振動の生体機能に及ぼす影響について

第2編：消化器及び循環器系について

昭和34年3月24日受付

東京歯科大学生理学教室（主任：伊藤秀三郎教授）
相　田　孝　信

Studies on the influence of vibration to the physiological function of living thing.

Part 2: On the digestive system and circulatory system.

Takanobu Aida
Department of physiology, Tokyo Dental College.
(Director: Prof. H. Itow)

I　緒　言

著者はさきに鉄道技術研究所のクランク式振動台を使用し，汽車，自動車における所の主な振動の再現を刺激として，呼吸運動変化を観察し，その影響は迷路刺激によつておこることを確めた。又乗物酔が迷路と関係のあることは，James①(1882) が聾唖者は船酔を起し難いととなえて以来幾多の研究により明らかであるが，乗物酔の場合嘔吐及び，食慾不振等が起る事実から，勿論振動が消化器系にも影響することが考えられる。

扨て迷路刺激が胃腸運動を亢進させると云うことには，Kremer②(1921)，Rocavilla③(1922)，Spiegel u，Demetriades④(1924)，Podesta⑤(1928)，Perkalin⑥(1930) 及び柳⑦(1937)，等の説が，胃腸を抑制させると云うことにはByrne⑧(1921)，Lebensohn⑨(1931)，平田⑩(1932)，及び本城⑪(1939)，等の説がある。尚柴田⑫(1943) は迷路刺激と植物神経支配の機能との関係について諸家の意見が一致しないのは，其の刺激強度如何により固有の影響が見られないものとして，家兎迷路に直線加速度を連続的に加え胃腸運動の著明な抑制現象を，又迷路破壊，交感神経切断の場合にはこれら症状が起らないことを認め，川島⑬(1649) は家兎に水平並びに振子運動を与え腸運動の抑制を観察した。大川内⑭(1951) も同様な刺激で家兎胃内圧の亢進，嘔吐現象の起る事を報じ，又，久保⑮(1935) は廻転刺激（10秒に1廻転，1時間）及び冷温刺激並びに高張食塩水の卵円窓内注入刺激で，肝臓色素排泄機能の遅延及び抑制を認め，これら変化は内臓神経を介し行はれると報告した。山形⑯(1952) は交感神経は RES 機能に対し抑制的に，副交感神経は促進的に作用すると提唱した。斉藤⑰(1957) は騒音により生体は交感神経緊張状態になり，RES 機能は減退すると報告した。又，皆川⑱(1932) は迷路を直接に刺激すると耳下腺唾液分泌量は一時的に減少し，又，有機物質は増加し，これは交感神経と重要な関係があると唾液分泌機能と迷路との関係を報告している。

一方自律神経系と唾液の関係については，Ludwig Eckhard 及び Miller 等が唾液を交感神経と副交感神経とに分け呼称して以来可成りの報告があり，高岡⑲(1952) は自律神経機能の亢進と唾液分泌との関係を明らかにし，井口⑳(1954) は自律神経機能検索の方法として唾液分泌曲線を利用し得ると報告している。

次に動揺と循環器系との関係に関しては，寺師㉑(1926) は航空機搭乗者に於て，上昇時には血圧は亢進すると述べ，永野㉒(1932) は客車動揺と同様の振動を与え，血圧の軽度の亢進，脈搏の増加を報じ，加藤㉓(1933)は長途自動車旅行により，血圧亢進，脈搏増加を認め，末田㉔(1938)は列車振動と同様な振動により体温上昇，心搏数の増加を来たすと発表している。又，高井㉕(1943)は直線並びに廻転運動及び冷温刺激を迷路に与え血圧は上昇すると述べ，且人体に於ける実験に於ても廻転刺激により血圧は上昇し，何れも交感神経の興奮によると述べている。川島⑬(1949) は人について動揺刺激を与え血圧は過半数に於て上昇を認めるが脈搏は増加するか不変なりと報じている。中嶋㉖(1953)は水平動揺運動を家兎に加え著明なる血圧上昇を認め，迷路興奮が交感神経緊張に作用した結果であると述べている。

山川㉗(1956)は家兎に加速廻転刺激を加え，著明な搏動数の増加，心臓の収縮伸展の増大を認めている。

又，猪[28](1949)は迷路植物神経反射の観察は同時的に同一人について行はなければならない事を考慮し，呼吸，脈搏，精神電流現象を電気的，連続的に同時記録し，迷路の弱刺激では Vagotonishe に，強刺激では，Sympatikotonishe に反応すると述べている。

