

原 著

毛髪に含まれるコルチゾール濃度を指標とした 3交代勤務と2交代勤務のストレス度の比較

宮内 文久

愛媛労災病院産婦人科

(2019年7月29日受付・特急掲載)

要旨：毛髪に含まれるコルチゾール濃度やコルチコステロン濃度を指標に，3交代勤務と2交代勤務のストレス度を比較検討することとした。そのため，20歳から45歳までの看護師で，規則的な月経周期を有し，直近の3カ月間に体重の増減や定期的な薬剤の服薬が無いことを条件に，研究の趣旨を説明し，同意を得たボランティア女性を対象として，昼間勤務群と3交代勤務群，2交代勤務群とを比較検討した。なお，本研究は愛媛労災病院倫理委員会の承認（H30-89号）を得て，実施した。

(1) 体調の自己評価：昼間勤務のみ群では夜間勤務有り群の3交代勤務群と2交代勤務群と比較して，有意に高値であった。夜間勤務有り群の3交代勤務群と2交代勤務群との間では，3交代勤務群が高値を示した。

(2) 毛髪0～3cm，0～6cm，0～9cmのホルモン濃度：根元から9cmまでの毛髪に含まれるホルモン濃度を，0～3cm，0～6cm，0～9cmで比較検討した。コルチゾール濃度もコルチコステロン濃度も同様に，2交代勤務群の濃度は昼間勤務群と比較しても，また3交代勤務群に比較しても有意に高値を示した。

(3) 毛髪0～3cmのホルモン濃度：コルチゾール濃度も，コルチコステロン濃度も同様に，2交代勤務群の濃度は昼間勤務群に比較して，また3交代勤務群に比較しても有意に高値を示した。

(4) 毛髪0～9cmのホルモン濃度：毛髪の根元から9cmまでに含まれるホルモン濃度の総量は，コルチゾール濃度もコルチコステロン濃度も同様に，2交代勤務群の濃度は昼間勤務群に比較しても，また3交代勤務群に比較しても有意に高値を示した。

以上より，2交代勤務群は昼間勤務群とも3交代勤務群とも大きく異なり，ホルモンの正常範囲を大きく逸脱する結果を得た。つまり，ホルモン濃度から判断すると，2交代勤務は3交代勤務に比較してホルモン環境が大きく影響を受け，生体の恒常性は大きく乱れていると推測した。

(日職災医誌，68：71—76，2020)

—キーワード—

コルチゾール，夜間勤務，髪の毛

はじめに

古来ヒトは日の出と共に起きて働き，日の入りと共に家に帰り睡眠をとるのが習わしであった。しかしヒトは火を手に入れ，その火の明るさと暖かさによって，夜の闇の中で学び・働くようになった。火を利用することによって，人はその活動時間を延長し，活動領域を拡大してきた。松明やランプの明かりは時代とともに電球へとさらにはLEDへと変わり，経済活動や娯楽までもが昼間だけに限定されることなく次第に夜間にも広がってきた。何もすることがなくただ眠るだけだった夜の闇が，

貴重な時間として脚光を浴びることとなった。やがて，夜間にも働く人々が出現し，そして交代勤務体制が出現することとなった。

厚生労働省の報告¹⁾では，1986年から2011年にかけて夜間就業者数は増加傾向を示し，夜間就業者の増加は，(1) 専門的・技術的職業，事務従事者を中心とする長時間労働者の増加，(2) 製造現場の24時間営業化などによる生産工程従事者等の夜間労働者の増加，(3) 夜間にサービス提供等を行うための販売・サービス業従事者やこれを支えるための輸送・運搬等の従事者の増加等によっているのではないかと推測されている。また，労働者のう

表1 検討対象と体調の自己評価

	対象数	年齢		体重		身長		体調の自己評価			
		平均値	SE	平均値	SE	平均値	SE	平均値	SE		
昼間勤務のみ	10	35.9	0.9	51.7	2.3	158.6	1.8	79.8	3.3	昼間勤務群と3交代勤務群、昼間勤務群と2交代勤務群に有意差あり	
夜間勤務有り	3交代勤務	22	31.8	1.2	53.1	2	157.2	1.3	66.2	3.3	
	2交代勤務	10	31.3	2.3	54.3	2.3	155.8	1.2	61.4	4.5	

