8	83.4	10.5	3.8	14.3	2.3
	50代	41.1	41.3	82.4	11.8	3.9	15.7	1.9
	60代	31.1	44.3	75.4	17.9	5.5	23.4	1.2
	70代	25.6	43.6	69.2	23.8	6.1	29.9	0.9
	直近1年の運動頻度	週に5日以上	15.9	38.6	54.5	30.3	14.7	45.0
週に3日以上		18.3	45.2	63.5	27.2	8.6	35.8	0.7
(小計) 週に3日以上		17.2	42.1	59.3	28.6	11.5	40.1	0.6
週に2日以上		25.1	52.2	77.3	18.8	3.6	22.4	0.2
週に1日以上		32.6	52.3	84.9	12.0	2.4	14.4	0.7
(小計) 週に1～2日		29.0	52.3	81.3	15.3	3.0	18.3	0.5
(小計) 週に1日以上計		23.0	47.1	70.1	22.0	7.3	29.3	0.5
月に1～3日		47.6	45.2	92.8	5.7	1.0	6.7	0.5
3か月に1～2日		59.0	36.3	95.3	3.6	0.6	4.2	0.4
年に1～3日		61.0	31.3	92.3	5.9	1.1	7.0	0.8
運動・スポーツはしたが頻度はわからない		44.3	37.6	81.9	8.2	3.2	11.4	6.7
(小計) 週1日未満・わからない		51.4	40.8	92.2	5.5	1.1	6.6	1.2
(小計) この1年間に運動・スポーツを行った		32.3	45.1	77.4	16.6	5.3	21.9	0.7
この1年間に運動・スポーツはしなかった・わからない		56.5	27.3	83.8	6.8	2.6	9.4	6.8

図1 令和元年のスポーツ庁の統計

図1の内容をまとめる

- ・男性の75.9%・女性の81.5%が運動不足を感じている。
- ・年代で見ると特に働き盛りの30-50代の人々が運動不足を感じている。
- ・反対に運動不足を感じていない人の割合は男性で22.0%・女性で16.7%

だ。

## 第2章 先行研究

### 運動と認知機能

先行研究[1]では有酸素運動が脳の認知機能を改善することが明らかになっている。例えば、中程度の運動を一定時間行ったあとで、記憶課題を実施するとパフォーマンスが向上することや、低程度の運動であっても運動しながら記憶課題を実施することで同様にパフォーマンスが向上することが知られている。運動は認知能力の向上だけでなく、短期記憶から長期記憶への転送が行われやすくなる効果があることも知られている。

### 実験方法

先行研究ではスマートフォンのフラッシュカードアプリ（図2）を用いて実験者10名に有酸素運動としてステップと呼ばれる足踏み運動を行いながら英単語を暗記した場合と運動せずに椅子に座りながらの英単語を記憶した場合の成績を比較している。（図3）（図4）

### ステップを用いる理由

ステップを用いる理由はその場で運動が可能であること。運動の強度を調節しやすいこと。ランニングマシンなどの大型機器と比べて安価であり、転倒などの危険も少ないからである。フラッシュカードアプリを用いた理由は書籍などと比べて軽量であり、片手での学習が可能だからである。また、他科目の暗記でも利用可能だからである。暗記する単語は事前に用意した360語から重複が無いようランダムに選出し1日当たり30語暗記する。

### テスト頻度

単語テストは暗記を行った日から1日後、3日後、1週間後に10語ずつ重複なしで出題した。英単語の難易度は高めることで暗記する単語間の難易度の差を減らし運動の効果をより見やすくしてある。

### フラッシュカードについて

フラッシュカードアプリでは実験参加者は各単語に「正」または「誤」のラベルを付けることができ、「正」のラベルがつけられたものはその後出現しないように設定した。実験参加者にはその単語を覚えたと思ったものには「正」のラベルを付けてもらい、すべての単語に「正」のラベルをつけるまで学習を行ってもらった。

### 休憩条件

ステップに乗りながら英単語の暗記を行う際、途中で休憩することは認めた。ただし、休憩中に単語を暗記することは禁止とし、ステップを使いながらすべての単語を暗記してもらった。

### 実験参加者

実験は日本人大学学部生、大学院生で男性 3 名、女性 7 名の計 10 名を対象に行った。実験参加日数は 6 日間、4 日間、2 日間のうちから選んでもらった。この日数は単語を覚えてもらった日のみを数えておりテストに解答した日は含まれていない。内訳は、6 日間参加したのが 6 名、4 日間参加したのが 1 名、2 日間参加したのが 3 名であった。実験参加者には運動の強度については特に指示をしていない。



