馬血清中のコリンエステラーゼに関する研究

II. 運動及調教に伴ふ活性値の變化について

三浦 高義 岡部 利雄

(東大農學部畜産學教室)

(昭和 26 年 3 月 3 日受付)

I. 緒 言

我々は馬を材料として其の血清中のコリンエステラーゼを對象とし、生體內のアセチルコリン及之の由來する自律神經機能との關係につき研究を進めて居り、先づ其の正常値並に生理的變動域に就て報告⁽¹⁾した。抑ゝ血清コリンエステラーゼは前報 HALL 等の説にもかゝらず同じく菊野及 CHANG 等の人に於けるものゝ他直接筋肉力とコリンエステラーゼとを比較した CROFT 等⁽²⁾のものもあつて副交感神經作用との間に何等かの關連が考へられる。然るに何れも未だ運動の強弱と活性値の變化との關係迄は及んで居らず勿論家畜に關するものは全く之を見ない。

そこで吾々は特に本神經支配を受ける運動或は勞役との關係を検討すべく、今回は乗馬の運動に依る影響並に競走馬の調教中の變化に就き觀察したので其の結果を取纏め第 2 報として茲に報告する。

II. 實驗材料及方法

(1) 材料：昭和 24 年 4 月から 25 年 5 月に至る間に於ける農林省騎手養成所の在厩馬であり、實驗 1 には 16 頭・實驗 2 には 22 頭・實驗 3 には 3 頭の何れも乗馬を使用し實驗 4 には 2 歳～3 歳の競走用育成馬 20 頭を使用した。

(2) 方法：

實驗 1. 1 回限りの運動の影響を検する目的で、前日或は前々日の使役量は考慮せず任意に選定した馬に就て午前中約 2 時間の相當強度の騎乗運動を課し、その直前並に直後の活性値を測定した。本實驗は 24 年 4 月～5 月に 3 回に分けて實施したもので騾馬 14 頭・牝馬 2 頭の 16 頭延 32 例であり、品種はサラブレッド・アングロアラブ及中間種の各種に亘つてゐる。

實驗 2. 相當強い運動を連日行つた場合の影響を検したもので、騎手養成教育に使用した牡馬 2 頭・騾馬 10 頭及牝馬 10 頭の計 22 頭を用ひ品種は實驗 1 の場合と同様である。昭和 24 年 6 月～8 月に於て實驗 1 と同様の運動を午前及午後の 2 回 25 日間連續實施し、10 日間の休止後更に 25 日間連續したものに就て各運動期間の前後に於ける安靜時の活性値を測定した。

[日本獸醫學雜誌, 第 14 卷, 第 1 號, 昭和 27 年]

實驗 3. 軽い運動を連日行つた場合の變化過程を検したもので、臨床所見其の他一般性狀及血液沈降速度・血液豫備アルカリ量等を参照しつつサラブレッド 1 頭・アラ系 2 頭の何れも驕の競走馬上りの乗馬に對し約 2 ヶ月間軽い再調教を實施し、其の間 1 週間隔きに一定の運動即 1300 m 襲歩を課し、其の直前及直後の活性値を測定した

實驗 4. 競走馬目標の育成・調教中の變化を觀察したもので、アラブ系 2 歳の牡馬 11 頭・牝馬 9 頭計 20 頭に就て昭和 24 年 8 月～11 月入所時から翌 25 年 3 歳の 5 月末に至る約 10 ヶ月間の育成調教中 3～5 週間隔きに安靜時の活性値を測定した
尚活性値の測定の方法は總て前報と同様である

III. 實驗成績並に考按

實驗 1: 32 例中運動後値が前値より増加したもの 7 例・減少したもの 25 例であ

Chart 1. Cholinesterase Activities by Influences of Exercises.

Note: Each Figure shows ranges of estimated distribution and fiducial ranges of its mean.

り、前後値の差の平均は -0.30 となり其の信頼限界は $-0.429 \sim -0.171$ であり明に有意である。即運動直後の活性値は直前に比し低下していると云つて可い。之は夜業後活性値が低下すると云う菊野の人に於ける成績に相似するものである。但吾々の成績で前後の差の分布は標準偏差 0.354 、随つて變異係数は 110 餘となり恐しく幅が廣い分布を示めす。即運動に依る低下の程度は馬匹個々によつて甚だしく異なる事が判る。

尚後値の前値に對する割合を % で表はすと後値は前値の 56.2% から 116.5% に當り、その平均は 87.4% となる。結局推計による理論數値は分布域 $55.3\% \sim 119.4\%$ ・平均値の信頼限界 $81.8\% \sim 92.9\%$ であつた。