ち1997年には13.3%が夜間労働に従事しており、2007年には17.9%、2012年には21.8%の1,200万人が従事している²⁾。夜間に働いている労働者の数は次第に増加している²⁾。夜間働く看護師やバーのホステスの不規則な月経周期の出現率は、昼間だけ働く学校の先生や事務員に比較して不規則な月経周期の出現率はより高率であり、また看護師では1カ月当たりの夜間勤務回数が増えれば増えるほどそれに応じて不規則な月経周期の出現率が増加することからしても、夜間の勤務は生体機能に影響を及ぼしていることは明らかであった。

目 的

これまでの「働く女性のメディカルケア」研究において、血液中のコルチゾール濃度が夜間労働の健康指標となり得ることを報告した⁴⁾⁵⁾。さらに、血液中のコルチゾール濃度だけでなく唾液中のコルチゾール濃度も有用な指標であることを観察した⁴⁾⁵⁾。そこで、今回は髪の毛に含まれるコルチゾール濃度が労働強度としてのストレスを評価するのに有用かどうかを検討することとした。実際には、昼間勤務だけの看護師と2交代勤務看護師、3交代勤務看護師の髪の毛に含まれるコルチゾール濃度などを比較検討することにより、夜間交替勤務のストレス強度を明らかにし、2交代勤務と3交代勤務をめぐる論争に科学的に対応することができるかどうかを検討することとした。

対象と方法

20歳から45歳までの看護師で、規則的な月経周期を有し、直近の3カ月間に体重の増減や定期的な薬剤の服薬が無いことを条件に、研究の趣旨を説明し、同意を得たボランティア女性を対象とした。これらの看護師を、勤務の態様によって以下の3群に分けた。

(1) 昼間だけの勤務群：愛媛労災病院に勤務している看護師で、昼間勤務にだけ従事している看護師を対象とした。

(2) 3交代勤務群：愛媛労災病院に勤務している看護師で、夜間勤務にも従事している看護師を対象とした。

(3) 2交代勤務群：広島厚生病院に勤務している看護師で、夜間勤務にも従事している看護師を対象とした。

なお、毛髪に含まれるコルチゾールは脱色や染色で影響を受けると懸念されることから、本研究に参加するには少なくとも3カ月間脱色や染色を受けていないことを条件とした。本研究に参加したボランティア女性の概要を表1に示す。

ボランティア女性の髪の毛を根元から約30本採取し、毛髪の根元から3cm、6cm、9cmで切断し、毛髪に含まれるコルチゾール、コルチコステロン、DHEA濃度をLS/MS-MS法にてあすか製薬メディカルで測定した。なお、毛髪は1カ月に約1cm伸びると考えられており、「毛髪の根元から3cm」は直近3カ月の状態を反映していると、「毛髪の根元から3~6cm」は直近3カ月後から6カ月間の状態を反映していると考えている。測定結果は0~3cm、3~6cm、6~9cmの検体ごとにANOVA分散分析を用いて3群間での統計的差を検討し、 $p < 0.05$ で有意差があると判断した。0~6cmの濃度は0~3cmと3~6cmとの濃度を加算して算出し、その結果はANOVA分散分析を用いて3群間での統計的差を検討した。同様に、0~9cmの濃度は0~3cmと3~6cm、6~9cmとの濃度を全て加算して算出し、その結果はANOVA分散分析を用いて3群間での統計的差を検討した。

毛髪を採取した時に、自分の体調を全く疲れて何もしたくない状態を0点、活力満点で何でも何の問題も無くやり遂げられる状態を100点とし、体調を自己評価で数値化した。

なお、本研究は愛媛労災病院倫理委員会の承認(H30-89号)を得て、実施した。

結 果

(1) 体調の自己評価

昼間勤務のみ群では夜間勤務有り群の3交代勤務群と2交代勤務群と比較して、有意に高値であった。なお、夜間勤務有り群の3交代勤務群と2交代勤務群との間では年齢、体重、身長に差を認めなかった。ただ、体調の自己評価においては、3交代勤務群と2交代勤務群とでは