図 2 フラッシュカードの例

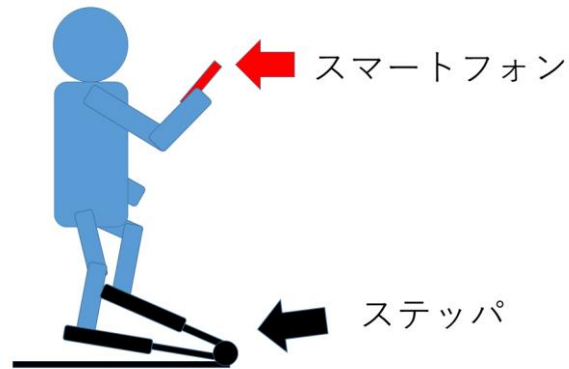


図3 有酸素運動を利用した英単語暗記の図



図4 ステッパ

暗記の1日後、3日後、1週間後にテストを行った結果、1日後には有酸素運動による差が認められなかったものの、3日後では7パーセント、1週間後では6パーセント、正答率が向上している。

ワーキングメモリの改善においては心拍数は最大心拍数の60%から70%が効果的であるとされており最大心拍数は220から年齢を引いて求められる先行研究において実験参加者は大学学部生、大学院生であるため最大心拍数は約200bpmでありその60%は120bpmであるがステッパによる運動では即座に記憶力が大きく改善するには運動強度あるいは継続時間が不十分であったことが1日後に効果が出なかった要因であると考えられる。



また先行研究[1]では運動後の記憶力向上は習慣的な場合でも、一時的な場合でも起こることが分かっている。

#### 習慣的な運動

習慣的な運動による記憶力向上の調査は週 3 回エアロバイクとランニングマシンを交互に 1 時間用いる運動を 3 か月続けたとき、単語を暗記する能力がかなり増えたことを示している。さらに、実験開始から早々に差がつきはじめ、6 週間後にはすでに単語の暗記能力に大きな差があったことも示している。運動により心拍数が上昇したため海馬への血流量が上昇し海馬の働きが活発になる。それにより海馬で最も多く生成される BDNF と呼ばれる脳細胞同士のつながりを強化し、それによって記憶力も強化する物質の生成量が増えると考えられている。

#### ストレッチと持久力トレーニング

また心拍数の上がらないストレッチと心拍数が上がる持久力系トレーニングがそれぞれ海馬に与える影響を調査した。ストレッチを行ったグループでは海馬は縮小したのに対し、持久力系トレーニングを行ったグループでは海馬は成長していたことを示している。

#### 一時的な記憶力向上

また運動による一時的な記憶力向上の調査でも運動前に暗記するより、運動中や運動後の暗記の方が暗記のパフォーマンスが上がったことが報告されている。同じ継続時間では記憶力が向上した運動としない運動があり、また、同じ運動でも継続時間によって効果が変わっていた。

#### 一過性の運動

また一過性の運動が認知能力に影響を与える調査としてランニングとバスケットボールドリブルを 5 分間行う前後に単語暗記を課し、その成績を比較している。単語暗記課題の成績は、ランニングにおいては運動の前後で有意差は見られなかった。しかし、バスケットボールドリブルにおいては運動前より運動後のほうが有意に成績が向上した。また 10 分間のランニングについても調査しており、単語暗記課題の成績はランニング前よりランニング後のほうが有意に向上したことを示している。Labban らは運動前に暗記、運動後に暗記、安静時に暗記の 3 つの条件下でテストした結果、運動後に暗記が最もパフォーマンスが高かったことを示した。

また運動後の暗記だけでなく運動中の学習についても研究されている。ドイツ語を母国語とする実験参加者がポーランド語をランニングマシン(図5)上で歩行しながらの学習と椅子に座りながらの学習を行った。ランニングマシンの速度設定は実験参加者が決定した。テストの結果が歩行しながらの学習のほうが椅子に座りながらの学習よりも優位にテストの成績が高かった。また自転車に乗りながらの学習と椅子に座りながらの学習についても調査している。その結果、自転車に乗りながらの学習のほうがテストの成績が優位に向上した。これらの研究で行われたテストはドイツ語とポーランド語のペアを音声のみで学習し、ポーランド語の音声を聞いてドイツ語を書きとるというものである。



図5 ランニングマシンの例

### 第3章 提案手法

先行研究[1]では習慣的な運動による記憶力の向上やステップによる一時的な運動によって3日後では7パーセント、1週間後では6パーセント、正答率が向上するという長期記憶への効果は報告されている。しかし一過性の運動による記憶力向上への調査に関してはステップと呼ばれる足踏み運動を行いながら英単語を暗記した場合と運動せずに記憶した場合の成績を比較した際1日後には有酸素運動による差が認められなかった。