性差に就ては例數の關係から此處では觸れない。

実験 2: 第 1 期の連続運動期後には運動開始前に比し何れも活性値が低下し、最低 76.1%・最高 90.1%・平均 82.4%・其の信頼限界 80.7~84.1% であつた 第 2 期の後には更に低下し運動開始前値の 66.7~84.0%・平均 75.1% であり、其の信頼限界は 71.7~78.4% となつた 但第 2 期の變化のみに著目すると後値は其の前値に對し 78.1~103.8%・平均 91.4%・信頼限界 86.8~96.0% となる又何れの場合にも性差は見られなかつた

以上の結果を理論値に直し実験 1 の結果と共に圖示したものが Chart 1. である 之によれば試験開始時より連続運動期に至る準備期 (1 日 1 時間程度の軽い運動を課した) に既に開始前に比し 88.0%~115.0% と云ふ個體別には相當大きな變化が見られるが、平均値に於ては 98.5~104.5% であり差は認められない 然るに第 1 期の運動後は變異の幅も著しく狭まり運動による影響が略々各馬一樣になつている 之が第 2 期後になると更に低下はするのであるが變化の程度は最下段に見られる如く再び各馬の個體差が大きく現はれ變異幅が大きくなつてゐる

之を考察するに馬の血清コリンエステラーゼ活性値は馬個體により安定性に相當の差異があるものと考へられる 従つて実験 1 の場合の只 1 回の運動による影響或は本実験の準備期の場合の如く極めて軽い運動を續けている時の安静時の活性値・即生理的範圍内と考へられる場合の變化は共に其の程度に非常に差が認められた 今之を自律神経の興奮性の個體差と考へる時興味深いものがある それに對し第 1 期後の如く或程度以上の強い運動を連續した場合には自律神経の調節範圍外となり個體差が破れ安静時に於ても活性値が一樣に低下するに至るのではないかと考へられる 又第 2 期後に再び各馬に個體差の現はれたのは其の直前の状態の差異即休止期間中の恢復狀況の個體差によるものと考へるが此の點に關しては遺憾ながら第 2 期運動開始直前の活性値測定を實施出來なかつた故斷定は差控へる

実験 3: 毎 1 週間測定日の運動前の成績即安静時の活性値の變化を圖示したものが Chart 2. である 一見して明な如く漸増する傾向が見られる 考察を加へつゝ少々詳細に述べると第 1 期・實驗開始より約 2 週間は準備期であり実験 2 の場合と同じく馬により差はあるが其間の變化は見られない 次に第 2 期の約 1 ヶ月餘は調教が順調に進んだ時期で運動の程度は期間中幾分變化しているが臨床所見其の他の参考検査項目より見て、運動の強さが本試験馬にとつては寧ろ輕きに失すると考へられたものであつた 而して此の間活性値は明かに漸増している 但例數が少いので數學的には有意か否かを斷定することが出來ない 第 3 期・約 3 週間は梅雨期で運動が殆んど出來なかつた 此の時期には活性値は低下の傾向を示して居る 然しながら正常値以下に下るのではなく運動後の低下の休止期に恢復するのと同じく一定の正常値を保つべき自律神経の調節作用に因るものと考へられる 最後に再び 1 週間餘り規則正しい調教を實施したのが第 4 期であり、其の結果は活性値の一樣な上昇を來した

次に毎 1 週間に一定の運動即 1300 m 襲歩を課し其の前後の活性値の變化を觀察した結果を圖示したものが Chart 3. である 本圖は同一量の運動による影響が最初大體

實驗 1 の 1 回の運動による影響の平均値の範囲内にあつたものが漸次減少度が小さくなり最後には此の程度の運動では殆んど活性値に影響を及ぼさなくなることを示している。又此の間前述の調教の期別の差異をも相當明かに現はしているのが觀察される。但 No. 3 はやや不定な成績を示しているが本馬が他の 2 頭に比し特に神経過敏であつたことから此の間に何等かの關連を考へさせられるものがある。

以上本實驗に於ける安靜時の活性値の變化及同じ程度の運動の影響による活性値の變化は共に馬の調教の進度・過不足等其の適否に關係するかのように見へ興味深い。

Chart 2. Alteration Curves of Activities in Resting State.

Chart 3. Influences of Same degree's Exercise.

實驗 4: 20 頭の全觀察期間の活性値の變化を圖示したものが Chart 4. である。此の圖により育成・調教に伴う活性値の變化を概括すれば 10 月末迄の單なる放牧期である第 1 期を除き次の第 2 期である 11 月始から 12 月末迄の約 2 ヶ月の追運動を漸次強めて行つた期間では殆んど總ての馬に於て活性値が低下している。次で第 3 期の乗運動と追運動の併用期間に於ては尙低下を續けるものと上昇期に移行するものとに別れ、

Chart 4. Alteration Curves of Activities, during
the Training for Race Horse.