著者は以上の如き動揺感あるいは振動が生体に種々なる変化をもたらすと云う先人の研究から，振動台より再現した最も一般的な乗物の振動として，振幅 10mm の毎分 60～600rpm. の振動数を使用し，唾液分泌量の測定には井口[29]の法により，胃運動には気嚢法により，腸運動には腹窓法により，肝臓機能検査法には Adler Reimann 法により心搏間隔には ECG により，血圧測定には直接法により血管壁透過性測定には，佐藤[30]考案の紫斑計により溢血点を測定し振動の消化器及び循環器系に及ぼす影響を吟味したところ，聊か知見を得たので此処に報告する。

Ⅱ　実験方法

A　実験動物

実験動物としては体重 2.5～3.0kg の成熟した雄性，健康で，少なくとも一週間著者自身が同一条件で飼育した家兎を使用した。

B　唾液分泌量測定法

先づ家兎を振動を加えると同様な体位，即ち腹位に固定板に固定し，2時間の間隔を置いて3回唾液分泌量の測定を行つた。併し唾液採取時以外は固定台から脱し家兎を自由にしておいた。尚唾液誘出には塩酸ピロカルピン (1：100) を体重 kg 当り 0.1cc の割に皮下注射し，分泌量は涎垂する唾液を 20cc メスシリンダーに採取し，6分毎に計測した。

C　胃運動観察法

先づ家兎を12時間以上絶食させ背位固定し開口器を装着，約 6cm の長さのコンドームをつけたネラトンカテーテル5号にグリセリンを塗布して胃内に挿入，開口器を除去，口角部にカテーテルを固定し，約 80cc の空気を注入し約水柱 10cm の圧力を加えタンブールに連結，挿入後30分よりインク式簡易描記法により胃運動の観察記録を行つた。

D　腸運動観察法

先づ家兎を24時間絶食させ固定台に側位に固定し，ウレタン麻酔後左上側腹部を剪毛し手術野を消毒し，縦 7cm，横 5cm，厚さ 0.3mm のセルロイド板を，福原[31](1950)法により取りつけた。手術後2日目には元気快復し普通量の食餌をとる様になるので，その時期より観察を行つた。1週間後には腹窓視野が脂肪沈着のため観察不能にはなるが，3週間を経過しても家兎は尚元気に生活し体重の増加を認めた。腸運動観察に最適する部分として活潑に運動する小腸部位を選び，運動を蠕動，分節，及び振子，と三種類に分け，記録は三段階に分け各運動の発現毎に，夫々のものに対する短従線を記録紙所定線上に記入し，1分区間毎に区切つて記録した。斯くして振動を加える前の5分間のもの，振動中5分間，停止直後5分間，其の後10分迄の5分間のものを記録し比較した。

E　RES 機能測定法

RES (細網内皮系) は肝臓内の一部を占めるので肝臓機能検査法として，RES の機能検査を行い振動の肝臓えの影響を観察した。RES 機能の判定には Adler-Reimann 法によつた。先づ1％ Congo-red 生理的食塩水を用意し，動物を背位固定し正常時の血液 3～4cc を採血し，其の後体重 1kg 当り 1cc の割に耳静脈よりその色素液を静注し，注射4分後及び60分後に，夫々対側の耳静脈より 4～5cc を採血する。採血した血液は充分凝固させた後10分間 1,500～2,000 rpm で遠沈し血清を分離し，尚血清はベンチヂン法により潜血反応を吟味し其の陰性のもののみを使用する。

血清は生理的食塩水で10倍に稀釈し，Congo-red 濃度はエルマー製光電比色計を使用し計る。次に注射60分後の血清中の Congo-red 濃度を注射4分後の血清中 Congo-red 濃度で除し，100倍したもの即ち Congo-red index (CRI) を求めるのである。

扨てこの場合先づ上記の処置を家兎に行い CRI の正常時のものを求め，10日間を経過した後家兎より再び採血し血清を比色し完全に色素の消失を確めた後，振動を50分間加え前述の方法により CRI を求め正常時のものと比較した。