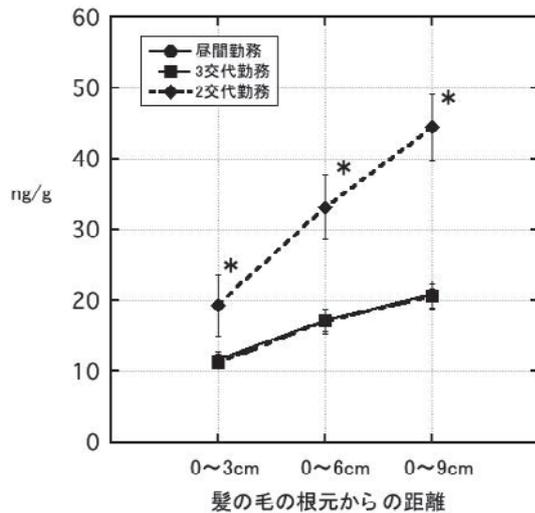


図1 髪におけるコルチゾールの蓄積

* : 2交代勤務群と3交代勤務群・昼間勤務群との間にはANOVAにて有意差 (p<0.05) を認めた

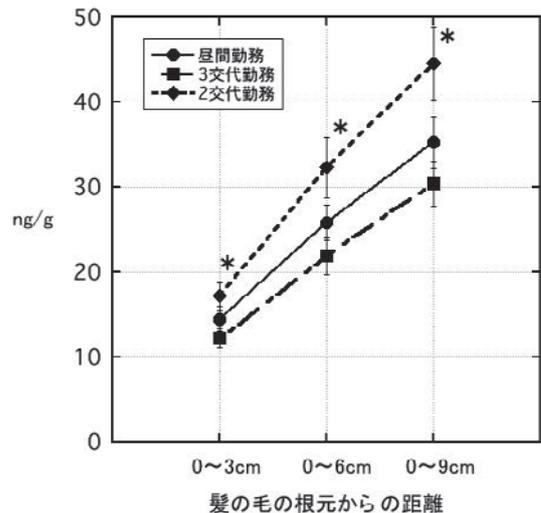


図3 髪におけるDHEAの蓄積

* : 2交代勤務群と3交代勤務群との間にはANOVAにて有意差 (p<0.05) を認めた

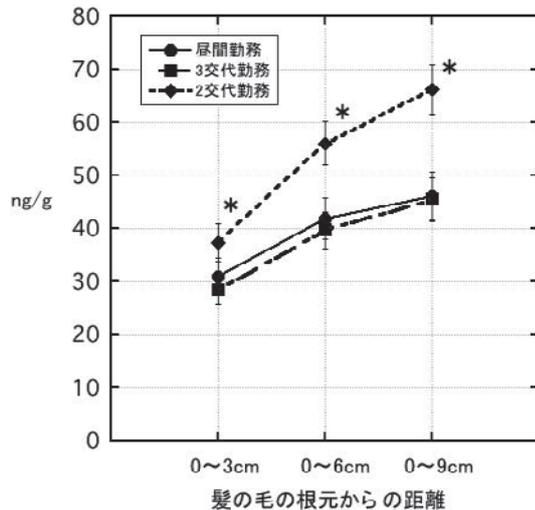


図2 髪におけるコルチコステロンの蓄積

* : 2交代勤務群と3交代勤務群・昼間勤務群との間にはANOVAにて有意差 (p<0.05) を認めた

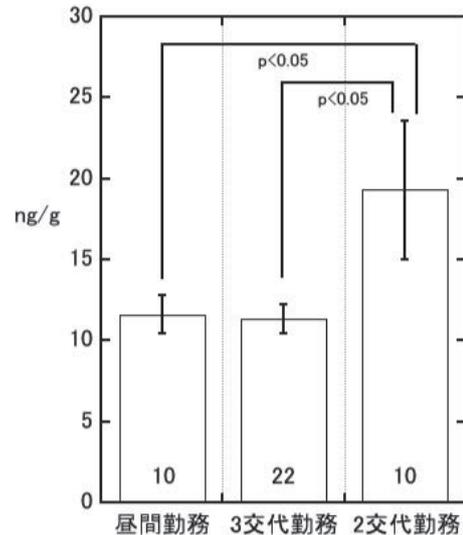


図4 髪0cm～3cmのコルチゾール濃度

3交代勤務群が高値を示した (表1).