Note: 1. Vertical lines divide training's periods
which mean followings.

- I Pasturage Period
- II Groop Dispersion Period
- III Dispersion & Riding Period
- IV Riding Period
- V Finishing Period

2. Diagonal lines show each one's physiological
alteration.

第 4 期で乗運動を漸次増強して行く時期には大部分は漸増の傾向を示すが、變化の無いもの或は寧ろ低下を示すものが見られる。かくして最後の第 5 期の仕上げ調教に於ては 1・2 の例外を除き總てに活性値の上昇が見られる。

以上の變化を吾々は 4 つの型に區分した。即

I 型. 運動強度の變化の過程中一時的な低下を見ることがあるが大體前報に述べた年間の季節的變化に隨ふもの

II 型. 第 2 期の最初以外は全期を通じ變化の認められぬもの

III 型. 第 2 期に低下し、第 3 期に多少の上下はあるが變化少く第 4 期漸次上昇し第 5 期に引續き上昇して最後には生理値より高くなるもの

IV 型. 第 3 期迄は III 型に同じく、第 4 期には變化しないか僅に上昇を見る程度で第 5 期に至り低下もしくは上昇するも結局生理値に達しないもの

實驗馬 20 頭中 I 型 5 頭・II 型 2 頭・III 型 9 頭及 IV 型 4 頭となつた

Chart 5. Alteration Curve & Result of Races

Type	I	II	III	IV
Belonging Horses' No. (See Chart 4.)	1, 2, 3, 6, 12	16, 20	4, 5, 7, 9, 10, 11, 15, 17, 19	8, 13, 14, 18
Class	A ₅			
by Result of Races				
B ₁₀	0	1	4	0
C ₅	2	0	5	3
Sex	3	1	0	1
	2	1	5	1

今此の結果と競走成績とを比較對照すべく、本試験馬の最初の競馬出走期即昭和 25 年の秋期競馬の成績から出走回数に對する得勝(賞)率・着順を加重した勝數及獲得賞金額の 3 者から試験馬成績序列を 1~20 と決定し、上記活性値の變化型との關係を對照圖示したものが Chart 5 である。之によれば競走成績の序列の 1 位より 5 位迄を A 級・16 位より 20 位迄を C 級・其の他を B 級とする時、A 級の中 4 頭迄が第 III 型に屬し、反對に C 級の中 3 例迄が第 I 型に屬して居る。尙第 II 型は A 級及 C 級各 1 頭よりなり第 IV 型中に C 級 1 頭が見られる。

此の意義に就ての推論的な考察をするならば、第 I 型は調教の影響を殆んど受けなかつた換言すればその馬にとつては比較的軽い調教であつた爲に運動量の急變による一時的低下を見る以外に活性値に變化が見られなかつたものと考へられ、從つて調教不充分であり延いては其の競馬成績も充分に舉げ得なかつたものと云へる。第 II 型も同じく調教の影響を受けていないものではあるが、之は元來第 I 型・第 III 型或は第 IV 型を示すべきものが副交感神経の極めて安定性の高い馬であつたが故に變化の現はれなかつたものと考へるならば其の競馬成績が區々であるのは當然と云へよう。第 III 型は副

交感神経不安定性の馬の變化であり調教運動の影響を強く受けていると考へると、實驗2の結果の如く始め運動の影響により低下した活性値が調教が進むにつれて實驗3の場合の如く漸次運動量に對する適應性が増し即其の馬にとつて運動量が比較的輕くなり活性値が増加し遂には生理値を上廻るに至つたものと考へられる。故に此の型にA級のものが多いのが肯定されるのである。最後に第IV型は第III型及第I型を示す可きものが最後の段階に於て何等かの原因で調教運動の強さに耐へ得ずして實驗2の場合の如く逆に活性値が低下したものと考へられ、調教の不調を示すものではないかと考へるならば此の型にC級が見られたのと考へ併せ副交感神経安定・不安定性と運動能力との關係を想像し得る。但以上は勿論基礎理論の裏付を缺く一つの想定によつたに過ぎないことを云ひおきたい。

本實驗に於ける活性値の變化型と性差との間には特別な關連は見られなかつたことはChart 5に附示した通りであるが變化型の意味から考へて當然の事實である。

IV. 總括並に結論

吾々は前報の正常値並に生理的變動域値を對照として馬の血清コリンエステラーゼ活性値の運動及育成・調教に依る影響を觀察して次の如き結果を得た。

(1) 馬の血清コリンエステラーゼ活性値は運動直後は前値に比し明に低い。即前値に對し平均81.8~92.9%である。但馬の個體及運動前の狀況により甚だしく差異が見られる。