F　心搏間隔測定

固定台に背位固定した家兎を振動台に装着福田式 ECG を使用し第二誘導で記録し，振動の影響の判定には，PP′ 間を用いた。尚振動数 600 rpm 以上では筋震顫のため測定が困難であつた。

G　血圧測定法

家兎を固定台に背位固定し前方で正中切開し頸動脈を露出し，血管カニューレーを挿入し19％のクエン酸ソーダを満したゴム管及びU字管を介し，水銀マノメーターに連結し，血圧変動を簡易インク式描記法で記録した。尚この場合は呼吸運動も併記した。

H　血管壁透過性測定

振動の毛細血管の脆弱性に対する影響を観察するため，佐藤要氏[30]が改良した da Silva Mello 型紫斑計を用い5分間或は30分間振動後腹部に陰圧 (－200

mmHg）を10分間作用させ，其の吸引によつて毛細血管の出血を誘起し，そこに出現する皮膚面の溢血数を30分後，60分後，120分後に於て数え，それ等と正常時のものと比較した。

1　振動装置

第一篇に於て述べた鉄道技術研究所のクランク式振動台を使用した。

Ⅲ　実験成績

A　消化器系

1　唾液分泌曲線に及ぼす影響

家兎に1％塩酸ピロカルピンを体重1kg当り0.1ccの割に皮下注射し，唾液分泌量を測定するのであるが，井口[20]に準じ60分間を基準として計測した。計測は対照として60分間計測し，2時間後に60分間振動（振幅10mm，振動数240rpm）し直後ピロカルピン注射，分泌量を60分間計測した。更に2時間後再び60分間の分泌量を測定した。その代表例を示すと第1表第1図の如くである。

第1表で判る様に唾液分泌総量には交感神経緊張型のものは

$$\text{変化率}\left(\frac{\text{振動後の唾液量}-\text{振動前の唾液量}}{\text{振動前の唾液量}}\times 100\%\right)-$$

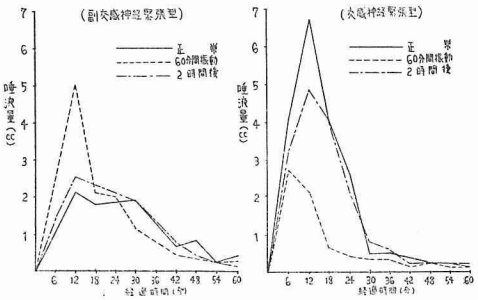
63.0％で減少し，副交感神経緊張型のものは，変化率19.5％で分泌量の増加を示し，又，分泌曲線については第1図で判る様に交感神経優越，副交感神経優越，何れの家兎も交感神経優越の形態になる事を示した。

2　胃腸運動に及ぼす影響

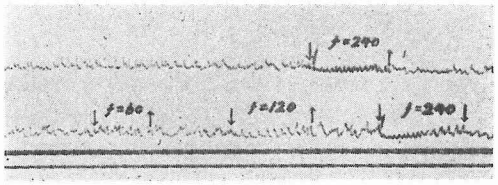
a　胃の運動

此の場合いづれも同様な結果を得たので代表例（家兎 No.58 ♀ 体重2.6kg）について述べると第2図の如くで，気嚢挿入1時間後，4秒に1回の周期大なる波の間に2回連続する小なる波を有する収縮波型をみた。振幅 10mm 振動数 60rpm の振動では波型がやゝ増加し，収縮の亢進がみられたが，振動数 120rpm に於ては大波の高さは低くなり，小波は消失し，振動数 240rpm に於ては振動直後急激な収縮波が1回直ちに波型消失し，30秒後に小波出現約30秒の間隔をもつて次第に収縮波は大きくなり，停止後30分にしてほゞ正常の波型にもどつた。即ち振動数 60rpm の振動

第1図　振動に因る唾液分泌曲線の変化



第2図　振動の胃運動曲線に及ぼす影響



（註）家兎 No.58（♀）2.6kg
実験日 9/21　室温18°C　湿度 62％
振動の種類　上下振動　↓振動附与
振幅10mm　↑振動停止
振動数60rpm　120rpm　240rpm
時標　6秒