またランニングとバスケットボールドリブルを5分間行う前後に単語暗記を課し、その成績を比較した際はバスケットボールドリブルにおいては運動前より運動後のほうが有意に成績が向上するもランニングにおいては運動の前後で有意差は見られなかった。また10分間のランニングについても調査しており、単語暗記課題の成績はランニング前よりランニング後のほうが有意に向上した。

またドイツ語を母国語とする実験参加者がポーランド語をランニングマシン上で歩行しながらの学習と椅子に座りながらの学習を行った単語の暗記に及ぼす影響を調査した際にはテストの結果が歩行しながらの学習のほうが椅子に座りながらの学習よりも優位にテストの成績が高かった。これらのことから一過性の運動は記憶力に影響を与えるには運動時間や運動量が深く関係していると考えた。

実際ステップを用いた研究では実験参加者に運動の強度を指示しなかったため日常的に運動していた人たちや実験中の運動量が少なかった人の心拍数が低いことが原因で一日後の記憶力への影響が出なかったと考えられる。

そこで今回、被験者に十分な運動を行って頂き、運動による心拍数の増加が記憶力向上に関係しているかを調査すれば短期記憶も運動の種類によらず向上させることが可能だと考えた。また習慣的な運動だけではなく一過性の運動が短期記憶の向上に効果があれば定期テストの前の詰め込みで記憶する際など短い時間で記憶する必要があるタイミングで有効的だと考えた。また先行研究では器具の仕様や、バスケットボール、ランニングなど手軽にはできない運動で行っている。

この運動をスクワットやその場で器具なし足ふみなど場所や時間を取らずにできる運動で行うことができれば現代人の手間がかかるやお金をかけたくないから運動をしないという原因を解決できると考えた。そこで手間やお金のかからない運動をする前後でテストを行うことで記憶力向上への影響を調査する。運動強度を統一するために実験参加者の心拍数が110～120になるまで運動していただき記憶力向上に影響が出るか確認する。

また中国語で実験する理由は今後中国語の需要が増すことが一つ。そしてもう一つが英語はこれまで受験などで学習しており実験参加者の英語の学習レベルが違うが中国語は全員未学者のため、被験者の差がなくなると考えたためである。

## 第4章 実験

### 4.1 予備実験

まず実験で利用するテスト用紙の作成、テストの時間、運動量の適切な設定を行った。

本実験で使用する中国語は超中国語入門の語彙索引から20語用意した。実験に使用する単語の難易度が運動せずに中国語を暗記した時と、運動後に暗記した時で差が出ないように気を付けて抜き出した。左半分が1回目の中国語と日本語訳、右半分が2回目の中国語と日本語訳である。使用した用紙を図6に示す。

1回目 中国語	日本語	2回目 中国語	日本語
爱好	趣味	肚子	腹
爸爸	父	发车	発車場
办理	手続きをする	罚款	罰金をとる
报	新聞	半个	半分
毕业	卒業場	发火尧	熱を出す
表	時計	饭店	ホテル
餐厅	レストラン	飞机	飛行機
厕所	トイレ	哥哥	兄
长	長い	丢	失う
唱	歌う	二号	二日
超市	スーパーマ外	儿子	息子
吃	食べる	大约	およそ
抽	吸う	大衣	コート
窗户	窓	复习	復習場
出租车	タクシー	火车	汽車
大夫	医者	寄	郵送場
地图	地図	几张	何枚
电话	電話	后边	後ろ
堵车	渋滞場	还	还
兑换	両替場	号	日

図6 一回目と二回目の問題と回答が共に書かれた用紙

また心拍数の計測できるスマートウォッチを2台用意した。使用したものを図7  
図8に示す。



図7



図8

初めに自身を含め4人を対象に予備実験を行った。今回は運動不足の原因の1つである手間がかかるから運動しないということを解決することが目的であること、定期テストの詰め込みなど時間がない中で行いたいため、可能な限り運動へのハードルを下げた方法でできないかと考えた。そのため初めは運動強度を

合わせず、運動量を 10 回のスクワットで統一してテストを受けていただき運動の前後で成績に変化がでるか確認した。実験参加者にスクワットは膝を 90 度まで曲げるフォームや動作の速度を指定することで運動による負荷を統一した。結果として運動による記憶力向上の効果は見られなかった。その結果を表 1 に示す。

表 1 予備実験の結果

	A	B	C	D
1 回目点数	19	11	18	18
2 回目点数	20	9	17	15
1 回目心拍数	55	70	75	73
2 回目心拍数	67	100	96	90