(2) 毛髪0～3, 6, 9cmのホルモン濃度

根元から9cmまでの髪にに含まれるホルモン濃度を、0～3cm, 0～6cm, 0～9cmで比較検討した。コルチゾール濃度 (図1) も、コルチコステロン濃度 (図2) も同様に、2交代勤務群の濃度は、昼間勤務群と、また3交代勤務群に比較して有意に高値を示した。この有意の変化はいずれの部位でも同様であった。一方、DHEA濃度は2交代勤務群の濃度は、3交代勤務群に比較して有意に高値を示したが、昼間勤務群に比較してはやや高値を示したものの有意の差では無かった (図3)。

(3) 髪0～3cmのホルモン濃度

毛髪は1カ月間に約1cm延びると考えられているこ

とから、脱色や染色の影響を受けていない根元から3cmまでの髪にに含まれるホルモン濃度を比較検討した。コルチゾール濃度 (図4) も、コルチコステロン濃度 (図5) も同様に、2交代勤務群の濃度は、昼間勤務群に比較して、また3交代勤務群に比較しても有意に高値を示した。一方、DHEA濃度においては2交代勤務群の濃度は3交代勤務群に比較して有意に高値を示したが、昼間勤務群に比較するとやや高値を示したものの有意の差では無かった (図6)。

(4) 毛髪0～9cmのホルモン濃度

毛髪に含まれるホルモン濃度を根元から9cmまでの総量で比較検討した。コルチゾール濃度 (図7) も、コルチコステロン濃度 (図8) でも同様に、2交代勤務群の濃度は、昼間勤務群に比較して、また3交代勤務群に比較