第1表　振動に因る唾液分泌量（cc）の変化

（副交感神経緊張型）　No. 122 ♂ 2.5kg

経過時間（分）／条件	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	合計
正常時	0	1.1	2.1	1.8	1.9	1.9	1.3	0.7	0.9	0.2	0.4	12.3
60分間振動後	0	2.4	5.0	2.1	2.0	1.2	0.8	0.4	0.3	0.2	0.3	14.7
2時間後	0	1.3	2.5	2.2	2.1	1.9	1.4	0.8	0.4	0.2	0.2	12.9

（交感神経緊張型）　No. 85 ♂ 2.1kg

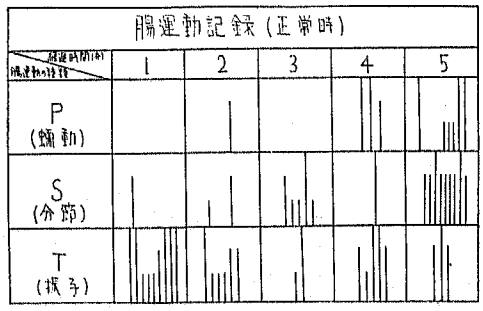
経過時間（分）／条件	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	合計
正常時	0	4.0	6.7	4.1	2.4	0.5	0.5	0.3	0.2	0.2	0.1	19.2
60分間振動後	0	2.8	2.1	0.7	0.4	0.3	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	7.1
2時間後	0	3.2	4.9	4.1	2.2	0.8	0.6	0.2	0.2	0.2	0.2	16.5

では影響がないか，やゝ波型の増加を示し振動数 120 rpm 以上では波型の減少あるいは停止を示した。

b　腸の運動

Katsh 及び Bordess[32]に従い腸運動を見守ることにし，飯田[33]の法に従つて運動発現毎に，夫々を所定線上に従線（長さを運動の大きさに従つて三段階に分けた）として記入し，1分毎について5分間づつ観察した。振動はすべて5分間とし振幅 10mm 振動数 240rpm を用いた。実験動物4例とも同様な結果を得たので，代表例 No.41 ♂ 2.3kg についての正常時の記録を示すと第3図の様である。

第3図



第3図から得た正常時の回数と振動時の其れをまとめると第2表の様である。実験動物4例の各時期に於ける腸運動の出現率（条件後の回数を正常時の回数で徐し100倍したもの）を示すと第3表及び第3図の様で，振動中は腸運動は抑制され振動停止と同時に再び活潑に運動し，停止後10分に於てほゞ正常にもどることが観察された。

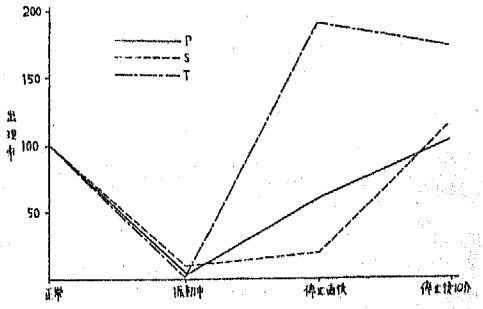
第2表　振動に依る腸運動回数の変化

条件＼経過時間（分）		1	2	3	4	5	合計
正常	P	0	1	0	3	6	10
	S	1	2	5	1	9	18
	T	9	6	2	5	3	25
振動中	P	0	0	0	0	0	0
	S	1	0	1	1	1	4
	T	0	0	0	0	1	1
停止直後	P	0	0	0	0	0	0
	S	0	0	2	0	0	2
	T	11	6	10	8	7	42
停止後10分	P	0	1	0	3	0	4
	S	1	10	8	6	5	30
	T	11	7	3	3	2	26

第3表　振動に因る腸運動の変化
（運動回数及び出現率4例合計5分間値）

腸運動の種類＼時期	正常	振動中	停止直後	停止後10分
P（蠕動）	23回 100.0%	1 4.4%	14 60.9%	25 108.7%
S（分節）	60回 100.0%	6 10.0%	13 21.7%	73 121.5%
T（振子）	79回 100.0%	3 3.8%	153 193.7%	139 176.0%

第4図　振動に因る腸運動の変化
（正常時を100%とする）



3　細網内皮系の機能に及ぼす影響

一般に認められている RES 機能は，1）異物摂取機能，2）免疫体産生機能，3）新陳代謝調節機能，4）解毒機能，及び 5）造血機能，等である。そのうちで最も容易に把握出来る異物摂取の能力を目標とし，その程度の変動を数的に計測出来る前述の方法に従い，先づ正常時の Congo-red index (CRI) を求め其の10日後同一家兎に於て振動を加え，其