要因としては個人によって心拍数にばらつきが出てしまったこと、大学生の実験参加者において、ワーキングメモリの向上に効果的とされる心拍数範囲に到達しなかったことが注目される。先行研究によれば、この範囲は最大心拍数の 60 %から 70 %とされており、理想的な心拍数は 110～120 であるとされている。

以下に年齢ごとの最大心拍数の平均を表 2 に示す。[4]この予備実験と先行研究から運動による記憶力の向上には運動強度が深く関わっていると考えた。予備実験では普段から運動習慣のある人と普段から運動習慣のない人では運動前と運動後の心拍数は変わってしまう。

そこで本実験では運動後の心拍数を実験参加者で統一することで運動習慣のある人ない人の運動強度を統一しようと考えた。

表2 年齢ごとの最大心拍数の平均

年齢	男性の最大心拍数	女性の最大心拍数
小学生	191~203.9	197.3~206.3
中学生	193.8~194.5	193.8~195.2
高校生	190~193.2	188.9~194.6
成人	190.66	188.18

## 本実験

実験参加者の心拍数が110~120になるまで運動していただき、運動強度を統一することで記憶力向上に影響が出るか確認する。

## 4.2 実験方法

- ・本実験に参加してもらう被験者は、同年代から無作為に選出した10人とする。
- ・始めに、実験内容の説明と目的の流れを口頭で説明し、予備実験でも利用した問題と解答が共に書かれた用紙と心拍数の計測できるスマートウォッチを配布する。
- ・次に中国語20語の日本語訳を1分半で暗記してもらう。
- ・その後、配布した解答用紙に暗記できた日本語訳を記入して頂く。
- ・その後心拍数が110~120になるまでスクワットやその場足ふみを行って頂き、その後二回目のテストを行う。
- ・これを二人ずつ10人が実験を終えるまで繰り返す。
- ・一回目と二回目のテストの結果を比較することで記憶力に変化が起きるか確認した。

## 4.3 実験結果

1回目の平常時に行った実験と二回目の運動後に行った実験の結果を表3にまとめる。テストは1問1点の20点満点である。A~Jまでのアルファベットは実験参加者のことである。



表 3 本実験の結果

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1 回 目	17	12	18	15	14	19	14	16	10	13
2 回 目	16	15	20	13	19	19	18	17	16	14

二回のテストの表の結果である。10 人中 7 人が運動後に暗記を行う二回目の方が点数が上がり、1 人が同じ点数、2 人が二回目の点数が落ちる結果となった。また結果の平均値の差に有意差があるか T 検定を行った。t 検定とは、条件の異なる 2 つの群において、それぞれの群の平均値の間の差が統計的に有意なものなのか、それとも偶然なのかを判定する手法のことである。今回は同じ人に対してスクワットの前後で暗記量を測り、データの平均値に差があるか調べたい。そのため Excel の分析ツールを用いて一対の標本による平均の検定を行う。(片側検定、t 検定の結果は、p 値が有意水準の確率より大きいか、小さいかで判断します。有意水準が 5% とすると p 値が 0.05 以下の場合、平均値の差に有意差がある p 値が 0.05 より大きい場合、平均値の差に有意差がないと判断) 今回は偶然の発生確率 5% 以下であれば差があると見なすとする。その結果片側検定の p 値は 0.023127 であり偶然の発生確率が 5% 以下のため平均値の差に有意差があることが判断できる。以下に実際の Excel の分析結果を示す。(表 4)

表 4 Excel の分析結果

	変数 1	変数 2
平均	14.8	16.7
分散	7.733333	5.344444
観測数	10	10
ピアソン相関	0.490841	
仮説平均との差異	0	
自由度	9	
t	-2.30976	
P(T<=t) 片側	0.023127	
t 境界値 片側	1.833113	
P(T<=t) 両側	0.046255	
t 境界値 両側	2.262157	