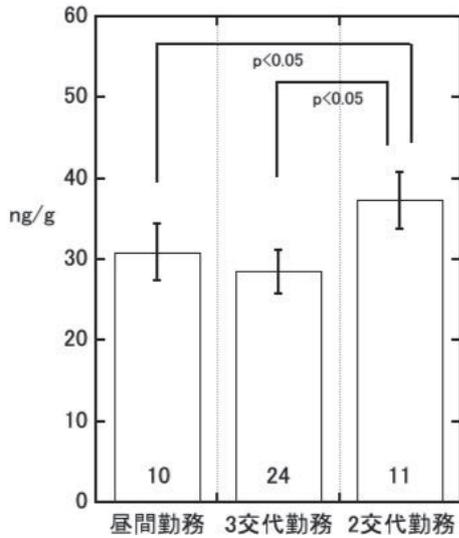


図5 髪の毛0cm～3cmのコルチコステロン濃度

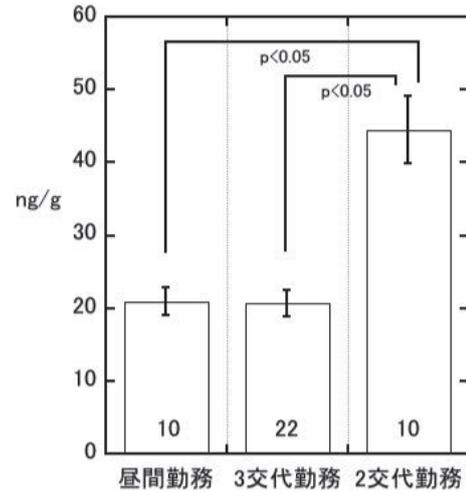


図7 髪の毛0cm～9cmのコルチゾール濃度

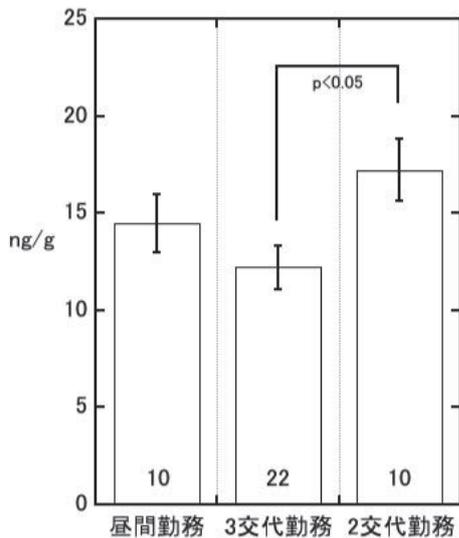


図6 髪の毛0cm～3cmのDHEA濃度

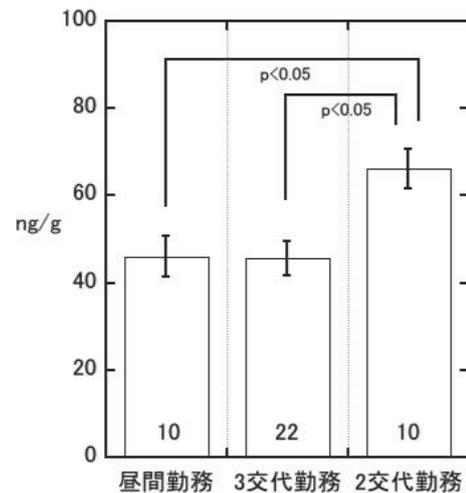


図8 髪の毛0cm～9cmのコルチコステロン濃度

しても有意に高値を示した。一方、DHEA濃度は2交代勤務群の濃度は、3交代勤務群に比較して有意に高値を示したが、昼間勤務群に比較してやや高値を示したものの有意の差では無かった(図9)。

考 察

3交代勤務と2交代勤務の優劣は、「好き・嫌い」の面から、あるいは「勤務後の自由時間の設定可能時間帯の多さ・少なさ」などから評価・比較検討した報告はある⁶⁾⁷⁾ものの、客観的指標を用いた検討は見当たらない⁸⁾⁹⁾。看護勤務体制には2交代勤務と3交代勤務があるものの、どちらの勤務体制がよりストレスに充ちたものなのかを客観的に評価した報告は今まで行われていない。本研究によりどちらの勤務体制がより健康的なのか、よりストレスに充ちているかを検討することとした。

まず、毛髪に含まれるステロイドホルモン濃度の精度、測定感度、測定範囲などの詳細はすでに報告されており、検出・測定した値は有用かつ有効と考えられる。その中で、髪の毛の脱色・染色は髪の毛に含まれるホルモン濃度に影響を及ぼすことから、髪の毛の脱色・染色を少なくとも3か月間は行っていない看護師を対象として、厳密かつ正確な検討を行うこととした。以上より、今回の検討に際して、厳密な意味での検討対象は根元から3cmまでの測定値が最も有用であると考えている。

毛髪の脱色・染色を行っていない根元から3cmまでの髪の毛を用いて測定した結果、2交代勤務群のコルチゾール濃度とコルチコステロン濃度は、昼間勤務群に比較しても、また3交代勤務群に比較しても有意に高値を示した。一方、昼間勤務群と3交代勤務群は同様の濃度を示した。つまり、3交代勤務群のホルモン濃度は昼間勤務群と同様であり、ホルモン濃度から見ると夜間勤務は3交代勤務体制であれば大きなホルモン変動をもたらさ

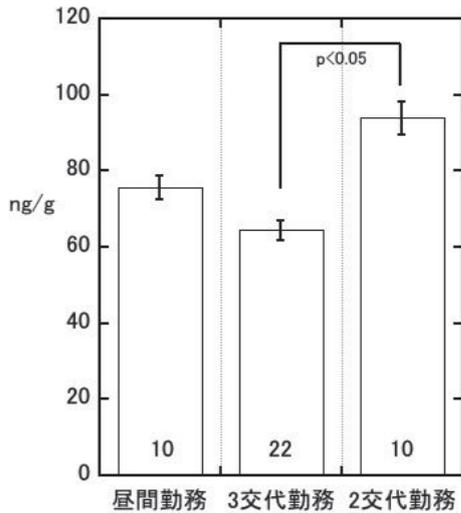


図9 髪の毛0cm～9cmのDHEA濃度

ないと推測できる。一方、2交代勤務群は昼間勤務群とも3交代勤務群とも大きく異なり、ホルモンの正常範囲を大きく逸脱する結果となった。つまり、ホルモン濃度から判断すると、2交代勤務はホルモン環境を大きく乱すこととなり、生体の恒常性は大きく影響を受けていると推測できる。