第4表　振動に因る R•E•S 機能動変化

	運動No. 性別	体重 kg	Congared 濃度 mg/dl	C•R•I
正常	93 ♂	2.8	0.238 0.100	42.0
	94 ♂	3.9	0.339 0.091	26.8
	95 ♂	3.2	0.351 0.132	37.6
振動 2a＝10mm f＝240 rpm 運動時間：50分	93 ♂	2.8	0.312 0.172	55.0
	94 ♂	4.0	0.303 0.100	33.0
	95 ♂	3.2	0.339 0.147	43.4

の時の CRI を求めて比較すると第4表の様である。表で示されたように何れの例に於ても CRI は増加し，RES 機能が減退を来たすことが知られた。

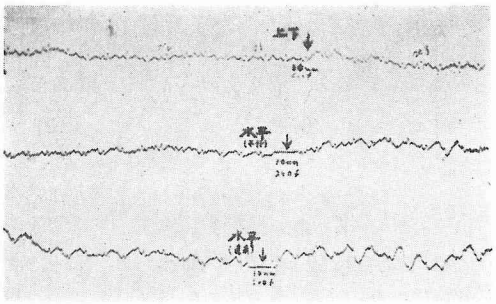
B　循環器系

1　振動の心搏間隔に及ぼす影響

家兎に振動（振幅 10mm，振動数 600rpm）を与えた時の ECG の様相を示すと第5図の通りで，振動による心搏間隔の変化は第5表のようである。斯して何れの場合にも振動時には心搏間隔が短縮することが認められた。又，上下振動と水平振動の影響差異を比較するため，振動数 240rpm の場合に就いて心搏間隔変化の状態を示すと第6図の様である。

扨て第5表で判る様に振動時の心搏間隔は短縮し，上下振動に於ては振動数の多い程その程度が大きく，第6図で示される様に上下と，水平振動では後者の方が減少率が多いのである。

第5図　振動の ECG に及ぼす影響



（註）家兎 No.7（♂）2.3kg
実験日 6/12　室温 19.5°C　湿度 84%
振動の種類　上下振動　↓振動附与
振幅 10mm
振動数 600rpm　240rpm

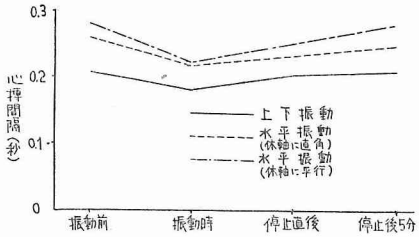
第5表　振動に因る心搏間隔の変化

条件＼時期		振動前	振動中	停止直後	停止後5分	減少率（%）
上下振動 2a＝10mm	rpm f＝240	0.210	0.183	0.203	0.205	12.9
	f＝300	0.253	0.220	0.240	0.240	13.0
	f＝600	0.216	0.186	0.208	0.213	13.9
水平振動 体軸に直角	f＝240	0.258	0.216	0.232	0.253	16.3
水平振動 体軸に平行	f＝240	0.277	0.219	0.250	0.253	20.9
上下振動 2a＝20mm	f＝60	0.212	0.191	0.193	0.206	9.9
	f＝240	0.219	0.206	0.233	0.226	5.9
水平振動 体軸に直角	f＝240	0.215	0.185	0.195	0.244	13.9
水平振動 体軸に平行	f＝240	0.216	0.190	0.192	0.211	12.0