## 第5章 考察

予備実験の結果よりスクワットを10回する前後の点数を比較した際は運動による記憶力向上は見られなかったが本実験の結果より平常時に行った一回目より心拍数を110~120になるまで運動した二回目の方が点数が上がった。予備実験で運動による記憶力向上の効果が見られなかったのは大学生の実験参加者にとってワーキングメモリの改善においては最適な心拍数である最大心拍数の60%から70%の110~120にスクワット10回では届かなかったことが原因だと考える。また本実験で記憶力向上が見られた理由は実験参加者に心拍数が110~120に上昇するまで運動していただいたため、海馬への血流量が上昇し海馬の働きが活発になったことでBDNFと呼ばれる脳細胞同士のつながりを強化され、記憶力も強化する物質の生成量が増えたことが原因だと考える。酸素消費量の増加に伴って、つまり激しい運動を実行した分だけBDNFが増加しているため軽い散歩運動では、多くのBDNFの増加は期待できないかもしれない。以下に運動強度とBDNFの関係を表した図9を示す。しかし海馬の成長は移動の時の空間認識、空間体験も大事で、散歩でも知らない道を「ここはどこだ」「あそこへ行くと、どこへ出るのだ」などと普段から考えながら歩くことで今回のようなスクワットやその場足ふみでなくても、記憶力向上につながるかもしれない。[5]

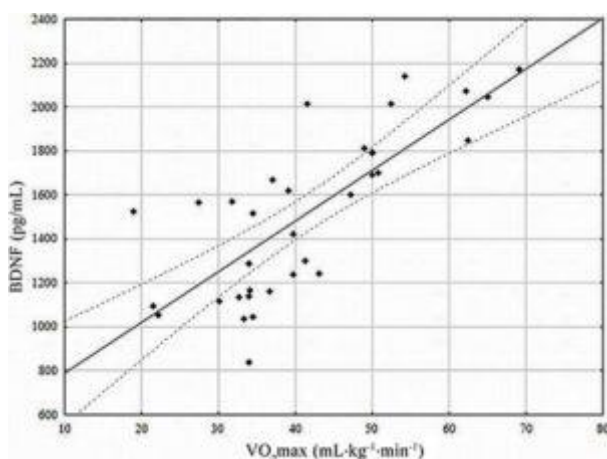


図9 運動強度とBDNFの関係

## 第6章 おわりに

本研究では運動による心拍数の増加に伴い中国語の記憶できる単語の数が増加するかを明らかにする実験を行った。本研究の目的は全世界の6人に1人は中国語を話すにもかかわらず日本で遅れている中国語の学習の推進と現代人が運動不足の解消である。記憶力向上に関する研究で有酸素運動によって認知能力の向上することが知られているため中国語の学習と運動を組み合わせることで同時に解決しようと考えた。また先行研究のように器具の使用やバスケットボール、ランニングなどではなく、スクワットやその場足ふみなど場所や時間を取られずにできる運動を行うことで現代人の手間がかかるやお金をかけたくないから運動しないという原因を解決できると考えた。予備実験の結果よりスクワットを10回する前後の点数を比較した際は運動による記憶力向上は見られなかったが本実験の結果より平常時に行った一回目より心拍数を110~120になるまで運動した二回目の方が点数が上がった。予備実験で記憶力向上が見られなかったのは大学生の実験参加者にとってワーキングメモリの改善においては最適な心拍数である最大心拍数の60%から70%の110~120にスクワット10回では届かなかったことが原因だと考える。また本実験では最適な心拍数に届いたため記憶力向上に効果があったと考える。本実験により今回の目的である心拍数の増加に伴い中国語の記憶できる単語の数が増加することは明らかになった。また運動不足の原因の一つである金銭的な問題はスクワットなどお金のかからない方法でも記憶力向上に効果が出たので解決できると考える。しかし今回の実験では心拍数110~120にするためにスクワット40回足ふみ100回など人によっては手間がかかると捉える量の運動量だったため、運動不足の原因である手間がかかって運動しないことへの解決にはならなかった。しかし今回の実験参加者は大学生だったが最適な心拍数である110~120は年齢によって違い、運動量も違うため人によって運動量が少なくなり手間がかからないとも考えられる。今後の研究では、数種類のテストを用意することで一回目と二回目の問題難易度の差による点数への影響を減らすことができると考えた。また実験の際にアンケートで今回の運動が手間と感じたか調査することで運動不足の原因を解決できるか確認できると考えた。また実験参加者として様々な年齢の方からのデータを収集することで年齢ごとに必要な運動量が明らかになると考える。

## 謝辞

本論文を作成するにあたり、多くの指導、ご助言を頂きました三好力教授に厚くお礼申し上げます。また、議論・実験に協力して下さった三好研究室の皆様や友人の皆様に心から感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 湯浅 成章・黄瀬 浩一 有酸素運動が英単語暗記に及ぼす影響の確認
- [2] 【メリットだけ】中国語の習得・勉強・留学が絶対におすすめな7つの理由
- [3] なぜ運動不足な人は多いの？統計からわかる4つの原因と解消法
- [4] 最大心拍数の平均は？男女/年代（学年）別の高い～低い9段階目安も
- [5] 神経成長因子 BDNF を増やす8つの戦略その1（運動編）