毛髪の根元から3cm、6cm、9cmでのコルチゾール濃度、コルチコステロン濃度を比較検討すると、昼間勤務群と3交代勤務群とはほぼ同様であったものの、2交代勤務群はこれら両群よりも有意に高値を示していた。3cm以上では脱色・染色を受けているにもかかわらず、2交代勤務群は高値を示していた。この結果より2交代勤務群が受けているホルモン環境の乱れは脱色・染色の影響よりはるかに大きく、かつ長く持続していると考えられる。

3交代勤務時の夜間勤務時の血液および唾液中のコルチゾール濃度とコルチコステロン濃度の変化を35歳以下、36歳から45歳、46歳以上で比較検討すると¹⁰⁾¹¹⁾、36歳以上では準夜勤務でも深夜勤務でもホルモン濃度は対照群と比較して有意に逸脱していたが、35歳以下では深夜勤務でのみ影響を受けていた。今回の検討では昼間勤務群の平均年齢は36.0歳と3交代勤務群、2交代勤務群よりやや高齢であったが、3交代勤務群の平均年齢は31.9歳、2交代勤務群の平均年齢は31.2歳と夜間勤務群間での年齢の差を認めなかった。同一年齢層を対象とした今回の検討で、3交代勤務群と2交代勤務群との間でホルモン濃度に有意差を認めたことから、2交代勤務が生体に及ぼす影響は大きく、望ましい勤務形態ではないと考える。若い看護師の中には「2交代勤務後では自分の自由時間が多いので望ましい」とする考え方があるものの、自由時間の多さよりもホルモン環境の正常からの逸脱の方がより深刻な問題であると考えられる。

今回の検討ではコルチゾールとコルチコステロン濃度

は同様の变化を示したものの、DHEA濃度の変化は異なるものであった。この濃度変化の違いはコルチゾールとコルチコステロンの合成には3βHSDとP450との2酵素が必要であるのに対し、DHEAの合成はP450単独で行われることから代謝経路が異なることが原因かもしれない。あるいは、コルチゾールとコルチコステロンは糖代謝や電解質代謝に関わっており、一方DHEAは男性ホルモンに属していることから、コルチゾール・コルチコステロンとDHEAとは作用機序が異なっているのが原因かもしれない。コルチゾール・コルチコステロンはストレスに反応して上昇するが、DHEAはストレスに反応した生体の修復作用を有しているのではないかと考えられる。

自己の体調を数字で評価した値では、3交代勤務群と2交代勤務群はともに昼間勤務群より有意に低値を示し、夜間勤務が体調に及ぼす影響は大きいと評価できた。

結 論

3交代勤務群と2交代勤務群はともに「疲れた、しんどい」と訴える自覚症状は同様であったが、ホルモン環境は3交代勤務群と2交代勤務群は大きく異なっていた。つまり、ホルモン環境の乱れは根元から9cmまで有意差を認め、両群で大きく異なっていることになる。このように2交代勤務群が受けているホルモン環境の乱れは大きくかつ長く持続していると考えられることから、自己評価による体調管理に依存するのではなく、ホルモン濃度測定による勤務の可否の判断が必要であり、今後の勤務形態のより深い検討が待たれると考える。