（註）減少率 $\frac{\text{振動時心搏間隔}-\text{振動前心搏間隔}}{\text{振動前心搏間隔}}\times 100\%$

で求める

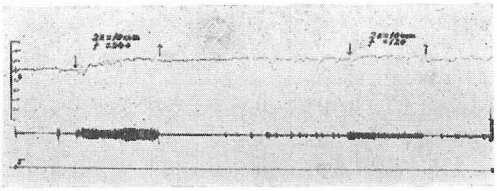
第6図　上下振動・水平振動時に於ける心搏間隔の変化



2　振動の血圧に及ぼす影響

振動の血圧に及ぼす影響様相の代表例を示すと第7図の様である。血圧は振動開始後約30秒後にほゞその最高値に達した。尚振動時間が長くなるとクエン酸ソーダが血液中に流入し，動物の消耗が速いので振動時間は1分間と決めた。実験6例中 No.64 の振動数 60 rpm の場合は血圧の上昇は認められなかつたが，其の他はいづれも血圧上昇し15～45秒の間に最高値を示した。尚振動による物理的血圧の変動を考慮し死亡直後の家兎に同一条件の振動を加えたところ，振動数 120rpm では 1.0mm. 振動数 240rpm では 1.3mm. 水銀柱が上下することが認められた。実験6例の数値を示すと第6表の様になる。表で判る様に振動により血圧は上昇し，同一振幅に於ては振動数の多い程血圧上昇値も増加することが知られた。第7図の様に呼吸運動を同時に描記した例に於ては，血圧の上昇と同時に呼吸数及び呼吸振幅の変化もみられた。

第7図　振動時による血圧及び呼吸運動の変化



（註）家兎 No.64（♂）2.4kg
実験日　0/29　室温 20°C
湿度 69%
振動の種類　上下振動　上血圧曲線
振幅 10mm　下呼吸曲線
振動数 120rpm　↓振動附与
240rpm　↑振動停止

第6表　振動に因る血圧の変化

家兎 No. 性別	体重 kg	上下振動 frpm	正常血圧 mmHg	血圧上昇値 mmHg 経過時間 振動中 5秒	15	30	45	60	停止後 5秒	15	30	45	60	最高上昇値 mmHg
60♂	2.3	60	60	70	65	67	65	55	50	45	凝固	凝固	凝固	7
61♂	2.4	120	80	85	100	120	120	120	110	100	80	80	80	40
61♂	2.4	240	80	100	110	120	120	120	110	90	85	83	83	40
64♂	2.41	60	110	100	100	110	100	100	110	100	110	100	95	0
64♂	2.41	120	120	110	120	120	125	130	120	125	120	120	120	10
64♂	2.41	240	105	100	105	120	125	130	120	120	120	120	120	24

3　振動の血管壁透過性に及ぼす影響

佐藤氏考案の紫斑計を用い腹部皮膚面に，－200mm Hg の圧力を10分間加え溢血点数を求めた。その数値を示すと第7表の様になる。表で判る様に著者の実験した振動では血管壁透過性に対し有意性の変化を与えることは認められなかつた。

第7表　振動に因る溢血点数の変化

条件 ＼ 時期 / 家兎No. 性別	振動前	停止直後	停止後30分目	停止後60分目	停止後120分目
上下振動	25♂	0	0	0	1	2
2a＝10mm	26♂	2	1	2	3	2
f＝240r. p. m	28♂	1	2	2	1	1
振動時間：5分	25♂	1	1	4	2	0
2a＝10	26♂	2	3	3	2	2
f＝600 振動時間：30分	27♂	1	1	1	2	1

Ⅳ　総括並びに考按

著者は，成熟家兎を用い消化器系並びに循環器系に及ぼす振動の影響を観察した。実験に用いた振動装置は鉄道技術研究所で，各種振動計の特性検定等に使用する振動台を使用し家兎に上下及び水平振動を加えた。振幅及び振動数は自由に変化出来るが，本実験に於ては主として振幅 10mm として行つた。動物の固定には平板固定器を使用しそれに Tatin の頭固定器を強固に結着し，確実に頭部に振動が加はる様にし，腹部には軽く腹帯をして，内臓の動揺を防ぐようにした。

1)　唾液分泌曲線

自律神経系と唾液との関係は，前述の Ludwig, Eckhard, Heidenhein 及び Miller の分類以来，可成りの報告があり，迷路と耳下腺唾液との関係についても，迷路の直接刺激が分泌量の一時的減少及び有機物質の増加を促し，このことは交感神経と重要なる関係があると皆川[18]が報告している。近時，井口[20]は自律神経緊張状態と唾液分泌曲線との関係を明らかにし，交感神経緊張状態のピロカルピン唾液分泌曲線は分泌初発より上昇度高く，下降急激な急峻型で，副交感神経緊張状態のピロカルピン唾液分泌曲線は分泌初発より上昇度低く，下降緩慢な緩徐型であると報告している。このことから家兎に振動を附与した場合如何なる様相の変化を来たすかを検索したところ，正常時交感神経優越及び副交感神経優越何れの場合も，振動直後のピロカルピン唾液分泌曲線は急峻型の交感神経緊張状態を示した。このことは振動により生体が交感神経緊張状態になることを物語つている。又，振動停止後2時間経過した場合にはその分泌型がほゞ正常状態にもどることも明らかである。