(2) 強度の運動を連日續行する場合は運動前の安靜時活性値が既に正常値より明に低下し25日間連續して運動を課した場合は平均80.7~84.1%に低下した。但此の場合の低下は個體差比較的小さく、各馬共大體同様に低下を示すものと考へる。

(3) 一度運動を休止し更に行う場合には尙活性値は低下するが此の場合には個體差が再び現はれる。此の原因は明ではないが運動再開直前の狀況即休止期の恢復狀態に差が存する爲と考へている。

(4) 運動を連日續行する場合でも注意して過度にならないようにする時は安靜時の活性値は正常値を維持するか寧ろ上昇する傾向にあり、同一量の運動による影響即運動前後の活性値の差は漸次減少を示す。

(5) 2歳から3歳へかけての競走馬育成・調教中に於ける活性値の變化は以上の結果の組合はせ或は複合したものと考へられ4つの型に區分し得た。而して此の活性値の變化型は渡邊⁽³⁾の日本人自律神経緊張狀態區分に相當するものが馬の場合にもあり得ることを示唆するものと考へる。又此の型と競走成績との間に極めて興味ある關係が想像されたが之を一層確認する爲には尠くとも競走直前迄或は更に競走期間中の活性値の變化の追求を要するものと考へている。

以上要するに吾々は馬の血清コリンエステラーゼ活性値の變化は運動或は調教に相當の關連性を有することを知つた。其の原因に關しては將來の研究に待たねばならない。

が、櫻井⁽⁴⁾の血液沈降速度の場合と同じく馬に對し最適状態或はコンディションを示す 1 指標として或程度の意義を有するものではないかと考へる

終りに臨み材料の取得に御便宜を賜つた騎手養成所の諸官並に種々御助言及御援助を與へられた競馬部櫻井技官に謝意を表する

尙本實驗は文部省科學研究費によつて取り行つたものであることを附記する

文 献

- (1) 岡部・三浦・下田：日本獸醫學雜誌 **13**, 4 (1951)
- (2) GROFT, P. G. & D. RICHTER: *J. of Physiol.* **102** (1943)
- (3) 渡邊：勞働科學 **26**, 11-12 (1950)
- (4) 櫻井：日本獸醫學雜誌 **3**, 6 (1941)

STUDIES ON THE SERUM-CHOLINESTERASE OF HORSES. II. CHANGES IN THE ACTIVITIES INDUCED BY EXERCISES AND TRAINING.

T. MIURA and T. OKABE

*(From the Laboratory of Zootechnical Science, Department of Agriculture,
University of Tokyo, Tokyo)*

(Received for Publication March 3, 1951)

We determined the changes of serum-cholinesterase activities of horses, due to various kinds of exercises. And we observed the alterations of activities in race horses during the course of their training, comparing them with the normal or physiological activities as cited in our previous report.

The results obtained are as follows :

1. After two hours straight riding, the activities of serum-cholinesterase decreased to 81.8-92.9 % in the mean of 32 cases for their normal activities. However this decrease is governed, in general, by the pre-exercise condition of the individual animal.

2. Twenty-two horses were exercised, similarly, twice a day for 25 days. Then after a rest of 10 days the same exercises were resumed for another 25 days. After the first 25 days, the activities of serum-cholinesterase had decreased 80.7-84.1 % even during the rest period. After the second 25 days these activities had further decreased to 71.7-78.4 %, in the mean, but variation was observed to have been resumed in the case of individual animals. (1 and 2, are shown in Chart 1.)

3. We instituted a light retraining period of about two months for three retired race horses and measured the activities of serum-cholinesterase once a week before and after a 1300 m race. We noted that the activities of the resting period were maintained or increased during this time. However, the influence of the exercise (1300 m race) became smaller by degrees. (Chart 2. and 3.).

4. We then observed the phases of alteration in the activities of serum-

cholinesterase in 20 Anglo-Arab yearlings undergoing training for the track. We measured the activities during their resting periods, every three or five weeks over a period of ten months and classified the alteration curves for the whole course of the observation into 4 types, as may be seen in Charts 4. and 5.

The types as cited in Charts 4. and 5. when considered in combination with the results cited in 1., 2. and 3. have an interesting relation to the marks set by each horse in the races of the following season. Type III was best. Type I was worst. Type IV was hopeful. Type II was uncertain.

Conclusion: The serum-cholinesterase activities of horses during rest periods are decreased by continued heavy exercises, but are maintained or increased by continued light exercises. In the case of continued light exercises the influence of exercise on the activities of serum-cholinesterase lessens day by day.

The alteration curve of serum-cholinesterase activities in race horses in the course of training are considered as the combination of above results and divided to 4 types.

We think these are interesting points in relation to the fatigue and the training of horses. However we cannot give an exact decision as to the limits of "heavy" or "light" exercise.