倫理面への配慮：本研究は愛媛労災病院の倫理委員会の承認(H30-89号)を得て、実施した。

謝辞：本研究は独立行政法人労働者健康安全機構による研究計画の承認を受け、研究費の援助を受けて実施することができた。

利益相反：利益相反基準に該当無し

文 献

- 1) 平成27年版労働経済の分析 より効率的な働き方の実現に向けて。 <http://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/roudo/15/dl/15-1-3.pdf>
- 2) 久保達彦：我が国の深夜交替制勤務労働者数の推計。産業医科大学雑誌 36：273—276, 2014.
- 3) 宮内文久, 南條和也, 他：看護婦における夜間労働と不規則な月経周期との関係。日本災害医学会会誌 39：309—312, 1991.
- 4) 宮内文久, 木村慶子, 平野真理, 他：女性看護師の夜間労働時の血液中コルチゾール濃度の変化とBMIの変化。日本職業・災害医学会会誌 60(6)：348—352, 2012.
- 5) 宮内文久：夜間交代制勤務。産業医学レビュー 301(1)：207—217, 2018.
- 6) 窪之内麻未, 中田菜摘：3交替制勤務・2交替制勤務における職務満足度の比較。北見赤十字病院誌 2(1)：1—5, 2015.

- 7) 熊田由里子, 大内美帆, 白岩志代: 2交代勤務の看護師の疲労度 3交代勤務の部署と比較して. 寿泉堂病院年報 22: 101-104, 2016.
- 8) 小林敏生, 影山隆之, 金子信也, 田中正敏: 夜勤交代制勤務職場における勤務形態別の睡眠障害と抑うつに関する検討. 山口県立大学看護学部紀要 6: 21-27, 2002.
- 9) 松元 俊: 16時間夜勤が看護師の生活時間に及ぼす影響. 労働科学 91: 39-44, 2015.
- 10) 宮内文久: 女性の夜間労働時のコルチゾール濃度におよぼす加齢の変化 (会議録). 日本内分泌学会 92 (3): 797, 2017.
- 11) 宮内文久: 夜間勤務における cortisol, DHEA の変化に

及ぼす年齢の影響 (会議録). 日本職業・災害医学会誌 65 (臨時増刊): 175, 2017.

別刷請求先 〒792-8550 愛媛県新居浜市南小松原町 13-27
愛媛労災病院
宮内 文久

Reprint request:

Fumihisa Miyauchi
Ehime Rosai Hospital, 13-27, Minamikomatsubara, Niihama,
Ehime pre., 792-8550, Japan

Comparison of the Amount of the Stress between the Three-Shift Workers and the Two-Shift Workers by Measuring Cortisol Concentration in Scalp Hair

Fumihisa Miyauchi

Department of Obstetrics and Gynecology, Ehime Rosai Hospital

To investigate the amount of the stress of night shift workers, the concentrations of cortisol, corticosterone and DHEA in the scalp hair were determined by the LS-MS/MS method.

(1) Self assessment of healthiness: women working only the daytime shift claimed themselves to be significantly healthier than women working the three-shift hours and the two-shift hours including the night shifts. Among women having the night shifts working the three-shift hours and the two-shift hours, three-shift workers claimed to be healthier.

(2) Hormone concentration in zero to nine centimeters of scalp hair: we measured and compared hormone concentration in scalp hair with lengths varying 3 cm, 6 cm, and 9 cm, measured from their root. The two-shift workers' cortisol concentration and also corticosterone concentration were both significantly higher than those of the daytime only workers and the three-shift workers.

(3) Hormone concentration in zero to three centimeters of scalp hair: both cortisol concentration and also corticosterone concentration were significantly higher among the two-shift workers than those of the daytime only workers and the three-shift workers.

(4) Hormone concentration in zero to nine centimeters of scalp hair: the total amount of hormone, such as cortisol and corticosterone, contained in nine centimeters of scalp hair measured from their root, were significantly higher among the two-shift workers than those of the daytime only workers and the three-shift workers.

The above results show that the two-shift workers are significantly different from the daytime workers and the three-shift workers, in that their hormone concentrations deviate very much from their normal range. Which means, judging from hormone concentrations, the two-shift work has a much larger impact on hormone environment than the three-shift work, which suggests their homeostasis is greatly disturbed.

(JJOMT, 68: 71-76, 2020)

—Key words—

cortisol, night shift, hair