2)　胃腸運動

乗物酔の主症候とも云うべきものに，嘔吐，食慾不振等の現象があるので，当然振動も胃腸運動に対し影響のあることは勿論で，James が船酔と聾唖者との関係をとなえて以来，迷路刺激と胃腸運動との関係についても，幾多の研究がなされ亢進すると云う説，①②③④⑤⑥⑦と抑制すると云う説，⑧⑨⑩と⑪があり，上下振動と胃運動の関係については柴田[12]の比較的長時間刺激の実験があつて，上下振動は胃腸運動を抑制乃至停止せしめると報じている。川島[13]は家兎に5～15分間振子運動を与え腸運動の抑制の起ることを報じ，大川内[14]は同様な刺激で胃内圧の亢進，嘔吐現象の起ることを報じて三者とも交感神経の緊張によるものであると結論している。

著者の実験に於ても振幅 10mm 振動数 60rpm に

於ては亢進か抑制か明らかでないが，120rpm に於てはやゝ抑制状態がみられ，240rpm に於ては更にその程度が強化されることが観察された。又腸運動に於ては振動と同時に明らかに抑制現象がみられ，停止直後にはやゝ亢進状態となり停止後10分にして正常状態にもどることが明らかになつた。又，蠕動，分節，振子，と腸運動を考えた時振動中は何れも抑制されるが，停止後振子運動が最も早く出現し正常よりも亢進することが認められ，分節，蠕動運動は正常に次第にもどるのがみられた。

扨て胃腸運動が迷走，交感神経の支配を受け，促進神経は迷走神経で制止神経は交感神経であることはすでに知られている。

著者の実験に於て胃腸運動も弱刺激では時には亢進，或は抑制で傾向が何れか明らかでないが，振動が強化されるに従い抑制現象の現われることが知られた。このことは明らかに交感神経の緊張を来たしていることを示したものと思はれる。腸運動に於ても同様振動中抑制現象が現われ，振動停止と共にやゝ亢進し後，正常にもどることがみられた。このことは明らかに振動中交感神経の緊張を来たすことを思はせる。

3)　細網内皮系

RES に及ぼす自律神経の影響については，山形[16]は自律神経系のうち，交感神経は星細胞を含む RES 機能に対し抑制的に作用し，肝細胞機能に対しては促進的に作用すると，又，副交感神経は前者には促進的に，後者には抑制的に作用すると述べ，斉藤[17]はアドレナリン投与の RES 機能に及ぼす影響を観察し，大多数の例に於て3時間後に約20%に達する CRI の増加を認め，その機能の低下を来たすと報じている。

著者の実験に於ても正常時に比し，振動附与50分の家兎に於ては23.1%の CRI の増加を示し，明らかに RES 機能に対し減退の傾向がみられた。このことは先人諸家の実験結果からしても明らかに生体が振動により交感神経緊張状態を呈したものと思はれる。

4)　心搏間隔及び血圧

動揺の循環系に対する影響の感察には永野[22]は客車動揺により血圧の軽度の上昇，脈搏増加を報じ，加藤[23]が自動車による長透旅行で血圧亢進，脈搏の増加を認め，末田[24]は汽車の動揺と同様な振動器により体温の上昇，心搏数の増加を，川島[18]は振子運動を人間に与え，過半数に於て血圧上昇をみたが脈搏は不変の場合多く，増加したもの是に次ぐと報じ，高井[25]は43 cm の上下振動を1分間63回加え血圧の上昇を報告し，中島[26]は水平動揺運動で家兎耳迷路興奮が交感神経緊張が作用し血圧は上昇すると述べている。山川[27]は加速廻転刺激により搏動数の増加，心臓の収縮伸展の増大を述べ，加速廻転刺激は迷路を介し交感神経緊張性の自律神経障碍を来たすと報じている。

著者の実験に於ても上下，水平振動何れの例に於ても心搏間隔は短縮し，振動数の多くなるに従い振動振幅の大となる程，つまり加速度の加はることによりその程度が大きくなることが伺はれた。又，上下と水平振動との比較では水平で体軸に平行の場合，最も影響が大きく，水平で体軸に直角，上下振動の順で影響が少なくなつた。又，血圧に対する影響については上下振動時のみの観察であるが，振動数 60rpm に於てはあまり影響がみられず，120～240rpm と次第に加速度が増加されるにつれて，血圧の上昇値も大となることがうかがわれた。このことは多数先人の業績等により考える時，振動による加速度が迷路に及び家兎迷路は刺激興奮を受け，その反射として交感神経緊張を来たし，上述の様な変化を来たすものと思はれる。

5)　血圧壁透過性

生体に振動を加えた場合皮膚，毛細血管抵抗値に如何なる影響を与えるかに注目し測定を行つたのであるが，実験を行つた6例からでは有注性の変化は認められなかつた。

結　論

家兎に振動を加えた場合

1)　家兎ピロカルピン唾液分泌曲線は，交感神経緊張状態の家兎も副交感神経緊張状態の家兎も，交感神経緊張状態を示した。

2)　胃及び腸運動は曝露中抑制される。

3)　RES 機能は減退する。

4)　心搏間隔は短縮され，血圧は上昇する。

5)　血管壁透過性にはあまり影響が認められない。

以上の結果から振動は生体を交感神経緊張状態にさせ，その結果生体に対し，種々なる影響が与えられるものであると思考される。

擱筆に当り，本研究に対し終始御懇得なる御指導と御校閲を賜つた信州大学医学部第一生理学教室主任和合卯太郎教授，並びに日常御指導御校閲を賜つた東京歯科大学生理学教室主任伊藤秀三郎教授に，限なき謝意を捧げると共に，振動に関する御助言を，戴いた限部研究所長限部一雄博士，並びに実験の便宜を与え下さつた鉄道技術研究所車輛運動研究室長松平精博士及び，室員各位に厚く感謝する。（本論文の一部は，昭和32年11月30日第3回中部，第17回近畿合同生理学談話会で発表した）。

文　献

①James：長谷川氏加速度病より引用　1882

②Kremes：川島原著より引用 1921 ③Rocavilla：川島原著より引用 1922 ④Spiegelu, Demetriades：川島原著より引用 1924 ⑤Podesta：川島原著より引用 1928 ⑥Perkalin：川島原著より引用 1930 ⑦柳陽節：耳鼻臨 32, 686, 709, 1937 ⑧Byrme：川島原著より引用 21, 1375, 1937 ⑨Lebensohn：川島原著より引用 22, 62, 1938 ⑩平田和雄：耳鼻臨 27, 3, 1932 ⑪本城明朗：耳鼻臨 34, 729, 1939 ⑫柴田精郎：日耳鼻 49, 1108, 1943 ⑬川島四十三：京都府大誌 44, 6, 1949 ⑭大川内勝治：日耳鼻 54, 1, 50, 1951 ⑮久保正雄：実験消化器 10, 571, 633, 1935 ⑯山形敬一：日内誌 41, 338, 1925 41, 589, 1953 ⑰斉藤貞男：日本生理誌 19, 11, 1957 ⑱皆川広文：耳鼻臨 27, 234, 1932 ⑲高岡浚：日本生理誌 15, 371, 1953 ⑳井口敏色：東京医大誌 12, 14, 1954 ㉑寺師義信：軍医団誌 157, 111, 1929 ㉒永野達：鉄道協会誌 18, 1932 ㉓加藤俊男：慶応医学 13, 7, 959, 1933 ㉔末田砥：京都府大誌 21, 1357, 1938 ㉕高井徹：大日耳鼻 49, 5, 375, 1943 ㉖中嶋卓爾：日耳鼻 56, 2, 96, 1953 ㉗山川嘉明：日耳鼻 57, 6, 699, 1956 ㉘猪初男：新潟医誌 56, 12, 778, 1949 ㉙福原武：北越医学会誌 58, 296, 1943 ㉚佐藤要：診断と治療 39, 2, 119, 1951 ㉛福原武：生理学実験法 249, 1950 ㉜Katsh, Bordess：加藤元一生理学下巻より引用 ㉝飯田精一，井口敏色，小林弘光，吉村重夫，畑山多紀：歯科学報 55, 432, 1955